

ISSN 2587-5566

Том 87, Номер 7

Ноябрь - Декабрь 2023



ИЗВЕСТИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

СЕРИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ



www.sciencejournals.ru



СОДЕРЖАНИЕ

Том 87, номер 7, 2023

Специальный выпуск: Горы в условиях глобальных изменений

Выпускающий редактор: Р. Г. Грачева

От редактора выпуска

943

Трансформации функциональных и пространственных структур горных регионов и горных сообществ

Адаптация деятельности населения горных территорий Дагестана к климатическим изменениям: тенденции в сельском хозяйстве

Р. Г. Грачева, В. В. Виноградова, Ш. С. Мудуев

946

Сельская местность Дагестана: общероссийские тренды и региональные особенности развития

Л. Р. Имангулов, С. Г. Сафронов

963

Изменения функционального использования пространства аулов горно-предгорного Дагестана в условиях социально-экономических трансформаций

А. М. Ершов, Л. Р. Имангулов, М. С. Савоскул

977

Горное Прикамье: современные функциональные трансформации в муниципальных образованиях

А. С. Лучников, А. А. Лядова, С. А. Меркушев, Р. С. Николаев

992

Сихотэ-Алинь – горная территория с уникальным потенциалом зеленого развития

*П. Я. Бакланов, А. В. Мошков, Ю. П. Баденков, В. Н. Бочарников,
К. Ю. Базаров, В. П. Каракин*

1005

Трансформация горных природных систем и их элементов в ответ на климатические изменения и антропогенные воздействия

Потенциальное распределение лесов в горах Южной Сибири и Серверной Монголии в связи с прогнозируемыми изменениями климата к середине века

Е. И. Парфенова, Н. М. Чебакова

1019

Динамика горных ландшафтов Северного Кавказа при современном изменении климата и усилении антропогенного воздействия

М. Н. Петрушина, А. Н. Гуня, Е. Ю. Колбовский, А. Ж. Пуреховский

1032

Сток наносов в горах Кавказа и его тренды как отражение климатических изменений и антропогенного воздействия

В. Н. Голосов, А. С. Цыленков

1050

Катастрофические явления последних десятилетий, связанные с деградацией ледников и мерзлоты в горах (аналитический обзор)

М. Ю. Беккиев, М. Д. Докукин, Р. Х. Калов

1065

Оценка возможностей устойчивого землепользования в условиях горных пастбищных систем

Моделирование устойчивого землепользования горных пастбищ Кыргызстана на основе эффективного управления практиками животноводства

О. В. Андреева, Г. С. Куст, В. А. Лобковский

1079

Закономерности пастбищной деградации семиаридных горных экосистем Центрального Кавказа

*Ф. А. Темботова, В. А. Чадаева, О. Н. Горобцова, Р. Х. Пшегусов, Н. Л. Цепкова, Р. Х. Темботов,
З. М. Ханов, Ф. В. Гедгафова, А. Ж. Жашуев, Т. С. Улигова, Е. М. Хакунова*

1097

Contents

Volume 87, No. 7, 2023

Special Issue: Mountains under Global Change

Guest Editor: R. G. Gracheva

Editor's Foreword 943

Transformations of Functional and Spatial Structures of Mountain Regions and Mountain Communities

Adaptation of Population Activities in the Mountain Areas of Dagestan to Climate Change:
Trends in Agriculture

R. G. Gracheva, V. V. Vinogradova, and Sh. S. Muduev 946

Rural Dagestan: All-Russian Trends and Regional Features of Development

L. R. Imangulov and S. G. Safronov 963

Changes in the Functional Use of the Space of Dagestan Settlements in the Conditions
of Socioeconomic Transformations of Mountainous Territories

A. M. Ershov, L. R. Imangulov, and M. S. Savoskul 977

Mountainous Part of Perm Krai (Gornoe Prikamie): Modern Functional Transformations
in Municipalities

A. S. Luchnikov, A. A. Lyadova, S. A. Merkushev, and R. S. Nikolaev 992

Sikhote-Alin: A Mountain Territory with Unique Potential for the Green Development

*P. Ya. Baklanov, A. V. Moshkov, Yu. P. Badenkov, V. N. Bocharnikov,
K. Yu. Bazarov, and V. P. Karakin* 1005

Transformation of Mountain Environment and its Elements in Response to Climate Change and Anthropogenic Impact

Potential Forest Distribution over the South Siberian and North Mongolian Mountains
Related to Predicted Climate Change by the Midcentury

E. I. Parfenova and N. M. Tchebakova 1019

Dynamics of Mountain Landscapes of the North Caucasus under Modern Climate
Change and Increased Anthropogenic Impact

M. N. Petrushina, A. N. Gunya, E. Yu. Kolbovsky, and A. Zh. Purehovsky 1032

Sediment Yield in the Caucasus Mountains and Its Trends as a Reflection of Climate
Change and Anthropogenic Impact

V. N. Golosov and A. S. Tsyplenkov 1050

Catastrophic Phenomena in the last Decades Associated with the Degradation of Glaciers
and Permafrost in Mountains (Analytical Review)

M. Yu. Bekkiev, M. D. Dokukin, and R. Kh. Kalov 1065

Assessment of Opportunities of Sustainable Land Use in Mountain Grazing Systems

Modeling of Sustainable Land Use of Mountain Pastures in Kyrgyzstan
Based on Effective Management of Livestock Practices

O. V. Andreeva, G. S. Kust, and V. A. Lobkovskiy 1079

Assessment of the Grassland Degradation Stages in Highland Semiarid Ecosystems
of the Central Caucasus

*F. A. Tembotova, V. A. Chadaeva, O. N. Gorobtsova, R. H. Pshegusov, N. L. Tsepkova, R. H. Tembotov,
Z. M. Khanov, F. V. Gedgafova, A. J. Zhashuev, T. S. Uligova, and E. M. Khakunova* 1097

ОТ РЕДАКТОРА ВЫПУСКА Editor's Foreword

DOI: 10.31857/S2587556623070117, EDN: IFXAUQ

Тема “Горы в условиях глобальных изменений” специального выпуска журнала “Известия Российской академии наук. Серия географическая” возникла на фоне объявленного ООН Международного года устойчивого горного развития—2022 и провозглашенного “пятилетия действий по устойчивому развитию горных регионов” (2023–2027 гг.). Многофакторность и разнообразие современных трансформационных процессов, протекающих в горных регионах, требуют новых комплексных исследовательских подходов к их изучению. Горные исследования становятся особенно актуальными в связи с наблюдаемыми и прогнозируемыми изменениями климата и их последствиями, связанными с ними ключевыми рисками и необходимостью разработки и оценки мер по адаптации к ним. Множество публикаций и научных конференций последних лет, включая проведенный 2 июня 2022 г. в Институте географии РАН (Москва) Круглый стол “Трансформация горных регионов России на рубеже веков” подтверждают растущий интерес исследователей к современным проблемам горных территорий.

Специальный выпуск журнала не может охватить весь широкий спектр горной тематики, тем не менее в его содержании представлены основные актуальные направления исследований. Их можно разделить на три блока: 1) трансформация горных природных систем и их элементов в ответ на климатические изменения и антропогенные воздействия; 2) функциональные и пространственные трансформации в социально-экономическом развитии горных регионов и горных сообществ, в том числе на фоне климатических изменений и адаптации к ним; 3) оценка возможностей устойчивого землепользования в условиях горных пастбищных систем.

В номере представлено несколько горных регионов России: Северный Кавказ, Урал (Горное Прикамье), горы Южной Сибири, Дальний Восток (Сихотэ-Алинь) и горные районы Кыргызстана. Особо отметим “северокавказский блок”: из одиннадцати статей выпуска Северному Кавказу посвящено семь работ, отражающих заметную роль Северного Кавказа в академических исследовательских программах.

Статьи содержат результаты оригинальных исследований, полученных с использованием полевых методов сбора данных, дистанционных методов, баз данных гидрологических постов, моделей и сценариев изменения климата, анализа социально-экономических показателей и практик землепользования. Мы видим, что глобальные климатические изменения все более явно проявляются в горных регионах России, отражаясь в изменениях границ высотных зон, частоте опасных природных явлений, на состоянии природных и агро-экосистем, на характере социально-экономических процессов, протекающих на локальном и региональном уровнях.

Влияние изменения климата на потенциальное перераспределение высотно-поясных комплексов растительности в Южной Сибири и прилегающей Северной Монголии авторы оценивали с использованием климатической модели INM-CM5-0 и сценариев Межправительственной группы экспертов по изменению климата. Согласно умеренному (ssp126) и жесткому (ssp585) сценариям на исследуемых территориях в середине XXI в. ожидается сокращение распространения горно-таежных светлых хвойных и темнохвойных лесов, возрастание потенциального пространства лесостепи и расширение степного и полупустынного поясов, замещение лесотундры таежными лесами; расширится пояс черных лесов за счет темнохвойных горно-таежных. Эти изменения — серьезный вызов лесной политике страны.

В горах Северного Кавказа развитие природных экосистем и хозяйственная деятельность идут в условиях повышения среднегодовых температур, слабого, но устойчивого тренда роста аридизации с запада на восток и усиления интенсивности опасных природных процессов, все чаще принимающих катастрофический характер.

По результатам анализа разновременных космических снимков с конца XX в. отмечены сокращение нивально-гляциальных ландшафтов с наиболее заметным уменьшением их площади (до 75%) на Восточном Кавказе, подъем границы горно-луговых ландшафтов, усыхание темнохвойных лесов и сокращение их площади на Западном Кавказе. Активизация экзогенных процессов — лавин, обвалов, селей и оползней — их пространствен-

ная неоднородность и метасхронность проявления обуславливают усложнение ландшафтной структуры зон их воздействия за счет сукцессионных смен и перестроек биоты. При этом увеличивается доля антропогенных геосистем в наиболее ценных ландшафтах на территориях с охранным статусом.

Анализ базы данных о стоке взвешенных наносов рек Кавказа по гидрологическим постам с длительностью наблюдений примерно 18 лет выявил, что средние значения модуля стока наносов рек заметно выше в пределах северного мегасклона Большого Кавказа, чем южного мегасклона. Самые высокие значения наблюдаются на Восточном Кавказе, в степном Дагестане, что авторы объясняют активной эрозией при высокой пастбищной нагрузке на водосборы и увеличением повторяемости экстремальных ливней. Пространственное распределение и динамика сельскохозяйственной нагрузки, влияющей на твердый сток в горных районах Кавказа, осложняет оценку современных темпов денудации региона, не отменяя вывода об активизации и интенсификации опасных природных процессов, прежде всего увеличении количества ливневых дождей и экстремальных паводков, повышающих катастрофический транспорт наносов по руслам рек.

В обширном обзоре катастрофических процессов, вызываемых ускоренными темпами деградации ледников и мерзлоты, рассматриваются примеры схода ледников, деградации каменных глетчеров, обвальных процессов, селевых потоков и их последствий на Кавказе и в других горных системах мира. Выявление связей между гляциальными формами рельефа и движениями рыхлых масс, несмотря на дискуссионность некоторых утверждений авторов, например о формировании селевых потоков из льдосодержащих моренных массивов специфической формы — моренных пьедесталов, дает возможность прогнозировать и оценивать потенциальные катастрофические процессы, формирующиеся в высокогорных ледниковых зонах.

Несмотря на глобальный тренд сокращения аграрной деятельности в горах и развивающийся туризм, в горных районах Дагестана основной отраслью и источником доходов остается сельское хозяйство. Действия населения в ответ на изменения климата и, прежде всего, на снижение влагообеспеченности, сходны с адаптационными процессами, отмечаемыми во многих сельских горных регионах мира: смена привычных сортов или видов выращиваемых культур и агротехнологий, распространение интенсивных садов, использование расширения агроклиматических ареалов культур в высотном ряду. Адаптационные действия жителей активизировали не только ряд других отраслей, таких как индустрия созда-

ния теплиц, систем капельного орошения, но и селекционную науку Дагестана. Важно отметить, что вслед за инициативами населения администрацией республики разработаны и реализуются меры финансовой и информационной поддержки развития горных территорий.

Особого внимания заслуживают результаты исследований региональных особенностей сельских районов горного и предгорного Дагестана.

Особенности развития сельской местности Дагестана — высокая доля горных территорий и сельского населения, этнокультурное разнообразие, высокая религиозность населения, территориальная неоднородность социально-экономического развития — накладываются на общероссийские тенденции, такие как сжатие сети поселений, поляризация системы расселения, деаграризация сельской местности, рост миграционной подвижности населения, усиливая или ослабляя их проявление. Используя в качестве основных показателей профиль местной экономики и характеристику демографической ситуации, авторы выделяют три основных сценария трансформации сельских территорий в республике: сжатия, инерционного и модернизационного развития. Эти сценарии — не только результат сложного взаимодействия общероссийских тенденций и региональных особенностей, но и демонстрация соседства процессов архаизации и модернизации экономики и общества в Дагестане.

Выполнив типологизацию более 1100 горных селений по ряду параметров, авторы на ключевых примерах приходят к выводу, что характер функционального использования жителями общественных территорий горных селений связан с их географическим положением, сохранением аграрных функций, религиозным фактором и в меньшей степени с этнокультурными различиями локальных сообществ. Динамика людности селений рассматривается как индикатор социально-экономической трансформации и как один из основных факторов изменений мульти- или монофункциональности общественных пространств. Как и в других сельских регионах, в модернизации и повышении уровня благоустройства горных селений заметна роль городских элементов, связанная, в том числе, с распространением практики “второго дома” среди городских жителей.

В социально-экономическом развитии горной части Пермского края (Горного Прикамья) характер функциональных трансформаций значительно отличается от присущих горным районам с преобладанием сельского хозяйства; в пределах Урала изменения связаны с индустриальной и постиндустриальной динамикой. Функциональная трансформация муниципальных образований рассмотрена с использованием показателей фондообеспеченности территории, ее изменения

и структуры основных фондов в 2010 и 2020 гг. Положительные модернизационные процессы, происходящие на главных промышленных предприятиях, втягивают в орбиту изменений неприводственную сферу, обладающую потенциалом саморазвития. Прежде всего туризм и рекреацию.

Дальневосточные авторы, анализируя взаимосвязь устойчивого и зеленого развития, предлагают под территорией зеленого развития понимать относительно крупный регион, имеющий природно-ресурсный и экологический потенциал, необходимый и достаточный для достижения устойчивого природопользования. В рамках этой концепции Сихотэ-Алинь рассматривается как горная страна с уникальным потенциалом зеленого развития, где по сходству природно-ресурсных структур и хозяйственных видов деятельности рекомендуется выделение территорий зеленого развития, наделенных особым статусом, устанавливающим режим стимулирования экологически чистых видов экономической деятельности.

Организация устойчивого сельскохозяйственного землепользования в горах без потери продуктивности земель и снижения их социально-экономической значимости — сложная комплексная задача, приобретающая особую актуальность на фоне климатических изменений и социальных трансформаций. Оригинальная авторская методика моделирования устойчивого землепользования предложена на примере горно-пастбищного животноводства в Кыргызстане. В ее основе — концепция нейтрального баланса деградации земель, достижимого при совокупности технологий и приемов,

или эффективных практик, каждая из которых служит для определенной цели. На примере конкретных пастбищ, рассматриваемых как природные и социально-экономические объекты, в качестве основных параметров моделей устойчивого пастбищепользования авторы предлагают потенциал земель, актуальные неблагоприятные воздействия и потенциальные риски деградации.

В семиаридных пастбищных лугах Центрального Кавказа перевыпас и разрушение традиционной системы отгонного животноводства привели к широкому развитию деградационных процессов, изменению видового состава растительного покрова и прогрессирующему опустыниванию. Междисциплинарный коллектив авторов предлагает методике оценки стадий деградации пастбищ при помощи растительных и почвенных индикаторов и их пороговых значений для расчетов пастбищной нагрузки. Авторы отмечают общность тенденций пастбищной деградации горных семиаридных лугов Центрального Кавказа и равнинных степей обширных регионов России и Монголии.

Содержание специального выпуска, неизбежно охватывающее лишь ограниченный спектр тем на примере нескольких горных регионов, тем не менее раскрывает ряд общих и специфичных проблем и процессов в рамках обширной темы “Горы в условиях глобальных изменений”.

*Р. Г. Грачева, Институт географии РАН,
Москва, Россия*

*R. G. Gracheva, Institute of Geography,
Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

ТРАНСФОРМАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СТРУКТУР ГОРНЫХ РЕГИОНОВ И ГОРНЫХ СООБЩЕСТВ

УДК 504.062.2;504.052

АДАПТАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ДАГЕСТАНА К КЛИМАТИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ: ТЕНДЕНЦИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

© 2023 г. Р. Г. Грачева^{a, b, *}, В. В. Виноградова^{a, b}, Ш. С. Мудуев^c

^aИнститут географии РАН, Москва, Россия

^bВысшая школа экономики (НИУ ВШЭ), Москва, Россия

^cНаучно-исследовательский институт управления, экономики, политики и социологии ГАОУ ВО ДГУНХ,
Махачкала, Россия

*e-mail: gracheva@igras.ru

Поступила в редакцию 08.06.2023 г.

После доработки 07.08.2023 г.

Принята к публикации 25.08.2023 г.

Обобщены результаты первого этапа исследований адаптационных мер, предпринимаемых сельским населением горных территорий и администрацией Дагестана в ответ на климатические изменения. Оценка изменений климата за последние 20 лет на Восточном Кавказе с особым вниманием к горным районам Дагестана проводилась на основе данных реанализа. Выявлено, что в последнее десятилетие в среднегорье и высокогорье годовые и сезонные температуры заметно повышаются, а количество годовых и летних осадков начинает снижаться, и в целом горы Восточного Кавказа и Дагестана в частности становятся теплее и суше. Действия жителей горных территорий в области растениеводства в ответ на потепление и растущий дефицит влаги в основном направлены, как и во многих других горных сельских регионах мира, на смену сортов и культур, выращивание интенсивных садов, более устойчивых к изменениям климата, расширение ареалов плодовых культур в высотном ряду. Непредсказуемость погодных явлений вызвала активный рост тепличного хозяйства. Новые процессы активизировали сопутствующие отрасли и селекционную науку Дагестана. Инициативы населения поддержаны Программой социально-экономического развития горных территорий Республики Дагестан на 2020–2025 гг., в которой предусмотрены субсидии и гранты, прежде всего для личных подсобных хозяйств. Программа не ставит целью адаптацию к изменениям климата, но эти мероприятия объективно проявляются как поддержка адаптационных действий населения. Горные аграрные террасы Дагестана рассматриваются как потенциальный ресурс для развития сельского хозяйства в условиях изменения климата, а также как возможные объекты туризма, представляющие собой элементы историко-культурного наследия и идентичности местных ландшафтов.

Ключевые слова: тренды климатических параметров, растениеводство, направления адаптации, программа развития, интенсивные сады, аграрные террасы, туризм

DOI: 10.31857/S2587556623070087, EDN: FONGJF

ВВЕДЕНИЕ

Во многих горных регионах мира сельское хозяйство, тесно связанное с климатическими условиями и состоянием земельных и водных ресурсов, остается основой местных экономик и ключевым источником средств к существованию (FAO, 2015, 2019). Современные изменения климата, непрогнозируемые и неожиданные изменения сезонных метеорологических процессов, рост числа и интенсивности опасных природных явлений добавляют новые риски уязвимой горной среде и горным сообществам многих стран мира, влияя на продуктивность агроэкосистем, уровень доходов и безопасность населения, уси-

ливая отток населения и в целом снижая резилентность горной территории (Природно-климатические ..., 2018; Adler et al., 2022; Beniston and Stoffel, 2014, 2016; Brandt et al., 2016; Fort, 2015; Kohler et al., 2010).

Эти процессы характерны и для горных регионов Кавказа, где повышение годовых и сезонных температур, повышение экстремальности метеорологических явлений, растущие проблемы водобеспеченности несут угрозы для населения и его хозяйственной деятельности (Третий ..., 2022).

В Шестом оценочном докладе (IPCC, 2022) при анализе влияния климатических изменений на горные регионы мира рассматриваются дей-

ствия, необходимые для поддержки стабильности горных сообществ и экосистем: адаптация к климатическим изменениям, поддержка и использование традиционных знаний и аграрных практик, усиление роли планирующих институтов и разработка национальных планов развития, учитывающих климатические изменения.

Адаптация к изменению климата, согласно Рамочной конвенции ООН¹ и Национальному стандарту Российской Федерации², предполагает действия, предпринимаемые с целью снижения (или предотвращения) существующих или потенциальных рисков или использования благоприятных возможностей, связанных с изменением климата.

Адаптационные действия в горных сельских регионах мира, заметно активизировавшиеся в последнее десятилетие, направлены на стабилизацию средств к существованию. В области растениеводства они связаны либо с изменением видов аграрной деятельности, либо со сменой культур или сортов на более устойчивые к изменениям регионального или локального климата (Hussain et al., 2021; Ponce, 2020). Диверсификация культур как адаптационная мера, требующая отказа от привычных методов ведения хозяйства и не всегда дающая заметные результаты, часто вызывает недоверие горных фермеров (Labeyrie et al., 2021). При этом эффективными могут быть не только действия, непосредственно мотивированные изменением климата; широкий спектр местных привычных практик может “невидимо” способствовать адаптации к изменению климата (Gruneis et al., 2018).

При нарастании климатических изменений заметным трендом становится обращение жителей горных регионов к туристическому бизнесу как дополнительному, а иногда и основному источнику доходов (Adler et al., 2022; Landscapes ..., 2019; Schmid et al., 2022; Tourism ..., 2014). В то же время индустрия туризма в горах, на которую приходится 15–20% мирового туризма, в случае усиления климатических угроз одной из первых пострадает от стихийных бедствий, а горные туристические районы могут потерять средства к существованию (Scott et al., 2012). На Кавказе, где риску лавин, дождевых и снегодождевых наводнений и связанных с ними оползней и селей подвержена значительная часть территории, в том числе особо привлекательная для туристов, климатиче-

ские угрозы требуют особого внимания и принятия адаптационных защитных мер (Доклад ..., 2017).

В условиях возрастающей климатической неопределенности особенную значимость приобретают мероприятия органов власти разного уровня в управлении климатическими рисками и их способность принимать совместные с населением решения по адаптации к климатическим изменениям. Однако часто выявляется разрыв между климатической политикой и местной реальностью, и адаптационные действия горных сообществ и местных заинтересованных сторон могут быть более значительными, чем действия их администраций на различных уровнях, которые должны возглавлять инициативы по изменению климата (McDowell et al., 2021). Анализ адаптационных действий в горных регионах Азии, Африки, Центральной и Южной Америки выявил, что их инициаторами становятся в основном отдельные фермеры или домохозяйства; реже встречаются инициативы, возглавляемые органами власти (Romeo et al., 2020). Обсуждая сотрудничество администраций и населения, представители горных районов разных стран одной из основных причин такого разрыва назвали недостаточную информированность населения как о климатических изменениях, так и о действиях властей в этом направлении (MRD Talk01, 2022). Эта проблема остается актуальной и для горных районов России, несмотря на формирование информационно-аналитической и научной основы планирования адаптации к текущим и ожидаемым изменениям климата (Третий ..., 2022). Принятый в 2023 г. Национальный план мероприятий второго этапа адаптации к изменению климата³ направлен, в частности, и на решение проблемы информации и просвещения населения, начиная с образовательной системы.

Среди других адаптационных решений проблемы изменений климата вызывает интерес использование и возрождение террасных земель и террасного земледелия в сельских горных районах (Birthal and Hazrana, 2019; Cicinelli et al., 2021; Zoumides et al., 2022). Террасное земледелие обеспечивает сохранение почвы, регулирование стока воды и возможность использования различных культур вдоль высотного градиента. В ряде стран, как и на Кавказе, такие антропогенные ландшафты веками были основой стабильности местных сообществ (Агларов, 1986, 2016; FAO, 2012; Grove and Rackham, 2003; Stanchi et al., 2012; Tarolli et al., 2014).

¹ UNFCCC 2023. United Nations Framework Convention on Climate Change. <https://unfccc.int/topics/adaptation-and-resilience/the-big-picture/introduction>.

² Адаптация к изменениям климата. Принципы, требования и руководящие указания. ГОСТ Р ИСО 14090-2019. https://cc.voeikovmgo.ru/images/dokumenty/2020/gost_r_iso_14090-2019.pdf.

³ Распоряжение Правительства РФ Об утверждении национального плана мероприятий второго этапа адаптации к изменениям климата от 11 марта 2023 года № 559-п. <http://static.government.ru/media/files/DzVPGII7JgT7QY-RoogphpW69KKQREGTB.pdf>.

С 1960-х годов постепенный исход населения из многих горных районов мира привел к отказу от сельскохозяйственных угодий, в том числе сельскохозяйственных террас. Многие уникальные системы террас, такие как андские (FAO, 2012) или заброшенные средиземноморские террасы (Grove and Rackman, 2003; Hrdalo et al., 2019), отнесены к элементам культурной идентичности местных ландшафтов и стали одной из достопримечательностей для туристов. Аграрные террасы мира, содержащие артефакты и серию погребенных почв, являются важными источниками информации о природных процессах прошлого; именно с террасами связан, возможно, первый в истории случай торговли почвой: для террас острова Гоцо (Мальта) почву привозили на судах из Сицилии (Landscapes ..., 2019).

Среди террасированных горных территорий мира, многие из которых имеют статус объектов культурного наследия, гораздо менее известны комплексы террас Дагестана. Древнее и разнообразное террасное земледелие широко использовалось и было высокоразвитым в Дагестане, включая орошение и системы управления террасами (Агларов, 2016; Вавилов, 1936; Иессен, 1961; Skripnikova, 2002; Spenser and Hale, 1963). В настоящее время в ряде горных местностей Дагестана террасы активно используются под овощи и сады, но многие террасы, особенно удаленные от сел, заброшены. При этом заброшенные террасы сохраняют свою форму и почву, практически не имеют признаков разрушения и являются потенциальным ресурсом для растениеводства (Борисов и др., 2021).

В статье приводятся результаты первого этапа исследований адаптации населения горных территорий Дагестана к климатическим изменениям. На основе данных реанализа дана оценка изменений климата на Восточном Кавказе с особым вниманием к горным районам Дагестана. Рассматривались адаптационные действия населения в области растениеводства в ответ на потепление и растущий дефицит влаги, а также отклик на эти действия администрации и научных организаций республики. Исследования были сосредоточены преимущественно в центре Горного Дагестана и имели на этом этапе в основном качественный характер.

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И МЕТОДЫ

Дагестан — крупнейшая из республик Северного Кавказа, протянувшаяся на 405 км с севера на юг и примерно на 213 км по широте; ее площадь составляет 50 300 км² (рис. 1). Большую часть южной половины республики занимают горы, южная граница республики проходит по Главному Кавказскому хребту с высшей точкой горы Базардюзю (4466 м). Отсюда начинается



Рис. 1. Дагестан. Районы исследования: 1 — Хунзахский, 2 — Гунибский, 3 — Левашинский, 4 — Акушинский, 5 — Чародинский, 6 — Лакский, 7 — Кулинский, 8 — Агульский.

огромный, чрезвычайно расчлененный комплекс горных хребтов и плоскогорий с глубокими речными каньонами, именуемый Горным, или Внутренним Дагестаном, занимающий около 40% всей площади республики. В центральной и южной частях высоты от 900 до 4000 м и более. На северо-западе хребты с высшей точкой 2725 м замыкают Горный Дагестан, отделяя его от гор Чечни. К северу горы снижаются до 600–1000 м, образуя цепь предгорий, изрезанных долинами и ущельями. К северу от р. Терек простирается обширная сухая степь и полупустыня Прикаспийской низменности.

Благодаря своему географическому положению, Дагестан получает значительные количества солнечного тепла. В целом климат Дагестана — умеренно-континентальный, с положительной среднегодовой температурой, за исключением самых высоких гор, с засушливыми и полузасушливыми низменностями, характеризующийся постепенным увеличением влажности

в горах с высотой, кроме высокогорного пояса. Внутренний Дагестан защищен предгорными хребтами от воздушных течений, несущих влагу (Акаев, 1996).

По Закону Республики Дагестан о горных территориях⁴ к таковым относятся территории, лежащие выше 500 м над ур. м.; из них территории, лежащие выше 2000 м, отнесены к зоне особых условий. К горным относятся 33 муниципальных района, в которых, согласно официальным сведениям, проживает около 30% населения республики, т.е. около 950 тыс. человек (Основные ..., 2022; Программа ..., 2020). В горах расположены 1166 населенных пунктов (70% населенных пунктов республики). Среди них 184 селения находятся выше 2000 м, 407 на высотах 1500–2000 м, 384 на высотах 1000–1500 м и 191 селение в предгорьях на высотах 500–1000 м. Более 470 селений расположены в отдаленных труднодоступных местах (Программа ..., 2020).

В горах сосредоточено около 42% сельскохозяйственных угодий Дагестана; более 50% из них составляют пастбища и сенокосы, продуктивность которых выше, чем в низинных районах; остальные угодья используются под пашню (17%) и под многолетние насаждения (27%) (Основные ..., 2022; официальные сайты Республики Дагестан). Около 80% сельскохозяйственной продукции выращивается в личных подсобных хозяйствах (ЛПХ) и мелких фермерских хозяйствах; доля этих форм хозяйствования в горах составляет более 90% (Основные ..., 2022).

Основным занятием горцев является животноводство, но растениеводство, в прошлом сосредоточенное в основном на сельскохозяйственных террасах, до сих пор играет значительную роль. Традиционное садоводство Горного Дагестана занимает склоны в пределах 400–1200 м, местами до 1400–1800 м. Горные фрукты выращиваются на экологически чистых, свободных от химических удобрений землях и пользуются популярностью как в республике, так и в других регионах. Абрикосовые косточки также используются для приготовления местного деликатеса – урбеча, который с успехом продается по всей стране. Целые горные села до сих пор специализируются на выращивании абрикосов и персиков, особенно по склонам долин рр. Сулак и Самур и их притоков. Террасы ряда горных районов полностью заняты капустой как товарным продуктом⁵.

Сельскохозяйственные террасы занимают площадь более 2000 км² на склонах от 400 до

2100–2400 м и представляют собой уникальный резерв плодородных эрозионно-устойчивых почв (Борисов и др., 2021). Основной массив террас расположен в центральной известняковой части Горного Дагестана на высотах от 1000 до 1800–2100 м. Широкие террасы с земляными откосами в прошлом использовались под высокоинтенсивное земледелие: здесь практиковались трехъярусные посадки, когда на одном поле росли зерновые, бобовые и бахчевые, а края полей занимали плодовые деревья; травянистые склоны использовались как сенокосы (Агларов, 2016). Узкополосные террасы, которые были заняты когда-то виноградниками и садами, заброшены, но на многих широких террасах выращивают овощи и картофель. Например, более половины производства дагестанской капусты приходится на два района Горного Дагестана (Левашинский и Акушинский), где капуста более пятидесяти лет выращивается на террасах, заменив картофель (рис. 2). В настоящее время почти все население этих районов занято в капустном агробизнесе⁶. Недостаток воды, который становится все заметнее, требует модернизации поливов, подбора сортов капусты и диверсификации культур.

В южной части Горного Дагестана на сланцевых породах террасы занимают склоны от 1200 до 2100–2400 м; многие из них используются под сады. Почвы их пригодны для механизированной обработки, и в 1930–40-е годы новые пахотные террасы строились с использованием бульдозера (Борисов и др., 2021). Замечено, что древние террасы, сооруженные вручную и веками бережно возделываемые, не поддаются эрозии, как это происходит на “бульдозерных террасах” (Бозиев, 2008).

Сбор данных. Исследования проводилось летом 2022 г. и были сосредоточены преимущественно в центре Горного Дагестана, охватив 8 административных районов, сильно различающихся по численности и структуре населения, площади, преобладающим высотам и производству основных сельскохозяйственных культур (табл. 1). Общая численность населения изучаемой территории составляет около 242 600 человек.

Сбор данных и полевые наблюдения были направлены на выявление реакции населения и местных властей на изменение климата, а также на свидетельства туристической деятельности в горных селениях. Выводы основаны на информации, полученной из Программы социально-экономического развития горных территорий Республики Дагестан (Программа ..., 2020), Нацио-

⁴ Закон Республики Дагестан от 16 декабря 2010 года № 72 О горных территориях Республики Дагестан. <https://docs.cntd.ru/document/895279692>.

⁵ midag.ru 2020. https://midag.ru/2020/09/24/levashinskiy_rayon_dagestana.

⁶ <https://www.agbz.ru/articles/vyiraschivanie-kapusty-opyit-fermerov-dagestana/>; https://midag.ru/2020/09/24/levashinskiy_rayon_dagestana.



Рис. 2. Террасы с капустными полями в Левашинском районе Дагестана. Фото И.А. Идрисова.

нального⁷ и Регионального⁸ планов действий по адаптации к изменениям климата, официальных и научных сайтов, СМИ, встреч в республиканских и местных администрациях и неформальных бесед с предпринимателями и местными жителями. Темы бесед, в которых приняли участие более 25 человек, были посвящены в первую очередь вопросам, связанным с изменениями климата, возможностями адаптации к ним и ролью туризма в доходах населения. Информация была получена также в ходе участия в Рабочем совещании Общественной палаты Дагестана, где с отчетами о выполнении программы развития горных территорий выступали представители 33 горных районов.

Были совершены обзорные выезды в горные районы; особое внимание уделялось состоянию и использованию земельных угодий, аграрных террас, наличию теплиц, садов. Также отмечалось наличие туристической инфраструктуры в селениях (гостиницы и гостевые дома, кафе, реклама и вывески, рассчитанные на иногородних, обилие уличных торговых точек). На данном этапе исследования мы ограничили посещение горных селений визуальным осмотром и качественной оценкой, без количественных выводов.

Оценка современных изменений климата была выполнена с использованием данных современного реанализа высокого разрешения ($0.1^\circ \times 0.1^\circ$)

⁷ Распоряжение Правительства РФ Об утверждении национального плана мероприятий второго этапа адаптации к изменениям климата от 11 марта 2023 года № 559-р. <http://static.government.ru/media/files/DzVPGII7JgT7QY-RoogphpW69KKQREGTB.pdf>.

⁸ Региональный план адаптации к изменениям климата. Распоряжение Правительства Республики Дагестан от 11 октября 2022г., № 459-р. <http://pravo.e-dag.ru/document/05002009756/>.

ERA5-Land⁹, который объединяет данные модели с наблюдениями со всего мира в глобально полный и непротиворечивый набор данных с использованием законов физики. По результатам реанализа ERA5-Land была проведена оценка среднегодовых и среднесезонных температур, суммы активных температур (температура воздуха выше 10°C), осадков, продолжительности безморозного периода в условиях современного потепления (2000–2020 гг.). Для различных высотных поясов рассчитывались изменения и линейные тренды характеристик тепло- и влагообеспеченности. Линейные тренды температуры и осадков по данным реанализа ERA-5-Land рассчитаны для периода 2000–2020 гг., для Восточного Кавказа, $41^\circ\text{--}45^\circ$ с.ш. $45^\circ\text{--}49^\circ$ в.д. Оценка значимости изменений и трендов проводилась по t -критерию Стьюдента. Более подробно изменения климата оценивались на примере четырех административных районов Горного Дагестана: Агульского, Кулинского, Лакского и Чародинского, где сельскохозяйственные угодья поднимаются до 2500 м и выше.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Климатические изменения и последствия для растениеводства. На Северном Кавказе на всех метеостанциях наблюдается положительный тренд средних годовых и сезонных температур и незначимый тренд годовых осадков за период 1976–2018 гг. (Доклад ..., 2021). За последние 30 лет летние температуры повысились в среднем на $0.5\text{--}0.7^\circ\text{C}$. В режиме осадков происходит небольшое увеличение влагообеспеченности весной и осенью и отме-

⁹ Copernicus. <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/search?type=dataset>.

Таблица 1. Некоторые данные о районах исследования, Дагестан

Район Центр	Площадь, км ²	Население, чел. (2021)	Диапазон высот, высота центра, м над ур. м.	Сельско- хозяйственные угодья, га	Пашня, га	Основные культуры
Хунзахский Хунзах	551.91	31 000	1500–2000 1658	108 200	9000	Фрукты, овощи
Гунибский Гуниб	609	25 800	1500–2100 1234	158 300	7000	Фрукты, овощи
Чародинский Цуриб	894	13 600	2000–3000, 1500	131 300	760	Картофель, овощи
Лакский Кумух	700	12 000	400–2000, 1539	104 800	4400	Фрукты, овощи
Агульский Тпиг	793	10 400	2000–3000, 2074	70 500	1200	Картофель, овощи
Кулинский Вачи	651	10 400	2000–3000, 1747	120 924	2909	Картофель, овощи
Акушинский Акуша	622	59 000	1300–2500, 1353	62 300, из них на территории района 54 382	20 600, из них на территории района 12 978	Капуста, карто- фель, овощи
Левашинский Леваши	813	80 400	1200–1500 1269	78 526	14 200	Капуста, овощи, картофель

Источник. Официальные данные районных администраций.

чается слабая тенденция к аридизации зимой и летом (Тогоров et al., 2019). В Докладе о климатических рисках на территории Российской Федерации (2017) указывается увеличение экстремальности осадков на Северном Кавказе, что ведет к росту высоких уровней воды при дождевых и снегодождевых паводках, сходу оползней и селей. На этом фоне проявляется дефицит водных ресурсов для обеспечения нужд питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения (Третий ..., 2022).

Оценка климатических условий восточной части Северного Кавказа за период 2000–2020 гг. показывает повышение летних, зимних и среднегодовых температур. Наблюдаются значительные положительные тренды среднегодовых и сезонных температур, которые в последнее десятилетие (2011–2020 гг.) повышались на всех высотах, кроме районов ниже 500 м над ур. м. (табл. 2). Максимальный рост температур отмечался в среднегорье, на высотах от 500 до 2000 м над ур. м. Продолжительность безморозного периода увеличивается на всех высотах, но сильнее всего в высокогорье – на 6–7 дней. Осадки имеют отрицательный тренд как в целом за год, так и в летний и зимний сезоны, причем отрицательные тренды увеличились по абсолютной величине за последний период (2011–2020 гг.). Максимальные тренды наблюдаются на высотах до 2500 м над ур. м. (см. табл. 2).

В целом, в период после 2010 г. на равнинах рост температуры, особенно летом, замедляется, а количество летних осадков уменьшается. В среднегорье и высокогорье температура продолжает заметно повышаться, а количество годовых и летних осадков начинает снижаться. В целом горы Восточного Кавказа и Дагестана в частности становятся теплее и суше.

В условиях современного потепления климата во всех ключевых районах исследования наблюдается значимый рост среднегодовых температур приблизительно на 0,4°C за 10 лет (табл. 3). Продолжительность безморозного периода заметно увеличивается на высотах выше 2000 м – на 6–9 дней, ниже 2000 м увеличивается на 2–3 дня (Лакский и Чародинский районы), либо не изменяется (Агульский и Кулинский районы). На всех высотных уровнях заметно – более чем на 100°C – выросли суммы активных температур выше +10°C. Этот показатель означает биологический минимум температуры, необходимый для развития некоторых растений. Например, для созревания абрикоса ранних сортов требуется 1160–1250°C активных температур, для поздних – 1730–2150°C, для созревания плодов персика ранних сортов – 1000–1190°C, для средних 1500–1700°C (Лосев, 1994). Из-за потепления высотный предел созревания фруктов – слив, абрикосов, персиков – увеличился до 2100 м и даже выше, особенно в Агульском и Лакском рай-

Таблица 2. Линейные тренды температуры ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) и осадков ($\text{мм}/10$ лет) по данным реанализа ERA-5-Land (2000–2020) для Восточного Кавказа 41° – 45° с.ш. 45° – 49° в.д.

H , м над ур. м.	T год		T лето		T зима		Осадки год		Осадки лето		Осадки зима	
	2000–2020	2011–2020	2000–2020	2011–2020	2000–2020	2011–2020	2000–2020	2011–2020	2000–2020	2011–2020	2000–2020	2011–2020
0–500	0.51	1.15	0.72	0.00	0.37	2.33	–38.6	–83.4	–13.1	–36.7	–2.2	–21.7
500–1000	0.66	1.45	0.68	0.93	1.02	2.35	–63.9	–218.9	–23.5	–79.8	–0.6	–36.0
1000–2000	0.62	1.41	0.61	0.73	0.89	2.06	–70.1	–209.6	–26.4	–83.1	–1.8	–17.7
2000–2500	0.57	1.45	0.62	0.77	0.71	1.91	–55.0	–158.3	–22.6	–59.6	–3.8	–14.7
2500–2800	0.55	1.47	0.61	0.81	0.66	1.79	–39.1	–125.0	–13.9	–44.9	–5.2	–16.1
2800–3000	0.58	1.55	0.66	0.92	0.68	1.82	–43.4	–126.4	–21.7	–51.7	–5.7	–21.2
3000–3500	0.56	1.57	0.62	0.89	0.64	1.86	–52.9	–152.7	–18.9	–50.3	–5.2	–13.4
3500–5000	0.56	1.55	0.61	0.89	0.63	1.72	–52.6	–133.6	–20.7	–31.8	–5.3	–11.2

Примечание. Значимые тренды выделены жирным шрифтом.

Таблица 3. Изменения климатических характеристик в 2011–2020 гг. по сравнению с 2000–2010 гг. на разных высотах по данным ERA-5 для некоторых горных районов Дагестана

H , м над ур. м.	T год, $^{\circ}\text{C}$			Осадки год, мм			$\Sigma T > +10^{\circ}\text{C}$			Безморозный период		
	2000–2020 1	2011–2020 2	раз- ность 2–1	2000–2020 1	2011–2020 2	раз- ность 2–1	2000–2020 1	2011–2020 2	раз- ность 2–1	2000–2020 1	2011–2020 2	раз- ность 2–1
Агульский район, 41.5° – 41.8° с.ш., 47.3° – 47.6° в.д.												
1000–2000	3.2	3.5	0.36	1029	964	–65	1427	1559	132	183	183	0.0
2000–2500	1.7	2.1	0.36	981	935	–46	1094	1200	105	159	165	5.8
2500–2800	1.7	2.1	0.37	987	939	–48	1100	1209	110	159	166	6.8
2800–3000	–0.5	–0.2	0.36	1047	993	–54	520	620	100	130	135	5.1
3000–3500	–0.2	0.1	0.34	998	958	–41	612	689	77	133	140	6.7
>3500	1.5	2.0	0.43	985	897	–89	1018	1142	124	163	170	6.4
Кулинский район, 41.6° – 42.0° с.ш., 47.0° – 47.3° в.д.												
1000–2000	3.2	3.6	0.44	1022	940	–82	1415	1566	151	187	187	–0.4
2000–2500	1.2	1.5	0.34	1030	977	–53	949	1051	101	154	161	6.6
2500–2800	1.4	1.8	0.37	1041	974	–66	1003	1116	112	159	164	5.3
2800–3000	–0.4	–0.1	0.35	990	942	–48	580	674	94	132	138	5.8
3000–3500	0.7	1.1	0.41	985	913	–72	830	945	115	150	155	5.7
Лакский район, 42.0° – 42.2° с.ш., 47.0° – 47.2° в.д.												
1000–2000	2.9	3.2	0.33	1169	1117	–52	1336	1447	112	168	171	2.8
2000–2500	2.1	2.4	0.31	1001	971	–31	1141	1242	102	160	165	4.6
2500–2800	2.1	2.5	0.34	1101	1056	–45	1163	1265	101	160	165	4.6
2800–3000	–1.0	–0.6	0.33	862	840	–22	470	555	86	122	127	4.8
3000–3500	–2.1	–1.8	0.38	969	928	–40	272	367	95	109	114	4.1
Чародинский район, 41.9° – 42.4° с.ш., 46.7° – 46.9° в.д.												
1000–2000	3.8	4.1	0.34	1211	1165	–47	1588	1727	138	173	175	1.8
2000–2500	0.9	1.2	0.36	1184	1133	–51	909	1003	95	143	150	6.3
2500–2800	0.2	0.5	0.33	1157	1137	–19	744	832	88	133	138	5.7
2800–3000	–1.2	–0.7	0.44	1062	995	–67	432	529	97	124	133	8.9
3000–3500	–0.5	–0.1	0.40	1080	1022	–58	579	667	88	132	141	8.9
>3500	–2.2	–1.8	0.41	1113	1049	–63	259	351	92	107	114	6.9

Примечание. Значимые тренды выделены жирным шрифтом.

онах. В то же время во всех районах можно отметить снижение увлажнения.

Повышение границ сельскохозяйственных угодий отмечается в последнее десятилетие во многих горных регионах мира. Особенно это заметно по динамике границ пастбищных лугов, нижние границы которых поднимаются выше, уступая место земледелию или лесному хозяйству, а верхние приближаются к бывшим снеговым линиям (Casale et al., 2023; Shi et al., 2018).

Одно из наиболее заметных последствий изменения климата в Горном Дагестане — растущий дефицит воды, вызванный как уменьшением количества осадков, так и сокращением снежного покрова в горах, что происходит во многих горных регионах мира (Beniston and Stoffel, 2014). По сообщениям на заседании Общественной палаты Дагестана (июнь 2022 г.), за последние 5–10 лет в одном Хунзахском районе исчезло 160 родников, питающих огороды, сады и домашний скот местных жителей; многие горные ручьи мелеют. Повышение летних температур, волны тепла, достигающие высоты 1500 м и выше, недостаток влаги угнетают местные сорта сельскохозяйственных культур и снижают урожайность. Ожидания урожая могут не оправдываться и из-за непредсказуемости погоды, особенно весной и в начале лета.

Основные выводы о последствиях изменения климата были получены из ответов как местных жителей, так и представителей республиканской администрации. Ответы были практически одинаковыми как со стороны фермеров, для которых сельское хозяйство является основным фактором жизнеобеспечения, так и со стороны органов власти, ответственных за поддержку горного населения в условиях изменения климата. Многие члены региональной администрации — выходцы из горных селений, поэтому специфика жизни и хозяйства в горных условиях им хорошо известна.

АДАПТАЦИЯ НАСЕЛЕНИЯ ГОРНЫХ РАЙОНОВ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ: “ДЕЙСТВИЯ СНИЗУ”

Попытки адаптации жителей к замечаемым ими изменениям климата — потеплению, недостатку воды, изменению сезонных погодных закономерностей — начались примерно 5 лет назад. В последние 2–3 года эти действия активизировались, в том числе благодаря поддержке властей Дагестана, решения которых с некоторым опозданием последовали за инициативами горского населения.

Важно отметить, что действия жителей горных районов, вызванные влиянием изменения климата на сельское хозяйство, активизировали не только другие отрасли, но и селекционную науку

Дагестана. Рассмотрим наиболее заметные и эффективные действия, начатые с низового уровня.

Изменение сортов сельскохозяйственных культур; выбор сортов, более устойчивых к недостатку влаги и перепадам температуры. Особенно это относится к овощным культурам, прежде всего к капусте белокочанной, на которой держится благополучие ряда горных районов. Эта проблема обусловила необходимость сотрудничества фермеров с селекционными институтами и семеноводческими организациями. При невозможности закупок за рубежом и недостаточности в Дагестане мощностей для обеспечения фермеров необходимым семенным материалом спрос на новые сорта и семена стал вызовом для соответствующих организаций и республиканской администрации. Этот пробел частично ликвидируется за счет закупок в соседних регионах, прежде всего в Ставропольском крае с развитой системой селекции и семеноводства, но в последние годы первостепенное внимание стало уделяться развитию семеноводства, прежде всего деятельности Дагестанской опытной станции (филиал ВИР — Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова)^{10, 11}.

Развитие тепличного овощеводства в широком высотном диапазоне. Необходимость в теплицах возникла из-за непредсказуемости весенней и ранней летней погоды в горах: неожиданных заморозков, снегопадов и града, а также из-за перепадов суточных температур. Теплицы в первую очередь используются для выращивания помидоров как одного из товарных продуктов, и решают проблему нестабильности урожая и доходов. Часть теплиц, расположенных в предгорьях и на южных склонах, не требует отопления; в других случаях теплицы отапливаются газом или электричеством. Теплицы за короткое время заняли многие участки террас вблизи селений. Если в 2006 г. теплицы занимали чуть больше 8 га, то в 2022 г. площади тепличных хозяйств выросли до 700 га, и ежегодно вводятся новые современные тепличные комплексы¹². Спрос на теплицы вызвал резкую активизацию деятельности предприятий, производящих современное тепличное оборудование, пытающихся преодолеть зависимость от импортных технологий и комплектующих¹³. Одной из идей, продвигаемых различными заин-

¹⁰ riadagestan.ru 2022. https://riadagestan.ru/news/the_government_of_the_v_dagestane_vozrozhdaetsya_semenovodstvo_belokochannoy_kapusty/.

¹¹ rg.ru 2021. <https://rg.ru/2021/10/26/reg-skfo/v-dagestane-soz-dadut-centr-dlia-razvitiia-regionalnogo-semenovodstva.html>.

¹² Dagpravda 2022. <https://dagpravda.ru/ekonomika/otkrytie-zakrytogo-grunta-3/>.

¹³ Agroinvestor 2022. <https://www.agroinvestor.ru/regions/news/37683-v-dagestane-otkrylsya-teplichnyy-kompleks-po-vyrashchivaniyu-tomatov/>.



Рис. 3. Интенсивные сады в предгорьях Дагестана. Фото Ш.С. Мудуева.

тересованными сторонами, является строительство теплиц на террасированных южных склонах с использованием солнечной энергии для выращивания субтропических культур.

Расширение ареала садоводства до 2000 м. Плодовые деревья, которые в высокогорных селениях были бесплодными, начали плодоносить примерно в последние 8–10 лет (по личным сообщениям местных жителей). Это дало стимул жителям сажать фруктовые сады за пределами их обычной зоны произрастания. Новые процессы вызвали интерес у научного сообщества Дагестана. Селекционерами Горного ботанического сада Дагестанского научного центра РАН местные сорта из генетического резерва аборигенной селекции были перенесены путем клонирования из исходных местообитаний (700–1100 м над ур. м.) в новые (1750–2000 м над ур. м.); выявлены пути их использования в селекции и садоводстве. Новые сорта абрикоса, персика и сливы устойчивы к перепадам температур, весенним заморозкам и пригодны для производства сухофруктов; помимо отечественных сортов использовались генетические ресурсы, полученные из Таджикистана и Армении (Асадулаев, Магомедмирзаев, 2018).

Развитие интенсивных садов. Эта идея была прямым ответом на изменение климата и поиском способов поддержки сельского хозяйства в горах. Интенсивные и суперинтенсивные сады широко распространяются в мире в последние десятилетия. Основные цели выращивания интенсивных садов — максимизация урожайности за счет плотной посадки большого количества деревьев на единицу площади, снижение уязвимости деревьев к недостатку влаги и колебаниям

температуры и быстрая окупаемость. Кроме того, это трудоемкое производство, создающее рабочие места, что имеет большое социальное значение для горных районов (Мудуев, 2022; Шахмизов и др., 2017; Aznar-Sánchez et al., 2011). Важным компонентом интенсивных садов являются рассадники и плодохранилища, требующие значительных инвестиций в инфраструктуру. Именно поэтому в Дагестане первая инициатива исходила в основном от крупных фермерских хозяйств, но быстро распространилась среди мелких семейных ферм и ЛПХ, а затем вошла в Программу социально-экономического развития горных районов республики до 2025 г. (рис. 3).

Интенсивные сады особенно актуальны для Восточного Кавказа и Малого Кавказа, территорий с недостатком влаги, где необходима адаптация населения к изменению климата. В качестве примера можно привести Армению, в которой посадка интенсивных садов и модернизация ирригационных систем являются одним из способов повышения устойчивости сельских районов к изменению климата (MRD Talk01, 2022).

Развитие садов лечебных культур. Новая инициатива, предложенная учеными Дагестана, — создание так называемых горных лечебных садов с культурами, содержащими большое количество биологически активных веществ из коллекции видов Горного ботанического сада. Работа по интродукции таких культур в разные зоны высотного ряда уже ведется селекционерами Ботанического сада. Создание лечебных садов будет иметь важное социальное значение: они могут стать базой для выращивания лекарственных растений на неиспользуемых в настоящее время горных тер-

расных землях для биофармацевтической промышленности; появятся новые рабочие места в трудоизбыточных горных районах (Асадулаев, Магомедмирзаев, 2018). Лечебные сады не являются прямым ответом на изменение климата, но направлены на поддержку населения в условиях неопределенности и нестабильности доходов от сельского хозяйства.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПЛАНЫ ПОДДЕРЖКИ РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ И АДАПТАЦИИ К КЛИМАТИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ (“РЕШЕНИЯ СВЕРХУ”)

Региональный план адаптации к изменению климата принят в Дагестане в декабре 2022 г.¹⁴, когда завершался первый этап Национального плана мероприятий адаптации к изменениям климата на период до 2022 г.¹⁵ Региональный План содержит обобщенную информацию об изменениях климата в республике, перечень опасных природных явлений, а также ранжирование адаптационных мероприятий, сформулированных в самом общем виде и без привязки к определенным местностям. Основное внимание в Плате уделяется северным территориям республики, особенно подверженным засухе и пожарам, а также высокой паводковой опасности в низовьях рр. Сулак, Самур и Терек. Помимо риска чрезвычайных ситуаций, для всего Дагестана отмечаются ранние и поздние заморозки, летние ливневые осадки, повышение температуры воздуха, снижение количества осадков в виде дождя и снега, рост скорости и продолжительности ветра. Все эти негативные факторы представляют чрезвычайную опасность для развития сельского хозяйства и стабильности населения, в том числе в горных районах.

Для поддержки горных районов, повышения доходов и уровня жизни сельского населения значительным шагом стало принятие Программы социально-экономического развития горных территорий Республики Дагестан на 2020–2025 гг. и ее ежегодная актуализация. Хотя Программа не ставит целью адаптацию к изменениям климата, эти мероприятия объективно поддерживают адаптационные действия населения.

Программа включает в себя реальные меры по финансированию водоснабжения, модернизации ирригационных систем, производства и сбыта сельскохозяйственной продукции, а также развития туристической инфраструктуры как важного

фактора занятости населения. Отдельно в Программе выделены конкретные меры поддержки в виде субсидий и грантов для ЛПХ. Прежде всего это продолжающаяся с 2020 г. и ежегодно расширяющаяся программа грантов на закладку садов интенсивного типа. В 2022 г. площадь интенсивных садов превысила 4 тыс. га, и эта площадь быстро увеличивается, включая территории водосберегающего капельного орошения¹⁶. Агрономическое сопровождение посадок и дальнейшее наблюдение проводят местные опытные специалисты. Развитие плодоводства, в свою очередь, вызвало необходимость поддержки пчеловодства в условиях критических потерь пчел-опылителей в последние годы во всем мире, включая Кавказ.

Субсидии ЛПХ на приобретение малогабаритной сельскохозяйственной техники особенно важны в условиях мелкоконтурности горных угодий. Прямым ответом на инициативы населения можно считать субсидирование строительства малогабаритных теплиц. Программа поддерживает сельскохозяйственные организации и относительно крупные хозяйства: это субсидирование приобретения оборудования для переработки сельскохозяйственной продукции и производства продуктов питания, строительства логистических центров хранения сельскохозяйственной продукции. Также выделяются субсидии на создание и модернизацию промышленных предприятий, которые могут создать новые рабочие места в горных районах Дагестана.

Помимо Программы, из регионального бюджета выделяются гранты на развитие семеноводства и селекции научным и научно-производственным организациям. В результате Федерального аграрного научного центра республики и Дагестанская опытная станция существенно увеличили производство семян овощных культур; демонстрационные площадки размещены в разных районах республики¹⁷.

Программа ежегодно актуализирует список мероприятий, увеличивая бюджет поддержки. В 2019 г. в республиканском бюджете на реализацию мероприятий Программы были выделены 1.85 млн рублей. В 2020 г. — 60 млн руб., а в 2021 и 2022 гг. — по 90 млн руб. Интересно проследить динамику подачи заявок на финансовую поддержку. В 2019 и 2020 гг. подавалось менее 30 заявок в год; в 2021 г. было подано 199, поддержано 152, из них 139 — поддержка ЛПХ. В 2022 г. подано 349, поддержана 221 заявка, из них 209 — под-

¹⁴Региональный план адаптации к изменениям климата. Распоряжение Правительства Республики Дагестан от 11 октября 2022г., № 459-р. <http://pravo.e-dag.ru/document/05002009756/>.

¹⁵Распоряжение Правительства РФ от 25 декабря 2019 года № 3183-р Об утверждении национального плана мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 года. <https://docs.cntd.ru/document/564102934>.

¹⁶Fertilizer 2022. <https://www.fertilizerdaily.ru/20220531-v-dagestane-intensivno-razvivaetsya-sadovodstvo/>.

¹⁷riadagestan.ru 2022. https://riadagestan.ru/news/the_government_of_the_v_dagestane_vozrozhdaetsya_semenovodstvo_belokochannoy_kapusty/; rg.ru 2021. <https://rg.ru/2021/10/26/reg-skfo/v-dagestane-sozdadut-centr-dlia-razvitiia-regionalnogo-semenovodstva.html>.

держки ЛПХ (данные Минэкономразвития РД). Основную роль в росте обращений за поддержкой сыграло широкое размещение информации и содействие в оформлении необходимых документов в многофункциональных центрах муниципальных образований.

Необходимо подчеркнуть, что многие меры поддержки действий сельских производителей реализуются вслед за тем, как эти действия уже стали предприниматься населением горных районов. Поддержка малых хозяйств играет не только финансовую роль, это и сигнал населению о возможностях сотрудничества администрации и горного сообщества. При этом в Программе нет упоминания климатических проблем, однако многие предпринимаемые действия «работают» на адаптацию к климатическим изменениям.

Несмотря на заметную поддержку развития горных территорий, одной из основных проблем сельского хозяйства Дагестана остается снижение качества почв, недостаток удобрений и активизация почвенной эрозии. Давно назрела необходимость широких агрохимических исследований почв и возобновления противоэрозионных мероприятий, что требует государственной поддержки¹⁸.

В марте 2023 г. в стране был принят Национальный план мероприятий второго этапа адаптации к изменениям климата на период до 2025 г.¹⁹ Второй этап содержит 17 мероприятий, которые сгруппированы в федеральный, отраслевой и региональный блоки. В каждом блоке, в том числе, уделено большое внимание информации и просвещению населения, начиная с образовательной системы. Информация должна касаться как изменений климата и прогнозов, так и практических мер адаптации к этим изменениям и мер, исходящих от лиц, принимающих решения. Региональный адаптационный план Дагестана должен актуализироваться, следуя второму этапу Национального плана адаптации к изменениям климата.

ТУРИЗМ: АЛЬТЕРНАТИВА СЕЛЬСКОМУ ХОЗЯЙСТВУ ИЛИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК ДОХОДА

Адаптация населения гор мира к климатическим изменениям для сохранения доходов реализуется в том числе в смене деятельности, включая обращение к обслуживанию растущего потока туристов (IPCC, 2022). Дагестан в последние годы переживает настоящий туристический бум. В

2021 г. республику посетило 1 085 000 туристов, а в 2022 г. это число увеличилось более чем на 43%²⁰. Каспийское море, горы, историческое наследие привлекают туристов с разными интересами, а погодные условия благоприятны для активного туризма под открытым небом 20–30 дней в месяц в течение всего года, для пассивных форм рекреации (например, солнечные и воздушные ванны) более 3.5 месяцев (Виноградова, 2022). Поток в горы составляет основную массу туристов; обычно это короткие экскурсии на автомобилях, осмотр природных и исторических достопримечательностей. Жители горных сел вовлечены в туристский бизнес в основном торговлей сувенирами и фруктами в сезон, оказанием транспортных услуг и открытием многочисленных точек общепита с местной кухней. В 2022–2023 гг. стало заметно расти количество гостевых домов в горных селениях, стал развиваться аграрный туризм, прежде всего в районах садоводства, очень востребованный городскими жителями Дагестана. Согласно официальным данным, в 2022 г. в сфере аграрного туризма появилось 120 гостевых домов, что в два раза больше ожидаемого²¹.

По сообщениям представителей администрации Дагестана и местных жителей, туризм является лишь дополнительным источником дохода горского населения; однако многие молодые люди бросают сельскохозяйственную деятельность, чтобы работать в индустрии туризма. Количественной оценки реального вклада горного туризма на экономику республики и доходов местных сообществ найти не удалось. На качественном уровне исследований можно отметить снижение сельскохозяйственной активности в крупных населенных пунктах (например, Гуниб) в связи с переориентацией части населения на туризм. Примерно такие же закономерности выявлены в Грузии при исследовании соотношения доходов от туризма и сельского хозяйства в условиях роста туристических потоков (Salukvadze and Backhaus, 2020). В то же время растущее количество теплиц, площадей интенсивных садов, деятельность капустных хозяйств демонстрируют рост сельскохозяйственной активности. К тому же развитие туризма требует роста и появления дополнительных услуг, в том числе продукции местных хозяйств.

Помимо популярных туристических маршрутов и объектов Дагестана, республика обладает возможностью расширения этого списка за счет уникального комплекса аграрных террас, которые могут стать еще одной визитной карточкой республики (Грачева, Идрисов, 2021). Дагестан — один из признанных мировых центров древних

¹⁸Ахмедагаев А.М. Современное состояние плодородия почв Дагестана. 2022. <https://lezgigazet.ru/archives/306013>.

¹⁹Распоряжение Правительства РФ Об утверждении национального плана мероприятий второго этапа адаптации к изменениям климата от 11 марта 2023 года № 559-п. <http://static.government.ru/media/files/DzVPGII7JgT7QY-RoogphpW69KKQREGTB.pdf>.

²⁰Mintourism 2022. <https://mintourismrd.ru/dejatelnost/itogi-dejatelnosti/>.

²¹Mintourism 2022. <https://mintourismrd.ru/dejatelnost/itogi-dejatelnosti/>.

террасных технологий, возникновение которых относят к бронзовому — началу железного веков; расцвет террасного строительства пришелся на средние века (Агларов, 1986, 2016; Скрипникова, 2007). Разнообразные террасные комплексы — свидетельства устройства жизни общества, создавшего грандиозные культурные ландшафты, соотношения индивидуального и общинного труда, накопления и передачи знаний; в них воплощены взаимоотношения горного общества и природы в прошлом. Включение террас в список туристических объектов республики не только даст толчок научному и образовательному туризму, но и повысит интерес хозяев гостевых домов к местному ландшафту и его истории, связанной с историей Дагестана, может косвенно послужить замедлению оттока населения. Пример, когда жители горного района, принимающие туристов, сами становятся заинтересованными гидами для туристов, приведен в работе, описывающей развитие туризма в районе Лагодехи, Грузия (Schmid et al., 2022).

При всей привлекательности туризма и растущем интересе к нему, его продвижение в отдаленные горные районы вызывает опасения по поводу сохранности местных культур, размывания традиционных ценностей, коммерциализации культуры и утери навыков взаимоотношений населения с горной средой (Applis, 2022). Появление населения, опытного в туристическом бизнесе, может вытеснить местных жителей из этой индустрии, или разделить территорию “социально-географической границей” на процветающую туристическую и маргинализирующую сельскую периферию, теряющую население.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка изменений климата на Восточном Кавказе, включая Дагестан, показала, что климат в регионе становится теплее и суше, при этом скорости потепления и аридизации выше в горах, чем на равнине. Активизация опасных природных явлений, нарушение сезонных погодных закономерностей и растущий дефицит воды стали заметно отражаться на эффективности традиционного земледелия жителей горных территорий. Реакция жителей на эти изменения в Дагестане оказалась в русле процессов, отмечаемых во многих горных регионах мира (Adler, 2022). Прежде всего — это смена привычных сортов выращиваемых культур, изменение самих культур, смена или появление дополнительных видов сельскохозяйственной деятельности, наиболее устойчивых к текущим изменениям климата (таких как интенсивные сады); наконец, это использование расширения агроклиматических ареалов культур в высотном ряду. Эти действия, предпринимаемые с целью снижения потенциальных рисков для сельского хозяйства, а также использование

благоприятных возможностей, связанных с изменением климата, можно рассматривать как меры адаптации к изменениям климата, инициированные самими жителями. Важно отметить, что адаптационные действия жителей активизировали не только ряд других отраслей, таких как индустрию создания теплиц, систем капельного орошения, но и селекционную науку Дагестана.

Программа социально-экономического развития горных территорий Республики Дагестан на 2020—2025 гг., принятая для поддержки горных районов, повышения доходов и уровня жизни сельского населения, не ставя целью адаптацию к изменениям климата, объективно оказала существенную поддержку адаптационным действиям населения. Разработанная вслед за инициативами населения и местных предпринимателей, Программа подчеркивает роль ЛПХ и малых фермерских хозяйств в развитии горных территорий, адресуя гранты и субсидии в эти преобладающие в горах хозяйства.

Туризм остается лишь дополнительным источником дохода горского населения, хотя туристический бум последних лет вызвал обращение жителей горных регионов к туристическому бизнесу. Появление и быстрый рост популярности аграрного туризма — один из путей взаимодействия и комплексного развития сельского хозяйства и туризма. В то же время горы — арена опасных природных процессов, частота которых может усилиться и увеличить риски для туристической деятельности. Оценка рисков может стать отправной точкой для разработки стратегий и планирования устойчивого горного туризма.

Опыт Дагестана подтверждает, что адаптация к климатическим изменениям и ее эффективность зависят не только от государственной политики, но и от активного и непрерывного вовлечения в этот процесс других участников, в том числе региональной администрации, населения, предпринимателей, науки, а также использования имеющихся местных знаний.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Статья подготовлена в рамках гранта, предоставленного Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (№ соглашения о предоставлении гранта: 075-15-2022-325).

FUNDING

The article was prepared in the framework of a research grant funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (grant ID: 075-15-2022-325).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агларов М.А.* Террасное земледелие Дагестана (вопросы генезиса, культурной типологии и социальной роли системы) // *Studia Praehistorica*. 1986. № 8. С. 50–62.
- Агларов М.А.* Еще раз о сельскохозяйственных террасах Дагестана // *Вестн. Дагестан. науч. центра*. 2016. № 62. С. 30–53.
- Акаев Б.А.* Физическая география Дагестана: Учеб. пособие. М.: Школа, 1996. 380 с.
- Асадулаев З.М., Магомедмирзаев М.М.* Горный ботанический сад Дагестанского научного центра РАН. Махачкала: АЛЕФ, 2018. 70 с.
- Бозиев Т.Х.* Террасное земледелие в горных условиях Кабардино-Балкарии // *Междунар. сельскохозяйственный журн.* 2008. № 4. С. 66–67.
- Борисов А.В., Каширская Н.Н., Ельцов М.В., Пинской В.Н., Плеханова Л.Н., Идрисов И.А.* Почвы древних сельскохозяйственных террас Восточного Кавказа // *Почвоведение*. 2021. № 5. С. 542–557.
- Вавилов И.И.* Мировой опыт сельскохозяйственного освоения высокогорий // *Природа*. 1936. № 2. С. 74–83.
- Виноградова В.В.* Воздействие погодных условий на туристический потенциал Кавказского региона // *Изв. РАН. Сер. геогр.* 2022. Т. 86. № 5. С. 799–814.
- Грачева Р.Г., Идрисов И.А.* Сельскохозяйственные террасные комплексы горных регионов: культурно-историческое наследие и неотъемлемый элемент ландшафта // *Вопросы Географии. География и экология культуры. Сохранение наследия*. 2021. Сб. 153. С. 69–89.
- Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год. М.: Росгидромет, 2021. 104 с.
- Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации / под ред. В.М. Катцова. СПб., 2017. 106 с.
- Иессен А.А.* Кавказ и Древний Восток в IV–III тысячелетиях до нашей эры // *Краткие Сообщения*. 1963. Вып. 93. С. 3–14.
- Лосев А.П.* Практикум по агрометеорологическому обеспечению растениеводства. СПб.: Гидрометеоиздат, 1994. 244 с.
- Мудуев Ш.С.* Итоги реализации Государственной Программы “Социально-экономическое развитие горных территорий Республики Дагестан” за 2019–2021 гг. и перспективы расширения государственной поддержки // *УЭПС: управление, экономика, политика, социология*. 2022. № 1. С. 53–59. <https://doi.org/10.24412/2412-2025-2022-1-53-59>
- Основные итоги сельскохозяйственной микропереписи 2021 года: Стат. сб. Федеральная служба государственной статистики. М.: ИИЦ “Статистика России”, 2022. 420 с.
- Природно-климатические условия и социально-географическое пространство России / ред. А.Н. Золотокрылин, В.В. Виноградова, О.Б. Глезер. М.: Институт географии РАН, 2018. 154 с.
- Программа Республики Дагестан “Социально-экономическое развитие горных территорий Республики Дагестан”. Постановление Правительства Республики Дагестан от 18.02.2020 № 21.
- Скрипникова М.И.* Рукотворные террасовые агроэкосистемы горных ландшафтов Евразии // *Вестн. Алтайского гос. аграр. ун-та*. 2007. Т. 37. № 10. С. 35–45.
- Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. СПб.: Научное издание, 2022. 124 с.
- Шахмирзоев Р.А., Догеев Г.Д., Шахмирзоев А.Р.* Развитие интенсивного садоводства в Республике Дагестан // *Сб. науч. тр. ГНБС*. 2017. Т. 144. Ч. II С. 51–54.
- Adler C., Wester P., Bhatt I., Huggel C., Insarov G.E., Morecroft M.D., Muccione V., Prakash A.* Cross-Chapter Paper 5: Mountains. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge Univ. Press, 2022. P. 2273–2318. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.022>
- Applis S.* Crises around Concepts of Hospitality in the Mountainous Region of Svaneti in the North of Georgia // *Tour. Hosp.* 2022. № 3. P. 416–434. <https://doi.org/10.3390/tourhosp3020027>
- Aznar-Sánchez J.A., Emilio Galdeano-Gómez E., Juan C., Pérez-Mesa J.C.* Intensive Horticulture in Almería (Spain): A Counterpoint to Current European Rural Policy Strategies // *J. Agrarian Change*. 2011. Vol. 11. № 2. P. 241–261.
- Beniston M., Stoffel M.* Assessing the impacts of climatic change on mountain water resources // *Sci. Total. Environ.* 2014. № 493. P. 1129–1137. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.11.122>
- Beniston M., Stoffel M.* Rain-on-snow events, floods and climate change in the Alps: Events may increase with warming up to 4°C and decrease thereafter // *Science of the Total Environment*. 2016. № 571. P. 228–236.
- Birthal P.S., Hazrana J.* Crop diversification and resilience of agriculture to climatic shocks // *Evidence from India Agricultural Systems*. 2019. № 173. P. 345–354. <https://doi.org/10.1016/j>
- Brandt R., Kaenzig R., Lachmuth S.* Migration as a risk management strategy in the context of climate change: evidence from the Bolivian Andes // *Migration, Risk Management and Climate Change: Evidence and Policy Responses* / A. Milan, B. Schraven, K. Warner, N. Cascone (Eds.). Springer: Cham, Switzerland, 2016. P. 43–61.
- Casale F., Bocchiola D.* Climate Change Effects upon Pasture in the Alps: The Case of Valtellina Valley, Italy // *Climate*. 2022. № 10. P. 173. <https://doi.org/10.3390/cli10110173>
- Cicinelli E., Caneva G., Savo V.* A Review on Management Strategies of the Terraced Agricultural Systems and Conservation Actions to Maintain Cultural Landscapes around the Mediterranean Area // *Sustainability*. 2021. № 13. P. 4475. <https://doi.org/10.3390/su13084475>

- FAO. Sustainable Mountain Development in the Andes. From Rio 1992 to Rio 2012 and beyond. 2012. http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/ANDES%20FINAL%20Andes_report_eng_final.pdf
- FAO, Mapping the Vulnerability of Mountain Peoples to Food Insecurity / R. Romeo, A. Vita, R. Testolin, T. Hofer (Eds.). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome: FAO, 2015. 66 p.
- FAO, Mountain Agriculture: Opportunities for Harnessing Zero Hunger in Asia / X. Li, M. El Solh, K.H.M. Sidique (Eds.). Food and Agricultural Organization of the United Nations. Bangkok: FAO, 2019. 278 p.
- Fort M. Impact of climate change on mountain environment dynamics // J. Alpine Research / Revue de géographie alpine [Online]. 2015. Vol. 103. № 2. Online since 1 September 2015, connection on 29 September 2016. <http://rga.revues.org/2877>. <https://doi.org/10.4000/rga.2877>
- Grove A.T., Rackham O. The Nature of Mediterranean Europe. An Ecological History. London: Yale Univ. Press, 2003. 384 p.
- Gruneis H., Penker M., Höferl K.M., Schermer M., Scherhauser P. Why do we not pick the low-hanging fruit? Governing adaptation to climate change and resilience in Tyrolean mountain agriculture // Land Use Policy. 2018. Vol. 79. P. 386–396. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.08.025>
- Hrdalo I., Trojanović A., Reljić D. The terraced landscape as a part of the Dubrovnik regional identity: Cross Time Study of the Region Dubrovačko Primorje (Republic of Croatia) // ANNALES. Ser. Hist. Sociol. 2019. Vol. 29. № 1. P. 125–140. <https://doi.org/10.19233/ASHS.2019.09>
- Hussain A., Qamar F.M., Adhikari L., Hunzai A.I., Rehman A.U., Bano K. Climate Change, Mountain Food Systems, and Emerging Opportunities: A Study from the Hindu Kush Karakoram Pamir Landscape, Pakistan // Sustainability. 2021. Vol. 13. P. 3057. <https://doi.org/10.3390/su13063057>
- IPCC. AR6 Synthesis Report Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. 2022. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/>
- Kohler Th., Giger M., Hurni H., Ott C., Wiesmann U., Wyman von Dach S., Maselli D. Mountains and Climate Change: A Global Concern // Mountain Research and Development. 2010. Vol. 30. № 1. P. 53–55. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-09-00086.1>
- Labeyrie V., Renard D., Aumeeruddy-Thomas Y., Benyei P., Caillon S., Calvet-Mir L., Stéphanie M., Carrière S.M., et al. The role of crop diversity in climate change adaptation: insights from local observations to inform decision making in agriculture // Current Opinion in Environmental Sustainability. 2021. Vol. 51. P. 15–23. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2021.01.006>
- Landscapes and Landforms of the Maltese Islands / R. Gauci, J.A. Schembri (Eds.). Cham: Springer, 2019. 385 p.
- McDowell G., Stevens M., Lesnikowski A., Huggel C., Harden A., DiBella J., Morecroft M., Kumar P., Joe E.T., Bhatt I.D., et al. Closing the Adaptation Gap in Mountains // Mountain Research and Development. 2021. Vol. 41. № 3. P. A1–A10. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-21-00033.1>
- MRD Talk01. Climate change adaptation in mountains: How to close the gap between policies and local realities? 2022. <https://www.mrd-journal.org/?mrd-talks=climate-change-adaptation-in-mountains-how-to-close-the-gap-between-policies-and-local-realities>
- Ponce C. Intra-seasonal climate variability and crop diversification strategies in the Peruvian Andes: A word of caution on the sustainability of adaptation to climate change // World Development. 2020. Vol. 127. P. 104740. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.104740>
- Romeo R., Grita F., Parisi F., Russo L. Vulnerability of Mountain Peoples to Food Insecurity: Updated Data and Analysis of Drivers. Rome, Italy: FAO [Food and Agriculture Organization] and UNCCD [United Nations Convention to Combat Desertification], 2020.
- Salukvadze G., Backhaus N. Is Tourism the Beginning or the End? Livelihoods of Georgian Mountain People at Stake // Mountain Research and Development. 2020. Vol. 40. № 1. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-19-00078.1>
- Schmid L.G., Gugushvili T., Kohler Th. The rise of guest-house tourism in the Greater Caucasus and the effects of the Covid pandemic – the example of Lagodekhi town and its protected area, Georgia // Erdkunde. 2022. Vol. 76. № 1. P. 41–58. <https://doi.org/10.3112/erdkunde.2022.01.03>
- Scott D., Gössling S., Hall C.M. International tourism and climate change // Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change. 2012. Vol. 3. № 3. P. 213–232. <https://www.jstor.org/stable/27163433>
- Shi W., Liu Yi., Xiaoli Shi X. Contributions of climate change to the boundary shifts in the farming-pastoral ecotone in northern China since 1970 // Agricultural Systems. 2018. Vol. 161. P. 16–27. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.12.002>
- Skripnikova M.I., Kit M.G., Radzii V.F., Sveshnikova V.A. Ancient Anthropogenic Terrace Complexes in the North Caucasus and Carpathians as the Models of Sustainable Highly Productive Agroecosystems // Proceedings of the third International Congress Man and Soil at the Third Millennium. Logroño: Geoforma Ediciones, 2002. P. 821–832.
- Spenser J.E., Hale G.A. The origin, nature, and distribution of agricultural terracing // Pacific Viewpoint. 1961. Vol. 2. № 1. P. 1–40. <https://doi.org/10.1111/apv.21001>
- Stanchi S., Freppaz M., Agnelli A., Reinsch T., Zanini E. Properties, best management practices and conservation of terraced soils in Southern Europe (from Mediterranean areas to the Alps) // A review. Quat. Int. 2012. Vol. 265. P. 90–100.
- Tarolli P., Preti F., Romano N. Terraced landscapes: From an old best practice to a potential hazard for soil degradation due to land abandonment // Anthropocene. 2014. № 6. P. 10–25.

Toropov P.A., Aleshina M.A., Grachev A.M. Large-scale climatic factors driving glacier recession in the Greater Caucasus, 20th-21st century // *Int. J. Climatol.* 2019. Vol. 39. № 12. P. 4703–4720.
<https://doi.org/10.1002/joc.6101>

Tourism in Mountain Regions: Hopes, Fears and Realities // *Sustainable Mountain Development Series* / B. Debarbieux, M. Oiry Varacca, G. Rudaz, D. Maselli,

T. Kohler, M. Jurek (Eds.). Geneva, Switzerland: UNIGE, 2014. CDE, SDC. P. 108.

Zoumides C., Bruggeman A., Giannakis E., Kyriakou N. A Future for Mountain Terraces: Experiences from Mediterranean Wineries // *Mountain Research and Development*. 2022. Vol. 42. № 3. P. R35–R49.
<https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-21-00031>

Adaptation of Population Activities in the Mountain Areas of Dagestan to Climate Change: Trends in Agriculture

R. G. Gracheva^{1, 2, *}, V. V. Vinogradova^{1, 2}, and Sh. S. Muduev³

¹*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

²*Higher School of Economics (HSE), Moscow, Russia*

³*Research Institute of Management, Economics, Politics and Sociology, Makhachkala, Russia*

*e-mail: gracheva@igras.ru

The results of the first stage of research on adaptation measures taken by the rural population of mountain regions and the administration of Dagestan in response to climate change are presented. Assessment of climate change over the past 20 years in the Eastern Caucasus with special attention to the mountain territories of Dagestan was carried out based on satellite measurements and reanalysis data. It has been revealed that in the last decade in the middle and high mountains, annual and seasonal temperatures have increased markedly, and the amount of annual and summer precipitation begins to decrease. In general, the mountains of the Eastern Caucasus and Dagestan in particular are becoming warmer and drier. The actions of the population of mountain areas in the field of crop production in response to warming and a growing lack of moisture are mainly aimed, as in many mountainous rural regions of the world, at changing varieties and crops, growing intensive orchards that are more resistant to climate change, expanding the areas of fruit crops in high altitude zone. The unpredictability of weather phenomena caused the active growth of the greenhouse industry. New processes have activated related industries and breeding science in Dagestan. The initiatives of the population are supported by the Program for the Socioeconomic Development of the Mountain Territories of the Republic of Dagestan for 2020–2025, which provides for subsidies and grants, primarily for personal subsidiary plots. The program does not aim to adapt to climate change, but these activities objectively act as support for the population adaptation actions. The agricultural terraces of Dagestan are considered as a potential resource for the agriculture development in the face of climate change, as well as possible tourism objects, which are elements of the historical and cultural heritage and identity of local landscapes.

Keywords: trends in climatic parameters, crop production, directions of adaptation, development program, intensive orchards, agricultural terraces, tourism

REFERENCES

- Adler C., Wester P., Bhatt I., Huggel C., Insarov G.E., Morescroft M.D., Muccione V., Prakash A. Cross-Chapter Paper 5: Mountains. In *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge; New York: CUP, 2022, pp. 2273–2318.
<https://doi.org/10.1017/9781009325844.022>
- Aglarov M.A. Terrace farming in Dagestan (questions of genesis, cultural typology and social role of the system). *Studia Praehistorica*, 1986, no. 8, pp. 50–62. (In Russ.).
- Aglarov M.A. Once more about agricultural terraces of Dagestan. *Vestn. Dagest. Nauch. Tsent.*, 2016, no. 62, pp. 30–53. (In Russ.).
- Akaev B.A. *Fizicheskaya geografiya Dagestana. Uchebnoe posobie* [Physical Geography of Dagestan: Textbook]. Moscow: Schkola Publ., 1996. 380 p.
- Applis S. Crises around Concepts of Hospitality in the Mountainous Region of Svaneti in the North of Georgia. *Tour. Hosp.*, 2022, no. 3, pp. 416–434.
<https://doi.org/10.3390/tourhosp3020027>
- Aznar-Sánchez J.A., Galdeano-Gómez E.E., Pérez-Mesa J.C. Intensive Horticulture in Almería (Spain): A Counterpoint to Current European Rural Policy Strategies. *J. Agrar. Change*, 2011, vol. 11, no. 2, pp. 241–261.
- Beniston M., Stoffel M. Assessing the impacts of climatic change on mountain water resources. *Sci. Total. Environ.*, 2014, no. 493, pp. 1129–1137.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.11.122>
- Beniston M., Stoffel M. Rain-on-snow events, floods and climate change in the Alps: Events may increase with warming up to 4 °C and decrease thereafter. *Sci. Total Environ.*, 2016, no. 571, pp. 228–236.
- Birthal P.S., Hazrana J. Crop diversification and resilience of agriculture to climatic shocks. Evidence from India.

- Agric. Syst.*, 2019, no. 173, pp. 345–354.
<https://doi.org/10.1016/j.agry.2019.03.005>
- Borisov A.V., Kashirskaya N.N., El'tsov M.V., Pinsky V.N., Plekhanova L.N., Idrisov I.A. Soils of Ancient Agricultural Terraces of the Eastern Caucasus. *Eurasian Soil Sci.*, 2021, vol. 54, pp. 665–679.
<https://doi.org/10.1134/S1064229321050045>
- Boziev T.Kh. Terraced farming in mountainous conditions of Kabardino-Balkaria. *Mezhdun. Sel'skokhoz. Zh.*, 2008, no. 4, pp. 66–67. (In Russ.).
- Brandt R., Kaenzig R., Lachmuth S. Migration as a risk management strategy in the context of climate change: evidence from the Bolivian Andes. In *Migration, Risk Management and Climate Change: Evidence and Policy Responses*. Milan A., Schraven B., Warner K., Cascone N., Eds. Cham, Switzerland: Springer, 2016, pp. 43–61.
- Casale F., Bocchiola D. Climate Change Effects upon Pasture in the Alps: The Case of Valtellina Valley, Italy. *Climate*, 2022, no. 10, art. 173.
<https://doi.org/10.3390/cli10110173>
- Cicinelli E., Caneva G., Savo V. A Review on Management Strategies of the Terraced Agricultural Systems and Conservation Actions to Maintain Cultural Landscapes around the Mediterranean Area. *Sustain.*, 2021, no. 13, art. 4475.
<https://doi.org/10.3390/su13084475>
- Doklad o klimaticheskikh riskakh na territorii Rossiiskoi Federatsii* [Report on Climate Risks on the Territory of the Russian Federation]. St. Petersburg, 2017. 106 p.
- Doklad ob osobennostyakh klimata na territorii Rossiiskoi Federatsii za 2020 god* [Report on Climate Features on the Territory of the Russian Federation in 2020]. Moscow, 2021. 104 p.
- Fort M. Impact of climate change on mountain environment dynamics: An introduction. *Rev. Geogr. Alp.*, 2015, vol. 103, no. 2.
<https://doi.org/10.4000/rga.2877>
- Gornyi botanicheskii sad Dagestanskogo nauchnogo tsentra RAN* [Mountain Botanical Garden of the Dagestan Scientific Center of RAS]. Asadulaev Z.M., Magomedmirzaev M.M., Eds. Makhachkala: ALEF Publ., 2018. 70 p.
- Gracheva R.G., Idrisov I.A. Agricultural terrace complexes of mountainous regions: cultural and historical heritage and an integral element of the landscape. In *Voprosy geografii. Sb. 153: Geografiya i ekologiya kul'tury. Sokhranenie naslediya* [Problems of Geography. Vol. 153: Geography and Ecology of Culture. Heritage Preservation]. Moscow: Kodeks Publ., pp. 69–89. (In Russ.).
- Grove A.T., Rackham O. *The Nature of Mediterranean Europe. An Ecological History*. London: Yale Univ. Press, 2003. 384 p.
- Gruneis H., Penker M., Höferl K.M., Schermer M., Scherhauser P. Why do we not pick the low-hanging fruit? Governing adaptation to climate change and resilience in Tyrolean Mountain agriculture. *Land Use Policy*, 2018, vol. 79, pp. 386–396.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.08.025>
- Hrdalo I., Trojanović A., Reljić D. The terraced landscape as a part of the Dubrovnik regional identity: Cross Time Study of the Region Dubrovačko Primorje (Republic of Croatia). *Ann., Ser. Hist. Sociol.*, 2019, vol. 29, no. 1, pp. 125–140.
<https://doi.org/10.19233/ASHS.2019.09>
- Hussain A., Qamar F.M., Adhikari L., Hunzai A.I., Rehman A.U., Bano K. Climate Change, Mountain Food Systems, and Emerging Opportunities: A Study from the Hindu Kush Karakoram Pamir Landscape, Pakistan. *Sustain.*, 2021, vol. 13, art. 3057.
<https://doi.org/10.3390/su13063057>
- Iessen A.A. The Caucasus and the Ancient East in the IV–III millennia BC. *Kratk. Soobshch.*, 1963, vol. 93, pp. 3–14. (In Russ.).
- IPCC. AR6 Synthesis Report Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. 2022. Available at: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/> (accessed: 07.08.2023).
- Kohler Th., Giger M., Hurni H., Ott C., Wiesmann U., von Dach S.W., Maselli D. Mountains and Climate Change: A Global Concern. *Mt. Res. Dev.*, 2010, vol. 30, no. 1, pp. 53–55.
<https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-09-00086.1>
- Labeyrie V., Renard D., Aumeeruddy-Thomas Y., Benyei P., Caillon S., Calvet-Mir L., Carrière S.M., Demongeot M., Descamps E., Junqueira A.B., Li X., Locqueville J., Mattalia G., Miñarro S., Morel A., Porcuna-Ferrer A., Schlingmann A., Vieira da Cunha Avila J., Reyes-García V. The role of crop diversity in climate change adaptation: insights from local observations to inform decision making in agriculture. *Curr. Opin. Environ. Sustain.*, 2021, vol. 51, pp. 15–23.
<https://doi.org/10.1016/j.cosust.2021.01.006>
- Landscapes and Landforms of the Maltese Islands*. Gauci R., Schembri J.A., Eds. Cham: Springer, 2019. 385 p.
- Losev A.P. *Praktikum po agrometeorologicheskomu obespecheniyu rastenievodstva* [Practicum on Agrometeorological Support of Plant Growing]. St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1994. 244 p.
- Mapping the Vulnerability of Mountain Peoples to Food Insecurity*. Romeo R., Vita A., Testolin R., Hofer T., Eds. Rome: FAO, 2015. 66 p.
- McDowell G., Stevens M., Lesnikowski A., Huggel C., Harden A., DiBella J., Morecroft M., Kumar P., Joe E.T., Bhatt I.D. Closing the Adaptation Gap in Mountains. *Mt. Res. Dev.*, 2021, vol. 41, no. 3, pp. A1–A10.
<https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-21-00033.1>
- Mountain Agriculture: Opportunities for Harnessing Zero Hunger in Asia*. Li X., El Solh M., Siddique K.H.M., Eds. Bangkok: FAO, 2019. 278 p.
- MRD Talk01. Climate change adaptation in mountains: How to close the gap between policies and local realities?* 2022. Available at: <https://www.mrd-journal.org/?mrd-talks=climate-change-adaptation-in-mountains-how-to-close-the-gap-between-policies-and-local-realities> (accessed: 07.08.2023).
- Muduev Sh.S. Results of the implementation of the State Program “Socio-economic development of mountain territories of the Republic of Dagestan” for 2019–2021 and prospects for expanding state support. *UEPS: Upravl. Econom. Polit. Sociol.*, 2022, no. 1, pp. 53–59.
<https://doi.org/10.24412/2412-2025-2022-1-53-59>

- Osnovnye itogi sel'skokhozyaistvennoi mikroperepisi 2021 goda. Stat. sb. Feder. Sluzh. Gos. Statist.* [Main Results of the Agricultural Microcensus of 2021. Statistical Collection of the Federal State Statistics Service]. Moscow: IITs "Statistika Rossii", 2022. 420 p.
- Ponce C. Intra-seasonal climate variability and crop diversification strategies in the Peruvian Andes: A word of caution on the sustainability of adaptation to climate change. *World Dev.*, 2020, vol. 127, art. 104740. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.104740>
- Prirodno-klimaticheskie usloviya i sotsial'no-geographicheskoe prostranstvo Rossii* [Natural and Climatic Conditions and Social and Geographical Environment of Russia]. Zolotokrylin A.N., Vinogradova V.V., Glezer O.B., Eds. Moscow: Inst. Geogr. RAN, 2018. 144 p.
- Program of the Republic of Dagestan "Socio-economic development of mountain territories of the Republic of Dagestan". Decree of the Government of the Republic of Dagestan of February 18, 2020, no. 21.
- Romeo R., Grita F., Parisi F., Russo L. *Vulnerability of Mountain Peoples to Food Insecurity: Updated Data and Analysis of Drivers*. Rome: FAO, 2020.
- Salukvadze G., Backhaus N. Is Tourism the Beginning or the End? Livelihoods of Georgian Mountain People at Stake. *Mt. Res. Dev.*, 2020, vol. 40, no. 1. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-19-00078.1>
- Schmid L.G., Gugushvili T., Kohler Th. The rise of guest-house tourism in the Greater Caucasus and the effects of the Covid pandemic – the example of Lagodekhi town and its protected area, Georgia. *Erdkunde*, 2022, vol. 76, no. 1, pp. 41–58. <https://doi.org/10.3112/erdkunde.2022.01.03>
- Scott D., Gössling S., Hall C.M. International tourism and climate change. *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Change*, 2012, vol. 3, no. 3, pp. 213–232.
- Shakhmirzoev R.A., Dogeev G.D., Shakhmirzoev A.R. Development of intensive gardening in the Republic of Dagestan. In *Sb. Nauch. Trud. GNBS. T. 144, ch. II* [Collection of Scientific Works of GNBS. Vol. 144. Part II]. Yalta, 2017, pp. 51–54. (In Russ.).
- Shi W., Liu Yi., Xiaoli Shi X. Contributions of climate change to the boundary shifts in the farming-pastoral ecotone in northern China since 1970. *Agric. Syst.*, 2018, vol. 161, pp. 16–27. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.12.002>
- Skripnikova M.I. Man-made terraced agroecosystems of Eurasian mountain landscapes. *Vestn. Altai. Gos. Agrar. Univ.*, 2007, vol. 37, no. 10, pp. 35–45. (In Russ.).
- Skripnikova M.I., Kit M.G., Radzii V.F., Svешnikova V.A. Ancient Anthropogenic Terrace Complexes in the North Caucasus and Carpathians as the Models of Sustainable Highly Productive Agroecosystems. In *Proceedings of the third International Congress Man and Soil at the Third Millennium*. Logroñ: Geoforma Ediciones, 2002, pp. 821–832.
- Spenser J.E., Hale G.A. The origin, nature, and distribution of agricultural terracing. *Pac. Viewp.*, 1961, vol. 2, no. 1, pp. 1–40. <https://doi.org/10.1111/apv.21001>
- Stanchi S., Freppaz M., Agnelli A., Reinsch T., Zanini E. Properties, best management practices and conservation of terraced soils in Southern Europe (from Mediterranean areas to the Alps): A review. *Quat. Int.*, 2012, vol. 265, pp. 90–100.
- Sustainable Mountain Development in the Andes. From Rio 1992 to Rio 2012 and beyond*. FAO, 2012.
- Tarolli P., Preti F., Romano N. Terraced landscapes: From an old best practice to a potential hazard for soil degradation due to land abandonment. *Anthropocene*, 2014, no. 6, pp. 10–25.
- Tretii otsenochnyi doklad ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiiskoi Federatsii. Obshchee Resume* [Third Assessment Report on Climate Change and Its Consequences on the Territory of the Russian Federation. General Summary]. St. Petersburg: Naukoemkieologii Publ., 2022. 124 p.
- Toropov P.A., Aleshina M.A., Grachev A.M. Large-scale climatic factors driving glacier recession in the Greater Caucasus, 20th–21st century. *Int. J. Climatol.*, 2019, vol. 39, no. 12, pp. 4703–4720. <https://doi.org/10.1002/joc.6101>
- Tourism in Mountain Regions: Hopes, Fears and Realities. Debarbieux B., Oiry Varacca M., Rudaz G., Maselli D., Kohler T., Jurek M., Eds. Geneva: UNIGE, 2014. 108 p.
- Vavilov N.I. World experience in agricultural development of highlands. *Priroda*, 1936, no. 2, pp. 74–83. (In Russ.).
- Vinogradova V.V. Impact of Weather Conditions on Tourist Potential of the Caucasus Region. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2022, vol. 86, no. 5, pp. 799–814. (In Russ.).
- Zoumides C., Bruggeman A., Giannakis E., Kyriakou N. A Future for Mountain Terraces: Experiences from Mediterranean Wineries. *Mt. Res. Dev.*, 2022, vol. 42, no. 3, pp. R35–R49. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-21-00031>

ТРАНСФОРМАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СТРУКТУР ГОРНЫХ РЕГИОНОВ И ГОРНЫХ СООБЩЕСТВ

УДК 911.3

СЕЛЬСКАЯ МЕСТНОСТЬ ДАГЕСТАНА: ОБЩЕРОССИЙСКИЕ ТРЕНДЫ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ

© 2023 г. Л. Р. Имангулов^a, *, С. Г. Сафронов^a, **

^aМосковский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, Москва, Россия

*e-mail: linar.imangulov.1999@mail.ru

**e-mail: saffff@mail.ru

Поступила в редакцию 08.02.2023 г.

После доработки 29.06.2023 г.

Принята к публикации 25.08.2023 г.

В статье на основе статистических данных в разрезе населенных пунктов, муниципальной социально-экономической статистики, а также материалов полевых наблюдений и результатов глубинных и экспертных интервью, проведенных авторами во время трех экспедиций в республику Дагестан в 2020–2022 гг., рассмотрены постсоветские особенности развития сельской местности Дагестана. Трансформационные процессы в горных территориях происходят в условиях действия одновременно естественно-географических и центр-периферийных факторов трансформации, а также незавершенного демографического перехода в сочетании с повышенной ролью этнического традиционализма, тормозящего процессы модернизации общества. Наряду с чертами, характерными и для других регионов России (например, сокращение мест приложения труда в агросекторе, депопуляция села, увеличение мобильности населения), трансформация сельской местности республики имеет свои особенности, территориальные сочетания которых обуславливают разнообразие типов сельской местности на внутрирегиональном уровне. Орографическое разнообразие Дагестана значительно усложняет центр-периферийную картину, типичную для равнинных регионов России. Наряду с пригородными выделяются еще два типа стабильных сельских муниципалитетов — предгорные районы, позволяющие заниматься как сельским хозяйством, так и другими видами деятельности, и часть среднегорных котловин, в которых миграционный отток жителей компенсируется притоком из горных поселков. В статье представлен вариант типологизации сельского Дагестана на основе базовых критериев — положения района в системе центр-периферия и принадлежности к геоморфологической области. Выделенные подтипы объединены в основные типы с учетом экономических и демографических характеристик территории. Варианты социально-экономической трансформации сельских районов разных типов в постсоветский период подробно рассмотрены на примере ключевых районов основных макрорегионов Дагестана: Ахтынского, Ботлихского, Карабудахкентского, Кизлярского и Цумадинского. Сформулированы сценарии трансформации сельских территорий республики в постсоветский период: сжатия, инерционного и модернизационного развития.

Ключевые слова: сельское расселение, трансформационные процессы, типология сельской местности, горные территории, Северный Кавказ

DOI: 10.31857/S2587556623070099, EDN: AAKLFK

ВВЕДЕНИЕ

Процессы, происходившие в сельской местности в последние десятилетия, заметно изменили ее социальную и территориальную структуру. Основные тренды на уровне всей России и ее отдельных регионов довольно подробно анализировались с разных точек зрения (Нефедова, 2018; Alekseev and Safronov, 2015). Наиболее подробно трансформация сельской местности описана на примере регионов Центра и Севера России (Аверкиева, 2013; Нефедова и др., 2022; Старосвоенные ..., 2021), равнинных регионов Северного Кавказа (Нефедова, 2012б), Урало-Повол-

жья (Алексеев, Имангулов, 2022; Нефедова, 2012а) некоторых регионов Сибири и Дальнего Востока (Фадеева, 2015; Шелудков, Орлов, 2019). Несколько особняком стоят регионы со значительной долей предгорных и горных районов: здесь общероссийские тренды накладываются на горную специфику, орографические условия оказывают дополнительное влияние на центр-периферийную дифференциацию, социокультурные особенности территорий где-то тормозят, а где-то ускоряют трансформационные процессы.

Целенаправленных попыток сопряжения этих двух групп факторов для разных типов горных

районов в отечественных работах немного (Кузнецова, 2014). Они предпринимались или на примере отдельных локальных местностей, или были частью иных по основным задачам работ, а потому носили скорее подчиненный, не претендующий на широкий охват различных по типу районов, характер (Бобровников, 2002б; Кисриев, 2004; Стародубровская, 2019). Дополнительную актуальность такой работе придает и то, что многие горные районы отличаются повышенной контрастностью (Джавахишвили, 1947) и иной скоростью трансформации сельской местности. Отстававшие от равнинных районов на начальном ее этапе, многие из них впоследствии опередили их по отдельным направлениям, например связанным с туризмом и рекреацией.

Размеры и разнообразие сельской местности в Дагестане одни из самых больших в России. В самом общем виде трансформационные процессы в республике укладываются в трехчленную схему: 1) активно начавшись в 1930-е годы, они были связаны с полудобровольным переселением на равнину; 2) в последующие десятилетия продолжались в виде перемещения части жителей в так называемые кутаны (населенные пункты в зонах отгонного животноводства), формально имевшие статус временных; 3) в конце советского периода на фоне сворачивания поддержки коллективного сектора в сельском хозяйстве приобрели характер массовой миграции, прежде всего более молодого населения, в поселки и города предгорной и равнинной зон (Баденков, 2017; Мудуев, 2002; Эльдаров, 2008). Все это привело к значительному сокращению численности жителей гор, которое частично маскировалось в статистике за счет учета жителей кутанов в своих районах, и сжатию сельского расселения.

В то же время на муниципальном уровне эта, казалось бы, общая тенденция может проявляться по-разному — в сельской местности есть действительно депопулировавшие ареалы, но есть и территории, особенно в межгорных котловинах среднегорья, в целом стабильные по численности жителей. Для низкогорной зоны чаще всего характерен быстрый рост населения и, как следствие, обострение проблемы дефицита земли. Пониженная конкурентоспособность выходцев из горных районов на рынке труда и историческая память, их связь с малой родиной также способствуют стабильности ряда сельских местностей. Новыми факторами такой стабильности становятся развитие в горных районах рекреационной деятельности.

Нельзя не отметить и усиление в последние десятилетия традиционализма в сельской местности (Стародубровская и др., 2011), который можно рассматривать как специфический социальный капитал, с одной стороны, страхующий в

условиях неустойчивой социально-экономической ситуации, а с другой — заметно ограничивающий миграционную подвижность и сужающий разнообразие жизненных стратегий части жителей. Цель настоящей работы — типологизация муниципальных образований с преимущественно сельским населением в Республике Дагестан с точки зрения факторов развития и постсоветских особенностей трансформации сельской местности.

ОБЗОР РАНЕЕ ВЫПОЛНЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сельская местность Дагестана как объект изучения стала привлекать внимание с 1950-х годов благодаря разнообразию и динамичности социально-демографических процессов. Начавшийся еще в первые десятилетия XX в. рост населения стимулировал развитие системы расселения — как за счет появления многочисленных хуторов в горных районах, так и в результате формирования сети поселений на равнине после проведения масштабных мелиоративных работ и начала коллективизации (Полян, Сергеева, 1986). По мере развертывания кампании по переселению населения с гор на равнину, организации колхозной системы отгонного животноводства усложнилась этнокультурная структура и социально-экономическая организация территории: де-факто сформировалась сеть сельских населенных пунктов без официального статуса, усилилась этническая чересполосица в расселении (Белозеров, 2005).

Одним из ведущих факторов территориальной дифференциации плотности населения, начиная с 1960-х годов, рассматривался орографический, напрямую связанный как с естественно-географической продуктивностью ландшафта, так и с транспортной доступностью территории (Сергеева, 1967). Вторая сквозная тема — анализ изменений сельского расселения — пульсации хуторского расселения в горных районах, развитие системы поселков-кутанов, связанных с отгонным животноводством на равнинах (Глезер, 1983; Полян, Сидоров, 1990). В постсоветский период значимость и влияние выделенных ранее факторов развития заметно изменились (Эльдаров, 2008).

В 1990-х годах, по мере внедрения в научный дискурс проблематики устойчивого развития, в социально-экономических работах по горным территориям все чаще стал встречаться бассейновый подход, ранее использовавшийся преимущественно при изучении природных систем, в том числе природопользования (Атаев, 1997). Поскольку с долинами крупных рек связана транспортная сеть, на которую исторически ориентировалась часть сельских населенных пунктов, по которой проходили основные материальные потоки и осуществлялись основные контакты между горными, предгорными и равнинными райо-

нами, бассейновый подход позволил лучше объяснить и происходившие социально-экономические изменения (Абдурахманов и др., 2006; Мудуев, 2002). Он довольно плодотворно использовался и при разработке методов местной региональной политики (Мудуев, Эльдаров, 2000).

В последние десятилетия при изучении проблематики горных районов все большее значение приобретает комплексность и использование качественных методов. Официальная статистика не способна полноценно показать неравномерность происходящей социальной модернизации, разнонаправленность тенденций в социально-экономическом развитии, усиление традиционализма в образе жизни и земельных отношениях и, одновременно, распространение рыночных отношений в экономике. В расселении Дагестана формируется своеобразный сельско-городской континуум с сильными обратными связями между горными и равнинными районами с интенсивной урбанизацией (Бобровников, 2002б; Стародубровская и др., 2011).

Доля однозначно интерпретируемых причинно-следственных связей заметно упала: даже ключевые факторы, определяющие рамочные условия развития территорий — удаленность и высота над уровнем моря — начинают работать индивидуально. В связи с этим при выделении типов трансформации сельской местности все чаще приходится использовать довольно широкий круг признаков, очень точно определенных Л.В. Смирнягиным как “плавающие” (Смирнягин, 2005), а предмет изучения — трансформационные процессы в сельской местности — рассматривать на разных территориальных уровнях (Трейвиш, 2006).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Статья основана на двух группах материалов. Первая — результаты полевых исследований, проведенных в 2020–2022 гг. в 10 горно-предгорных и равнинных районах Республики Дагестан: Ахтынском, Ботлихском, Буйнакском, Дахадаевском, Гунибском, Карабудахкентском, Кизлярском, Рутульском, Унцукульском и Цумадинском. Задачей экспедиций было изучение внутрирегиональной дифференциации сельской местности и трансформационных процессов в ней в постсоветский период. Во время полевых исследований проведены экспертные интервью с работниками районных и сельских администраций (более 30), работниками образования (более 10), руководителями сельскохозяйственных организаций (около 10), а также глубинные интервью с местными жителями (более 30). Вторая группа материалов — данные официальной статистики Республики Дагестан (результаты Всесоюзной 1989 г. и Всероссийских 2002 и 2010 гг. переписей населения, а также статистиче-

ские ежегодники Дагестанской АССР/Республики Дагестан).

Решение поставленной задачи потребовало сочетания ряда методов: математико-статистического (расчет индексов локализации и специализации), сравнительно-географического (территориальный анализ различий в трансформации сельских территорий), типологизации (группировка сельских районов), картографического, экспедиционного и социологического (результаты глубинных интервью для критического анализа достоверности официальной статистики).

Методика составления типологии муниципальных районов Республики Дагестан с преимущественно сельским населением (40 районов за исключением Бежтинского участка, по которому отсутствуют данные). Типологизация проводилась на основании четырех базовых критериев:

- *принадлежность к геоморфологической области* [распределение районов согласно (Атаев, 1997; Мильков, Гвоздецкий, 1976)];

- *положение в системе центр–периферия* (на основании расстояния районного центра от Махачкалы: 0–90 км — полупериферийное, 90–150 и 150–300 км — периферийное 1 и 2 порядка соответственно);

- *специализация экономики* (ведущая отрасль определялась на основании индекса специализации);

- *основные демографические характеристики населения*: динамика численности в 1959–2020 гг. (с начала масштабного переселения горского сельского населения на равнину в 1960-е годы) и ее составляющие (среднее значение коэффициентов естественного и миграционного прироста населения за 2012–2021 гг.).

Качество региональной статистики (Стародубровская и др., 2011) определило узкий набор используемых показателей, а также необходимость их агрегирования, чтобы избежать случайных ошибок. Авторы дополнительно анализировали дифференциацию статистических данных между районами по отдельным показателям на предмет адекватности (в том числе на основании результатов экспедиционных исследований), исключая, в случае необходимости, резкие отскоки.

Сначала на основе первых двух критериев — положения муниципалитета по отношению к крупным городам и основным геоморфологическим областям, оказывающим решающее влияние на размещение населения — выделялись обобщенные подтипы. В дальнейшем они уточнялись в зависимости от сочетания экономических и демографических характеристик: структуры хозяйства, обобщенной на основе официальных и полевых данных, в целом дающих представление о месте района в территориальном разделении труда, и составляющих динамики численности населения,

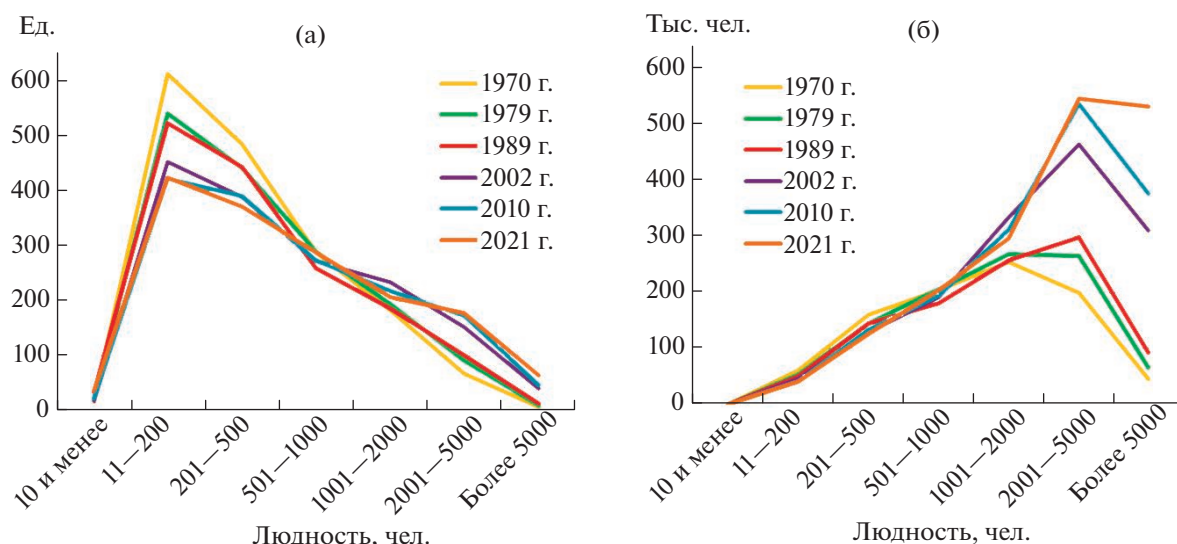


Рис. 1. Структура сельских населенных пунктов Республики Дагестан по людности: (а) число населенных пунктов, (б) численность проживающего в них населения, тыс. чел.
 Составлено по данным Всесоюзных переписей населения 1970, 1979 и 1989 гг. и Всероссийских переписей населения 2002, 2010 и 2021 гг.

позволяющих оценить особенности и перспективы развития демографической ситуации.

Выделенные типы сельских районов Дагестана — сложносоставные: их характеристики и названия уточнялись по мере продвижения по этапам типологии, последовательного описания параметров входящих районов — от особенностей рельефа до социально-демографических характеристик населения (например, высокогорный периферийный скотоводческо-садоводческий район с преобладанием расширенного воспроизводства населения и незначительным миграционным оттоком).

Общий набор базовых критериев позволяет создать единую матрицу типологии, на основании которой далее портреты конкретных районов дополнялись другими, в том числе качественными или плохо формализуемыми, характеристиками. Таким образом универсальный подход ко всем муниципалитетам дополняется, где это необходимо, плавающими признаками, учитывавшими этническую структуру населения и институциональные особенности территорий.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В постсоветский период для сельского Дагестана характерно сочетание некоторых общероссийских тенденций и региональных особенностей. Это связано со спецификой исторического и демографического развития республики, относительно поздно вступившей в демографический переход и пока его не завершившей. Общероссийские тенденции трансформации сельской местности проявляются в Дагестане ограничен-

но, в основном в виде умеренного сокращения сети поселений с постоянным населением. Испытав существенное сжатие за счет хуторов и отселков еще в период коллективизации в 1930-х годах (Ганиев, Полян, 1993; Полян, Сидоров, 1990), она оставалась относительно стабильной вплоть до конца советского периода (рис. 1). В настоящее время, на фоне роста численности сельского населения республики в 1989–2021 гг. в 1.7 раза, говорить об обезлюдении можно лишь применительно к отдельным ареалам расселения, прежде всего труднодоступным, высокогорным или расположенным в районах с повышенными природными рисками.

Регион, как и другие республики Юга России, сохраняет более сбалансированную структуру сельских населенных пунктов. Группа средних по размеру пунктов (200–1000 чел.) составляет более 42% всех поселений с постоянными жителями, а ее размывание, как это происходит в других регионах России, в том числе расположенных в пределах степной зоны, лишь намечается. Поляризация сельского расселения происходит в первую очередь за счет концентрации сельских жителей в крупных сельских населенных пунктах с населением более 2000 чел.: их доля с 1989 по 2021 г. выросла на 8 процентных пунктов.

Происходящая в России относительная деаграризация сельской местности, за которой стоит уход агропромышленного комплекса как основного работодателя с локальных рынков труда, коснулась и Дагестана. Согласно полевым исследованиям, сельскохозяйственная занятость массово трансформировалась в самозанятость (торговля, малый

бизнес и др.), занятость в бюджетной сфере (около трети постоянно проживающего трудоспособного населения обследованных населенных пунктов) и масштабное отходничество. Само сельское хозяйство во внутригорной и высокогорной зонах при существенном снижении товарности, как правило, архайзировавшись в технологическом отношении. На смену организованному в колхозах и совхозах агропроизводству с применением, в том числе, мелиоративных технологий, пришли мелкотоварное производство в хозяйствах населения и немногочисленные фермеры (обычно один—два на аул), ведущие свое хозяйство на основе традиционных трудовых практик и приемов.

Еще одна общероссийская тенденция связана с *ростом миграционной подвижности сельского населения*, в результате чего в республике отчетливо формируются зоны миграционного оттока (преимущественно горные районы) и прироста населения (равнинные/предгорные пригородные районы) (Карпов, Капустина, 2011; Мкртчян, 2019). Согласно официальной статистике, только в 1989–2022 гг. городское население республики увеличилось почти в 2 раза с 786 тыс. до 1.4 млн чел., по большей части за счет сельской миграции населения (Османов, 2000). Увеличение пространственной мобильности сельского населения связано с действием в сельской местности стандартных для регионов РФ выталкивающих факторов: экономического (сокращение мест приложения труда) и инфраструктурного (оптимизация сети сферы услуг в мелких и средних по размерам населенных пунктах). Миграционные потоки из сельской местности направлены преимущественно в Махачкалу, в обратном направлении идут материальные потоки, сезонные миграции. Многие джамааты по-прежнему координируют социальные контакты между проживающими в селах жителями и уехавшими в города бывшими односельчанами, объединяют их для решения местных проблем.

Главная региональная особенность сельской местности Дагестана — *высокая доля горных территорий* в общей площади республики (48.4%), численности сельского населения (56.7% в 2021 г.) и индустриально-аграрной экономике региона. Республика даже в сравнении с другими горными регионами Северного Кавказа отличается высокой плотностью освоения горных территорий: плотность населения в горных районах Дагестана — 50 чел. на км², Чечни — 33, Северной Осетии — 32, Кабардино-Балкарии — 24¹. В Дагестане орографические особенности определяют более сложный процесс развития сельской местности, влияют на поляризацию сельских территорий, заданную действием центр-периферийной модели.

¹ Рассчитано по данным Росстата в соответствии с сеткой административно-территориального деления регионов.

Вторая особенность — *повышенное этнокультурное разнообразие*, которое также отчасти является следствием орографической структуры территории, способствовавшей формированию этнокультурной мозаичности республики. В сельских районах этнокультурная идентичность тесно переплетена с локальной (территориальной), в то время как в городах различия рассматриваются через призму более укрупненных групп — этносов, включающих множество локальных общностей. Обособление Дагестана согласно этнокультурным различиям важно обозначить с позиции характера социальных отношений в сельских сообществах и совершенно иной ценностной матрицы сельских жителей, обусловленной повышенной устойчивостью исторических социокультурных традиций.

Наряду с этнокультурным фактором, все более сильное влияние на трансформацию образа жизни сельского населения оказывает *религиозный фактор* (Бобровников, 2002а; Османов, 2000). Это в первую очередь связано с трансляцией нестандартных для современной сельской местности РФ ценностей. При проведении глубинных интервью чаще всего упоминалась первостепенная ценность большой семьи, значимость сохранения роли гендерных и возрастных различий, высокая сплоченность сельской общины, ведение здорового образа жизни и уважение неоспоримого права коренных жителей на землю и т.д.

Наблюдаемые, особенно в высокогорных аулах, гендерные различия проявляются в определяющей роли мужчины в решении проблем разного характера (семейного, хозяйственного и т.д.). Высокая степень самоорганизация населения основана на принципах территориального, родственного и религиозного единства членов сельской общины: она позволяет решить проблемы сельских населенных пунктов в условиях дефицита местных бюджетов. Признаваемое сельской общиной право горца на землю предков и, как следствие, особенности землепользования закреплены как в адатах, так и в религиозных нормах, не поощряющих посягательство на имущество членов общины. Широко распространенный, особенно среди мужчин, культ здорового образа жизни прежде всего выражается в массовом занятии спортом и отказе от алкоголя.

Еще одной особенностью развития сельского Дагестана является его *высокая социально-экономическая неоднородность*, которая определяет различные сценарии развития сельских территорий. Дифференциация сельской местности распространяется почти на все территориальные уровни: от внутриреспубликанских экономических районов до сельских населенных пунктов.

Типы сельской местности Дагестана. Выделенные на основании описанной выше методики 10 типов охарактеризованы по базовым социаль-

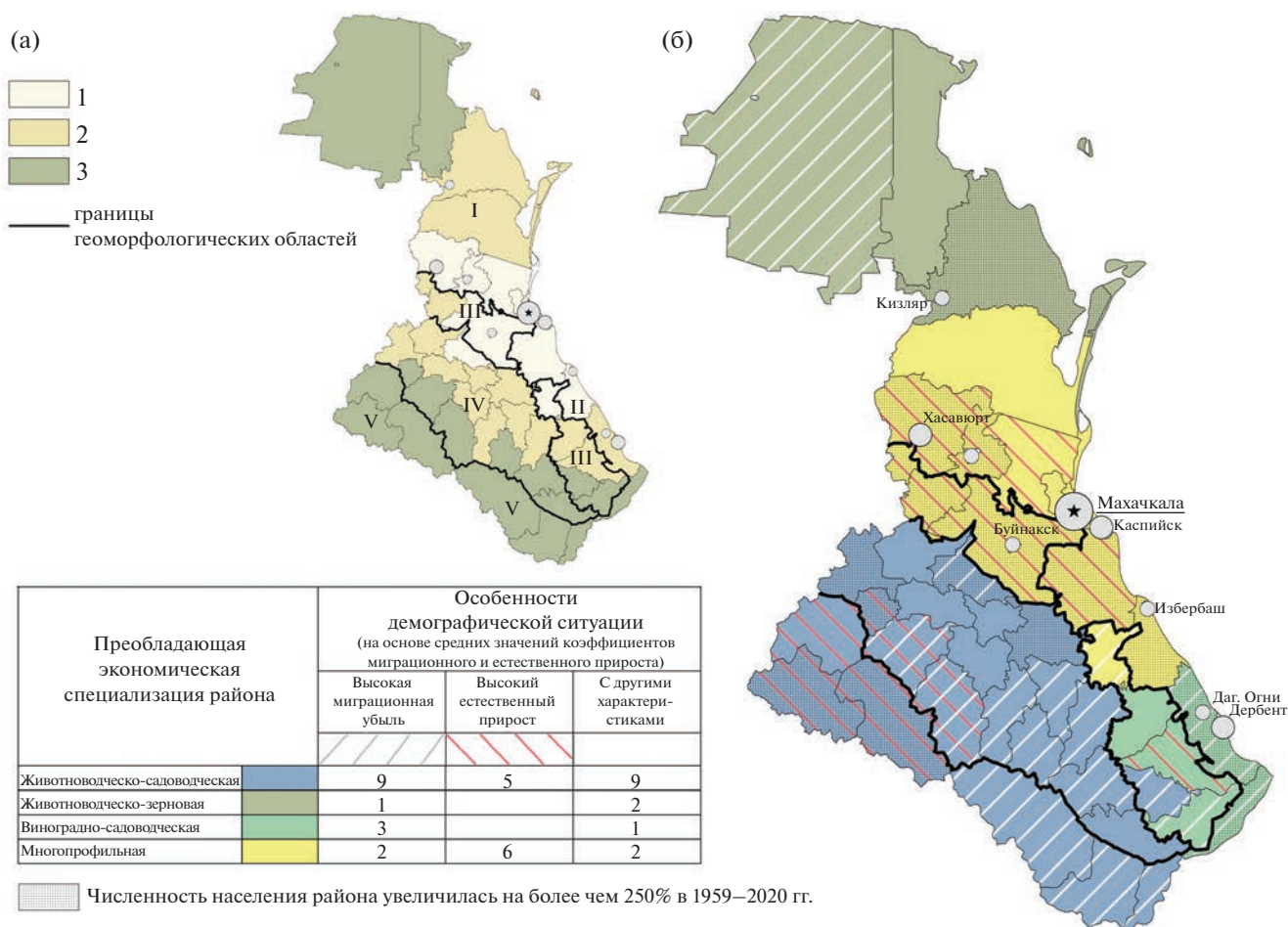


Рис. 2. Природно-социально-экономическая характеристика (типы) сельских районов Дагестана. (а) Положение районов в рамках геоморфологических областей и в системе отношений центр–периферия: геоморфологические области: I – равнинная, II – приморская, III – предгорная, IV – внутригорная, V – высокогорная; центр-периферийное положение: 1 – полупериферийное, 2 и 3 – периферийное первого и второго порядка соответственно. (б) Социально-экономическая характеристика районов.
Составлено авторами.

но-экономическим показателям, к которым, при необходимости, добавлены качественные характеристики, полученные в результате полевых исследований (рис. 2).

С точки зрения *структуры экономики* сельские районы высокогорной и внутригорной зон Дагестана специализируются в основном на животноводстве, во многих районах оно дополняется садоводством (23 района). По большей части это мясошерстное овцеводство в крупных фермерских крестьянских хозяйствах и сохранившихся сельскохозяйственных организациях, в меньшей степени – КРС, сохранившийся лишь в личном подсобном хозяйстве. Значительная часть населения в горах сегодня уже не занята скотоводством.

В предгорной зоне существенно возрастает число ведущих отраслей хозяйства (выращивание зерновых культур, виноградарство, овощеводство

и др.), сельское хозяйство отличается многопрофильной структурой в связи с возможностями выращивания разных культур.

В приморской зоне ведущая отрасль хозяйства – виноградарско-садоводческая. В отличие от других направлений сельского хозяйства, виноградарство в Дагестане демонстрирует положительную динамику и является отраслью специализации пяти районов. В ряде местностей отмечается сочетание разных специализаций (скотоводство, зерновое хозяйство и др.), что стало возможным, в том числе, благодаря функционированию отгонной системы животноводства с советского периода.

Второй по значимости в дифференциации сельских районов – *демографический фактор*. Высокогорная и внутригорная зоны Дагестана демонстрируют две заметно различающиеся ситуации, связанные с масштабами миграций и сохра-

нением традиционных элементов образа жизни. В долинах рр. Андийское и Аварское Койсу, населенных преимущественно народами аваро-андоцезской группы, темпы прироста населения опережают среднереспубликанские. Здесь преобладают муниципалитеты с расширенным воспроизводством населения (в среднем больше чем 2–3 ребенка в семье) и больше распространено отходничество. В Самурской долине, населенной народами лезгинской языковой группы, отмечаются меньшие темпы прироста населения, а местами сокращение численности жителей. Чаще всего фиксируется простое воспроизводство населения (в среднем 2–3 ребенка в семье) и интенсивная миграция на постоянное место жительства в города.

Районы предгорной зоны вне зависимости от бассейновой принадлежности и этнической структуры населения демонстрируют значительный естественный и миграционный прирост, что особенно заметно в пригородных муниципалитетах вокруг Махачкалы. На равнине отмечаются разнонаправленные тенденции в демографической ситуации: она сравнительно лучше вблизи Махачкалы и Хасавюрта и довольно проблемная в периферийных полупустынных районах Ногайской степи. Полупериферийные муниципалитеты обычно характеризуются высоким естественным приростом и миграционной убылью населения.

Каждый природно-социально-экономический тип сельской местности Дагестана имеет свою специфику трансформации. Далее представлены наиболее распространенные типы сельской местности Дагестана на примере детально обследованных авторами сельских районов республики (табл. 1).

1. Высокогорный периферийный аварский животноводческо-садоводческий район с преобладанием расширенного воспроизводства населения и незначительным миграционным оттоком.

Цумадинский район отличается сравнительно низкой плотностью населения и имеет разветвленную сеть высокогорных поселений малой людности. В советский период значительная часть населения района была сселена на равнину в Бабаюртовский район, в результате чего в настоящее время из 180 тыс. цумадинцев (самая большая территориальная группа среди аварцев) непосредственно в Цумадинском районе проживает всего 15% от общей численности, а многие населенные пункты района обезлюдели.

Тем не менее в настоящее время в районе фиксируется высокий естественный прирост населения (в среднем 3–4 ребенка в семье) и небольшой миграционный отток. Жители предпочитают сельскохозяйственное отходничество безвозвратной миграции. Население района отличается повышенной религиозностью — ислам является не-

отъемлемой частью общественной и частной жизни (Кисриев, 2004), и некоторой архаизацией хозяйственного уклада, что связано с высокогорным и изолированным положением. В последние десятилетия здесь значительно усилились позиции овцеводства; садоводство и зерновое хозяйство, как и в большинстве других высокогорных районов, наоборот, сократилось до минимума из-за низкой экономической рентабельности производства.

Сочетание высокогорного периферийного положения, религиозности и однородной этнической структуры населения определило “нестандартный” характер трансформации сельской местности в постсоветский период: численность населения района стабильно растет на фоне стагнации экономики.

2. Высокогорный периферийный лезгинский животноводческо-садоводческий район с преобладанием простого воспроизводства населения и значительным миграционным оттоком.

Ахтынский район располагается в средней, сравнительно широкой, части Самурской долины и характеризуется высокой поляризацией населения: на административный центр, Ахты, приходится свыше 48% жителей. Район имеет лишь несколько кутанов в приморской зоне на юге республики и отличается высоким миграционным оттоком населения. В высокогорных труднодоступных селах отмечаются значительные отклонения между фактической и официальной численностью населения (от 10 до 50 и более процентов), в то время как в аулах, расположенных в долине, они минимальны. Отчасти это связано с сохранением прописки сельскими жителями при переезде в город.

Трудоспособное местное мужское население участвует в несельскохозяйственном отходничестве в Москву и, при более высокой квалификации, — в города Западной Сибири. Низкий естественный прирост населения связан с преобладанием простого воспроизводства населения (в среднем 2, реже 3 ребенка в семье). Образ жизни населения отличается большей территориальной мобильностью, модернизированностью и меньшей религиозностью.

Общий тренд трансформации экономики района близок к предыдущему типу. В районе значительно сократилась площадь многолетних насаждений, преимущественно яблоневых садов, и, как следствие, объемов продукции плодоводства, которое было одной из отраслей специализации в советский период. Овощеводство, в первую очередь выращивание капусты, стало нерентабельным из-за высоких транспортных издержек и конкуренции с предгорными и равнинными районами, например с Левашинским.

Таблица 1. Современная социально-экономическая характеристика сельских районов Дагестана

Показатель	Ахтынский район	Цумадинский район	Ботлихский район	Карабудахкентский район	Кизлярский район
Положение	Периферийное	Периферийное	Периферийное	Полупериферийное	Полупериферийное
Высотная зона	Высокогорная	Высокогорная	Внутригорная	Предгорная	Равнинная
Площадь, км ²	1119	1178	687	1425	3047
Преобладающий этнос	Лезгины	Аварцы	Аварцы, андоцезские народы	Кумыки, даргинцы	Аварцы, даргинцы, русские и др.
Плотность населения, чел./км ²	28	22	87	70	25
Официальная числ. населения, 2021 г., чел.	31 807	26 692	59 920	100 094	77 815
Динамика числ. населения 2022/1989, %	+9.1	+64.8	+120.6	+153.5	+56.7
Среднее число детей в семье*	2–3	3–4	3–4	2–3	2–3
Число населенных пунктов	19	58	37	18	84
Средняя людность населенного пункта, чел.	1674	460	1619	5560	926
Доля райцентра в общей численности населения, %	48	11.3	20	20	Центр не входит в состав района
Ведущие отрасли экономики	Животноводство, садоводство	Животноводство	Животноводство, садоводство	Виноградарство, зерновое хоз-во, овощеводство, животноводство	Животноводство, зерновое хоз-во, виноградарство
Место в горно-кутанной системе, (число кутанов/чел.)	Есть кутаны на равнине (2/1414)	Есть кутаны на равнине (11/11805)	Есть кутаны на равнине (16/5752)	Имеет кутаны горных районов (3/808)	Имеет кутаны горных районов (116/37 200)
Масштабы отходничества населения, %*	20–30	30–50	30–50	Менее 20	Менее 20
Характерные для района общероссийские тренды развития	Деаграризация, депопуляция, миграционный отток, рост мобильности населения, поляризация населения	Депопуляция, миграционный отток, рост мобильности населения	Миграционный отток, рост мобильности населения	Миграционный отток, рост мобильности населения	Миграционный отток, рост мобильности населения
Сценарий трансформации	Сжатие	Сжатие	Инерционный	Модернизационный	Инерционный

Примечание. * Данные получены на основе экспертных интервью с главами сельских поселений и сотрудниками дошкольных и образовательных учреждений.

Ахтынский район представляет весьма пространственный в Европейской России сценарий трансформации, для которого характерна стагнация экономики, как следствие, отток сельского населения в города и поляризация пространства. Существенная особенность в том, что населенные пункты, как правило, не забрасываются, а часть из них сезонно обитаема. Роль исторической памяти в сохранении сети расселения высока: в летний период в горы приезжают бывшие жители — новые горожане.

3. Внутригорный периферийный животноводческо-садоводческий район с преобладанием расширенного воспроизводства и незначительным миграционным оттоком населения.

Ботлихский район отличается более высокими плотностью и численностью населения, значительным этнокультурным разнообразием. Массштабы переселения жителей района на равнину в XX в. были намного меньше, чем у большинства его соседей. Это определило и основные характеристики демографической ситуации, связанные с незавершенностью демографического перехода.

При отсутствии политики сселения горцев на равнину демографическая ситуация в ряде других горных районов республики была бы схожей с Ботлихским при идентичности остальных условий и факторов развития. Население района отличается высокой религиозностью, а образ жизни повышенным традиционализмом. Это находит свое отражение в расширенном воспроизводстве и сравнительно меньшем миграционном оттоке населения. Отклонения между фактической и официальной численностью населения в районе минимальны.

В постсоветский период в экономике районе усилились позиции животноводства. Вместе с этим почти полностью исчезло зерновое хозяйство, а меньшее сокращение площади садов было связано с сохранением части перерабатывающих мощностей в Ботлихе. Значительное сокращение мест приложения труда в условиях быстрого роста населения компенсируется сельскохозяйственным отходничеством в южные регионы России, куда в летний период жители часто уезжают целыми семьями. В отдельных селах в трудовые миграции вовлечено до 50% населения. Аграрный сезонный формат отходничества обусловлен низкой конкурентоспособностью сельских жителей на городских рынках труда. Вместе с тем он положительно сказывается на сохранении сельского расселения: население покидает свой населенный пункт временно и не имеет возможности и стимулов закрепиться в месте работы.

Сценарий постсоветской трансформации Ботлихского района близок к Цумадинскому району благодаря схожести основных и дополнительных факторов развития. Главные отличия связаны

прежде всего с лучшей демографической ситуацией, обусловленной особенностями миграций в советский период.

4. Приморский полупериферийный многопрофильный район с преобладанием расширенного воспроизводства населения и незначительным миграционным оттоком.

Карабудахкентский район — один из быстро развивающихся районов предгорной зоны, население которого в постсоветский период увеличилось более чем вдвое благодаря высокому естественному приросту и незначительному миграционному оттоку населения. Отклонения между фактической и официальной численностью населения в районе минимальны. В первую очередь это связано с близостью к столице (около 40 км), положительно отражающейся на темпах роста экономики. В структуре экономики важную роль играет сельское хозяйство, имеющее широкую специализацию — от зернового хозяйства, садоводства, овощеводства и виноградарства до скотоводства, широкое распространение получило тепличное хозяйство, ориентированное на рынки Махачкалы и Москвы. В ряде поселений, в том числе в Губдене, малый бизнес специализируется на предоставлении транспортных услуг по перевозке произведенной продукции и других товаров (транзит).

Сценарий трансформации Карабудахкентского района нестандартен для полупериферийных сельских районов других регионов России, находящихся в зонах влияния крупногородских агломераций. Там рост пригородной зоны, как правило, обеспечивается за счет внешних демографических и экономических ресурсов. В Карабудахкентском районе, где сохраняется высокий естественный прирост, главный фактор экономического роста — транзитное транспортно-географическое положение между региональной столицей и среднегорными районами центральной части Дагестана. Заметно и влияние этнокультурного фактора, проявляющегося в предприимчивости и социальной сплоченности даргинского населения, представители которого — основные владельцы бизнеса в агросекторе, торговле и транспортировке.

5. Равнинный периферийный животноводческо-зерновой район с преобладанием расширенного воспроизводства населения и незначительным миграционным оттоком.

Кизлярский район, отличающийся высокой степенью освоенности территории, до середины XX в. населенный преимущественно потомками казаков, в настоящее время имеет долю русских менее 13%. Большинство исторически существовавших населенных пунктов были сконцентрированы в основном вдоль рек, мелиоративных каналов и основных дорог. В 1960–1970-е годы на его территории появились кутанные хозяйства разных с эт-

нической точки зрения горных районов. Часть поселений на землях отгонного животноводства (центры бывших отделений колхозов и совхозов, расположенных за многие десятки километров) пока так и не получили официального статуса. В настоящее время связи бывших мигрантов со своими горными районами ослабели или утрачены и носят в основном родственный характер.

На развитие сельской местности значительное влияние оказывает город Кизляр, концентрирующий миграционные потоки из окружающих территорий. Основная специализация экономики района — зерновое хозяйство, многопрофильное животноводство, овцеводство и разведение КРС — в постсоветский период сохранилась. Структура сельского хозяйства полностью адаптирована к условиям равнины: агросектор отличается высокой степенью товарности и ориентирован на сбыт произведенной продукции в другие регионы.

Сценарий трансформации сельской местности Кизлярского района отличается сильной инерционностью. Рыночные факторы, которые в горах сломали советскую систему сельского хозяйства и привели к возвращению традиционного хозяйственного уклада, в условиях равнины способствовали сохранению прежней специализации экономики при ее организационном переформатировании.

Таким образом, исходя из степени адаптации населения и экономики к новым социально-экономическим реалиям, можно выделить три сценария трансформации сельских территорий (см. табл. 1): *сжатие* (реальное сокращение численности населения и экономической базы, архаизация образа жизни); *инерционный* (консервация традиционных черт образа жизни, экстенсивное развитие экономики или упрощение ее структуры); *модернизационный* (элементы социокультурной модернизации образа жизни, усложнение структуры экономики).

У сельских районов высокогорной и внутригорной зон доминирует первый (например, Бежтинский участок, Тляртинский, Цумадинский районы) или второй (например, Ботлихский, Унцукульский районы) сценарии. Для предгорных и равнинных территорий в большей степени характерен третий сценарий (например, Хасавюртовский район), что обусловлено действием иной совокупности факторов — более широким распространением новых элементов в экономике и образе жизни, значительной ролью миграции, ведущей к ослаблению исторической памяти населения.

ВЫВОДЫ

Трансформационные процессы в сельской местности Дагестана в постсоветский период

происходят под влиянием как экзогенных, во многом общих для всей страны, так и эндогенных факторов, связанных с естественно-географическим своеобразием территории республики и особенностями социально-экономической ситуации, что обуславливает более сложную, чем в других более однородных в физико-географическом и этнокультурном отношении регионах, мозаику внутрорегиональных вариантов трансформации.

Для сельского Дагестана характерно сочетание некоторых общероссийских тенденций (сжатие сети поселений, поляризация системы расселения, деаграризация сельской местности, рост миграционной подвижности населения и т.д.) и региональных особенностей развития. Последние связаны с высокой долей горных территорий, этнокультурным разнообразием и религиозностью сельского населения, повышенной территориальной неоднородностью социально-экономического развития и т.д. Накладываясь на общероссийские тенденции трансформации сельских территорий, эти особенности усложняют их проявление.

Депопуляционные процессы, фиксируемые в Дагестане, имеют более локальное распространение: они также обусловлены периферийностью, но более сложной, связанной, скорее, с труднодоступностью и меньшей вовлеченностью высокогорных ландшафтов в сельское хозяйство современного типа.

Поляризация сельского расселения, ведущая к вымыванию среднего звена сельских населенных пунктов, усилению разрыва между мелкими и крупными поселениями, в сельском Дагестане лишь обозначилась в последние десятилетия. Это связано и со сменой поколений, оттоком молодежи, тяготеющей к другим, неаграрным, видам занятости, и с распадом локальных колхозных/совхозных систем расселения.

Типологизация сельских районов Дагестана основанная на базовых признаках, позволила выявить только 10 обобщенных природно-социально-экономических типов сельской местности. Характеристика выделенных групп территорий на основе показателей, характеризующих социально-экономическую ситуацию в районе, отражает зависимость между иерархическим и высотным положением районов и их обликом и сценариями трансформации сельской местности.

Орографическое разнообразие Дагестана значительно усложняет центр-периферийную картину, типичную для равнинных регионов России. Наряду с пригородными выделяются еще два типа стабильных сельских муниципалитетов. Это, во-первых, предгорные районы, совмещающие преимущества для развития сельского хозяйства с близостью потенциальных потребителей и возможностью заниматься другими, несельскохозяйственными видами деятельности.

зяйственными, видами деятельности. Во-вторых, стабильность демонстрируют и многие среднегорные котловины, в которых миграционный отток жителей компенсируется притоком из более отдаленных поселений.

Исходя из двух основных базовых показателей — профиля местной экономики и характеристики демографической ситуации — выявлено три основных сценария трансформации сельских территорий в республике (сжатия, инерционного и модернизационного развития). Обозначенные сценарии трансформации сельских районов — результат взаимодействия общероссийских тенденций и региональных особенностей развития сельской местности. Эти сценарии демонстрируют соседство процессов архаизации и модернизации экономики и общества в республике.

Сохранность и воспроизводство традиционных социальных связей и отношений во многом связаны с этнокультурными и конфессиональными факторами, способными заметно влиять на стабильность сельского расселения. Наиболее сильно их воздействие отмечается в аварских районах северо-запада горного Дагестана, имеющих устойчивую численность постоянных жителей. В то же время в преимущественно лезгинских районах Южного Дагестана подобные механизмы работают намного слабее, в том числе в связи с более активным вовлечением населения в межрегиональные трудовые миграции и миграции в города на постоянное место жительства в дореволюционный, советский и постсоветский периоды.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование проведено при финансовой поддержке РНФ (проект № 21-17-00112).

FUNDING

The study was financially supported by the Russian Science Foundation (project no. 21-17-00112).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абдурахманов Г.М., Атаев З.В., Мурзаканова Л.З. Ландшафтно-бассейновая организация устойчивого развития горной полиэтнической территории Дагестана // Юг России: экология, развитие. 2006. № 4. С. 31–34.
- Аверкиева К.В. Сельская местность Нечерноземья: депопуляция и возможные пути адаптации к новым условиям // Вопросы географии. Сб. 135. География населения и социальная география. М.: Изд. дом “Кодекс”, 2013. С. 108–125.
- Алексеев А.И., Имангулов Л.Р. Сельская местность Башкирии: преобладающие типы и особенности трансформации в постсоветский период // Крестьяноведение. 2022. Т. 7. № 4. С. 107–130. <https://doi.org/10.22394/2500-1809-2022-7-4-109-132>
- Атаев З.В. Физико-географическое районирование Дагестана. Махачкала: ДГПУ, 1997. 50 с.
- Баденков Ю.П. Жизнь в горах: природное и культурное разнообразие — разнообразие моделей развития. М.: ГЕОС, 2017. 477 с.
- Белозеров В.С. Этническая карта Северного Кавказа. М.: ОГИ, 2005. 299 с.
- Бобровников В.О. Мусульмане Северного Кавказа: обычай, право, насилие (очерки по истории и этнографии права Нагорного Дагестана). М.: Восточная литература, 2002а. 368 с.
- Бобровников О.В. Современное дагестанское село // Народы Дагестана. Сер. “Народы и культуры”. М.: Наука, 2002б. С. 90–105.
- Ганиев А.Г., Полян П.М. Взаимодействие горного и равнинного землепользования и расселения (на примере Дагестана) // Изв. РАН. Сер. геогр. 1993. № 4. С. 95–99.
- Глезер О.Б. Использование потенциала поля городского расселения для анализа урбанизации в сельской местности (на примере Дагестанской АССР) // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1983. № 6. С. 114–126.
- Джавахишвили А.Н. Геоморфологические районы Грузинской ССР: Типы рельефа и районы их распространения. М.—Л.: Акад. наук СССР, 1947. 180 с.
- Карпов Ю.Ю., Капустина Е.Л. Горцы после гор. Миграционные процессы в Дагестане в XX—начале XXI века: их социальные и этнокультурные последствия и перспективы. СПб.: Петербургское Востоковедение, 2011. 448 с.
- Кисриев Э.Ф. Ислам и власть в Дагестане / отв. ред. А.В. Малашенко. М.: ОГИ, 2004. 224 с.
- Кузнецова О.В. Типология факторов социально-экономического развития регионов России // Вестн. Моск. ун-та. Серия 5. География. 2014. № 2. С. 3–8.
- Милюков Ф.Н., Гвоздецкий Н.А. Физическая география СССР. Общий обзор европейской части СССР. Кавказ. Изд. 4. М.: Высшая школа, 1976. 375 с.
- Мкртчян Н.В. Миграция на Северном Кавказе сквозь призму несовершенной статистики // ЖИСП. 2019. № 1. С. 7–22.
- Мудуев Ш.С. Трансформация расселения и хозяйства в Дагестане в 1990-е гг. Махачкала: ДНЦ РАН, Махачкала, 2002. 234 с.
- Мудуев Ш.С., Эльдаров Э.М. Принципы территориального управления народным хозяйством Республики Дагестан // Экономика Дагестана в XXI в. Махачкала, 2000. С. 57–71.
- Нефедова Т.Г. Десять актуальных вопросов о сельской России: ответы географа. М.: УРСС, 2012а. 452 с.
- Нефедова Т.Г. Сельское Ставрополье глазами московского географа. Разнообразие районов на юге России. Ставрополь: Изд-во СГУ, 2012б. 81 с.
- Нефедова Т.Г. Факторы и тенденции изменения сельского расселения в России // Вестн. АРГО. 2018. № 7. С. 4–20.
- Нефедова Т.Г., Трейвиш А.И., Шелудков А.В. Полимасштабный подход к выявлению пространственного неравенства в России как стимула и тормоза раз-

- вития // Изв. РАН. Сер. геогр. 2022. Т. 86. № 3. С. 289–309.
- Османов А.И. Аграрные преобразования в Дагестане и переселение горцев на равнину (20–70-е годы XX в.). Махачкала: ИИАЭ ДНЦ РАН, 2000. 333 с.
- Полян П.М., Сергеева К.П. Тенденция развития сельской местности горного Дагестана // Сельская местность: территориальные аспекты социально-экономического развития. М., 1986. С. 89–100.
- Полян П.М., Сидоров Д.А. Хутора в системе горного расселения Дагестана // Проблемы горного хозяйства и расселения. М., 1990. С. 225–245.
- Сергеева К.П. Проблемы сельского высотного расселения в Дагестанской АССР. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Л.: Ленингр. гос. пед. ин-т им. А.И. Герцена, 1967. 16 с.
- Смирнягин Л.В. Районирование общества: теория методология и практика: на материалах США. Дис. ... д-ра геогр. наук. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2005. 296 с.
- Стародубровская И.В. Межпоколенческие отношения и социальные трансформации на примере Северного Кавказа // Социология власти. 2019. № 1. С. 92–113.
<https://doi.org/10.22394/2074-0492-2019-1-92-113>
- Стародубровская И.В., Зубаревич Н.В., Соколов Д.В., Интигринова Т.П. Северный Кавказ: модернизационный вызов. М.: Дело, 2011. 325 с.
- Староосвоенные районы в пространстве России: история и современность / науч. ред. Т.Г. Нефедова, ред. А.В. Старикова. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2021. 379 с.
- Трейвиш А.И. Географическая полимасштабность развития России: город, район, страна и мир. Дис. ... д-ра геогр. наук. М.: Ин-т географии РАН, 2006. 309 с.
- Фадеева О.П. Сельские сообщества и хозяйственные уклады: от выживания к развитию. Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2015. 262 с.
- Шелудков А.В., Орлов М.А. Топология сети населенных пунктов как фактор динамики сельского расселения (на примере Тюменской области) // Изв. РАН. Сер. геогр. 2019. № 4. С. 46–62.
- Эльдоров Э.М. Дагестан: факторы развития сельской системы расселения в постсоветский период // Кавказ и глобализация. 2008. № 1. С. 105–115.
- Alekseev A.I., Safronov S.G. Transformation Trends of Russia's Rural Settlement Patterns in the Late Soviet and Post-Soviet Periods (1970–2010) // Reg. Res. of Rus. 2015. Vol. 5. № 2. P. 193–201.

Rural Dagestan: All-Russian Trends and Regional Features of Development

L. R. Imangulov^{1, *} and S. G. Safronov^{1, **}

¹Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Economic and Social Geography of Russia, Moscow, Russia

*e-mail: linar.imangulov.1999@mail.ru

**e-mail: saffff@mail.ru

The article considers the post-Soviet development of rural Dagestan. The research is based on microscale municipal socioeconomic statistical data in the context of settlements, field observations and the results of in-depth and expert interviews conducted by the authors during three expeditions to the Republic of Dagestan in 2020–2022. Transformation processes in mountainous territories occur under the simultaneous conditions of natural-geographical, central-peripheral factors of transformation and demographic factors. Incomplete demographic transition combined with the increased role of ethnic traditionalism slow down the processes of modernization of society. Along with the features typical for other regions of Russia (for example, the reduction of workplaces in the agricultural sector, rural depopulation, increased population mobility), the transformation of Dagestan rural areas has its own characteristics. The territorial combination of these regional factors results in a significant variety of types of rural areas at the municipal level. For example, the orographic multiplicity of Dagestan significantly complicates the typical central-peripheral picture of the lowland regions of Russia. Along with suburban, there are two more types of stable rural municipalities—foothill areas that allow you to engage in both agriculture and other activities and areas in the mid-mountain basins, in which the migration outflow of residents is compensated by an inflow from mountain villages. The article presents the author's version of the typologization of rural Dagestan based on the basic criteria—the position of the district in the “center–periphery” system and belonging to the geomorphological region. The selected subtypes are combined into the main types, considering the economic and demographic characteristics of the territory. Scenarios of the socioeconomic transformation of Dagestan rural areas in the post-Soviet period are studied on the key districts for different physiographic macro-regions of Dagestan: Akhtynsky, Botlikhsky, Karabudakhkentky, Kizlyarsky, and Tsumadinsky. Trajectories of transformation of Dagestan rural territories in the post-Soviet period are formulated: shrinkage, inertial development, and modernization.

Keywords: rural settlement pattern, transformation processes, rural typology, mountainous territories, North Caucasus

REFERENCES

- Abdurakhmanov G.M., Ataev Z.V., Murzakanova L.Z. Landscape and basin organization of sustainable development of the mountainous polyethnic territory of Dagestan. *Yug Rossii: Ekol. Razvitie*, 2006, no. 4, pp. 31–34. (In Russ.).
- Averkova K.V. Rural areas of the Non-Chernozem region: depopulation and possible ways of adaptation to new conditions. In *Voprosy geografii. Sb. 135. Geografiya naseleniya i sotsial'naya geografiya* [Problems of Geography. Vol. 135: Geography of Population and Social Geography]. Moscow: Kodeks Publ., 2013, pp. 108–125. (In Russ.).
- Alekseev A.I., Imangulov L.R. Rural areas of Bashkiria: Prevailing types and features of transformation in the post-Soviet period. *Krest'yanovedenie*, 2022, vol. 7, no. 4, pp. 107–130. (In Russ.).
<https://doi.org/10.22394/2500-1809-2022-7-4-109-132>
- Alekseev A.I., Safronov S.G. Transformation trends of Russia's rural settlement patterns in the late Soviet and post-Soviet periods (1970–2010). *Reg. Res. Russ.*, 2015, vol. 5, no. 2, pp. 193–201.
- Ataev Z.V. *Fiziko-geograficheskoe raionirovanie Dagestana* [Physical and Geographical Zoning of Dagestan]. Makhachkala: DGPU Publ., 1997. 50 p.
- Badenkov Yu.P. *Zhizn' v gorakh: prirodnoe i kul'turnoe raznoobrazie – raznoobrazie modelei razvitiya* [Life in the Mountains: Natural and Cultural Diversity – A Variety of Development Models]. Moscow: GEOS Publ., 2017. 477 p.
- Belozеров V.S. *Etnicheskaya karta Severnogo Kavkaza* [Ethnic Map of the North Caucasus]. Moscow: OGI Publ., 2005. 299 p.
- Bobrovnikov V.O. *Musul'mane Severnogo Kavkaza: obychai, pravo, nasilie (ocherki po istorii i etnografii prava Nagornogo Dagestana)* [Muslims of the North Caucasus: Custom, Law, Violence (Essays on the History and Ethnography of the Law of Nagorny Dagestan)]. Moscow: Vostochnaya Literatura Publ., 2002a. 368 p.
- Bobrovnikov V.O. Modern Dagestan village. In *Narody Dagestana. Ser. "Narody i kul'tury"* [Peoples of Dagestan. Ser. "Peoples and Cultures"]. Moscow: Nauka Publ., 2002b, pp. 90–105. (In Russ.).
- Ganiev A.G., Polyan P.M. Interaction of mountain and plain land use and settlement pattern (on the example of Dagestan). *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 1993, no. 4, pp. 95–99. (In Russ.).
- Glezer O.B. Using urban population potential surfaces for analyzing urbanization in rural areas (with particular reference to Dagestan ASSR). *Soviet Geogr. Rev. & Translation*, 1985, no. 4, pp. 252–267.
- Dzhavakhishvili A.N. *Geomorfologicheskie raiony Gruzinskoi SSR: Tipy rel'efa i raiony ikh rasprostraneniya* [Geomorphological Areas of the Georgian SSR: Types of Relief and Areas of Their Distribution]. Moscow–Leningrad: Akad. Nauk SSSR Publ., 1947. 180 p.
- Eldarov E.M. Dagestan: factors of development of the rural settlement system in the post-Soviet period. *Kavkaz Globaliz.*, 2008, vol. 2, no. 1, pp. 105–115. (In Russ.).
- Fadeeva O.P. *Sel'skie soobshchestva i khozyaystvennye układy: ot vyzhivaniya k razvitiyu* [Rural Communities and Economic Structures: From Coping to Development]. Novosibirsk: IEOPP SO RAN, 2015. 262 p.
- Karpov Yu.Yu., Kapustina E.L. *Gortsy posle gor. Migratsionnye protsessy v Dagestane v XX – nachale XXI veka: ikh sotsial'nye i etnokul'turnye posledstviya i perspektivy* [The Highlanders after the Mountains. Migration Processes in Dagestan in the 20th –early 21st Century: Their Social and Ethnocultural Consequences and Prospects]. St. Petersburg: Vostokovedenie Publ., 2011. 448 p.
- Kisriev E.F. *Islam i vlast' v Dagestane* [Islam and Power in Dagestan]. Malashenko A.V., Ed. Moscow: OGI Publ., 2004. 224 p.
- Kuznetsova O.V. Typology of factors of socio-economic development of the regions of Russia. *Vestn. Mosk. Univ. Ser. 5: Geogr.*, 2014, no. 2, pp. 3–8. (In Russ.).
- Milkov F.N., Gvozdet'skii N.A. *Fizicheskaya geografiya SSSR. Obshchii obzor evropeiskoi chasti SSSR. Kavkaz* [Physical Geography of the USSR. General Overview of the European Part of the USSR. Caucasus]. Moscow: Vysshaya Shkola Publ., 1976. 375 p.
- Mkrtychyan N.V. Migration in the North Caucasus through the prism of imperfect statistics. *ZhISP*, 2019, no. 1, pp. 7–22. (In Russ.).
- Muduev Sh.S. *Transformatsiya rasseleniya i khozyaystva v Dagestane v 1990-e gg.* [Transformation of Settlement Pattern and Economy in Dagestan in the 1990s]. Makhachkala, 2002. 234 p.
- Muduev Sh.S., Eldarov E.M. Principles of territorial management of national economy of the Republic of Dagestan. In *Ekonomika Dagestana v XXI v.* [Economy of Dagestan in the 21st Century]. Makhachkala, 2000, pp. 57–71. (In Russ.).
- Nefedova T.G. *Desyat' aktual'nykh voprosov o sel'skoi Rossii: otvety geografa* [Ten Topical Questions about Rural Russia: Geographer's Answers]. Moscow: URSS Publ., 2012a. 452 p.
- Nefedova T.G. Factors and trends of changes in rural settlement pattern in Russia. *Vestn. ARGO*, 2018, no. 7, pp. 4–20. (In Russ.).
- Nefedova T.G. *Sel'skoe Stavropol'e glazami moskovskogo geografa. Raznoobrazie raionov na yuge Rossii* [Rural Stavropol Krai through the Eyes of a Moscow Geographer. Diversity of Districts in the South Russia]. Stavropol: SGU, 2012b. 81 p.
- Nefedova T.G., Treivish A.I., Sheludkov A.V. Spatially Uneven Development in Russia. *Reg. Res. Russ.* 2022, vol. 12, pp. 4–19.
<https://doi.org/10.1134/S2079970522020071>
- Osmanov A.I. *Agrarnye preobrazovaniya v Dagestane i pereselenie gortsev na ravninu (20–70-e gody XX v.)* [Agrarian Transformations in Dagestan and the Resettlement of Mountaineers to the Plain (20s–70s of the 21st Century)]. Makhachkala: IIAE DNTs RAN, 2000. 333 p.
- Polyan P.M., Sergeeva K.P. The trend of rural development in mountainous Dagestan. In *Sel'skaya mestnost': territorial'nye aspekty sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya*

- [Rural Areas: Territorial Aspects of Socioeconomic Development]. Moscow, 1986, pp. 89–100. (In Russ.).
- Polyan P.M., Sidorov D.A. Khutora in the system of mountain settlement of Dagestan. *Probl. Gorn. Khoz. Rassele-niya*, 1990, pp. 225–245. (In Russ.).
- Sergeeva K.P. Problems of rural high-rise settlement in the Dagestan ASSR. *Extended Abstract of Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Leningrad: Herzen Leningr. St. Pedagog. Inst., 1967. 16 p.
- Sheludkov A.V., Orlov M.A. Topology of a settlement network as a factor of rural population dynamics (a case study of Tyumen oblast). *Reg. Res. Russ.*, 2020, vol. 10, pp. 388–400.
<https://doi.org/10.1134/S2079970520030119>
- Smirnyagin L.V. Zoning of society: theory, methodology and practice: based on the materials of the USA. *Dr. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Moscow: Lomonosov Moscow St. Univ., 2005. 296 p.
- Starodubrovskaya I.V. Intergenerational relations and social transformations on the example of the North Caucasus. *Sociol. Vlasti*, 2019, no. 1, pp. 92–113. (In Russ.).
<https://doi.org/10.22394/2074-0492-2019-1-92-113>
- Starodubrovskaya I.V., Zubarevich N.V., Sokolov D.V., Intigrinova T.P. *Severnyi Kavkaz: modernizatsionnyi vyzov* [North Caucasus: Modernization Challenge]. Moscow: Delo Publ., 2011. 325 p.
- Staroosvoennye raiony v prostranstve Rossii: istoriya i sovremennost'* [Old-Developed Areas in the Space of Russia: History and Modernity]. Nefedova T.G., Starikova A.V., Eds. Moscow: Tovarisich. Nauch. Izd. KMK, 2021. 379 p.
- Treivish A.I. Geographical multi-scale development of Russia: city, district, country and world. *Dr. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Moscow: Inst. Geogr., Russ. Acad. Sci., 2006. 309 p.

ТРАНСФОРМАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СТРУКТУР ГОРНЫХ РЕГИОНОВ И ГОРНЫХ СООБЩЕСТВ

УДК 911.373.4

ИЗМЕНЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВА АУЛОВ ГОРНО-ПРЕДГОРНОГО ДАГЕСТАНА В УСЛОВИЯХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ТРАНСФОРМАЦИЙ

© 2023 г. А. М. Ершов^а, *, Л. Р. Имангулов^а, **, М. С. Савоскул^а, ***

^аМосковский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, Москва, Россия

*e-mail: alexiusershov@ya.ru

**e-mail: linar.imangulov.1999@mail.ru

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

Поступила в редакцию 04.02.2023 г.

После доработки 19.08.2023 г.

Принята к публикации 25.08.2023 г.

В статье с использованием эволюционно-функционального принципа и принципа полимасштабности рассмотрена трансформация поселенческой структуры горных территорий Дагестана в XX–XXI вв. и изменения в повседневном использовании пространства горных селений как взаимосвязанный процесс. Для достижения целей исследования проведена типология горных и предгорных территорий Дагестана на основе анализа людности населенных пунктов, их высотного и центр-периферийного положения. Эти параметры использованы как доступные за длительный период для всех населенных пунктов изучаемой территории. В соответствии с проведенной типологией отображены аулы-ключи для изучения направлений трансформации функционального использования пространства населенных пунктов их жителями. Помимо статистических данных, исследование базируется на материалах трех экспедиций в Республику Дагестан в 2020–2022 гг. Авторами обследовано 10 районов и более 30 сельских населенных пунктов. Основными методами исследования стали: полевые наблюдения, экспертные и нарративные интервью. В статье по итогам полевых работ представлены особенности использования жителями общественных пространств пяти населенных пунктов разных районов: Фий, Цумада, Эчеда, Глох, Губден. Выявлено, что характер функционального использования жителями общественных территорий горных аулов определяется географическим положением населенных пунктов, сохранением аграрных функций, религиозным фактором и в меньшей степени этнокультурными различиями локальных сообществ. Подтвердилось предположение, что трансформации, происходящие в функциональном использовании пространства аула, являются следствием более масштабных социально-экономических изменений, происходящих в регионе.

Ключевые слова: сельская местность, функциональное использование, общественные пространства, социокультурная модернизация, горные территории

DOI: 10.31857/S2587556623070063, **EDN:** ANICIX

ВВЕДЕНИЕ И ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Дагестан — уникальная горная территория с разнообразными природными условиями, регион с богатой историей, населенный многочисленными этнокультурными группами. Республика вовлечена в процессы социально-экономической модернизации, что ставит ее перед разнообразными рисками и вызовами. Распространяются новые практики и новые межпоколенческие отношения (Стародубровская, 2019), но при этом сохраняется важная роль традиционных установок. Кроме того, происходит медленный, очаговый процесс перестройки аграрно-промышленного базиса горной экономики республики, дошедшего от советского периода, под новые,

постиндустриальные запросы растущего населения в отношении производства торговой продукции и оказания рекреационных услуг. В современном развитии региона горный фактор и фактор этнокультурного разнообразия во многом становятся рамочными для социально-экономической модернизации.

Под социально-экономической трансформацией авторы понимают процесс, приводящий к изменению (не обязательно развитию, как модернизация) территориальной организации общества. Модернизация это одно из направлений социально-экономической трансформации. Авторы акцентируют внимание на процессах модернизации в широкой трактовке, понимая ее как любое “об-

новление и развитие на базе инноваций” (Трейвиш, 2017, 3 с.).

Основная идея статьи состоит в том, чтобы с использованием принципа полимасштабности (Артоболевский и др., 2009) выявить взаимосвязь процессов социально-экономической трансформации (и в частности модернизации) в горно-предгорном Дагестане и процессов изменения функционального использования пространства аулов. Основным индикатором социально-экономической трансформации выбрана динамика людности сельских населенных пунктов.

Цель исследования — выявление географических факторов трансформации функционального использования общественных пространств населенных пунктов горного Дагестана в условиях постсоветских социально-экономических трансформаций в регионе.

В исследовании использованы центр-периферийный подход и теория факторов регионального развития (Кузнецова, 2014). Анализ опирается на многочисленные работы, посвященные Дагестану, некоторые из них представлены в обзоре.

ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ

Среди ранних исследований Дагестана и первых опытов научного изучения специфики горных населенных пунктов региона выделяются работы этнографа Е.М. Шиллинга, начатые в начале XX в. и продолженные уже в советский период. Он одним из первых организовал систематические комплексные этнографические экспедиции в горные районы Дагестана, привлекая различных специалистов (Махмудова, 2015). В экспедициях принимал участие архитектор Г.Я. Мовчан: в 1940-х годах он собрал богатый материал по изучению жилища народов Дагестана, в 1950-х годах появились его публикации в журнале “Этнографическое обозрение”, в итоге вышла монография “Старый аварский дом” (Мовчан, 2001). О.С. Хан-Магомедов вместе с Г.Н. Любимовой начиная с конца 1940-х годов изучает архитектуру Дагестана, отмечая ее уникальность. Одной из первых публикаций стала монография “Народная архитектура южного Дагестана. Табасаранская архитектура” (Любимова, Хан-Магомедов, 1956). По результатам исследований О.С. Хан-Магомедова опубликована серия работ по архитектуре разных народов Дагестана.

Современные социальные процессы в Дагестане изучают петербургские этнографы Ю.Ю. Карпов и Е.Н. Капустина (Капустина, 2019; Карпов, 2007; Карпов, Капустина, 2011).

Исследования социально-экономических географов, социологов, политологов, этнографов можно разделить на несколько тематических направлений:

- социально-экономическое развитие республики как части горного макрорегиона, а также других горных территорий Кавказа (Гуня, 2013; Стародубровская и др., 2011; и др.);
- демографическая ситуация и расселение в Дагестане или отдельных его частях, миграционные процессы [например (Щитова и др., 2018)];
- сельская местность Дагестана и других регионов Северного Кавказа (Имангулов, 2021; Мудуев, 2014; Набиева, 2002; и др.);
- различные аспекты использования пространства горных селений (Капустина, 2021; Куркиева, 2012; и др.).

Среди исследований социальных географов по Северному Кавказу практически не встречается работ, посвященных трансформации общественных пространств в сельской местности. В работе мы опирались на исследования коллег из Восточной Европы (Kalbarczyk, 2020; Mantey et al., 2018).

ТЕРРИТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Республика Дагестан отличается самой высокой долей горных территорий в общей численности населения региона среди всех республик Северного Кавказа. По данным Всероссийской переписи населения 2010 г., 44% населения Дагестана проживает в сельских населенных пунктах выше 500 м над ур. м., несмотря на увеличение миграционного оттока населения на равнину¹.

Горный Дагестан относится к горному очаговому животноводческо-земледельческому типу расселения (Ковалев, 1963). Горная часть республики крайне неоднородна вследствие сложного строения рельефа — выделяются отдельные геоморфологические области и речные бассейны с различиями в условиях жизни и хозяйствования (например, высокогорья, Южный Дагестан).

Усиливает неоднородность высокое этнокультурное разнообразие населения. В горах Дагестана официально проживает более 10 крупных народов четырех языковых семей (Набиева, 2002). Этнокультурные различия существенны и между населенными пунктами (особенно в высокогорьях).

Снижение роли гор в экономике региона и размещении населения в XX–XXI вв. связано с государственной политикой сселения горцев на равнину, проводившейся советскими властями (Мудуев, 2004). В республике сложилась территориально-хозяйственная система, основанная на взаимодействии горных и равнинных территорий. Для горных территорий Дагестана эта поли-

¹ Авторы не проводили расчеты на основе результатов Всероссийской переписи населения 2021 г. в связи с отсутствием данных в разрезе сельских населенных пунктов на дату написания статьи.

тика привела к обезлюдению и деаграризации (Мудуев, 2004).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В статье использовались математико-статистический (поиск ближайшего соседа), геоинформационный (оценка средней абсолютной высоты) методы, кейс-метод, наблюдение и метод глубинного интервью во время полевых работ. В ходе написания статьи авторы использовали опыт коллективного обсуждения результатов исследования, предложенный в конце 1990-х годов Теодором Шаниным и его коллегами (Штейнберг, 2021). Состоялось несколько полномасштабных дискуссий авторов по итогам экспедиций, выработке структуры статьи, методики типологизации и т.д.

Эмпирическая часть статьи основана на данных всероссийских переписей населения 2002, 2010 и частично 2021 гг., а также всесоюзных переписей населения СССР 1926 и 1989 гг. Важным источником данных стали результаты полевых исследований, проведенных в 2020–2022 гг. в 10 горно-предгорных районах Дагестана (рис. 1). Задачей экспедиций было изучение трансформационных процессов в постсоветский период. Во время полевых исследований проходили натурные обследования населенных пунктов. Проводились экспертные интервью с руководителями и работниками администраций (районных и сельских), сельскохозяйственных и общеобразовательных организаций, а также нарративные беседы с местными жителями. Спектр затронутых тем: динамика населения, изменения в землепользовании, объекты инфраструктуры и особенности ее использования и др. Выводы, сделанные по итогам исследования, во многом опираются на результаты проведенных интервью и полевых наблюдений авторов.

Логика исследования. Анализ собранных материалов состоял из нескольких этапов.

На основе полевых исследований, экспертных интервью и анализа публикаций выявлены наиболее значимые факторы трансформации социально-экономической ситуации в горных аулах Дагестана и определены ее специфические закономерности. Факторы, ограничивающие развитие: удаленность от центра, дефицит земельных ресурсов в высокогорьях, небольшая людность аула и др. Факторы, способствующие благополучной социально-экономической ситуации: близость к административному центру, наличие субгоризонтальных земельных участков, высокая людность и др.

Далее проведена типологизация горных аулов в зависимости от долговременной динамики людности, высоты над уровнем моря и транс-

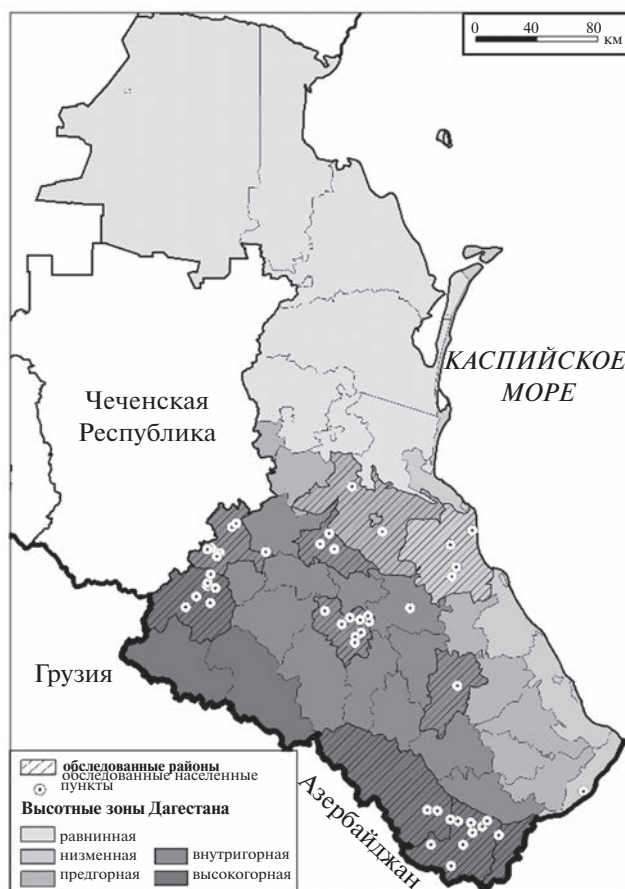


Рис. 1. Районы и сельские населенные пункты Дагестана, посещенные авторами в 2020–2022 гг.

портно-географического положения по отношению к ближайшему административному центру.

Завершающий этап анализа — отбор на основе типологизации населенных пунктов-ключей, на примере которых детально рассмотрены процессы трансформации общественных пространств аулов.

Методика типологизации горных аулов. Процедура типологизации проведена для аулов, расположенных выше 200 м над ур. м. (выбор порогового значения высоты обусловлен учетом естественных разрывов в распределении населенных пунктов по высоте и степени расчлененности рельефа). Часто перепады высот в самом ауле могут достигать сотни метров, поэтому данные были скорректированы с учетом погрешности высотных данных для площадных объектов.

Вычисление абсолютной высоты аула производилось для условного географического центра населенного пункта (рассчитывался по центроиду жилой застройки). Итоговый размер выборки составил 1176 населенных пунктов. Транспортная удаленность вычислялась путем оценки расстоя-

Таблица 1. Показатели и выделенные классы исследовательской типологии

Высотность, м		Центральность, км от центра	Размер, человек
Предгорный	200–600	Центральный	Малый
Низкогорный	600–1000 (950)	0–10 (10.5)	0–150
Среднегорный	1000–1500 (1450)	Полупериферийный	Средний
		10–25 (24.5)	150–500 (450)
Высокогорный	1500–2000		Крупный
			500–1500 (1450)
Сверхвысокогорный	Свыше 2000	Периферийный	Крупнейший
		свыше 25	свыше 1500

Источник. Составлено авторами.

ния до ближайшего города или районного центра по автомобильной сети с учетом типа дорожного полотна дороги.

В табл. 1 представлены граничные значения для соответствующих показателей, используемых в типологии. Плавающий порог значений, указанных в скобках, позволяет на уровне отдельных объектов скорректировать математическое разделение совокупности с учетом неквантифицированных факторов. Это дает корректировку расчетных погрешностей для показателя центральности и высотности, а также завышения и межпереписных колебаний численности населения высокогорных сел. Итогом типологизации стало разделение аулов на 60 типов, характеризующих базовые географические условия и размер аулов. По параметру высотности были выделены 5 классов, по центральности положения – 3, по размеру населенного пункта – 4.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Выбор и описание выделенных типов горных аулов. Выделенные типы позволяют оценить динамику людности горных аулов в зависимости от базовых пространственных факторов развития, а также выявить наиболее типичные населенные пункты для разных относительных уровней высотности. Расположение выделенных типов горных аулов по территории Дагестана представлено на рис. 2.

На рис. 3 с помощью диаграммы Санкея представлено количественное распределение населенных пунктов и общая динамика численности населения с 1926 и 1989 г. для выделенных на 2010 г. типов. Цвет линий на диаграмме для класса высотности соответствует цветам на рис. 2.

По итогам типологизации сделан вывод, что для горных аулов характерен положительный градиент роста людности от сверхвысокогорных аулов к предгорным, от периферийных к центральным, от малых к крупнейшим. Продолжает-

ся тренд на снижение относительной доли населения, проживающего в горно-предгорной части.

Отбор горных аулов-ключей. В целях проведения кейс-анализа для каждого выделенного высотного уровня был выбран типичный населенный пункт. Выбор производился исходя из относительной пространственности и долевого преобладания конкретного типа в каждой высотной зоне: в качестве кейс-ключа выбирался населенный пункт, принадлежащий к наиболее характерному типу своего высотного уровня (типичность размера и географического положения).

Оценка типичности выделенных групп аулов в разрезе высотности проводилась для соблюдения репрезентативности аула-ключа для всей высотной выборки. В итоге выбраны пять аулов: Фий, Цумада, Эчеда, Тлох и Губден (в порядке уменьшения высотности).

Характеристика аулов-ключей

Дифференциация горных аулов Дагестана с точки зрения людности, высоты и транспортно-географического положения предполагает разные сценарии использования пространства горных поселений. Приведем основные характеристики выбранных населенных пунктов (табл. 2).

Фий располагается в сверхвысокогорной зоне, в молодой долине р. Фийчай: поселение расположено на крутом склоне и имеет ступенчатую слитную планировку, что связано с отсутствием плодородных участков для строительства. Аул имеет периферийное положение. В настоящее время Фий – исчезающий населенный пункт (фактически в нем проживает около 100 чел.², в 1926 г. проживало 916 чел.), что связано с его труднодоступно-

² Официальная численность населения аула в 2021 г. составила 894 чел. Существенные расхождения в официальной и фактической численности населения связаны с плохим учетом реальной миграционной мобильности населения (в части прописок) и существующими приписками населения (Стародубовская и др., 2011).

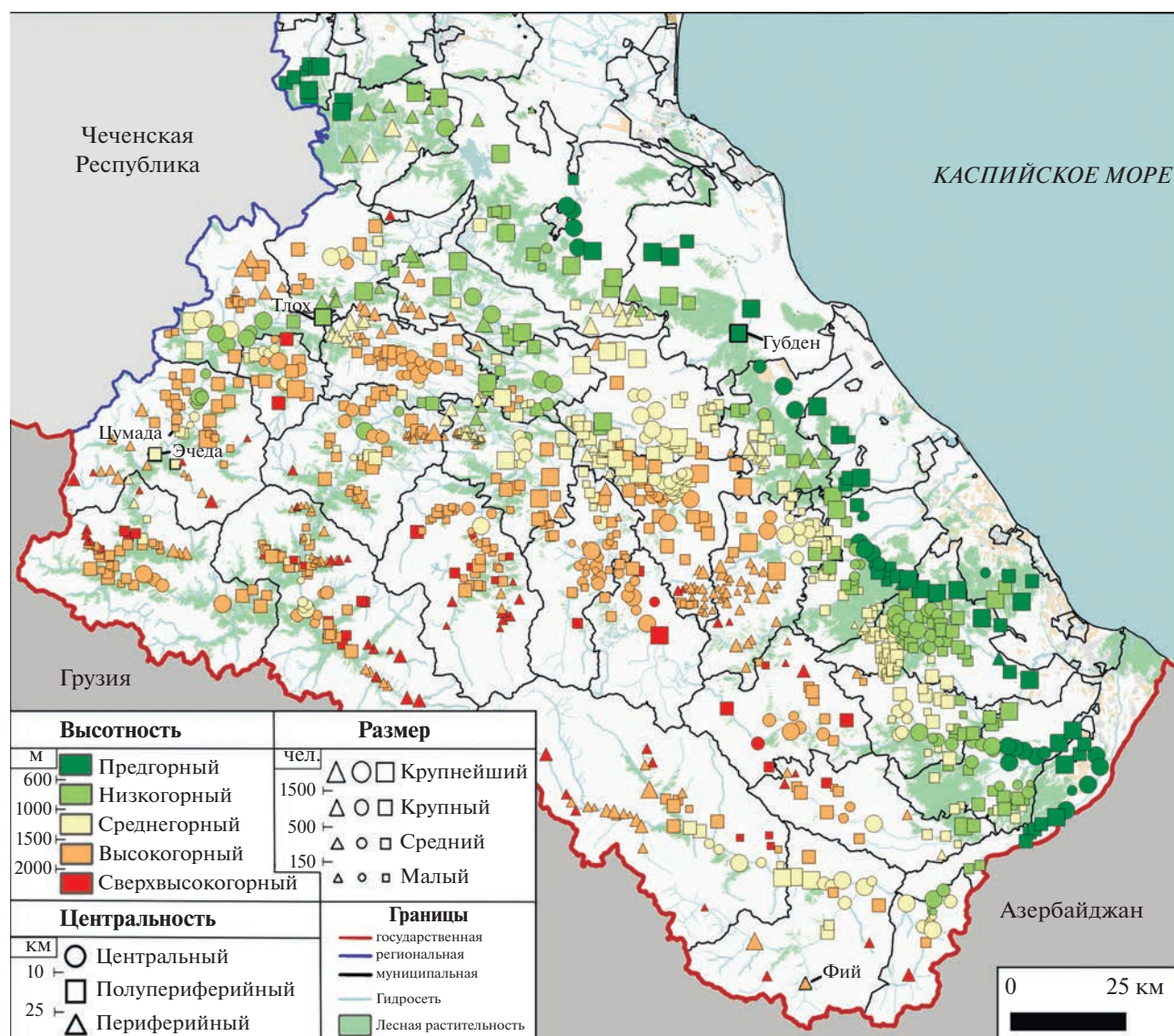


Рис. 2. Типология горных аулов Дагестана. Составлено авторами.

стью и сложными условиями жизни: существуют серьезные проблемы сообщения Фия с другими населенными пунктами особенно в зимний и осенний периоды (гравийная дорога крайне плохого качества и состояния), отсутствует коммунальная инфраструктура (канализация, газ и т.д.).

Цумада располагается в высокогорной зоне, на одном из крутых уступов верхней части борта долины р. Андийское Койсу. Аул имеет полупериферийное положение, но высотное расположение значительно осложняет доступ к нему³. Поселение имеет схожую с Фием систему планировки, но отли-

³ Центром Цумадинского района является село Агвали, сохранение в названии района ойконима Цумада является отражением недолгого пребывания населенного пункта в статусе райцентра в 1930-е годы.

чается наличием террас, на которых ранее возделывались зерновые культуры. Аул депопулирует (сокращение численности населения в 1926–2021 гг. почти в 2 раза: с 201 до 110 чел.). По данным полевого обследования, в Цумаде обитаема только треть официально зарегистрированных домовладений.

Эчеда располагается в той же речной долине, что и Цумада, но по высотному уровню относится к среднегорной зоне. Аул имеет полупериферийное положение. В отличие от предыдущих поселений, Эчеда имеет ступенчатую смешанную (слитно-обособленную) систему планировки: аул состоит из частично обитаемой старой части и расширяющейся новой на террасах бывшего сельскохозяйственного назначения. Можно ска-

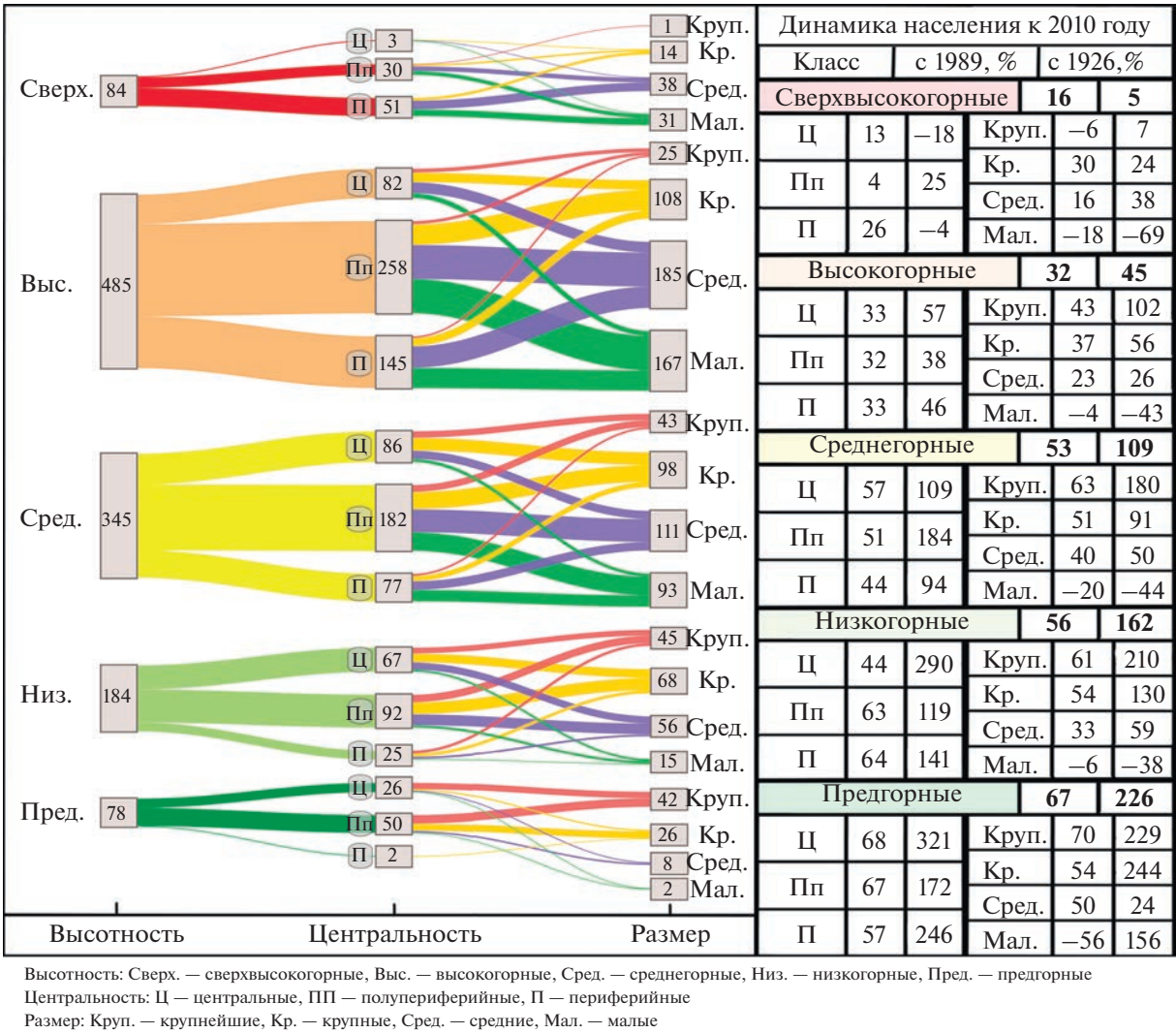


Рис. 3. Санкей диаграмма распределения выделенных типов горных аулов на 2010 г. Составлено авторами.

зять, что жизнь аула перетекает из старой части в новую.

Эчеда отличается более молодой возрастной структурой населения. Однако, по результатам экспертных интервью, официальная численность населения аула завышена. В ауле есть базовые объекты сферы услуг: сельская администрация, школа, совмещенная с детским садом, ФАП. Популярным местом проведения свободного времени жителей (преимущественно мужчин) является футбольное поле с надлежащей инфраструктурой.

Тлох располагается в низкогорной зоне, в долине реки Андийское Койсу, на речных террасах, окруженных горными уступами. Аул имеет полупериферийное положение. Численность населения Тлоха — 4 тыс. чел. (в низкогорной зоне людность аулов значительно возрастает). Влияние

горного рельефа на планировку аула значительно ниже: здесь одноуровневая уличная система, но центр все же смещен к горным уступам.

Тлох, как и Эчеда, разделен на две части: старую (полностью жилую) и новую, разрастающуюся на террасах. В ауле отмечается рост численности населения. Это отражается в крайне высокой доле обитаемых домов в старой части аула (90–100%). Роль старой части в жизни поселения сохраняется: в ней располагается джума-мечеть, сельская администрация и множество объектов сферы услуг (торговля, кафе и т.д.).

Губден располагается в предгорной зоне, вдоль реки Губденозень, аул имеет полупериферийное положение. В Губдене проживает порядка 10 тыс. чел. На востоке аул ограничен склонами возвышенности, частично прорезанной рекой.

Таблица 2. Характеристика наиболее типичных горных аулов Дагестана

Параметр	Аулы-ключи				
	Фий (Ахтынский район)	Цумада (Цумадинский район)	Эчеда (Цумадинский район)	Тлох (Ботлихский район)	Губден (Карабудахкентский район)
Высотный уровень	Сверхвысокогорный (2013 м)	Высокогорный (1535 м)	Среднегорный (2803 м)	Низкогорный (670 м)	Предгорный (606 м)
Положение	Периферийное	Полупериферийное	Полупериферийное	Полупериферийное	Полупериферийное
Расстояние до районного центра, км	32	12	22	25	19
Этнический состав	Лезгины	Аварцы	Аварцы	Аварцы	Даргинцы
Официальная (фактическая*) людность, 2021 г., чел.	894 (150)	100** (40)	1000** (300)	3744 (отклонение минимальное)	10 135 (отклонение минимальное)
Динамика людности официальной (фактической), 2021/1989, %	–21 (–85)	+35 (–55)	+90 (–45)	+96	+112
Планировочная структура	Многоярусная слитная	Многоярусная слитная	Многоярусная смешанная	Одноярусная уличная	Одноярусная уличная
Доля жилых домов в старой части аула**, %	40–50	30–40	50	80–90	90–100
Застроенность рукотворных террас***, %	Отсутствуют	Единично	30	60	Отсутствуют
Водоснабжение	Родники	Родники	Родники	Родники	Вдхр., родники
Преобладающий вид отопления	Печное отопление (кизяк)	Электрическое отопление	Электрическое отопление	Газовое отопление	Газовое отопление
Преобладающий тип дома (этажность)*	Малоэтажный	Малоэтажный	Малоэтажный	Многоэтажный (2–3)	Многоэтажный (2–4)
Преобладающие аттракторы	Годекан, мечеть	Мечеть, годекан	Мечеть, годекан, футбольное поле	Мечети, объекты сферы услуг, годекан	Мечети, объекты сферы услуг, площадь
Хозяйственное использование приаульных территорий*	Выгоны для скота	Выращивание огородных культур	Выгоны для скота, огороды, сады	Большая часть садов заброшена	Большинство огородов/садов заброшено

Примечание. * Данные получены из интервью с главами сельских поселений; ** приблизительная оценка, полученная из общей численности населения по сельсовету; *** на основе визуальных наблюдений и спутниковых снимков.

Старая часть села полностью обитаема и перестроена (на фундаменте старых домов воздвигнуты новые 2–3-этажные), сохранила свои центрально-административные функции. Губден также имеет и новую часть, которая застраивается частично на террасах, других пологих участках. Новая часть имеет линейную уличную планировку с обособленными домами и приусадебными участками. Лучшая сохранность старой части в сравнении с другими горными населенными пунктами обусловлена размещением в ней функционирующей джума-мечети, администрации, школы и объектов сферы услуг.

Использование пространства в горном ауле

Как показало исследование, число объектов общественного пользования в аулах в целом увеличивается, меняется их набор в зависимости от характеристик поселения. Основные тенденции в трансформации использования пространства в аулах сводятся к следующему:

— изменения в наборе общественных пространств связаны по большей части с *модернизацией социальной структуры* горских обществ в советский период. Если в дореволюционный период пространство аула было крайне ограничено,

использовалось интенсивно и коллективно (доминировало коллективное право на собственность), то в советский период произошла сегментация общины на отдельные частные домохозяйства, пространственно более удаленные друг от друга (например, массовый переезд жителей из старой сверхплотной части аула в новую просторную с возможностью жизни каждой семьи в отдельном доме);

— увеличение объектов общественного пользования связано с *изменением формата социально-экономических отношений* в советский период. Это проявляется в появлении совершенно новых объектов общественных пространств: сельской администрации, детского сада, школы, ФАПа, магазина. Часть из них ранее также присутствовала в жизни горцев, но в другом формате: например, школу заменяло медресе, которое располагалось в мечети; сельскую администрацию — годекан и исламское духовенство; магазин — отчасти базар и т.д.;

— по-прежнему сохраняются объекты общественного пользования более ранних исторических этапов, но уже с другими функциями и типом использования, что, в том числе, связано с *исторической традицией*. Однако характер использования этих объектов, например родников, в большей степени подвержен трансформации;

— в постсоветский период возрастает *роль религии* в использовании пространства. Ислам начинает влиять на поведение людей в пространстве. Так, высокую востребованность в горном ауле имеет мечеть, в которой встречается на постоянной основе все мужское население. Характер использования мечети женщинами ограничен мусульманской традицией: они совершают молитву дома или в специально отведенном в мечети месте для молитвы. Подобная традиция использования мечети как гендерно разделенного общественного пространства ограничивает участие женщины в социальной жизни локального сообщества. Например, мужчины после молитвы на сходах религиозной общины занимаются решением насущных проблем аула.

*Изменения в использовании объектов
общественного пользования в горном ауле
в XX–XXI вв.*

Мечеть и соответствующая исламская религиозная инфраструктура (медресе, молельные комнаты и т.д.) являются основным объектом общественного пользования в доимперский, имперский и современный периоды. В советский период большая часть мечетей была закрыта. Религиозное и национальное возрождение в 1990-е годы значительно увеличило число пользователей религиозной инфраструктурой. Мечеть в поселении часто

формирует центр общественной жизни. Мечеть — место концентрации населения во время ежедневных намазов и особенно пятничного. Однако посещение мечети не ограничивается проведением обрядов: это и общение мужского населения между собой по бытовым и иным насущным вопросам, и общественная рекреация на прилегающей территории, и т.д. Доступ в мечеть строго регламентирован гендерным признаком, доступ неместных не приветствуется без сопровождения жителя аула (табл. 3).

Кладбище является одним из специфических общественных объектов, что связано с нерегулярным использованием пространства. Пользование кладбищем в исламской культуре имеет свои особенности: во-первых, при погребении присутствует лишь мужская часть населения, во-вторых, после погребения рекомендуется отказаться от частого посещения могилы умершего. Вместе с тем это важный объект общественного пространства, который зачастую может располагаться в границах поселения и соседствует с жилой застройкой.

Памятные места — это еще один объект общественного пространства. Их генезис связан со значительным влиянием язычества на жизнь горского населения в прошлом. Чаще всего памятными местами могут быть коряги деревьев причудливой формы, камни, места смерти почитаемых людей. Часто они украшаются красочными лентами; в определенные дни жители (чаще женщины с детьми) совершают паломничество к ним — оставляют еду в знак жертвоприношения. С возрастанием роли религии происходит их функциональная трансформация, сопровождаемая зачастую забрасыванием.

Годекан — один из самых распространенных объектов общественного пользования в горном Дагестане, отсутствующий в чистом виде преимущественно лишь в населенных пунктах, появившихся в позднесоветский и постсоветский периоды. Это площадь/общественный центр аула (часто расположен у мечети), где собирается мужское (реже женское) население для решения проблем, проведения досуга, это место коммуникации жителей. До Кавказской войны годекан являлся не просто местом сбора населения, а социальным и политическим институтом, регламентирующим социальную жизнь горской общины и вопросы, связанные с обеспечением безопасности от набегов.

В настоящее время функции годекана сократились до проведения досуга чаще мужским пожилым населением, также снизился возрастной ценз для участия в нем (до 20–30 лет), что свидетельствует о социальной модернизации населе-

Таблица 3. Функциональное использование наиболее типичных пространств в горных аулах Дагестана

Характер трансформации	Объект	Функция публичного места	Доступность		Частота использования	Собственность
			группы населения	время		
Консервативный	Кладбище	Культурная	Мужчины	Не регламентировано	Событийно	Коллективная, государственная
	Памятное место	Культурная	Все население	Не регламентировано	Событийно	Коллективная
	Базар	Экономическая, социальная	Все население	Расписание	Событийно	Государственная, частная
	Площадь	Социальная	Все население	Не регламентировано	Событийно	Государственная, коллективная
	Школа/детсад	Культурная	Все население	Расписание	Повседневное	Государственная
	Магазин	Экономическая	Все население	Расписание	Повседневное	Частная
	Площадка спортивная, детская	Рекреационная	Все население, преимущественно мужчины	Не регламентировано	Повседневное	Государственная
	Мечеть	Культурная, социальная	Все население, отдельно, чаще мужчины	Не регламентировано	Повседневное	Коллективная
	Годекан	Социальная	Мужчины (чаще пожилые), реже женщины	Не регламентировано	Повседневное	Коллективная
	Родник	Техническая, социальная	Все население, чаще женщины	Не регламентировано	Повседневное	Коллективная
Динамичный	Старая часть аула	Селитебная	Все население (с разрешения)	Не регламентировано	Событийно	Коллективная, частная
	Улицы	Транспортная	Все население	Не регламентировано	Повседневное	Коллективная
	Парк, смотровая точка	Рекреационная, социальная	Все население	Не регламентировано	Повседневное, событийно	Государственная
	Кафе	Экономическая	Все население, преимущественно раздельно	Расписание	Событийно	Частная
	Новая часть аула	Селитебная	Все население	Не регламентировано	Повседневное	Частная
	Клуб	Социальная	Все население	Расписание	Событийно	Государственная

Составлено авторами.

ния. Новой площадкой для коммуникации населения становится Интернет: он имеется даже в труднодоступных высокогорных селениях. Результаты нарративных и экспертных интервью во

время полевых исследований показали, что теперь жители чаще общаются в мессенджерах или по сотовой связи, нежели вживую (иногда даже с соседями).

Пожилое население по традиции собирается на главном и внутриквартальных годеканах в определенные часы днем для обсуждения новостей.

Сокращение роли годекана связано с появлением сельских администраций в советский период: произошло институциональное оформление административных функций на фоне роста взаимодействия между аулами и с центральной властью. Вместе с этим годекан наравне с мечетью является одним из немногих мест сбора населения чаще из-за своего центрального положения в ауле. В небольших аулах это вовсе одно из немногих мест, где теплится общественная жизнь, в средних и больших по размеру аулах годекан — лишь одно из мест сбора населения наравне с сельской администрацией и магазинами.

Родник — multifункциональный тип пространства. Ранее родники служили не просто источником воды в горах, но и одним из немногочисленных мест для знакомства с представителями противоположного пола (вследствие запрета религией на встречу непомолвленных мужчины и женщины). С развитием коммунальной сферы в советский и постсоветский периоды необходимость в родниках отпала — в большинстве частных домов имеется проведенный водопровод.

Социальная функция родников трансформировалась в пользу рекреации (отдых в дороге) и возможных мест коммуникации с жителями аула. Способствует этому сравнительно равномерное размещение родников в ауле и, как правило, их расположение на пересечении улиц или выемках, что не затрудняет движение по уличной сети.

Место *старой части аула* в общественной жизни поселений с разным пространственным паттерном развития существенно различается. В случае сохранения селитебной функции — это часто место концентрации общественных пространств из-за наличия исторических значимых объектов (мечети, годекана). На это влияет широко распространенная в регионе практика двудомности населения, которая подразумевает наличие у новых горожан — выходцев из села наравне с городской квартирой сельского дома в горном ауле, который чаще достается по наследству. Дом может располагаться как в новой, так и в старой частях аула, сезонно или круглогодично обитаем.

В случае забрасывания старой части аула и, соответственно, последовательного разрушения старая часть посещается жителями нерегулярно. С развитием туризма в горах старая часть аула стала местом притяжения туристов, которые стали в некоторых поселениях более частыми посетителями этого типа общественного пространства чем местное население.

Заброшенная старая часть аула — это одновременно коллективная и частная собственность. Коллективной собственностью являются стены,

улицы, крыши домов, свободные площадки, частной собственностью — внутридомовое пространство. Каждый житель аула осведомлен о доме своих предков и имеет на него негласные права, закрепленные религией и адатом. В связи с этим доступ даже в необитаемые помещения не приветствуется (только с разрешения местных) и ограничен нормами общества. Также во время полевых работ была выявлена практика использования прежнего дома в качестве сезонного жилья. Жители, которые покинули старые части аулов и переехали в равнинную часть республики, продолжают следить за старым домом, используя его как дачу.

*Площадь*⁴ имеется в весьма ограниченном числе горных поселений. Чаще площадь имеют либо аулы, расположенные в низогорных зонах, либо с высокой численностью населения (чаще в районных центрах, например в Гунибе). В небольших населенных пунктах аналогом площадей служат небольшие по размеру пространства, примыкающие к мечети и/или местной администрации.

Инфраструктурно благоустроенные площади, в современном понимании термина, стали появляться в советский период в связи с изменением планировки некоторых поселений (например, в Гунибе, Левашах и др.). В горных аулах площадь — это место сосредоточения общественной жизни вследствие концентрации объектов общественного пользования (администрации, торговых рядов, магазинов, объектов сферы услуг и т.д.). Например, площадь в Гунибе привязана прежде всего к администрации Гунибского района.

По своему генезису различаются два типа современных площадей: как модификации дореволюционных торговых площадей/годеканов (например, площадь в Ботлихе) и как новые объекты в недавно застроенных частях аула, привязанные к расположению районных/сельских администраций и других объектов (например, площадь в Агвали).

Улицы в высокогорных аулах узкие, как правило ограничены стенами жилых домов, что осложняет передвижение, например, автомобильного транспорта. Они являются одним из мест коммуникации жителей, живущих в высокогорных населенных пунктах: чаще всего жители встречаются именно на улицах, как основных линейных элементах пространства аула. Вместе с этим улицы являются второстепенными (после мечети, годекана, родников) местами скопления людей.

Еще одним традиционным объектом общественного пользования является *базар*. В горных поселениях Дагестана они распространены в ос-

⁴ Под площадью авторами понимается открытое, архитектурно организованное, обрамленное зданиями и зелеными насаждениями пространство.

новном в аулах-районных центрах или крупных населенных пунктах, что связано с различиями в масштабах спроса и особенностями размещения (для базара требуется доступная пологая площадка). Базары могут быть размещены как на центральной площади аула, так и за пределами горного поселения (например, при въезде в аул). Это регулярный событийный объект общественного пользования для всех жителей ближайших сельских населенных пунктов.

Магазин как объект общественного пространства в горном Дагестане появился лишь в советский период, в определенной степени он заменил базар и частично натуральное хозяйство. В настоящее время магазины сохранились лишь в средних и крупных по людности населенных пунктах (от 200 чел. и более), поскольку в них большие объемы спроса. В мелких населенных пунктах, особенно высокогорных, население, кооперируясь между собой, ездит за покупками в районные центры или крупные города республики. Согласно результатам интервью, в некоторых, преимущественно периферийных, аулах закрытие магазинов привело к примитивизации потребления и возрастанию роли личного подсобного хозяйства.

Спортивная площадка — новый объект общественного пространства в Дагестане. Появление спортивной инфраструктуры в горных поселениях связано с программами по благоустройству и развитию физической культуры и спорта. Чаще спортивная инфраструктура располагается в более крупных населенных пунктах, но есть и исключения, например футбольная площадка в Эчеде. Крупные спортивные объекты становятся центром притяжения общерайонного и республиканского уровня, способствуют кооперации между соседними аулами.

Спортивная инфраструктура — это место сосредоточения общественной жизни мужской части молодого и даже взрослого населения. Распространение и роль спортивных комплексов в горном Дагестане — это индикаторы спортивно ориентированной ценностной матрицы жителей и модернизации образа жизни сельского населения. Высокая роль спорта в сельской жизни поддерживается выполняемой им функцией социального лифта в Дагестане (Стародубровская, 2019). Спорт служит одним из немногих способов получить положение в обществе, поэтому спортивные комплексы являются одними из важнейших пространств для вертикальной кооперации и мобильности⁵, приближаясь по уровню к мечетям.

Смотровая точка — это тоже распространенный объект общественного пользования в горном Дагестане, что отчасти связано с высокой визуальной ценностью культурного ландшафта. В последнее десятилетие благоустройство объектов

проводится преимущественно для туристов, при этом смотровые точки зачастую выполняют и рекреационную функцию для местного населения. Чаще они располагаются на новых местах с хорошим обзором. Некоторые (например, в Кубачах) — в старых местах на верхних этажах сторожевых башен, что отражает смену функций отдельных объектов пространства.

Факторы трансформации использования пространства населенных пунктов

Ведущим географическим фактором трансформации горных поселений является фактор горности (абсолютная высота, уклон поверхности и т.д.). От особенностей рельефа зависят система планировки населенного пункта и его развитие. Чем выше расположен населенный пункт, тем более хаотична его система планировки и тем больше в ней уровней (историческая необходимость экономии земельных ресурсов).

В свою очередь планировка предопределяет возможный характер использования пространства населенного пункта. В сверхвысокогорной и высокогорной зонах с мелкоселенным расселением площадь аула крайне ограничена (размещение новых объектов затруднено). Общественные места ограничены мечетью, годеканом и площадками для встреч, зачастую прилегающими к родникам. В условиях сокращения фактической численности населения это определяет традиционный характер использования пространства и способствует консервации (сохранению) традиционного облика горного аула, как, например, в Согратле.

В среднегорных и предгорных зонах с более крупноселенным расселением развитие аулов возможно за счет наличия пологих участков, прилегающих к аулу (например, террас бывшего сельскохозяйственного назначения). Где-то это приводит к смещению центра аула из старой части в новую (старая часть постепенно забрасывается, как, например, в Кубачах), где-то, наоборот, старая часть поселения остается центральной (старая часть перестраивается, например в Тлохе).

Направления развития старой части аула (ее забрасывание и разрушение или обживание) определяются совокупностью факторов: инженерными решениями (прокладка коммунальной и инженерной инфраструктуры), наличием пологих/некрутых свободных площадей в самой старой части или за ее пределами, присутствием объектов сферы услуг и иных учреждений в старом

⁵ Под вертикальной кооперацией авторами понимается возможность разных групп социума (дети, подростки, молодежь, взрослые, пожилые) налаживать социальные контакты друг с другом, так как в случае посещения мечети и спортивных мероприятий участники равны в соответствии с социальной ролью.

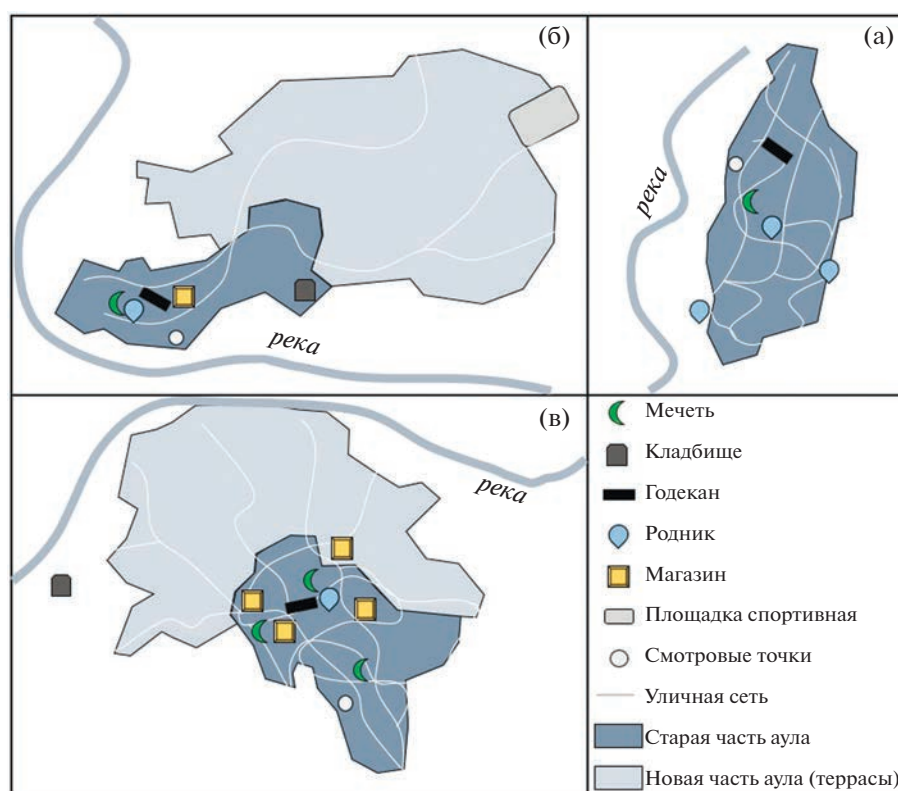


Рис. 4. Схемы использования пространства в горных аулах.
Составлено авторами.

центре (мечеть, школа, медресе, администрация), финансовыми возможностями жителей и желанием жить в старой, часто неудобной из-за скупченности построек, части аула, и др.

В условиях роста численности населения в поселениях низкогорных зон (предгорной, равнинной и приморской) наличие свободных территорий определяет отличный от высокогорных зон характер использования пространства, связанный с появлением новых крупноразмерных объектов (например, администрация, магазины, площадь и т.д.). Кроме того, в крупных населенных пунктах появляется спрос на общественные пространства и существует меньше лимитирующих факторов для его удовлетворения.

Схемы размещения основных общественных пространств на территории высокогорного (а, сверхвысокогорный Фий), среднегорного (б, Эчеда) и низкогорного (в, Тлох) селения представлены на рис. 4.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Изменение характера использования пространства в горных населенных пунктах Дагестана происходит на фоне их депопуляции, деагризации окружающих земель, роста безработицы

и т.д. Ведущими рамочными факторами, определяющими пространственную дифференциацию использования пространства в разных населенных пунктах, служат горный фактор и фактор транспортной доступности.

По сравнению с периодом до 1991 г. растет влияние на социальную жизнь религиозного фактора; происходит изменение в распределении гендерных ролей в сообществе. Рост религиозности способствует увеличению числа социальных контактов и возникновению новых мест общения у религиозных объектов. Восстановление мечетей в старых частях аулов приводит к сельской джентрификации: благоустройству окрестных территорий, восстановлению запущенных домов и повышению их престижа, к развитию торговой активности и появлению заведений общественного питания вокруг мечетей. Ведущими факторами изменений в использовании внутреннего пространства села становятся также изменения в образе жизни и бюджетах времени жителей, когда много времени уделяется религии и, соответственно, посещению мечети.

Наиболее значимо влияние глобальных процессов проявляется в активном использовании сети Интернет, что подтверждается выдержками из интервью. Это приводит к вытеснению меж-

личностных социальных контактов в виртуальное пространство, что также отражается на характере и частоте использования географического пространства населенного пункта. Часть важных коммуникаций переносится на площадки различных чатов и мессенджеров.

Модернизация пространства аулов происходит параллельно заимствованию городских практик и появлению городских элементов.

При этом во всех типах населенных пунктов наблюдается инерционность в сохранении функций за определенными местами (например, центр как место коммуникации жителей). Во многом это связано как со спецификой горного рельефа, так и с традиционной социальной структурой сообществ.

Во многих населенных пунктах частная собственность полностью преобладает над традиционными практиками коллективного использования территории села (что нельзя сказать, например, о пастбищах), в результате трансформируется внутренняя его структура: появляются отдельно стоящие здания, заборы и т.д.

Наблюдается поляризация потребительского поведения сельских жителей в соответствии с иерархией населенных пунктов. Например, в мелких населенных пунктах повышение уровня автомобилизации населения приводит к снижению роли местных магазинов как места взаимодействия жителей.

Уменьшение людности периферийных горных аулов приводит к сокращению освоенного пространства республики и снижению социально-экономического потенциала горных территорий. В высокогорных аулах небольшой людности сужается набор функций общественных пространств: пространство становится более монофункциональным, при этом значительно выражен сезонный характер использования пространства.

Распространение практики “второго дома” среди городских жителей способствует повышению уровня благоустройства пространства аулов. Жители, переехавшие в основном на равнину, используют часто дома в горах как летнее жилье.

В населенных пунктах большего размера и с более благоприятным транспортно-географическим положением наблюдается широкий спектр общественных пространств; типы пространств советского (администрации, школы, дома культуры и магазины) и постсоветского (новые места религиозных практик, кофейни, спорткомплексы) периодов. Чаще всего крупные населенные пункты являются центрами локальных систем расселения и отличаются повышенной мультифункциональностью пространства.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РНФ № 21-17-00112. Разделы “Постановка проблемы” и “Обзор литературы” подготовлены в рамках научно-исследовательской работы кафедры экономической и социальной географии России географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова “Современная динамика и факторы социально-экономического развития регионов и городов России и стран Ближнего Зарубежья” (номер ЦИТИС: 121051100161-9).

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность рецензентам за помощь в редактировании текста и подготовке статьи к публикации.

FUNDING

The study was carried out with the financial support of the RNF grant no. 21-17-00112. Part of the research (problem statement and literature review) was carried out within the framework of the research work “Current dynamics and factors of socioeconomic development of regions and cities of Russia and neighboring countries” (CITIS no.: 121051100161-9).

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to the reviewers for the help in editing the text of the article.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Артובהвский С.С., Бакланов П.Я., Трейвиш А.И. Пространство и развитие России: полимасштабный анализ // Вестн. РАН. 2009. № 2. С. 101–112.
- Гуля А.Н. Институциональное реструктурирование географического пространства: влияние приватизации земель на горные ландшафты Северного Кавказа. Saarbrücken: Palmarium acad. publ., 2013. 143 с.
- Имангулов Л.Р. Роль горных условий в трансформации сельской местности (на примере Самурской долины республики Дагестан) // УЭПС: управление, экономика, политика, социология. 2021. № 3. С. 89–97.
<https://doi.org/10.24412/2412-2025-2021-3-89-97>
- Капустина Е.Л. Глобальное селение: судьба локальности применительно к современной социальной жизни в Дагестане // ИАЭК. 2019. № 4. С. 769–782.
- Капустина Е.Л. История трансформации дагестанского праздника // История, археология и этнография Кавказа. 2021. № 4. С. 985–1001.
- Карнов Ю.Ю. Взгляд на горцев. Взгляд с гор: Мировоззренческие аспекты культуры и социальный опыт

- горцев Дагестана. СПб.: Петербургское Востоковедение, 2007. 656 с.
- Карпов Ю.Ю., Капустина Е.Л. Горцы после гор. Миграционные процессы в Дагестане в XX – начале XXI века: их социальные и этнокультурные последствия и перспективы. СПб.: Петербургское Востоковедение, 2011. 448 с.
- Ковалев С.А. Сельское расселение (географическое исследование). М.: Изд-во Моск. ун-та, 1963. 371 с.
- Кузнецова О.В. Типология факторов социально-экономического развития регионов России // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2014. № 2. С. 3–8.
- Куркиева Х.М. Институциональные факторы территориальной дифференциации социально-экономических характеристик сельских поселений (на примере Ингушетии) // Региональные исследования. 2012. № 1. С. 94–101.
- Любимова Г.Н., Хан-Магомедов С.О. Народная архитектура южного Дагестана: Табасаранская архитектура. М.: Госстройиздат, 1956. 104 с.
- Махмудова З.У. Дагестан на переломе эпох: этнографические экспедиции Е.М. Шиллинга / Сб. Музея антропологии и этнографии. Народы Кавказа: музейные коллекции, исследования объектов и явлений традиционной и современной культуры. СПб.: МАЭ РАН, 2015. С. 85–102.
- Мовчан Г.Я. Старый аварский дом в горах Дагестана и его судьба: По материалам авт. обследований 1945–1964 гг. М.: ДМК Пресс, 2001. 527 с.
- Мудуев Ш.С. Географические особенности трансформации сельского расселения и хозяйства Дагестана в 1990-е гг. Автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. М.: Институт географии РАН, 2004. 48 с.
- Набиева У.Н. Культурная география Дагестана. М.: Институт Наследия, 2002. 210 с.
- Стародубровская И.В. Межпоколенческие отношения и социальные трансформации на примере Северного Кавказа // Социология власти. 2019. № 1. С. 92–113.
<https://doi.org/10.22394/2074-0492-2019-1-92-113>
- Стародубровская И.В., Зубаревич Н.В., Соколов Д.В., Интигиринова Т.П. Северный Кавказ: модернизационный вызов. М.: Дело, 2011. 325 с.
- Ткаченко А.А. Подходы к созданию общей теории территориальной организации общества // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2008. № 1. С. 21–26.
- Трейвиш А.И. Географические факторы модернизации общества: некоторые уроки Всемирной и Российской истории XIX–XX веков. Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2017. № 6. С. 3–8.
- Штейнберг И.Е. Метод “длинного стола” в качественных полевых социологических исследованиях // Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены. 2021. № 5. С. 493–516.
- Щитова Н.А., Соловьёв И.А., Белозёров В.С. Дагестан: модель межкультурного взаимодействия в полиэтническом регионе // Наука. Инновации. Технологии. 2018. № 4. С. 91–104.
- Kalbarczyk E., et al. Transformation of public space in rural areas-identification and assessment of the state of development in selected communes in the Greater Poland voivodeship // Acta Scientiarum Polonorum Administratio Locorum. 2020. № 2. P. 77–84.
- Mantey D., Kępkowicz A. Types of public spaces: The polish contribution to the discussion of suburban public space // The Professional Geographer. 2018. № 4. P. 633–654.

Changes in the Functional Use of the Space of Dagestan Settlements in the Conditions of Socioeconomic Transformations of Mountainous Territories

A. M. Ershov^{1, *}, L. R. Imangulov^{1, **}, and M. S. Savoskul^{1, ***}

¹Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Economic and Social Geography of Russia, Moscow, Russia

*e-mail: alexiusershov@ya.ru

**e-mail: linar.imangulov.1999@mail.ru

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

The article considers the transformation of the settlement structure of the Dagestan mountainous territories and changes in the daily use of the mountain villages' space as an interconnected process using the evolutionary-functional principle and the principle of multi-scale. To achieve the study objectives, a typology of the mountainous and foothill territories of Dagestan was carried out based on the analysis of the population of settlements, their high-altitude and center-peripheral position. Further, in accordance with the typology carried out, key villages were selected to study the directions of transformation of the villages' space functional use by their residents. In addition to statistical data, the study is based on the materials of three expeditions to the Republic of Dagestan in 2020–2022. The authors surveyed 10 districts and more than 30 rural settlements. The methodology of the mountain villages' survey is based on the method of field observations, expert and narrative interviews. In addition, as the key most typical mountain villages, the features of the use of public spaces by residents of the five settlements of Fiy, Tsumada, Echeda, Tlokh, Gubden are considered in detail (data on other surveyed settlements were used to identify common patterns in the space use). As a study result, it was revealed that the dynamics, internal differentiation and the nature of the use by residents of mountain villages' public territories is determined by the settlements' geographical location, the preservation of agrarian functions, the religious factor and to a lesser extent the ethno-cultural differences of local com-

munities, which are more pronounced in mountainous Dagestan compared to other regions of the North Caucasus. The assumption was confirmed that the transformations taking place in the functional use of the village at the local level are the result of socio-cultural changes taking place at the regional and country levels.

Keywords: rural area, functional use, public spaces, socio-cultural modernization, mountain territories

REFERENCES

- Artobolevskii S.S., Treivish A.I., Baklanov P.Y. Russia's space and development: A multiscale analysis. *Her. Russ. Acad. Sci.*, 2009, no. 79, pp. 25–34. <https://doi.org/10.1134/S1019331609010043>
- Gunya A.N. *Institutsional'noe restrukturirovanie geograficheskogo prostranstva: vliyaniye privatizatsii zemel' na gornyye landshafty Severnogo Kavkaza* [Institutional Restructuring of Geographical Space: The Impact of Land Privatization on the Mountain Landscapes of the North Caucasus]. Saarbrücken: Palmarium Acad. Publ., 2013. 143 p.
- Imangulov L.R. The role of mountain conditions in the transformation of rural areas (on the example of the Samur valley of the Republic of Dagestan). *UEPS: Upravl. Ekon. Polit. Sociol.*, 2021, no. 3, pp. 89–97. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2412-2025-2021-3-89-97>
- Kalbarczyk E., et al. Transformation of public space in rural areas-identification and assessment of the state of development in selected communes in the Greater Poland voivodeship. *Acta Sci. Pol. Adm. Locorum*, 2020, no. 2, pp. 77–84.
- Kapustina E.L. Global settlement: the fate of locality in relation to modern social life in Dagestan. *IAEK*, 2019, no. 4, pp. 769–782. (In Russ.).
- Kapustina E.L. The history of the transformation of the Dagestan holiday. *Istor. Arkheol. Etnogr. Kavkaza*, 2021, no. 4, pp. 985–1001. (In Russ.).
- Karpov Yu.Yu. *Vzglyad na gortsev. Vzglyad s gor: Mirovozzrencheskie aspekty kul'tury i sotsial'nyi opyt gortsev Dagestana* [A Look at the Highlanders. A View from the Mountains: Ideological Aspects of Culture and Social Experience of the Highlanders of Dagestan]. St. Petersburg: Peterburg. Vostokoved. Publ., 2007. 656 p.
- Karpov Yu.Yu., Kapustina E.L. *Gortsy posle gor. Migratsionnye protsessy v Dagestane v XX–nachale XXI veka: ikh sotsial'nye i etnokul'turnye posledstviya i perspektivy* [The Highlanders After the Mountains. Migration Processes in Dagestan in the XX–early XXI Century: Their Social and Ethnocultural Consequences and Prospects]. St. Petersburg: Peterburg. Vostokoved. Publ., 2011. 448 p.
- Kovalev S.A. *Sel'skoe rasselenie (geograficheskoe issledovanie)* [Rural Settlement (Geographical Research)]. Moscow: Mosk. Univ. Publ., 1963. 371 p.
- Kurkueva H.M. Institutional factors of territorial differentiation of socio-economic characteristics of rural settlements (on the example of Ingushetia). *Reg. Issled.*, 2012, no. 1, pp. 94–101. (In Russ.).
- Kuznetsova O.V. Typology of factors of socio-economic development of the regions of Russia. *Vestn. Mosk. Univ., Ser. 5: Geogr.*, 2014, no. 2, pp. 3–8. (In Russ.).
- Lyubimova G.N., Khan-Magomedov S.O. *Narodnaya arkhitektura yuzhnogo Dagestana: Tabasarsanskaya arkhitektura* [Folk Architecture of Southern Dagestan: Tabasaran Architecture]. Moscow: Gosstroizdat Publ., 1956. 104 p.
- Makhmudova Z.U. Dagestan at the turning point of epochs: ethnographic expeditions of E.M. Shilling. In *Sbornik Muzeya antropologii i etnografii. Narody Kavkaza: muzeinye kollektsii, issledovaniya ob'ektov i yavlenii traditsionnoi i sovremennoi kul'tury* [Collection of the Museum of Anthropology and Ethnography. Peoples of the Caucasus: Museum Collections, Research of Objects and Phenomena of Traditional and Modern Culture] St. Petersburg: MAE RAN, 2015, pp. 85–102. (In Russ.).
- Mantey D., Kepkowicz A. Types of public spaces: The polish contribution to the discussion of suburban public space. *Prof. Geogr.*, 2018, no. 4, pp. 633–654.
- Movchan G.Ya. *Staryi avarskii dom v gorakh Dagestana i ego sud'ba: Po materialam avt. obsledovaniy 1945–1964 gg.* [The Old Avar House in the Mountains of Dagestan and Its Fate: Based on the Materials of the Author's Surveys of 1945–1964]. Moscow: DMK Press, 2001. 527 p.
- Muduev S.S. Geographical features of transformation of rural settlement and economy of Dagestan in the 1990s. *Extended Abstract of Dr. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Moscow: Inst. Geogr., Russ. Acad. Sci., 2004. 48 p.
- Nabieva U.N. *Kul'turnaya geografiya Dagestana* [Cultural Geography of Dagestan]. Moscow: Inst. Naslediya Publ., 2002. 210 p.
- Shchitova N.A., Soloviev I.A., Belozarov V.S. Dagestan: a model of intercultural interaction in a multiethnic region. *Nauka. Innov. Tekhn.*, 2018, no. 4, pp. 91–104. (In Russ.).
- Starodubrovskaya I.V. Intergenerational relations and social transformations on the example of the North Caucasus. *Sociol. Vlasti*, 2019, no. 1, pp. 92–113. (In Russ.). <https://doi.org/10.22394/2074-0492-2019-1-92-113>
- Starodubrovskaya I.V., Zubarevich N.V., Sokolov D.V., Intigrinova T.P. *Severnyi Kavkaz: modernizatsionnyi vyzov* [North Caucasus: Modernization Challenge]. Moscow: Delo Publ., 2011. 325 p.
- Steinberg I.E. The long table method in qualitative field sociological studies. *Monitor. Obshch. Mneniya: Ekon. Sots. Peremeny*, 2021, no. 5, pp. 493–516. (In Russ.).
- Tkachenko A.A. Approaches to the elaboration of a general theory of the territorial organization of society. *Vestn. Mosk. Univ., Ser. 5: Geogr.*, 2008, no. 1, pp. 21–26. (In Russ.).
- Treivish A.I. Geographical factors of societal modernization: some lessons from the world and Russia's history XIX–XX centuries. *Vestn. Mosk. Univ., Ser. 5: Geogr.*, 2017, no. 6, pp. 3–8. (In Russ.).

ТРАНСФОРМАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СТРУКТУР ГОРНЫХ РЕГИОНОВ И ГОРНЫХ СООБЩЕСТВ

УДК 911.9:332.12:332.05

ГОРНОЕ ПРИКАМЬЕ: СОВРЕМЕННЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАЦИИ В МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЯХ

© 2023 г. А. С. Лучников^а, *, А. А. Лядова^а, С. А. Меркушев^а, Р. С. Николаев^а

^аПермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

*e-mail: aluchnikov@yandex.ru

Поступила в редакцию 11.02.2023 г.

После доработки 21.04.2023 г.

Принята к публикации 25.08.2023 г.

В статье рассматриваются особенности функциональной трансформации муниципальных образований, относящихся к горной части Пермского края (Горному Прикамью). Для анализа изменений рассчитаны показатели, характеризующие фондообеспеченность территории и ее изменение, а также структуру основных фондов в 2010 и 2020 гг. По уровню развития материальной базы выделено четыре группы муниципальных образований. Наиболее высокими показателями, достигнутыми по совокупности факторов, обладают Губахинский и Александровский муниципальные округа. Во вторую группу вошли Горнозаводский и Чусовской городские округа. Для них характерны противоречивые трансформации, обусловленные недостаточной способностью старых функций обеспечить поступательное развитие данных муниципалитетов. Третью группу образовали Лысьвенский и Красновишерский городские округа со средним уровнем развития материальной базы. Отдельные позитивные изменения происходят здесь в условиях отсутствия четкого вектора социально-экономического развития. В четвертой группе объединены классические депрессивные территории (Гремячинский, Кизеловский и Чердынский городские округа), экономические проблемы которых связаны с прекращением функционирования ключевых производств советского периода. Важной чертой функциональной трансформации муниципальных образований в пределах Горного Прикамья в указанный период является сохранение лидирующего влияния ведущих производственных отраслей, в первую очередь определяющих степень успешности развития и укрепления коммерческой составляющей непродовольственной сферы. Для каждой группы предложены основные концептуальные направления корректировки сложившихся трендов социально-экономического развития: от диверсификации функциональной структуры с опорой на корпоративный потенциал и косвенные механизмы государственной поддержки до активного применения целевого программирования с опорой на бюджетные источники финансирования.

Ключевые слова: территориальные общественные системы, функциональная структура, функциональные трансформации, основные фонды, фондообеспеченность, старопромышленный регион, Урал, Горное Прикамье, направления оптимизации

DOI: 10.31857/S2587556623070105, **EDN:** HEQWXN

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Современный этап развития российского общества с географических позиций характеризуется разнонаправленными пространственно-временными трансформациями, которые в одних случаях ведут к позитивным изменениям, а в других — к негативной динамике, связанной с замедлением и упрощением работы системных компонентов, разрушением связей между ними, сокращением роли системы в пространственных процессах. Изучение подобных трансформаций становится одним из определяющих направлений научно-исследовательской работы отечественных географов-обществоведов.

Указанная тематика согласуется с современными тенденциями развития самой науки, в которой важнейшей категорией, хотя и небесспорной, становится территориальная организация общества (ТОО) (Трофимов и др., 1993; Чистобаев, Шарыгин, 1990). В отличие от изучения территориальных структур, при анализе территориальной организации для исследователя важными становятся не только описание процессов взаимодействия и сочленения различных общественно-географических компонентов на территории, но и вопросы их соразвития и взаимовлияния при воздействии различных внешних условий и внутренних факторов в географическом пространстве-времени (Михайлов, 1998; Ткаченко, 2008), а также результаты этих процессов — формирование

сложных территориальных общественных систем (ТОС) универсального или частного характера, по-разному реализующих свой потенциал в результате колебательных воздействий и изменений. В этой связи необходимо отметить динамический характер концепции ТОО (Шарыгин, 2018).

Среди понятий, которые наиболее полно характеризуют динамику ТОС и ТОО, выделяется категория “трансформация”. Под *трансформацией территориальной организации общества* Л.Ю. Мажар понимает “такое изменение составляющих его территориальных социально-экономических систем, при котором меняются топологические и функциональные характеристики территориальных структур” (Мажар, 2015, с. 257). Это согласуется с мнением П.Я. Бакланова. Он отмечает, что “структурные трансформации в территориальных социально-экономических системах и их циклы имеют определенное функциональное содержание и пространственно-временное выражение” (Бакланов, 2015, с. 13–14).

На наш взгляд, *функциональные трансформации в ТОО* связаны с изменениями, возникающими по вопросу приоритетности задач и функций, которые данные геосистемы выполняют в настоящее время, и с выбором новых пропульсивных видов (Носонов, 2011) общественно-экономической деятельности, способных придать новый импульс развитию ТОО в будущем.

В свою очередь, *топологические трансформации в ТОО* выражаются в изменениях связности, географической близости, компактности, форм взаимодействия, степени централизации и децентрализации, симметричности, периферийности и прочих свойств компонентов геосистем, связанных с их территориальной структурой, морфологией и композицией.

В настоящее время существует несколько подходов к пониманию направленности пространственных трансформаций. Так, отдельные авторы отмечают их позитивный характер, связанный с усложнением общественно-экономического функционирования, развертыванием научно-технического прогресса или иными инновациями в социально-экономическом развитии (Анимица и др., 1999; Имашев, Сафиуллин, 2015). На наш взгляд, трансформации в ТОО могут характеризоваться как позитивными, так и негативными чертами, а также определенной “резкостью”, внезапностью, конфликтностью, разнокачественной импульсностью. Как отмечает А.В. Кучма, трансформации “в отличие от модернизации, присущи такие черты, как неустойчивость, альтернативный характер развития, появление и функционирование особых переходных форм, особый характер противоречий” (Кучма, 2002, с. 113).

Особенно сложно периоды трансформаций переживают ареалы, характеризующиеся уникальными природно-ландшафтными и связанными с ними общественно-географическими особенностями развития. В пределах Пермского края подобными чертами обладают отдельные территории, которые мы обозначили как Горное Прикамье.

Пермский край занимает восточную окраину Восточно-Европейской равнины и западную часть Уральской горной страны, которые соприкасаются по линии Полюдов Камень–Красновишерск–Губаха–Чусовой–Кын. Горный Урал принято делить на три геоморфологических района, существенно отличающихся друг от друга (Пермская ..., 1959). Первый район представлен холмисто-возвышенной полосой Западно-Уральских увалов от верховьев р. Колвы на севере до истоков р. Барды на юге. Второй – среднегорьями Северного Урала, расположенными к северо-востоку. Это самая широкая и высокая часть горной страны с наиболее сложными для освоения природными условиями. По южной подошве г. Ослянки среднегорья сменяются низкими горами Среднего Урала – разрушающимися массивами с останцовыми скалами и плоскими горными вершинами, только отдельные из которых превышают 600–700 м. Это наиболее освоенная часть Горного Прикамья.

Таким образом, к Горному Прикамью мы отнесли северо- и центрально-восточные части Пермского края. В его пределах расположены Александровский и Губахинский (до 2022 г. – городской округ) муниципальные округа (МО), Горнозаводский, Гремячинский (с 2022 г. вошел в состав Губахинского МО), Кизеловский, Красновишерский, Лысьвенский, Чердынский и Чусовской городские округа (ГО) (рис. 1). В целом, этот перечень совпадает с границами более часто упоминаемого в научной литературе ареала – Горнозаводского Прикамья (Лучников, 2016), соответствующего ассоциации муниципальных образований Пермского края “Союз”, с подключением к нему части округов, тяготеющих к Березниковско-Соликамской агломерации.

Указанные территории, кроме Чердынского округа, где наиболее освоенные ареалы тяготеют к равнинам – долинам рр. Камы и Колвы, отличаются не только наличием ландшафтов Горного Урала, но и особым характером земле- и недропользования: слабой представленностью сельского хозяйства и значительным развитием добывающих производств, металлургии и сопутствующих ей видов (металлообработка), а также производства стройматериалов и лесозаготовительной деятельности.

Несмотря на активные процессы деиндустриализации, старопромышленный (индустриальный) характер развития восточных и северо-восточных рубежей Пермского края сохраняется и в настоящее

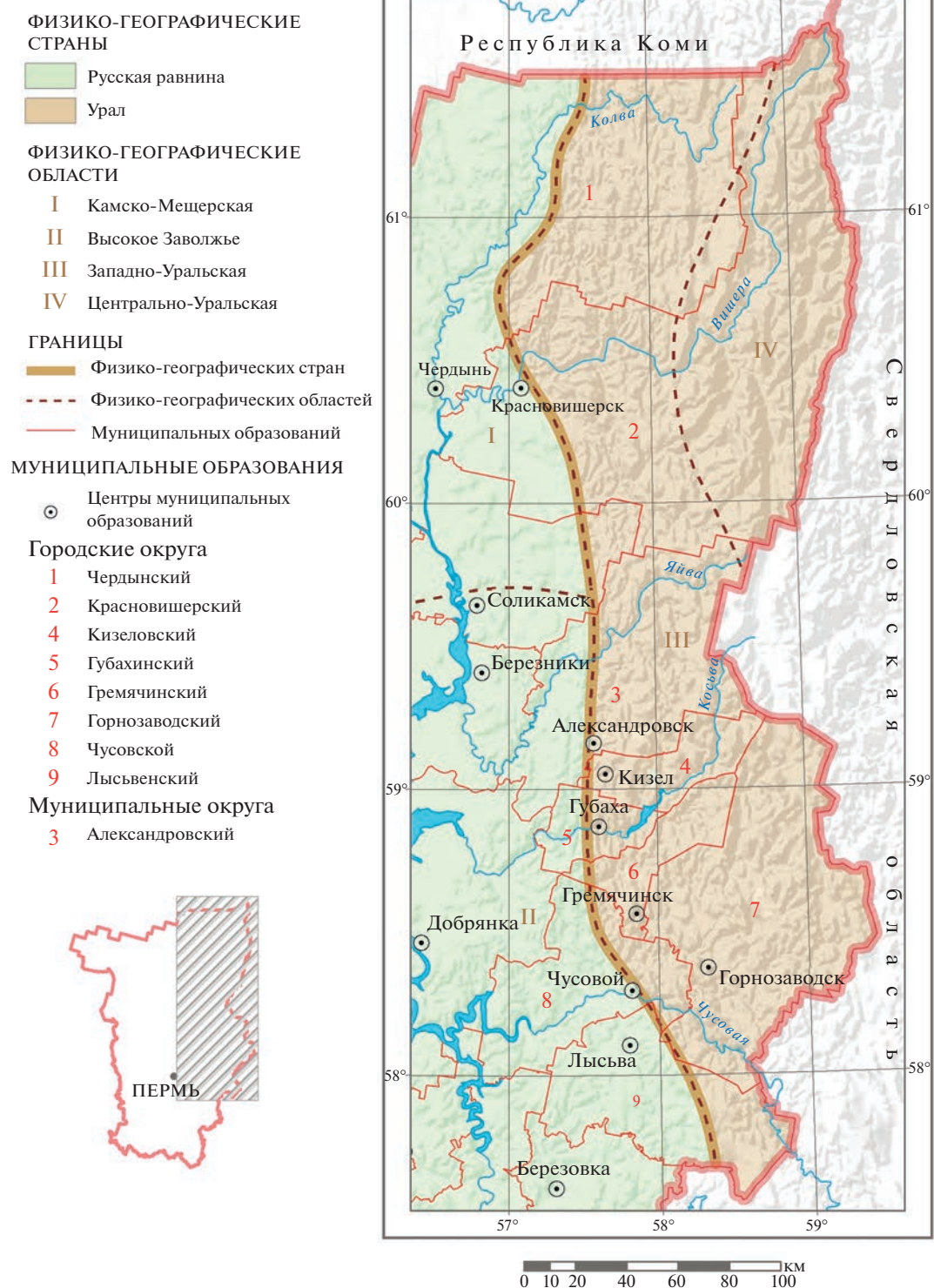


Рис. 1. Муниципальные образования Пермского края, относящиеся к Горному Прикамью (по состоянию на 2020 г.). Составлено по: Атлас. География Пермского края (2020).

время, осложняя функциональные и топологические трансформации. Действенная модель социально-экономического развития этих территорий к настоящему времени так и не появилась, в том числе потому, что не была до конца определена природа происходящих трансформаций. Указанные выше обстоятельства определяют актуальность представленного исследования.

Цель исследования — выявить особенности трансформации функциональной структуры Горного Прикамья на современном этапе на основе данных о материальной базе территорий для определения перспективных направлений оптимизации социально-экономического развития.

Вопросами трансформационных изменений Горного Прикамья занимаются пермские ученые (Блусь, Ганин, 2020; Зырянов, 2006; Кузнецова и др., 2015; Лучников, 2016). Функциональные трансформации изучаются также на примере других горных ареалов Уральского макрорегиона (Анимица, Новикова, 2022; Сорокина, Латов, 2018; Таркин и др., 2013). Исследования социально-экономических и культурных трансформаций в территориальных общественных системах старопромышленного типа также популярны у зарубежных авторов. Если в конце XX — начале XXI в. большая часть публикаций была посвящена европейским регионам (Birch et al., 2010; Eckart, 2003; Koutsky et al., 2010), то в настоящее время активно изучается опыт и азиатских стран, особенно Китая (Hassink and Shin, 2005; Hu and Hassink, 2017).

ДАННЫЕ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Для изучения функциональных трансформаций¹ в пределах Горного Прикамья нами был использован подход, предложенный Л.Ю. Мажар. Она отмечает, что в зависимости от влияния различных факторов трансформируются именно территориальные структуры, и это уже влечет за собой трансформацию интегральных территориальных систем, а затем и территориальной организации общества в целом (Мажар, 2004). Таким образом, для оценки направлений изменения ТОО в пределах муниципалитетов востока и северо-востока Пермского края мы можем проанализировать динамику их функциональной структуры, используя показатели, характеризующие основные фонды по видам экономической деятельности (ВЭД).

Основные фонды — произведенные активы, подлежащие использованию в течение длительного периода (не менее одного года) для производства товаров, оказания рыночных и нерыночных

услуг, управленческих нужд либо для предоставления другим организациям за плату во временное владение и пользование. Они формируют материальную базу ТОС. С этой позиции, динамика показателей учета основных фондов, в том числе по видам хозяйственной деятельности, может отражать трансформацию указанной базы, а значит и функций ТОС в процессе развития, особенно в среднесрочной и долгосрочной перспективе. При этом нельзя индикаторы изменения основных фондов считать в полной мере универсальными в подобного рода исследованиях. Они имеют свои ограничения в использовании. Например, фонды имеют свойство медленно накапливаться и амортизироваться, поэтому их использование не может считаться корректным при изучении краткосрочных изменений функциональной структуры ТОС.

Принимая вышесказанное, наличие основных фондов и их структура учитывались нами по полной учетной стоимости. В качестве основного показателя использована подушевая стоимость основных фондов в среднесрочной динамике: между 2010 и 2020 гг. в ценах 2010 г. (тыс. руб./чел.). Дополнительно были оценены ее прирост (убыль) за десятилетие (табл. 1), структура стоимости основных фондов по видам экономической деятельности (%) в 2010 и 2020 гг. и ее изменение (табл. 2).

В расчете учетной стоимости основных фондов нами были рассмотрены не только данные, полученные по крупным и средним предприятиям, но и по субъектам малого предпринимательства. В качестве источников данных использовались сводные статистические итоги по формам № 11 “Сведения о наличии и движении основных фондов (средств) и других нефинансовых активов” и № 11-краткая “Сведения о наличии и движении основных фондов (средств) некоммерческих организаций”, предоставленные Пермьстатом, а также данные сплошных федеральных статистических наблюдений за деятельностью субъектов малого и среднего предпринимательства. Стоимость основных фондов пересчитывалась в сопоставимые цены 2010 г. с использованием индексов цен на продукцию (затраты, услуги) инвестиционного назначения. Для анализа структурных сдвигов использовался классификатор ОКВЭД 2007, так как пересчет осуществлялся в цены 2010 г., а также в связи с его большей универсальностью.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате покомпонентного анализа мы выявили в Горном Прикамье 4 группы муниципалитетов (рис. 2), в которых функциональные трансформации в социально-экономическом развитии происходят с разной степенью интенсивности, направленности и успешности.

¹ Как было указано выше, в ТОО можно рассматривать функциональные и топологические трансформации. В представленной работе топологические трансформации в пределах Горного Прикамья не исследовались.

Таблица 1. Основные фонды муниципальных образований, отнесенных к горным районам Пермского края, в ценах 2010 г.

Муниципальное образование	Стоимость, тыс. руб. на 1 жителя, 2020 г.	Отношение значения 2020 г. к значению 2010 г., %
1 группа		
Губахинский ГО	513	164.5
Александровский МО	459	449.8
2 группа		
Чусовской ГО	318	77.2
Горнозаводский ГО	244	122.1
3 группа		
Красновишерский ГО	130	90.2
Лысьвенский ГО	127	108.4
4 группа		
Гремячинский ГО	91	220.9
Чердынский ГО	70	53.1
Кизеловский ГО	63	98.4

Источник. Расчеты авторов на основе данных, предоставленных Пермьстатом.

В *группе лидеров* оказались Губахинский ГО и Александровский МО, которые характеризуются высокими показателями фондообеспеченности (см. табл. 1). При этом причины и характер роста фондов в них различны.

Губахинский МО (ГО до 2022) развивается за счет внутренних источников. Здесь сформировалась многофункциональная точка роста (химическое производство, энергетика, туризм и рекреация, пищевое производство, сфера культуры), которая консолидирует и организует вокруг себя все среднюю часть востока Прикамья: с начала 2023 г. Губахинский МО включает в себя территорию бывшего Гремячинского округа, который потерял субъектность. В самой Губахе локализовано несколько крупных инвестиционных проектов, опирающихся на уже имеющийся производственный и инфраструктурный потенциал. Построен комплекс “Аммиак-Карбамид-Меламин” (АМК). До 2025 г. намечено строительство установки “Меламин-2”, новых установок метанола, формалина и параформальдегида. Таким образом, основные фонды в промышленности в ближайшей перспективе прирастут примерно на 300 млн евро².

Масштабные инвестиционные процессы охватили сферу спорта, туризма и рекреации. Заметно расширилась сеть коллективных средств размещения; построена ледовая арена “Губаха”; функционирует музей угля; намечена реализация проекта “Новая Губаха”, включающего обустройство

нового учебного склона, лыжных беговых трасс, подъемников, роллера и маршрута сплава по р. Косью, а также строительство трехзвездочной гостиницы на 120 номеров, банного СПА, кафе, приюта для животных и веревочного парка.

В Александровском МО прирост фондообеспеченности имеет иное происхождение. Он связан с развитием соседнего Березниковско-Соликамского промышленного узла. Основной прирост фондов обеспечила реконструкция Яйвинской ГРЭС, которая участвует в электрогенерации для всего Верхнекамья. Такая зависимость от соседних точек роста увеличивает риски дальнейшего фондозамещения, тем более что градообразующее предприятие центрального города (АО “Александровский машзавод”) уже на протяжении нескольких лет испытывает экономические сложности, а многие другие предприятия округа были ликвидированы в 2000–2010-е годы.

Вторую группу муниципалитетов образуют Горнозаводский и Чусовской ГО. Для них характерны относительно близкие показатели стоимости основных фондов на душу населения в 2020 г. (см. табл. 1), несмотря на 4-кратное превосходство учетной стоимости фондов во втором из них и разнонаправленные тенденции в динамике их подушевой стоимости. Для обоих муниципалитетов характерно доминирование отраслей материального производства и моноспециализированность. В Горнозаводском округе более 80% фондов сконцентрировано в добывающих и обрабатывающих производствах, а в Чусовском – распределено между ВЭД “Транспорт и связь” и “Обрабатывающие производства”, что соответствует роли

² Инвестиционный портфель. Губахинский городской округ (2021–2025). https://www.investinperm.ru/upload/iblock/549/Investitsionnyy-profil-Gubakhinskiy-gorodskoy-okrug-bez-Gremyachinska_.pdf (дата обращения 08.02.2023).

Таблица 2. Структура основных фондов муниципальных образований, отнесенных к горным районам Пермского края, %

Вид экономической деятельности	Год	Губахинский МО	Александровский МО	Чусовской ГО	Горнозаводский ГО	Лысьвенский ГО	Красновишерский ГО	Гремячинский ГО	Кизеловский ГО	Чердынский ГО
Сельское и лесное хозяйство, охота	2010	0.22	0.85	1.29	8.53	0.59	2.16	4.98	1.18	3.01
	2020	0.03	0.08	4.08	0.90	1.29	1.70	13.57	1.49	2.44
Добыча полезных ископаемых	2010	0.00	0.67	0.12	16.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2020	0.00	0.60	0.75	29.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Обрабатывающие производства	2010	75.81	20.27	58.98	53.53	39.04	16.90	7.13	8.03	2.47
	2020	83.89	4.19	24.47	51.27	50.95	2.44	27.60	1.41	2.19
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	2010	1.66	37.87	7.72	1.43	0.96	4.95	15.71	4.40	0.02
	2020	2.34	87.68	14.84	0.33	6.40	1.66	8.07	0.06	1.85
Строительство	2010	1.46	1.34	0.33	0.17	1.40	12.67	0.03	0.20	0.21
	2020	0.18	0.04	10.81	0.07	1.55	0.16	0.00	2.06	33.60
Оптовая и розничная торговля	2010	0.98	2.59	0.79	1.27	5.64	2.21	3.48	6.77	1.81
	2020	0.76	0.76	1.29	1.73	5.22	11.15	2.04	5.69	2.47
Гостиницы и рестораны	2010	0.15	0.11	0.23	0.05	0.84	0.09	0.18	0.09	0.40
	2020	0.10	0.02	0.12	1.19	0.98	0.01	0.25	4.98	0.20
Транспорт и связь	2010	1.03	1.33	16.39	1.32	2.60	1.83	2.30	0.97	0.58
	2020	1.24	1.03	28.04	2.07	1.84	1.00	2.04	1.21	3.69
Финансовая деятельность	2010	0.00	0.00	0.03	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
	2020	0.00	0.01	0.01	0.01	0.12	0.02	0.15	0.07	0.00
Операции с недвижимостью	2010	1.60	3.19	0.92	0.76	6.84	0.56	4.49	2.46	0.46
	2020	0.89	1.94	1.63	0.61	6.10	29.03	4.40	5.63	7.07
Государственное управление	2010	6.44	15.53	6.61	5.26	32.13	47.05	18.44	44.64	79.85
	2020	6.95	1.60	5.98	5.97	10.42	28.88	34.19	45.91	15.71
Образование	2010	5.13	5.62	3.78	5.72	1.86	6.29	14.95	12.30	3.28
	2020	2.83	1.16	3.98	3.80	12.28	18.69	5.35	22.31	21.00
Здравоохранение и предоставление социальных услуг	2010	4.37	5.05	2.21	4.19	5.86	2.88	20.57	10.76	4.95
	2020	0.24	0.01	2.41	1.91	3.38	2.68	0.02	2.63	4.49
Предоставление коммунальных, социальных и персональных услуг	2010	1.14	5.58	0.60	0.98	2.19	2.42	7.73	8.20	2.96
	2020	0.55	0.88	1.59	0.61	2.48	2.56	2.31	6.55	5.30

Источник. Расчеты авторов на основе данных, предоставленных Пермьстатом.

железной дороги и АО “Чусовской металлургический завод” в жизни города, при высокой значимости строительства, распределения электроэнергии, газа и воды (см. табл. 2).

В Чусовском ГО, в отличие от Горнозаводского, сегодня заметна диверсификация функций. Неудавшаяся масштабная реконструкция, ограничившаяся ликвидацией в АО “Чусовской металлургический завод” двух крупных технологи-

ческих цехов (доменного и дуплекс), стимулировала управленческую деятельность по развитию производств, не связанных с традиционной специализацией, а также — по поддержке предпринимательства, имиджевых и социально-культурных изменений. В 2017 г. Чусовой получил статус территории опережающего социально-экономического развития (ТОСЭР), благодаря чему создано 1422 новых рабочих места на 20 новых предприятиях материального производства, сферы ту-

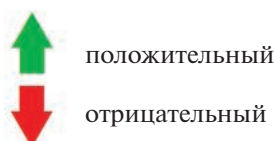
ОБЩАЯ СТОИМОСТЬ ОСНОВНЫХ ФОНДОВ
ПО КРУПНЫМ, СРЕДНИМ И МАЛЫМ
ПРЕДПРИЯТИЯМ В МУНИЦИПАЛИТЕТАХ,
2020 г., в текущих ценах 2010 г., млн руб.



СТРУКТУРА СТОИМОСТИ ОСНОВНЫХ ФОНДОВ
ПО ВИДАМ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
В МУНИЦИПАЛИТЕТАХ, 2020 г., %



ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ ПРИРОСТ ОБЩЕЙ СТОИМОСТИ
ФОНДОВ ПО КРУПНЫМ, СРЕДНИМ И МАЛЫМ
ПРЕДПРИЯТИЯМ ПО МУНИЦИПАЛИТЕТАМ,
2020 г., % по отношению к 2010 г.



(числом обозначено значение показателя)

ПОДУШЕВАЯ СТОИМОСТЬ ОСНОВНЫХ ФОНДОВ
ПО КРУПНЫМ, СРЕДНИМ И МАЛЫМ
ПРЕДПРИЯТИЯМ В МУНИЦИПАЛИТЕТАХ,
2020 г., в текущих ценах 2010 г., тыс. руб./чел.

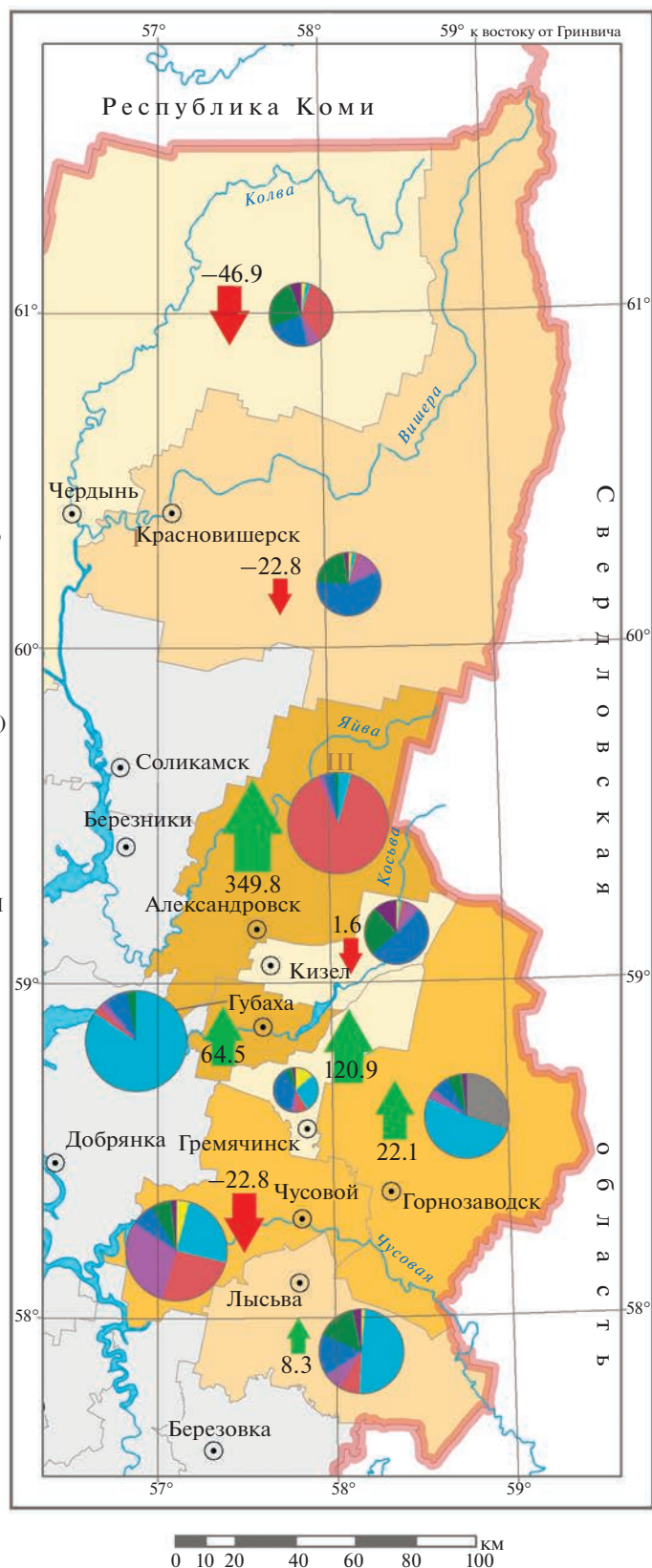
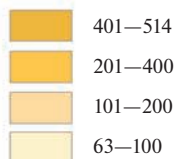


Рис. 2. Динамика показателей, характеризующих основные фонды в муниципальных образованиях, относящихся к Горному Прикамью, 2010 и 2020 гг.

Составлено по данным Пермьстата.

ризма и развлечений³. Позитивные изменения коснулись сельского хозяйства и транспорта, что отражено в росте стоимости их фондов и доли в общей структуре. В то же время округ показывает сокращение этих показателей для всех категорий ВЭД, относящихся к социальному и культурно-бытовому обслуживанию, кроме прочих. Отметим также активную реализацию туристско-рекреационного потенциала округа в последние годы (Лучников, 2019).

Важно отметить, что большую роль в трансформационных процессах играет АО «Объединенная металлургическая компания», владеющая Чусовским заводом, которая в настоящее время достаточно взвешенно подходит к модернизации производственных фондов на градообразующем предприятии.

Противоположная ситуация складывается в Горнозаводском ГО, где региональный потенциал реализуется с гораздо меньшей эффективностью, а хозяйство менее диверсифицировано. За последние 10 лет сократились абсолютные и относительные показатели динамики основных фондов по обрабатывающим производствам, сельскому и лесному хозяйству, образованию и здравоохранению (см. табл. 2). В округе не осталось ни одного крупного леспромхоза; окончательно прекратил свою работу в 2013 г. ОАО «Телиэм» в пос. Теплая Гора; требует модернизации технологический процесс в цехах ОАО «Пашийский металлургическо-цементный завод». Некоторым исключением можно считать процесс обновления фондов ООО «Горнозаводскцемент», начавшийся в 2018 г., когда предприятие вошло в состав группы AKKERMANN.

Прирост фондов в денежном и процентном выражении по ВЭД «Добыча полезных ископаемых» связан с активизацией проекта добычи строительного камня в пос. Теплая Гора, а также увеличением объемов добычи хромитов АО «Сарановская шахта «Рудная» после его приобретения Серовским заводом ферросплавов. Кроме того, произошло заметное увеличение стоимости фондов в индустрии гостеприимства.

В целом для второй группы характерны противоречивые трансформации, связанные с ограниченными возможностями старых функций обеспечить успешное социально-экономическое развитие территорий. Наиболее заметен поиск новых точек роста с опорой на внутренний потенциал в Чусовском ГО. Однако достаточно скромный вклад корпоративных структур и отсутствие системных управленческих решений не приводит к значимым результатам, особенно в Горнозаводском ГО.

Третью группу составляют Лысьвенский и Красновишерский ГО со средним уровнем развития материальной базы. Подушевая стоимость основных фондов муниципалитетов за 10 лет почти не изменилась (см. табл. 1). На наш взгляд, это означает присутствие стагнационных явлений в развитии муниципалитетов и потере ими части конкурентных преимуществ.

В Красновишерском ГО произошла утрата градообразующей базы (в 2008 г. ликвидировано ООО «Вишерская бумажная компания», в 2014 г. — ЗАО «Уралалмаз»), а новой так не было создано. Это объясняет сокращение абсолютных показателей фондов по промышленным видам деятельности. Уменьшилась стоимость и основных фондов в лесном хозяйстве (см. табл. 2), несмотря на функционирование дочерних структур АО «Соликамскбумпром».

В Лысьвенском ГО ситуация иная: здесь происходит усиление значимости градообразующих обрабатывающих производств. При этом сократились доли в структуре стоимости фондов транспортного сектора, здравоохранения, государственного и муниципального управления, торговли, т.е. отраслей, ориентированных на качество жизни населения (см. табл. 2).

Обрабатывающие виды деятельности сосредоточены в Лысьве. Позитивные изменения в этом секторе связаны с появлением новых предприятий (ООО «Лысьвенский механический завод»), а также реализацией инвестиционного проекта на ООО «ММК-Лысьвенский металлургический завод». В то же время модернизационные процессы затрагивают ведущие предприятия города, зависящие от работы экспортоориентированных отраслей российской экономики, инвестиционные программы по которым могут быть сокращены. Кроме того, отметим исчезновение из экономической структуры предприятий пищевой и легкой промышленности, производства строительных материалов.

Общей тенденцией для муниципалитетов группы является увеличение фондов в образовании и жилищно-коммунальном хозяйстве (открытие новых образовательных учреждений в Лысьве, Красновишерске и пос. Кын, проектирование газопровода высокого давления Соликамск—Красновишерск—Чердынь—Серегово).

В целом отдельные позитивные трансформации происходят на фоне отсутствия стратегического вектора развития материальной сферы муниципалитетов. Позитивное влияние корпоративных структур на развитие территорий в настоящее время невелико. Традиционные функции не дополняются новыми, в отличие от муниципалитетов 1-й и 2-й групп; проявляются стагнационные явления. Имеющийся социально-культурный и турист-

³ ТОСЭР «Чусовой». <https://chustoser.ru/economy> (дата обращения 08.02.2023).

ский потенциал не реализуется в должной мере, а преобразование городской среды замедлилось.

В *четвертой группе муниципальных образований* оказались территории с низким уровнем развития материальной базы. Это классические депрессивные ареалы, экономические проблемы которых связаны с прекращением функционирования производств, занимавших ключевые позиции в экономической структуре. Они были представлены добычей угля (Гремячинский и Кизеловский ГО) и лесозаготовками, в значительной степени опиравшимися на пенитенциарную систему (Чердынский ГО).

Ситуация в бывших угледобывающих территориях усугубилась управленческими ошибками, которые были совершены в ходе мероприятий по реструктуризации в Кизеловском бассейне в 1990-х — начале 2000-х годов. Они осуществлялись с привлечением средств займа Международного банка реконструкции и развития и слабо учитывали различия российских угледобывающих территорий с точки зрения потенциала саморазвития. Не была продумана маркетинговая стратегия функционирования вновь создаваемых производств, игнорировались передовые технологии, не создавались привлекательные условия для занятости высвобождавшихся шахтеров. В результате практически все новые производства не смогли избежать банкротства.

Мероприятия по реструктуризации не только не были нацелены на достижение синергетического эффекта, но часто противоречили друг другу. Эксперимент с жилищными сертификатами, условием участия в котором был официальный статус безработного, препятствовал реализации программы по созданию и сохранению рабочих мест, делал бессмысленным развитие социальной и инженерной инфраструктуры бывших шахтерских поселков, стимулируя отъезд наиболее деятельного населения. Наблюдалось как значительное недофинансирование экологической составляющей, так и крайне неэффективное использование выделенных финансовых средств, что не позволило создать благоприятную среду для привлечения в бывшие шахтерские города и поселки новых видов деятельности.

В то же время следует отметить, что тенденции недавнего десятилетия по развитию двух бывших шахтерских муниципалитетов оказались разными. В Гремячинском ГО заметное укрепление материальной базы к 2020 г. (см. табл. 1) произошло за счет обрабатывающих производств, в частности, в этот период развивалось производство фанеры, гнutoкклеенных изделий, пиломатериалов, газопроводный транспорт. Позитивные изменения происходили в округе и в сфере туризма и гостеприимства, что связано с развитием системы кемпингов и гостиниц в пос. Усьва, а также воз-

росшим вниманием к этой территории со стороны отечественного кинематографа. Таким образом, сложившееся к 2020 г. распределение основных фондов свидетельствует о формировании более сбалансированной функциональной структуры территории.

Материальная база Кизеловского ГО в рассматриваемом десятилетии ослабла (см. табл. 1). При этом стоимость основных фондов обрабатывающих производств снизилась более чем в 8 раз, что свидетельствует об отсутствии положительных результатов по созданию устойчивой функциональной структуры территории.

Продолжает сокращаться материальная база Чердынского ГО. Стремительное “вымывание” основных фондов обрабатывающих производств не компенсируется приростом в тех видах деятельности, которые должны, как считается, эффективно использовать богатый туристско-рекреационный потенциал территории. Заметный рост наблюдается лишь в тех сферах, на развитие которых сегодня выделяются значительные средства в рамках национальных проектов и государственных программ региона.

Таким образом, в настоящее время Кизеловский и Чердынский городские округа в основном функционируют, опираясь на виды деятельности, имеющие устойчивые внешние источники финансирования. Стимулирование развития функций, которые могут дать импульс саморазвития рассматриваемых муниципалитетов, остается очень актуальным.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные результаты свидетельствуют о том, что важной чертой функциональной трансформации муниципальных образований в пределах Горного Прикамья в указанный период является сохранение лидирующего влияния ведущих отраслей производственной сферы. Если положительные модернизационные процессы происходят на главных промышленных предприятиях, то в орбиту этих изменений втягивается и непромышленная сфера, обладающая потенциалом саморазвития. Главным образом это относится к туризму и рекреации. Если материальное производство находится в стадии стагнации или деградации, то коммерческий сектор непромышленной сферы не укрепляется или укрепляется очень медленно. Относительная устойчивость такой территории поддерживается только за счет финансовых вливаний федерального или краевого бюджета. Это проявляется в системах образования, культуры, но не в здравоохранении, фондообеспеченность которого снизилась во всех изучаемых муниципалитетах.

Во всех территориях в разной степени существуют риски ухудшения социально-эколого-экономи-

ческой ситуации и маргинализации. Во избежание негативных сценариев властные структуры, бизнес, население и научное сообщество должны, исходя из местной специфики, определить направления стратегического развития и выработать механизмы их реализации.

В муниципальных образованиях 1-й группы необходимо стимулировать масштабную диверсификацию функциональной структуры на основе новых технологий с опорой на корпоративный потенциал успешно работающих предприятий Губахинского МО и соседнего с Александровским МО Березниковско-Соликамского промышленного узла. Представителям управленческих и корпоративных структур необходимо подумать о создании научно-исследовательской площадки в области технолого-экологической модернизации, работающей на всю территорию Горного Прикамья, о которой будет сказано ниже. Реализация этого проекта позволит создать для проживающего здесь населения условия для карьерного роста, решить застарелые экологические проблемы, а для предприятий — обеспечить приток кадров высокой квалификации, способных решать инновационно-технологические задачи. Необходимо наращивать материальную базу туризма и рекреации, но при условии улучшения экологической обстановки и преодоления отдельных социальных проблем. В целом, Губахинский МО и отдельные населенные пункты Александровского МО должны быть центрами диффузии нововведений для всего Горного Прикамья.

Стратегическое направление развития муниципальных образований 2-й группы — продолжение экономических трансформаций на основе привлеченного и местного потенциала. При этом в ТОСЭР “Чусовой” должны зайти такие резиденты, которые смогли бы в полной мере (а не частично) заменить выбывшую материальную базу. Например, это относится к выпуску строительных материалов, металлоконструкций. Важно объединить усилия округов в этом направлении, ориентируясь на растущие потребности производственного и жилищного строительства в соседних регионах и Пермском крае. Этому способствует наличие начальных стадий производственных циклов и положение округов на транспортном коридоре, соединяющем Центральную Россию, Средний Урал и нефтегазовые регионы Западной Сибири. Еще одно направление — повышение эффективности использования потенциала сформировавшихся туристских потоков. Большую устойчивость непроизводственному сектору местной экономики и улучшению имиджевой составляющей способствовало бы появления спортивно-туристского кластера в пределах Чусовского и Горнозаводского городских округов.

В Лысьвенском ГО предстоит завершить инвестиционные проекты по модернизации производственных фондов головных предприятий с целью дальнейшего освоения ими новых рыночных ниш. Кроме этого, в Лысьве на освобождаемых площадках может быть основан новый промышленный парк краевого уровня, обеспечивающий взаимодействие крупных и средних предприятий города со смежниками из малого и среднего бизнеса, например, в области производства различных металлоконструкций и готовых металлических изделий. Также необходимо разработать систему косвенных и прямых мер на восстановление утраченных промышленных функций (производство продуктов питания, стройматериалов, лесопереработка) при одновременной реализации новых туристских и культурных проектов, создания и обновления фондов в соответствующих ВЭД, развитии индустрии гостеприимства и транспортной инфраструктуры, например, в с. Кын.

Стратегическая задача для Красновишерского округа — поиск новой функции, способной создать предпосылки для стабилизации социально-эколого-экономической ситуации. В этом отношении нужны серьезные консультации региональных властей с местным сообществом и наукой.

Решая проблему поиска видов деятельности, обладающих мультипликативным эффектом, применительно к Кизеловскому ГО, мы считаем необходимым вернуться к идее формирования на его территории ядра экологического кластера, опирающегося на диверсифицированную финансовую базу, которая были предложены при разработке Стратегии развития территорий Кизеловского угольного бассейна до 2020 г. (Кузнецова и др., 2015). В его рамках должны разрабатываться, осуществляться в пределах бывшего угольного бассейна, а также тиражироваться на другие территории мероприятия, нацеленные на достижение прорыва в решении экологических проблем (очистка шахтных вод, переработка и рекультивация отвалов, ревитализация природных ландшафтов, лечение экологически обусловленных заболеваний, подготовка кадров, компетентных в данной проблематике, и т.п.).

Туризм и рекреация способны создать необходимый пропульсивный эффект развитию Чердынского округа, т.е. именно эти виды деятельности могут быть драйверами в развитии территории. Но для этого сначала необходимо быстро и комплексно решить проблему приведения в надлежащее состояние объектов историко-культурного наследия, устранить серьезное отставание муниципалитета в уровне развития социальной, транспортной и инженерной инфраструктуры, подготовить квалифицированные кадры. В связи с этим мы считаем необходимым разработать на уровне региона

государственную программу комплексного развития Чердынского городского округа.

ВЫВОДЫ

Функциональные трансформации в социально-экономическом развитии Горного Прикамья значительно отличаются от тех, что присущи типичным горным районам с преобладанием сельского хозяйства и других низкодоходных видов деятельности. В пределах Урала трансформации связаны с индустриальной и постиндустриальной динамикой.

В изучаемый период муниципальные образования северо-востока и востока Пермского края находятся в поиске новых функций, которые способны заместить выбывающие фонды традиционных видов деятельности, характерных для старопромышленных районов Урала.

Отдельные позитивные изменения имеют муниципальные образования, хозяйственный комплекс которых связан с крупными бизнес-структурами, способными влиять как на модернизацию имеющихся производственных площадок, так и на строительство новых, а также на активизацию постиндустриальных тенденций в пределах муниципалитетов. Однако их влияние (за отдельными исключениями) ограничено как по финансовым вливаниям и значимости, так и по географии. В отличие от регионов восточного склона Урала, в пределах Горного Прикамья корпорации, владеющие предприятиями, имеют преимущественно неместное происхождение (кроме Губахинского и Александровского МО), что уменьшает их заинтересованность в развитии территорий за пределами ареала работы.

В пределах Горного Прикамья почти не используются многие механизмы активизации социокультурной и экономической жизни, которые получили распространение в муниципалитетах Свердловской и Челябинской областей, в том числе программно-целевое проектирование, инициированное крупными корпорациями — владельцами площадок и опирающееся на диверсифицированную финансовую базу.

Для отдельных муниципальных образований Горного Прикамья, которые наиболее сильно пострадали в период деиндустриализации, характерно отсутствие четкого видения их будущего, что приводит не только к наиболее ярко выраженным депопуляционным процессам, но и к усилению их маргинализации в пределах региональной ТОС.

Постиндустриальные виды деятельности способны разнообразить экономику изучаемого ареала, но не имеют достаточной материальной базы для того, чтобы стать настоящими драйверами развития округов или городов. Их функциониро-

вание осложняется ограниченностью объектов индустрии гостеприимства, низким качеством обслуживания, транспортно-инфраструктурными проблемами. Важными лимитирующими факторами также являются немногочисленность туристских потоков, отсутствие компетенций, позволяющих разрабатывать и реализовывать программы пребывания туристов, рассчитанные на более продолжительное время.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Анимица Е.Г., Новикова Н.В. Тенденции экономической динамики классического старопромышленного региона России: кейс Свердловской области // *J. New Economy*. 2022. Т. 23. № 2. С. 64–79. <https://doi.org/10.29141/2658-5081-2022-23-2-4>
- Анимица Е.Г., Тертышный А.Т., Кочкина Е.М. Цикличность модернизации российской экономики. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 1999. 112 с.
- Бакланов П.Я. Типы структурных трансформаций в территориальных социально-экономических системах // *Вест. Моск. ун-та. Сер. 5. География*. 2015. № 4. С. 12–17.
- Блусь П.И., Ганин О.Б. Пространственные аспекты и предпосылки агломерирования старопромышленных территорий Западного Урала // *Ars Administrandi. Искусство управления*. 2020. № 4. С. 656–677. <https://doi.org/10.17072/2218-9173-2020-4-656-677>
- Зырянов А.И. Регион: пространственные отношения природы и общества. Пермь: ПГУ, 2006. 372 с.
- Имашев Э.Ж., Сафиуллин Р.Г. Тенденции и приоритеты пространственного развития Западно-Казахстанской области. Уральск: Ред.-изд. центр Зап.-Казах. гос. ун-т им. М. Утемисова, 2015. 221 с.
- Кузнецова Э.Р., Киселева Л.Г., Меркушев С.А. Функциональная трансформация старопромышленных депрессивных территорий: опыт, проблемы, направления // *География и регион: матер. междунар. науч.-практ. конф. (Пермь, 23–25 сентября 2015)*. Пермь: ПГНИУ, 2015. Т. II. С. 276–282.
- Кучма А.В. О некоторых подходах к изучению процессов трансформации регионального промышленного комплекса // *Регион и география: матер. междунар. науч.-практ. конф. (Пермь, сентябрь–октябрь 2002)*. Пермь: ПГУ, 2002. Ч. 1. С. 112–115.
- Лучников А.С. Трансформация промышленных структур Горнозаводского Прикамья // *Геопоиск-2016: матер. I всерос. форума молодых ученых-географов (Тверь, октябрь 2016)*. Тверь: ТвГУ, 2016. С. 462–477.
- Лучников А.С. Туризм в Горнозаводском Прикамье: роль в трансформации функций территории и проблемы развития // *География и туризм*. 2019. № 3. С. 83–90.
- Мажар Л.Ю. Трансформация социально-экономических территориальных систем // *Вест. Моск. ун-та. Сер. 5. География*. 2004. № 4. С. 28–33.
- Мажар Л.Ю. Теоретические основы изучения динамических процессов в территориальных социально-экономических системах // *Социально-эконо-*

- мическая география. Вестн. Ассоциации рос. географов-обществоведов. 2015. № 4. С. 250–260.
- Михайлов Ю.П. К вопросу о территориальной организации общества и организации территории // География и природные ресурсы. 1998. № 4. С. 10–17.
- Носонов А.М. Теории пространственного развития в социально-экономической географии // Псковский регионологический жур. 2011. № 11. С. 3–16.
- Пермская область. Природа. История. Экономика. Культура / ред. колл. В.Ф. Тиунов (пред.). Пермь: Перм. кн. изд-во, 1959. 408 с.
- Сорокина Н.Ю., Латов Ю.В. Эволюция старопромышленных регионов в экономике России // J. of Economic Regulation. 2018. Т. 9. № 1. С. 6–22. <https://doi.org/10.17835/2078-5429.2018.9.1.006-022>
- Татаркин А.И., Макарова И.В., Петров А.П., Аверина Л.М. Особенности пространственного размещения производительных сил в старопромышленном регионе // Пространственная экономика. 2013. № 4. С. 28–43.
- Ткаченко А.А. Подходы к созданию общей теории территориальной организации общества // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2008. № 1. С. 21–26.
- Трофимов А.М., Чистобаев А.И., Шарыгин М.Д. Теория организации пространства. Сообщение III. Пространственно-временная организация общества // Изв. РГО. 1993. Вып. 5. С. 11–21.
- Чистобаев А.И., Шарыгин М.Д. Экономическая и социальная география. Новый этап. Л.: Наука, 1990. 320 с.
- Шарыгин М.Д. Современные проблемы пространственно-временной организации общества // Пространственная организация общества: теория, методология, практика: сб. матер. междунар. науч.-практ. конф. (Пермь, 7–11 ноября 2018). Пермь: ПГНИУ, 2018. С. 41–45.
- Birch K., Mackinnon D., Cumbers A. Old industrial regions in Europe: A comparative assessment of economic performance // Regional Studies. 2010. Vol. 44. № 1. P. 35–53. <https://doi.org/10.1080/00343400802195147>
- Eckart K. Social, Economic and Cultural Aspects in the Dynamic Changing Process of Old Industrial Regions: Ruhr District (Germany), Upper Silesia (Poland), Ostrava Region (Czech Republic), 2003. 368 p.
- Hassink R., Shin D. The restructuring of old industrial areas in Europe and Asia // Environment and Planning A. 2005. Vol. 37 (4). P. 571–580.
- Hu X., Hassink R. New perspectives on restructuring of old industrial areas in China: A critical review and research agenda // Chinese Geographical Science. 2017. Vol. 27. № 1. P. 110–122. <https://doi.org/10.1007/s11769-015-0784-8>
- Koutský J., Slach O., Boruta T. Restructuring economies of old industrial regions – local tradition, global trends. Proc. Conf. “In the scale of globalization. Think globally, act locally, change individually in the 21st century”. Ostrava: Univ. of Ostrava, 2010. P. 166–173.

Mountainous Part of Perm Krai (Gornoe Prikamie): Modern Functional Transformations in Municipalities

A. S. Luchnikov^{1, *}, A. A. Lyadova¹, S. A. Merkushev¹, and R. S. Nikolaev¹

¹Perm State University, Perm, Russia

*e-mail: aluchnikov@yandex.ru

The article discusses the features of the functional transformation of the municipalities of the mountainous part of Perm krai (Gornoe Prikamie). To analyze the changes, indicators were calculated that characterize the capital provision of the territory, its change, as well as the structure of fixed assets in 2010 and 2020. Four groups of municipalities were distinguished by the level of development of the material base. The Gubakha and Aleksandrovsk municipal districts have the highest indicators achieved by a combination of factors. The second group included Gornozavodsk and Chusovoy urban districts. They are characterized by contradictory transformations due to the insufficient ability of the old functions to ensure the progressive development of these municipalities. The third group was formed by Lysva and Krasnovishersk urban districts with an average level of development of the material base. Separate positive changes are taking place here in the absence of a clear vector of socioeconomic development. In the fourth group, which includes classic depressive territories (urban districts of Gremyachinsk, Kizel and Cherdyn), the economic problems are associated with the cessation of the functioning of key industries of the Soviet period. An important feature of the functional transformation of municipalities within the mountainous part of Perm krai (Gornoe Prikamie) during this period is the preservation of the leading influence of the manufacturing industries, which primarily determine the degree of development and the commercial component of the non-productive sector. For each group, the main conceptual directions for correcting the current trends in socioeconomic development are proposed: from diversifying the functional structure based on corporate potential and indirect mechanisms of state support to the active use of targeted programming based on budgetary sources of financing.

Keywords: territorial systems of society, functional structure, functional transformations, fixed assets, capital provision, old industrial region, Ural, Gornoe Prikamie, direction of optimization

REFERENCES

- Animitsa E.G., Novikova N.V. Trends in the economic dynamics of the classic old industrial region of Russia: the case of the Sverdlovsk region. *J. New Econ.*, 2022, vol. 23, no. 2, pp. 64–79.
<https://doi.org/10.29141/2658-5081-2022-23-2-4>
- Animitsa E.G., Tertyshny A.T., Kochkina E.M. *Tsiklichnost' modernizatsii Rossiiskoi ekonomiki* [Cyclical Modernization of the Russian Economy]. Yekaterinburg: Ural. Gos. Univ. Publ., 1999. 112 p.
- Baklanov P.Ya. Types of structural transformations in territorial socioeconomic systems. *Vestn. Mosk. Univ., Ser. 5: Geogr.*, 2015, no. 4, pp. 12–17. (In Russ.).
- Birch K., Mackinnon D., Cumbers A. Old industrial regions in Europe: A comparative assessment of economic performance. *Reg. Stud.*, 2010, vol. 44, no. 1, pp. 35–53.
<https://doi.org/10.1080/00343400802195147>
- Blus P.I., Ganin O.B. Spatial aspects and prerequisites for urban agglomeration of the old industrial territories of the Western Urals. *Ars Administrandi. Iskus. Upravl.*, 2020, no. 4, pp. 656–677. (In Russ.).
<https://doi.org/10.17072/2218-9173-2020-4-656-677>
- Chistobaev A.I., Sharygin M.D. *Ekonomicheskaya i sotsial'naya geografiya. Novyi etap* [Economic and Social Geography. New Stage]. Leningrad: Nauka Publ., 1990. 320 p.
- Eckart K., Ehrke S., Krane H., Muller I.E. *Social, Economic and Cultural Aspects in the Dynamic Changing Process of Old Industrial Regions: Ruhr District (Germany), Upper Silesia (Poland), Ostrava Region (Czech Republic)*. Münster: LIT Verlag Publ., 2003. 368 p.
- Hassink R., Shin D. The restructuring of old industrial areas in Europe and Asia. *Environ. Plan. A*, 2005, vol. 37, no. 4, pp. 571–580.
- Hu X., Hassink R. New perspectives on restructuring of old industrial areas in China: A critical review and research agenda. *Chin. Geogr. Sci.*, 2017, vol. 27, no. 1, pp. 110–122.
<https://doi.org/10.1007/s11769-015-0784-8>
- Imashev E.Zh., Safiullin R.G. *Tendentsii i priority pros-transtvennogo razvitiya Zapadno-Kazakhstanskoi oblasti* [Trends and Priorities of the Spatial Development of the West Kazakhstan Region]. Uralsk: Zap.-Kazakh. Gos. Univ. im. M. Utemisova Publ., 2015. 221 p.
- Koutský J., Slach O., Boruta T. Restructuring economies of old industrial regions – local tradition, global trends. In *In the scale of globalization. Think globally, act locally, change individually in the 21st century*. Ostrava: Ostrava Univ. Publ., 2010, pp. 166–173.
- Kuchma A.V. On some approaches to the study of the processes of transformation of the regional industrial complex. In *Region i geografiya. Ch. 1* [Region and Geography. Part 1]. Perm: Perm Gos. Univ. Publ., 2002, pp. 112–115. (In Russ.).
- Kuznetsova E.R., Kiseleva L.G., Merkushev S.A. Functional transformation of old industrial depressive territories: experience, problems, directions. In *Geografiya i region. Ch. 2* [Geography and Region. Part 2]. Perm: Gos. Univ. Publ., 2015, pp. 276–282. (In Russ.).
- Luchnikov A.S. Tourism in the Gornozavodskoe Prikamie: the role in the transformation of the functions of the territory and problems of development. *Geogr. Turizm*, 2019, no. 3, pp. 83–90. (In Russ.).
- Luchnikov A.S. Transformation of industrial structures of the Gornozavodskoe Prikamie. In *Geopoisk-2016* [Geographical Research-2016]. Tver: Tver. Gos. Univ. Publ., 2016, pp. 462–477. (In Russ.).
- Mazhar L.Yu. Transformation of socio-economic territorial systems. *Vestn. Mosk. Univ., Ser. 5: Geogr.*, 2004, no. 4, pp. 28–33. (In Russ.).
- Mazhar L.Yu. Theoretical foundations for the study of dynamic processes in territorial socio-economic systems. *Sotsialn.-Ekon. Geogr. Vestn. Assots. Ros. Geogr.-Obshchestvov.*, 2015, no. 4, pp. 250–260. (In Russ.).
- Mikhailov Yu.P. To the question of the territorial organization of society and the organization of the territory. *Geogr. Prirod. Resur.*, 1998, no. 4, pp. 10–17. (In Russ.).
- Nosonov A.M. Theories of spatial development in socio-economic geography. *Pskov. Reg. Zh.*, 2011, no. 11, pp. 3–16. (In Russ.).
- Permskaya oblast'. *Priroda. Istoriya. Ekonomika. Kul'tura* [Perm Oblast. Nature. Story. Economy. Culture]. Tiumov V.F., Ed. Perm: Permskoe Knizhnoe Izd., 1959. 408 p.
- Sharygin M.D. Modern problems of spatio-temporal organization of society. In *Prostranstvennaya organizatsiya obshchestva: teoriya, metodologiya, praktika* [Spatial Organization of Society: Theory, Methodology, Practice]. Perm: Perm. Gos. Univ. Publ., 2018, pp. 41–45. (In Russ.).
- Sorokina N.Yu., Latov Yu.V. Evolution of old industrial regions in the Russian economy. *J. Econ. Regul. (Vopr. Regulir. Econ.)*, 2018, vol. 9, no. 1, pp. 6–22. (In Russ.).
<https://doi.org/10.17835/2078-5429.2018.9.1.006-022>
- Tatarkin A.I., Makarova I.V., Petrov A.P., Averina L.M. Features of the spatial distribution of productive forces in the old industrial region. *Prostr. Ekon.*, 2013, no. 4, pp. 28–43. (In Russ.).
- Tkachenko A.A. Approaches to the creation of a general theory of the territorial organization of society. *Vestn. Mosk. Univ. Ser. 5: Geogr.*, 2008, no. 1, pp. 21–26. (In Russ.).
- Trofimov A.M., Chistobaev A.I., Sharygin M.D. Theory of organization of space. Message III. Spatio-temporal organization of society. *Izv. Russ. Geogr. O-va*, 1993, vol. 125, no. 5, pp. 11–21. (In Russ.).
- Zyrianov A.I. *Region: prostranstvennye otnosheniya prirody i obshchestva* [Region: Spatial Relations Between Nature and Society]. Perm: Perm State University Publ., 2006. 372 p.

ТРАНСФОРМАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СТРУКТУР ГОРНЫХ РЕГИОНОВ И ГОРНЫХ СООБЩЕСТВ

УДК 339.97

СИХОТЭ-АЛИНЬ – ГОРНАЯ ТЕРРИТОРИЯ С УНИКАЛЬНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ ЗЕЛЕНОГО РАЗВИТИЯ

© 2023 г. П. Я. Бакланов^{а, *}, А. В. Мошков^а, Ю. П. Баденков^б, В. Н. Бочарников^а,
К. Ю. Базаров^а, В. П. Каракин^а

^аТихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

^бИнститут географии РАН, Москва, Россия

*e-mail: pbaklanov@tigdvo.ru

Поступила в редакцию 14.02.2023 г.

После доработки 20.08.2023 г.

Принята к публикации 25.08.2023 г.

Представления о зеленой экономике, зеленом развитии связаны с парадигмой устойчивого развития. В 1970-е годы Римским клубом впервые были сформулированы основные положения парадигмы (модели) устойчивого развития, предполагающие обеспечение высокого качества окружающей среды и сохранение достаточного природно-ресурсного потенциала на долговременную перспективу. Принципы зеленого развития подразумевают, прежде всего, минимизацию антропогенного воздействия, сохранение биоразнообразия и ландшафтов. Различные аспекты зеленого и устойчивого развития приобретают свое содержательное выражение лишь на региональном уровне. Именно в пределах определенной территории возможны конкретные, наименее обобщенные оценки природно-ресурсного потенциала, антропогенных воздействий на отдельные компоненты природы и их пространственно-дифференцированных последствий, а также оценки уровней допустимого изменения и сохранения растительного покрова и в целом биоразнообразия. Зеленое развитие на региональном уровне можно рассматривать как одну из стадий устойчивого развития. Сихотэ-Алинь – уникальная горная территория, где имеются значительные природно-ресурсные, экономические, социальные и эколого-географические условия для формирования зеленой экономики и обеспечения зеленого развития. При этом зеленое развитие Сихотэ-Алиня рассматривается как такое социально-экономическое развитие горной территории, при котором минимизируются техногенные, антропогенные воздействия на окружающую природную среду и сохраняется высокое биоразнообразие ландшафтов. В пределах горной страны Сихотэ-Алинь предлагается выделить трех территорий зеленого развития (Северной, Центральной и Южной – по сходству природно-ресурсных структур и хозяйственных видов деятельности). Такие территории предлагается наделить особым статусом, устанавливающим режим стимулирования экологически чистых видов экономической деятельности, с соблюдением экологических ограничений и достижением рационального природопользования в целом. Предлагается организация мониторинга территорий зеленого развития.

Ключевые слова: зеленая экономика, устойчивое развитие, зонирование, особо охраняемые природные территории, природопользование, мониторинг

DOI: 10.31857/S258755662307004X, **EDN:** XULLAY

ВВЕДЕНИЕ

Представления о зеленом развитии, зеленой экономике тесно связаны с парадигмой устойчивого развития, но появились они несколько позднее. Проблема устойчивого развития стала весьма актуальной после публикации доклада, подготовленного для ООН в 1987 г. специально созданной в 1983 г. Международной комиссией по окружающей среде и развитию. Конференция ООН по окружающей среде и развитию (июнь 1992 г., Рио-де-Жанейро) положила начало реализации парадигмы (модели) устойчивого развития как нового типа общественного развития, при кото-

ром достижение стабильного социально-экономического состояния территории в то же время должно создавать надежные предпосылки устойчивого развития в долгосрочном будущем. Во многих странах начались теоретические исследования сущности устойчивого развития, параметров, критериев, индикаторов, возможностей и путей его достижения в различных странах и особенно – на региональных уровнях (Бакланов, 2001; Бобылев, Порфирьев, 2019; Коптюг и др., 1997; Корытный, 2001; Котляков и др., 1997; и др.). Конференция дала начало мощному международному движению “Повестка дня на XXI век” (“Agenda 21”), как в сфере науки, так в области

политической экологии, по формированию глобальной доктрины устойчивого (поддерживающего) развития на основе гармонизации экономики, экологии и культуры (География ..., 2021; Человек ..., 2021). В 2015 г. Генеральной ассамблеей ООН были разработаны 17 взаимосвязанных целей достижения лучшего и более устойчивого будущего для всех (United ..., 2017).

На рубеже XX–XXI вв. во многих, прежде всего развитых и развивающихся, странах стали обсуждаться различные предложения по внедрению “зеленой” экономики, “зеленому” развитию (Pearee et al., 1989). В 1992 г. официально на высоком уровне было объявлено о необходимости экологически-безопасного, или зеленого развития (A guidebook ..., 1992). В 2009 г. Программа ООН по окружающей среде опубликовала Доклад по зеленой экономике, положивший начало ее продвижению в различных странах (Зеленая ..., 2019).

На масштабной конференции сторон Рамочной конвенции по изменению климата COP27, состоявшейся в 2022 г. в Египте, обсуждались проблемы не только сокращения числа угольных электростанций и объема их производства, но и перехода других экономических секторов в сферу зеленой экономики, с сокращением потерь лесов, снижением выбросов парниковых газов и снижением общего уровня бедности населения. В решениях конференции подчеркивается необходимость декарбонизации окружающей среды, важность увеличения доли не только возобновляемых источников энергии — солнца и ветра, но и других низкоуглеродных источников энергии, что в значительной степени меняет отношение к зеленым стандартам во всей экономике, в том числе к инновациям в газовой и атомной промышленности¹.

Возможности перехода на использование полностью возобновляемой энергии впервые были предложены Бентом Соренсенсом (2011). Однако еще в 1976 г. Амори Ловинс (1977) ввел термин “путь мягкой энергии”, который обозначает постепенную замену централизованной энергетической системы, базирующейся на ископаемом и ядерном топливе, на возобновляемые источники энергии. Впоследствии были разработаны проекты по рациональному использованию сочетаний ископаемых и возобновляемых источников энергии в странах Европы, Северной Америки, Австралии и др. (Лунд, 2018). Развитие альтернативной энергетики на основе возобновляемых источников многие считают важнейшим направлением в продвижении зеленой экономики (Порфирьев, 2012; Andrea, et al., 2017; Meckling and Hughes, 2018).

¹ COP27 Reaches Breakthrough Agreement on New “Loss and Damage” Fund for Vulnerable Countries. <https://unfccc.int/news/cop27-reaches-breakthrough-agreement-on-new-loss-and-damage-fund-for-vulnerable-countries>.

При этом зеленая энергетика рассматривается в качестве первой среди всей совокупности “зеленых” отраслей экономики.

Представления о зеленой экономике и зеленом развитии предполагают гармонизацию отношений человека, хозяйства, социально-экономического развития в целом с природной средой, стремление к максимальному сохранению имеющегося в том или ином регионе биоразнообразия. Такой тип развития укладывается и в парадигму устойчивого развития. Одна из первых региональных работ в этом направлении — статья «Территории “зеленого” развития» (Бакланов и др., 2022), в которой затрагиваются вопросы о соотношении устойчивого и зеленого развития, пространственных масштабах достижений “зеленого” развития и выделения ее специальных территорий.

В пределах таких территорий необходимо сохранять зеленый (растительно-лесной) покров, а для приморских территорий — еще и синий, голубой — прилегающих морских акваторий. В глобальном смысле можно говорить о необходимости формирования “сине-зеленой” экономики, “сине-зеленого” развития.

Различные аспекты зеленого развития приобретают свое содержательное выражение лишь на региональном уровне. Именно в пределах определенного района, территории возможны конкретные, наименее обобщенные оценки и антропогенных воздействий на отдельные компоненты природы, и их пространственно-дифференцированных последствий, а также оценки уровней допустимого изменения и сохранения растительного покрова и в целом биоразнообразия. При этом возникают вопросы — каково соотношение представлений об устойчивом и “зеленом” развитии, а также об их взаимосвязях на региональных пространственных уровнях?

Выявить такие связи и отношения, а также выделить и оценить необходимые исходные условия и предпосылки достижения зеленого развития в пределах уникальной природной территории — горной области Сихотэ-Алинь — задача данной статьи.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При выделении территорий зеленого развития использовалась разнообразная информация о размерах территории, природно-ресурсном и экологическом потенциалах, необходимых для достижения стабильного долгосрочного развития населения и хозяйства, с сохранением экологических ограничений. Особенно важно включение в территории зеленого развития участков с сохранением дикой природы, в том числе — особо охраняемых природных территорий (с целью учета базисного состояния подобных ландшафтов). Ис-

пользовались географические карты и атласы, а также научная и статистическая информация.

В оценках пространственной дифференциации дикой природы были использованы геоинформационные подходы и методы, в том числе тематические векторные слои, в точечном и линейном формате описывающие пространственное положение основных ландшафтов, населенных пунктов, дорожной сети и границ ООПТ.

Кроме того, использовались методы географического зонирования и районирования территорий, картографические и статистические методы, геосистемный подход.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

О соотношении устойчивого и зеленого развития

Различные аспекты (экономические, социальные, экологические) “зеленой” экономики и зеленого развития затрагивались во многих работах российских авторов (Бобылёв, 2019; Вукович, 2018; Глазырина, 2020; Липина и др., 2018; Мирзеханова, 2020; Порфирьев, 2012, 2019; Розенберг, Кудинова, 2012).

Зарубежные авторы (Dulal et al., 2015; Yang et al., 2015) рассматривают возможности перехода на принципы зеленой экономики в странах с формирующейся рыночной экономикой, в том числе благодаря внедрению методов “зеленого” управления. Мирзеханова (2020) рассматривает различные интерпретации понятия “зеленая экономика” и основные национальные модели перехода к ней, выделяя необходимые для этого условия. Комплексный анализ понятия зеленой экономики представлен в работе Бочко и Некрасова (2014). Однако в этих работах непосредственно не затрагиваются уровни использования и пути рационального использования природных ресурсов, включая земельные, водные и разнообразные минерально-сырьевые. В то же время эти принципы заложены в концепцию устойчивого развития. В рамках последней предусматривается сохранение достаточных объемов всех природных ресурсов, а также высоких экологических качеств окружающей среды, не только для нынешних поколений, но и для будущих. В этом большое и не только гуманистическое, но и политико-экономическое значение парадигмы устойчивого развития. Представляется, что концепция устойчивого развития, в том числе — регионального, в целом шире, она включает в себя и модель зеленого развития. В то же время следует подчеркнуть, что в большинстве публикаций каких-либо различий и соотношений в представлениях об этих типах развития практически не отмечается. С учетом обобщения основных теоретических представлений устойчивое развитие региона предполагает достижение в нем высоких качеств регионального развития: экономическо-

го, социального, экологического и эстетического (Бакланов, 2001, 2022).

Переход к зеленому развитию может рассматриваться как один из этапов реализации концепции устойчивого развития. При этом следует установить, по возможности, максимально полную совокупность критериев и показателей зеленого развития. Они должны включать перечень допустимых техногенных воздействий на отдельные компоненты природы, оценки предельных изменений биоразнообразия и др., рассчитанные как на текущий период, так и на перспективу (прогнозные показатели). Кроме того, в программы перехода к зеленому развитию важно включать различные мероприятия по рекультивации антропогенно нарушенных ландшафтов и улучшению природной среды, в том числе восстановлению растительного, а особенно — лесного покрова в ландшафтах разных типов. С учетом имеющихся теоретических представлений и подходов зеленое развитие следует рассматривать как такое хозяйственное освоение и развитие определенной территории, при котором минимизируются техногенные, антропогенные воздействия на окружающую природную среду, сохраняются биоразнообразие ландшафтов и в целом зеленый растительный покров суши, с его высокими эколого-географическими и эстетическими качествами. Для приморских территорий важно сохранение высоких качеств прилегающей морской среды.

На региональном уровне наиболее содержательно может быть представлена и модель устойчивого развития. Для целей направленного стимулирования и управления процессами зеленого развития как начальных стадий устойчивого развития в регионе нами предлагается выделять территории зеленого развития и придавать им определенный нормативный статус с установлением некоторых предпочтений для достижения уровня зеленого, а затем — и устойчивого развития. Такая территория должна быть достаточно большой, включающей сочетание разнообразных природных ресурсов, необходимых для ее комплексного развития, а также — возможности рационального использования как возобновляемых, так и невозобновляемых природных ресурсов. В этой связи важна бассейновая концепция долгосрочных оценок и достижения рационального природопользования, предложенная Л.М. Корытным (2001). Кроме того, необходим охват в пределах таких территорий целостных ландшафтных образований и геосистем различного регионального уровня с сохранением их участками дикой природы. Представления о дикой природе как важнейшем элементе стратегического планирования рационального природопользования рассмотрены в работах В.Н. Бочарникова и Е.Г. Егидарева (2017).

В зеленую экономику, на основе имеющихся представлений, следует включать не только сектора с минимальными техногенными отходами и их утилизацией, но и разработку, производство и эксплуатацию технологий и оборудования для контроля и уменьшения выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов, мониторинга и прогнозирования климатических изменений, а также технологий энерго- и ресурсосбережения и возобновляемой энергетики. Прежде всего, это так называемая зеленая энергетика, базирующаяся на нетрадиционных, возобновляемых источниках природных ресурсов (энергии солнца, ветра, гидроресурсах рек и морей, гидротермальных ресурсах и др.), которая резко снижает техногенное воздействие на окружающую среду, в том числе выбросы парниковых газов.

В общем, зеленой принято называть устойчивую и гибкую экономику, включающую набор различных отраслей и видов деятельности, которые создают более благоприятные условия для жизни людей конкретного региона, не нанося при этом значительного ущерба окружающей среде. Объектами охраны при этом становятся биологические природные ресурсы, в том числе растительные, лесные, земельные (с их агроэкологическим потенциалом). Это достигается за счет формирования сочетаний таких видов хозяйственной деятельности, которые оказывают минимальные негативные техногенные воздействия на компоненты ландшафта.

Анализ основных работ по устойчивому и зеленому развитию показывает, что принцип минимизации негативных техногенных, антропогенных воздействий на окружающую среду содержится как важнейший в обеих концепциях (моделях). При этом в концепции зеленого развития основное требование сводится к максимальному сохранению зеленого покрова суши Земли и биоразнообразия за счет существенного снижения техногенного и антропогенного в целом воздействия на различные, прежде всего биологические компоненты ландшафтов. С учетом этого, под территорией зеленого развития предлагается понимать относительно крупный регион, имеющий природно-ресурсный и экологический потенциал, необходимый и достаточный для достижения устойчивого природопользования и развития в его пределах с выполнением установленных высоких норм и ограничений по минимизации техногенных воздействий на окружающую среду, сохранению биоразнообразия и активному проведению комплекса мероприятий по улучшению окружающей среды и сохранению высоких экологических и эстетических качеств территории и прилегающих морских акваторий.

Таким образом, территория зеленого развития, во-первых, должна иметь размеры, природ-

но-ресурсный и экологический потенциал, достаточные для достижения стабильного долгосрочного развития в ее пределах. В выделяемые реальные или потенциальные территории зеленого развития необходимо включать ареалы, участки с сохранением дикой природы, в том числе особо охраняемых природных территорий. Это важно и необходимо для фиксации базисного состояния подобных ландшафтов, а также для формирования в последующем специфической комплексной структуры чередующихся участков дикой природы, охраняемых участков и вновь созданных культурных ландшафтов. Наличие коренных ландшафтов необходимо и для организации последующего мониторинга и сравнения изменяющихся ландшафтов с эталонными. Например, при введении статуса биосферных заповедников предусматривалось, что они будут отражать ненарушенное фоновое состояние природной среды для оценок антропогенной нарушенности на прилегающих к ним больших участках осваиваемой территории.

Во-вторых, в пределах таких территорий важно наличие предпосылок и возможностей для замыкания основных производственно-технологических цепочек: от добычи и обработки природных ресурсов до утилизации техногенных отходов, т.е. для формирования полных циклических территориальных структур хозяйства (Бакланов, 2007; Минакир, Демьяненко, 2010; Sustainable ..., 2009). В начальный период в пределах выделяемых территорий зеленого развития могут быть представлены типы природопользования и виды деятельности, в разной степени соответствующие зеленому развитию. Представляется целесообразным объединить их в следующие три группы: полностью соответствующие зеленому развитию; частично не соответствующие, но которые после определенной реконструкции можно довести до состояния зеленой экономики (например, за счет внедрения новых технологий, более глубокой очистки и утилизации отходов, рекультивации и т.п.); полностью не соответствующие, которые необходимо сокращать вплоть до полной ликвидации и замещения другими.

В-третьих, в развитие зеленой экономики следует также закладывать принципы социализации и экологизации экономики региона (Стратегия ..., 1991; Sustainable ..., 2009). Это предполагает более активное развитие тех отраслей хозяйства и видов экономической деятельности, которые обеспечивают высокий уровень и качество жизни населения (обрабатывающие производства, социальная инфраструктура, жилищное строительство, агропромышленный комплекс с производством экологически чистых продуктов питания, лесовосстановление, рыбоводство и марикультура, туризм и рекреация, заповедное дело и др.). В целом эту совокупность отраслей можно отнести к сов-

местимым с зеленой экономикой, поскольку они также отличаются и низким классом вредности воздействия производства на окружающую среду.

Следовательно, важнейшая исходная проблема регионального развития — это выделение территорий зеленого развития, оценка их базовых состояний, а также вариантов и путей структурной трансформации в будущем. Для целей достижения зеленого развития необходимо проведение географического зонирования территории страны или региона с учетом соответствующих принципов и критериев. Особое внимание должно уделяться возможностям достижения устойчивого природопользования и сохранения достаточных природных ресурсов, всего природно-ресурсного потенциала страны, региона, территории, акватории. В целом, всем перечисленным критериям соответствует территория Сихотэ-Алиня — обширной среднегорной страны, расположенной на юге Российского Дальнего Востока. Эта территория с уникальным биоразнообразием в последнее столетие стала зоной активного природопользования. В то же время Сихотэ-Алинь включен в список всемирного природного наследия ЮНЕСКО (Бочарников, Розенберг, 1996). Поэтому его будущее должно соответствовать основным критериям и зеленого, и устойчивого развития.

Сихотэ-Алинь: сочетание территорий с потенциалом зеленого, а в долгосрочной перспективе и устойчивого развития

Сихотэ-Алинь представляет собой горную систему, расположенную в центральной и восточной частях Приморского края и юге Хабаровского края. Состоит из многих отдельных хребтов и горных массивов, вытянутых преимущественно в северо-восточном направлении вдоль побережья Японского моря и Татарского пролива. Средняя высота вершин 1100–1500 м. Высшая точка — гора Тордоки-Яни (до 2077 м). Горные породы разнообразного состава: на большей площади осадочными толщами верхнепалеозойского и мезозойского возраста (песчаниками, алевролитами, сланцами). Широко распространены вулканические породы — базальты, андезиты, риолиты, многочисленные выходы гранитов, гранодиоритов. Склоны крутые, поросшие кедрово-широколиственными и елово-пихтовыми лесами. Долины рек узкие, глубокооврезанные (Хабаровский ..., 1995).

Одна из важных предпосылок поддержания уникального биоразнообразия Сихотэ-Алиня — необходимость сохранения здесь наиболее крупной в мире популяции амурского тигра (*Panthera tigris altaica*), а также жизнеспособной популяции дальневосточного леопарда (*Panthera pardus orientalis*). Кроме этого, сохранение миграционных мест концентраций и гнездовых местообитаний уссурийского (*Grus japonensis*), даурского (*G. vip-*

io), черного (*G. monacha*) журавлей, дальневосточного аиста (*Ciconia boyciana*), чешуйчатого крохала (*Mergus squamatus*), мандаринки (*Aix galericulata*), чернети Бэра (*Aythya baeri*), сухоноса (*Anser cygnoides*) и др. Особого внимания в осуществлении региональной экологической политики требуют и локальные ареалы редких видов растений, таких как женьшень обыкновенный (*Panax ginseng*), маньчжурская кедровая сосна (*Pinus koraiensis*), микробиота перекрестнопарная (*Microbiota decussata*) и другие виды растений. Сочетание уникальных особенностей в биоразнообразии этого региона рассматривается важнейшей предпосылкой не только выделения крупных ареалов для природоохранных целей, но и для фундаментальных научных исследований и мониторинга. Именно с этих позиций был выделен Сихотэ-Алинский биосферный район на юге Российского Дальнего Востока, в приамурской физико-географической области (Сихотэ-Алинский ..., 1985).

В пределах Сихотэ-Алиня в целом нами выделены различные неоднородные по ряду географических характеристик более дробные территории — с наличием условий и предпосылок зеленого развития. В природном отношении около 90% этих территорий представлены горными системами, прежде всего занимающими южную, центральную и северную части среднегорного массива Сихотэ-Алинь. Важно учитывать относительную целостность геосистем и сочетаний ландшафтов в выделяемых территориях зеленого развития. Для этого следует использовать ландшафтный подход и физико-географическое районирование. На предварительной стадии для выделения территорий с дифференцированными перспективами зеленого развития были использованы подходы к природно-хозяйственному районированию, разработанные нами ранее (Бакланов и др., 1984; Каракин, 2020) для территории Дальнего Востока России. В рамках подобного районирования выделяются территории, которые схожи по основной хозяйственной специализации и по сочетаниям типов природопользования. В рамках подобных оценок представляется перспективной разработка эталонных территориальных структур и их звеньев, соответствующих расчетным нормативам зеленого развития.

В сохранении биоразнообразия большую роль играют ключевые виды с их системообразующими трофическими связями в экосистемах местообитания. Для большей части Сихотэ-Алиня таким видом является амурский тигр, который занимает центральное положение в экосистеме своего местообитания. Это, в основном, кедрово-широколиственные леса и приуроченные к ним копытные животные (кабаны, изюбри и др.), составляющие кормовую базу амурского тигра. Представители данного вида непосредственно через свою кормовую базу связаны с кедрово-ши-

Таблица 1. Характеристика территорий зеленого развития в пределах Сихотэ-Алиня по антропогенной нарушенности природной среды

Территория зеленого развития	Зона по степени антропогенной нарушенности	Площадь зоны, км ²	Доля в площади территории, %	
			зоны	местообитаний амурского тигра в границах территории
Северная Сихотэ-Алин- ская	Антропогенно преобразованные, освоенные	81 952	27.2	26.8
	Резервные, приоритетные	171 696	60.4	56.2
	Труднодоступные и малонарушенные, природоохранные	51 824	12.4	17.0
Центральная Сихотэ-Алин- ская	Антропогенно преобразованные, освоенные	36 544	68.6	65.1
	Резервные, приоритетные	19 280	30.9	34.4
	Труднодоступные и малонарушенные, природоохранные	288	0.5	0.5
Юго-восточ- ная Сихотэ- Алинская	Антропогенно преобразованные, освоенные	24 192	68.6	66.8
	Резервные, приоритетные	10 128	26.0	28.0
	Труднодоступные и малонарушенные, природоохранные	1 888	5.4	5.2

Примечания. Площади рассчитаны в проекции Web Mercator Auxiliary Sphere.

Составлена с использованием материалов “Амурского филиала Всемирного фонда дикой природы” (WWF; признан иноагентом в РФ), Владивосток, Россия.

роколиственными лесами. В связи с этим наличие и численность амурского тигра в том или ином районе выступает важным индикатором сохранения биоразнообразия и уровня антропогенной нарушенности экосистем, а следовательно, может служить и интегральной оценкой направленности “зеленого” развития.

Нами проведена оценка пространственной дифференциации дикой природы, в разной степени преобразованной антропогенным воздействием, по выделенным территориям. В пределах освоенных районов особый контраст между собой представляют урбанизированные и охраняемые природные территории. Для проведения таких оценок были использованы геоинформационные подходы и методы. Были выделены группы территорий по степени их антропогенной нарушенности: первая группа — антропогенно преобразованные, освоенные зоны; вторая — резервные, приоритетные для зеленого развития; третья — труднодоступные и малонарушенные, природоохранные. Была произведена пространственная оценка выделенных зон в пределах территорий “зеленого” развития (табл. 1, рис. 1).

Сихотэ-Алинь — горно-таежная территория, уникальная по разнообразию природных условий, биоразнообразию, различным территориальным сочетаниям природных ресурсов и ландшафтов. Здесь на базе горно-таежных ландшафтов формируются специфические типы горно-таежного природопользования.

Особенность горно-таежного природопользования — специфическое сочетание минеральных и биологических ресурсов, со значительным влиянием условий и типов рельефа. Сочетание горных поднятий с долинами поляризует территорию каждого из районов по общей структуре природно-ресурсного потенциала (ПРП) и по возможностям природопользования. В долинах осуществляется сельскохозяйственная и лесохозяйственная деятельность, здесь наиболее благоприятные для селитебного использования территории. Горные части территории заняты естественной растительностью, которая представлена лесами, чаще всего таежными, а потому здесь складываются промышленное лесопользование, рекреационное лесопользование, охотопользование, использование недревесных биологических ресурсов и т.д. Часто эти виды природопользования сочетаются с очаговым недропользованием, которое здесь также приурочено к горным районам. Фактически в горно-таежной природной области формируется комплексное землепользование. При этом региональное управление природопользованием во многом сводится к управлению землепользованием в широком и комплексном смысле этого явления (Бакланов и др., 1984; Каракин, 2020). В этой связи, уже с начала освоения соответствующих территорий могут возникать конфликты в землепользовании (например, между сельским хозяйством и лесным хозяйством и горной промышленностью; рыбопромысловой деятельностью и добычей драгоценных металлов

в долинах нерестовых рек и др.) разной степени остроты, так как одни типы использования земель с учетом рельефа являются взаимоисключающими, а другие могут сочетаться.

Для горно-таежных районов характерны высокая степень концентрации населения в долинах и вдоль дорог (что очень часто совпадает) при низкой его плотности в целом; транспортная изолированность поселений от соседних районов из-за трудностей сооружения коммуникаций; преобладание природно-ресурсных отраслей в структуре экономики.

Таким образом, в горно-таежном природопользовании сочетаются и используются ресурсы горно-долинного рельефа и преобладающей таежной растительности, а основой природопользования выступают почвенные, биологические и топологические ресурсы в сочетаниях с очаговым недропользованием. Важнейшая особенность данного типа природопользования характеризуется возможностью эффективного хозяйственного использования (экономически и экологически) практически всей территории (до 90%) только в режиме сохранения естественных ландшафтов.

Горно-таежное природопользование неизбежно приводит к поляризации в освоении земель, которая хорошо выражена на всех территориальных уровнях. Уже многие десятилетия здесь на менее чем 10% площади концентрируется 80–90% интенсивного природопользования, а на остальных 90% – только 10–20%. На рис. 2 показана обобщенная схема рельефной поясности, характерной для Сихотэ-Алиня, на которой выделены третья и четвертая террасы и высокая пойма – как важнейшие части природно-ресурсного пространства горно-таежной территории; на них приходится 80–90% интенсивного природопользования. При этом высокая пойма часто подвергается затоплению. Скорость формирования и продолжительность существования ареалов освоения находятся в прямой зависимости от запасов и ценности природных ресурсов. Перед началом освоения такие места, как правило, заняты лесной растительностью, но леса широких долин сразу же подвергаются сведению и расчистке.

Таким образом, наиболее эффективной моделью горно-таежного природопользования является такая, в которой селитебные территории и сельскохозяйственное землепользование приурочены к пониженным относительно ровным

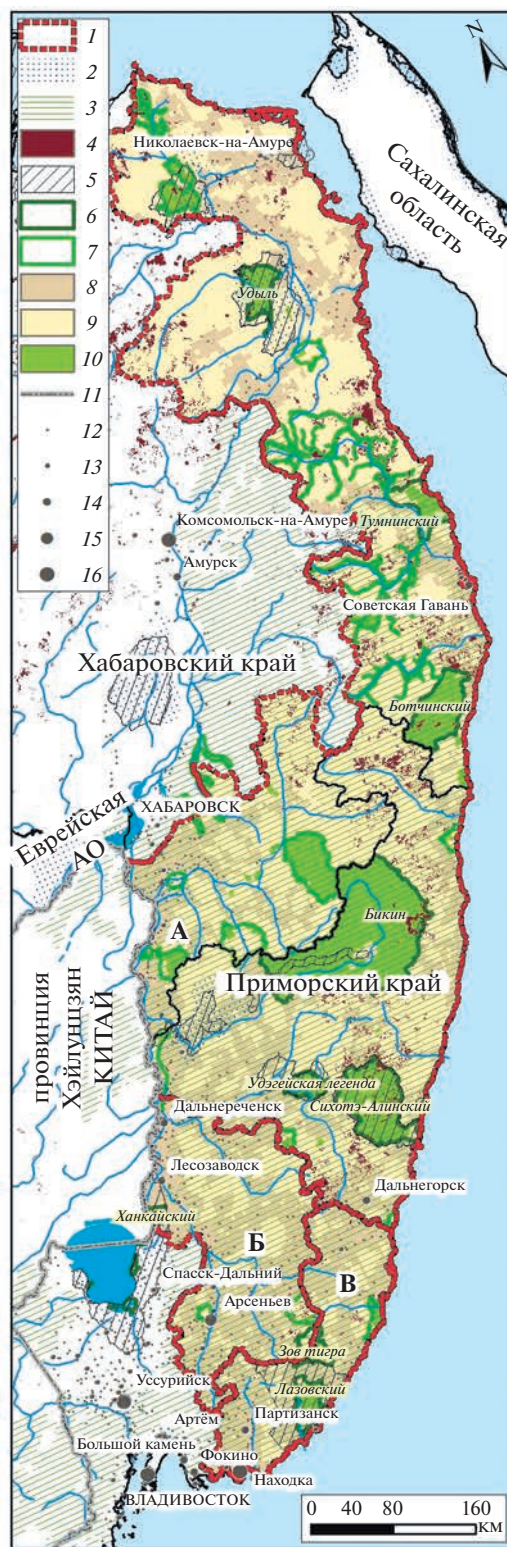


Рис. 1. Зонирование Сихотэ-Алиня по уровню антропогенного преобразования дикой природы с целью выделения территорий зеленого развития. 1 – территории зеленого развития (А – Северная Сихотэ-Алинская; Б – Центральная Сихотэ-Алинская; В – Юго-восточная Сихотэ-Алинская), 2 – водно-болотные угодья, 3 – места обитания амурского тигра, 4 – преобразованная лесная растительность (рубки, пожары), 5 – ключевые орнитологические территории России (КОТР). Особо охраняемые природные территории (ООПТ): 6 – федеральные, 7 – региональные. 8 – антропогенно преобразованные (освоенные), 9 – труднодоступные и малонарушенные (природоохранные), 10 – резервные (приоритетные). 11 – государственная граница. Населенные пункты (чел.): 12 – 1–4000, 13 – 4001–20000, 14 – 20001–50000, 15 – 50001–100000, 16 – 100001 и более.

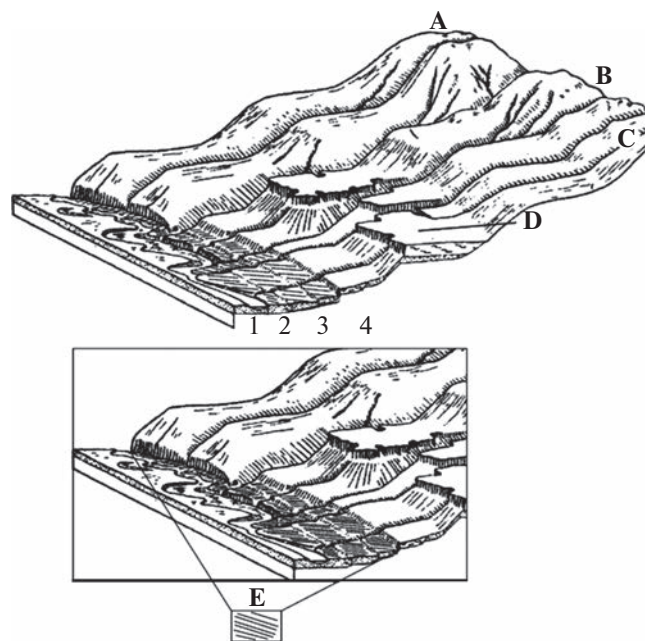


Рис. 2. Обобщенная схема основных форм рельефа, характерных для Сихотэ-Алиня, с дифференциацией условий для различных видов природопользования (по Берсеневу и Сохину, 1969). Среднегорья: А – массивное, В – интенсивно расчлененное, С – мелкогорье, D – базальтовое плато; террасы: 1 – первая и вторая (пойма), 2 – третья, 3 – четвертая, 4 – пятая. Е – территория (третья, четвертая и пятая террасы), наиболее пригодная для хозяйственного использования (вне зоны затопления и активных эрозионных процессов).

местоположениям, а на горных склонах, покрытых лесами, развивается лесопользование (см. рис. 2). Все это хорошо согласуется с моделью зеленого развития.

С учетом ранее изложенных принципов и критериев зонирования по антропогенному преобразованию дикой природы, а также подходов к природно-хозяйственному районированию, были выделены районы, которые рассматриваются нами как перспективные для формирования территорий зеленого развития. Показаны сочетания видов природопользования в пределах этих территорий (рис. 3).

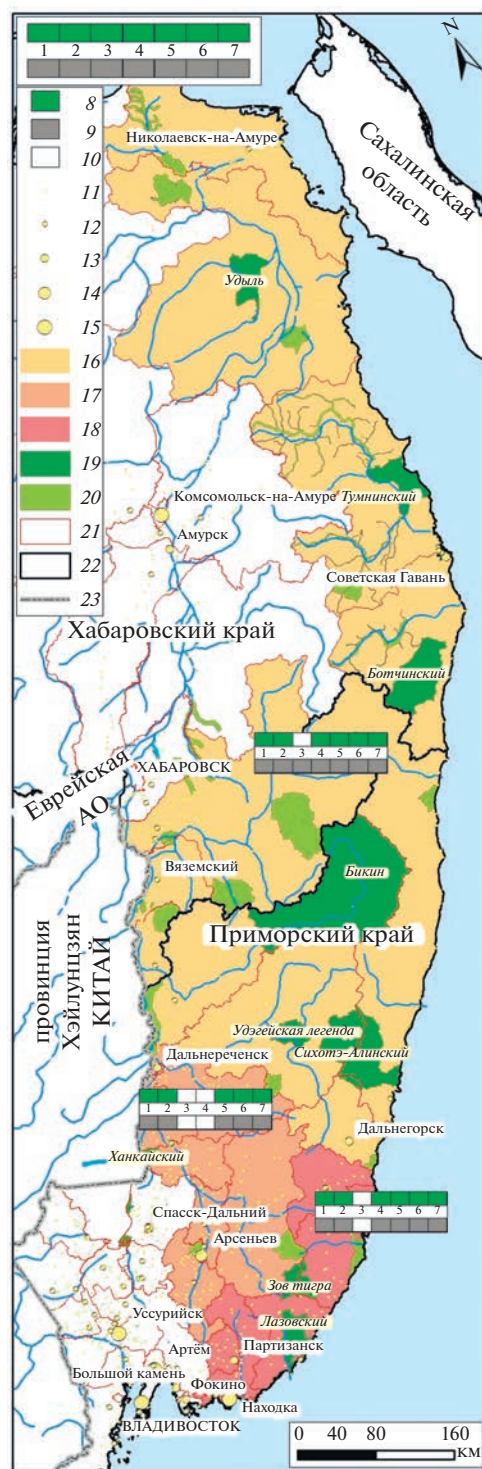


Рис. 3. Сочетания видов природопользования на территориях зеленого развития Сихотэ-Алиня. Основные виды природопользования: 1 – лесопользование и лесовосстановление, 2 – сельскохозяйственное землепользование, 3 – недропользование, 4 – рыболовство, аквакультура, 5 – промышленно-транспортное, 6 – туристско-рекреационное, 7 – природоохранное. Виды деятельности: 8 – перспективные, 9 – современные, 10 – отсутствие вида деятельности. Населенные пункты (чел.): 11 – 1–5000, 12 – 5001–25000, 13 – 25001–50000, 14 – 50001–100000, 15 – 100001 и более. Территории зеленого развития: 16 – Северная Сихотэ-Алинская; 17 – Центральная Сихотэ-Алинская; 18 – Юго-восточная Сихотэ-Алинская. Особо охраняемые территории (ООПТ): 19 – федеральные, 20 – региональные. Границы: 21 – муниципальных образований, 22 – субъектов Российской Федерации, 23 – государственная. Составлен с использованием материалов “Амурского филиала Всемирного фонда дикой природы” (WWF; признан иноагентом в РФ), Владивосток, Россия.

Таблица 2. Природно-ресурсный потенциал территорий зеленого развития Сихотэ-Алиня

Территория зеленого развития	Природные ресурсы, их сочетания		
	выявленные, имеющиеся	осваиваемые, используемые	перспективные, в том числе в “зеленой” экономике
Северная Сихотэ- Алинская	Биоресурсы моря Уголь Энергия ветра Гидроэнергия малых рек Сырье для цветной металлургии Горнорудное сырье Химическое сырье Строительные материалы Древесные ресурсы леса Недревесные ресурсы леса Рекреационные ресурсы, в том числе минеральные воды	Биоресурсы моря Уголь Сырье для цветной металлургии Горнорудное сырье Химическое сырье Строительные материалы Древесные Недревесные ресурсы леса	Биоресурсы моря Энергия ветра Гидроэнергия малых рек Древесные ресурсы леса Недревесные ресурсы леса Рекреационные ресурсы, в том числе минеральные воды
Центральная Сихотэ- Алинская	Гидроэнергоресурсы Сырье для цветной и черной металлургии Природные сорбенты Строительные материалы Древесные ресурсы леса Недревесные ресурсы леса Земельные Рекреационные ресурсы, в том числе Шмаковские минеральные воды	Строительные материалы Химическое сырье Руды цветных металлов Древесные ресурсы леса Недревесные ресурсы леса Рекреационные ресурсы, в том числе Шмаковские минеральные воды Земельные	Гидроэнергоресурсы Древесные ресурсы леса Сырье для черной металлургии Нерудные (цеолиты) ресурсы Недревесные ресурсы леса Рекреационные ресурсы, в том числе Шмаковские минеральные воды Земельные
Юго- восточная Сихотэ- Алинская	Биоресурсы моря Энергия ветра Гидроэнергия малых рек Сырье для цветной металлургии Сырье для черной металлургии Строительные материалы Древесные ресурсы леса Недревесные ресурсы леса Рекреационные ресурсы, в том числе минеральные воды	Древесные Недревесные ресурсы леса Биоресурсы моря Строительные материалы Рекреационные ресурсы, в том числе минеральные воды	Биоресурсы моря Энергия ветра Гидроэнергия малых рек Древесные ресурсы леса Недревесные ресурсы леса Рекреационные ресурсы, в том числе минеральные воды

Были выделены следующие территории как интегральные природно-хозяйственные районы: Северный Сихотэ-Алинский (с двумя подрайонами, расположенными в Хабаровском и Приморском краях), а также Центральный Сихотэ-Алинский и Юго-восточный Сихотэ-Алинский в Приморском крае. Все районы имеют необходимые условия и достаточные предпосылки для формирования территорий зеленого развития.

Северная Сихотэ-Алинская территория включает часть Приморского края (Пожарский, Красноармейский, Тернейский муниципальные районы и Дальнегорский городской округ, с Сихотэ-Алинским биосферным заповедником и Бикинским национальным парком), а также часть Хабаровского края (Бикинский, Вяземский, Ванинский, Советско-Гаванский, имени Лазо, Ульч-

ский и Николаевский муниципальные районы с Ботчинским заповедником, расположенным на территории Советско-Гаванского района).

Центральная Сихотэ-Алинская территория включает Чугуевский, Яковлевский, Анучинский, Дальнереченский, Кировский муниципальные районы, а также Арсеньевский, Дальнереченский и Лесозаводский городские округа, в том числе ряд участков дикой природы и охраняемых ареалов в их пределах.

Юго-восточная Сихотэ-Алинская территория включает Кавалеровский, Ольгинский, Лазовский, Партизанский муниципальные районы, городские округа Находки и Партизанска, биосферный заповедник Лазовский и части национального парка “Зов тигра”.

Ключевыми компонентами выделенных территорий зеленого развития выступают ООПТ и их сочетания — заповедники, заказники, национальные парки, другие природоохранные территории, а также значительные участки дикой природы. Территории ООПТ как ареалы дикой природы представляют собой своего рода экологические ядра территорий зеленого развития.

Важнейшая составляющая территорий зеленого развития — имеющийся природно-ресурсный потенциал с определением рациональных направлений его использования (табл. 2).

С учетом имеющихся на этих территориях сочетаний благоприятных факторов (природных ресурсов, выгодного географического положения, научно-технического потенциала, высокой квалификации трудовых ресурсов) в качестве наиболее перспективных видов деятельности, совместимых с “зеленой” экономикой, можно рассматривать лесное хозяйство с компенсационным лесоразведением и глубокой переработкой лесных ресурсов, особенно низкосортной древесины, гидроэнергетику на малых реках, некоторые виды машиностроения (производство летательных аппаратов, оборудования для малой энергетики) и др., рыбоводство (марикультура), производство экологически чистых продуктов питания, лекарственных препаратов, туризм и рекреацию, в том числе в прибрежных районах. Наиболее освоенную в социально-экономическом отношении территорию представляет собой Юго-восточный Сихотэ-Алинь, где проживает большая доля населения Приморского края (13.9%) и сосредоточена значительная доля промышленного производства (6.9%) (Социально-экономическое ..., 2020).

Представляется целесообразным закрепить за выделенными территориями специальный статус — территории зеленого развития. Для этих целей необходимо провести более детальную инвентаризацию территорий с выделением и оценкой сохраняющихся участков дикой природы, особо охраняемых природных территорий, памятников природы и других охраняемых ареалов, а также выделить и оценить территориальные сочетания природных ресурсов суши и прилегающих акваторий. Современная и перспективная (с учетом формирования “зеленых” отраслей экономики) хозяйственная специализация выделенных в пределах Приморского края территорий “зеленого” развития обобщенно представлена в табл. 3.

Для каждой из выделенных территорий зеленого развития необходимо провести экспертную оценку сложившихся типов природопользования и видов деятельности и их соответствия зеленому развитию. Кроме этого, целесообразно определить резервные территории, участки и ареалы с уникальными элементами ландшафтов для уста-

новления тех или иных режимов охраны, санитарные, компенсационные и защитные зоны, а также выделить антропогенно нарушенные зоны для проведения необходимых и достаточных рекультивационных мероприятий. Особого внимания заслуживают морские побережья.

В рамках статуса территорий зеленого развития могут быть установлены определенные преференции, стимулирующие достижение такового и улучшение окружающей среды. В качестве примеров можно привести стимулирование инвестиций и снижение налогов для видов деятельности, соответствующих зеленому развитию: лесопосадки, облагораживание склонов, заводнение карьеров, улучшение дорог, утилизация отходов и др. На этой основе целесообразно выделить три группы типов и структур природопользования и видов деятельности, с определением путей и вариантов преобразования второй группы (частично совместимых с зеленой экономикой) и достижения критериев зеленого развития, а также вариантов замещения третьей группы (несовместимых). Для каждой территории зеленого развития целесообразна разработка эталонных территориальных структур хозяйства, в полной мере соответствующих зеленому, а в перспективе и устойчивому развитию. В конечном итоге, для территорий зеленого развития целесообразна организация системы мониторинга регионального природопользования, которая бы охватывала все виды и способы природопользования в пределах этих территорий (Бакланов, 2021).

Следует отметить, что наличие в пределах территорий зеленого развития крупных ООПТ и участков дикой природы может позволить достигать хороших балансовых соотношений в выделении и поглощении парниковых газов в их пределах. Все это будет способствовать достижению устойчивого развития, как в пределах территорий зеленого развития, так и в краях в целом. Кроме того, необходимо определить обоснованный набор расчетных экологических ограничений на существующие виды деятельности и структуры природопользования и разработать меры по улучшению состояния окружающей среды, направленные на достижение высоких экологических и эстетических качеств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Формирование зеленой экономики в регионе следует рассматривать как одну из стадий устойчивого развития. Последнее — это стабильное развитие относительно крупных территорий, сбалансированное в экономической, социальной и экологической сферах. Для обеспечения этого необходимо сохранение в долгосрочной перспективе достаточного природно-ресурсного потенциала.

Таблица 3. Население и хозяйственная специализация территорий зеленого развития Сихотэ-Алиня

Территория зеленого развития	Численность постоянного населения, на 1.01.2021 г., тыс. чел.	Доля территории в численности постоянного населения края, %	Хозяйственная специализация	
			современная	перспективная (отрасли “зеленой” экономики)
Северная Сихотэ- Алинская	Всего – 287,2, в том числе: в При- морском крае – 94,4; Хабаровском крае – 192,8	в Приморском крае – 5,0; Хабаровском крае – 14,8	Лесная и деревообра- батывающая Рыболовство, рыбо- водство (прудовое хозяйство) Добыча руд цветных металлов Добыча угля Электроэнергетика (тепловая) Туризм и рекреация	Лесовосстановление, лесная и деревообрабатывающая, в том числе переработка низ- косортной древесины Рыбоводство (марикультура; прудовое хозяйство) и рыбо- ловство Энергетика (солнечная, ветро- вая, гидроэнергия малых рек) Туризм и рекреация
Централь- ная Сихотэ- Алинская	195,1	10,4	Лесная и деревообра- батывающая Машиностроение (авиастроение, при- боростроение)	Лесовосстановление, лесная и деревообрабатывающая, в том числе переработка низ- косортной древесины Машиностроение (производ- ство оборудования для “зеле- ной” энергетики; комплексной переработки ресурсов леса) Энергетика (солнечная, ветро- вая, гидроэнергия малых рек)
Юго- восточная Сихотэ- Алинская	261,5	13,9	Морской транспорт Лесная и деревообра- батывающая Рыболовство, рыбо- водство (марикуль- тура) Электроэнергетика (тепловая) Туризм и рекреация	Рекреация и туризм Лесовосстановление, лесная и деревообрабатывающая, в том числе переработка низ- косортной древесины Рыбоводство (марикуль- тура), и рыболовство, рыбо- обработка Энергетика (солнечная, ветро- вая, гидроэнергия малых рек) Туризм и рекреация

Горный регион Сихотэ-Алиня обладает значительным потенциалом зеленого развития. В его пределах предлагается выделить три территории с различными предпосылками и ограничениями зеленого развития. Для таких территорий целесообразно введение специального статуса – “территория зеленого развития”, а также установление для них определенных преференций. Такой статус должен включать набор приоритетных и допустимых видов деятельности, соответствующих “зеленому” развитию, сочетания соответствующих типов и структур природопользования, включая природоохранные и резервные, а также установление стимулирующих экономических инструментов.

Одновременно необходима разработка специальных программ долгосрочного устойчивого

развития таких территорий в увязке с соответствующими программами развития муниципальных образований, в том числе и отдельных поселений.

В последующем целесообразна организация системы регионального мониторинга зеленого и устойчивого развития, охватывающей все виды природопользования, виды хозяйственной деятельности и их отношения с природно-ресурсной и природной средой в пределах целостных геосистем.

ФИНАСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при поддержке гранта Русского географического общества (РГО), проект № 02/2023-4.

FUNDING

The work was supported by Russian Geographical Society, project no. 02/2023-4.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бакланов П.Я.* Дальневосточный регион России: проблемы и предпосылки устойчивого развития. Владивосток: Дальнаука, 2001. 144 с.
- Бакланов П.Я.* Территориальные структуры хозяйства в региональном управлении. М.: Наука, 2007. 239 с.
- Бакланов П.Я.* Мониторинг регионального природопользования // География и природ. ресурсы. 2021. № 4. С. 5–12.
- Бакланов П.Я., Поярков Б.В., Каракин В.П.* Природно-хозяйственное районирование территории: общая концепция и исходные принципы // География и природ. ресурсы. 1984. № 1. С. 7–15.
- Бакланов П.Я., Мошков А.В., Баденков Ю.П., Бочарников В.Н., Егидарев Е.Г.* Территории “зеленого” развития // География и природ. ресурсы. 2022. № 3. С. 7–19.
- Берсенева И.И.* Геоморфология / И.И. Берсенева, В.К. Сохин // Геология СССР. Приморский край. М.: Недра, 1969. Т. 32. Ч. 1. С. 613–628.
- Бобылев С.Н., Порфирьев Б.Н.* В поисках новой экономики // Вестн. Моск. ун-та. Серия 6: Экономика. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2019. № 4. С. 3–7.
- Бочко В.С., Некрасов А.А.* Зеленая экономика: теория вопроса // Журн. экономической теории. 2014. № 1. С. 244–248.
- Бочарников В.Н., Розенберг В.А.* Природный комплекс “Сихотэ-Алинь” как объект Всемирного списка природного наследия // Вестн. ДВО РАН. 1996. № 5. С. 43–51.
- Бочарников В.Н., Егидарев Е.Г.* Дикая природа как стратегический элемент пространства России // Астрахан. вестн. экологич. образования. 2017. № 2. С. 11–21.
- Вукович Н.А.* “Зеленая” экономика: определение и современная эколого-экономическая модель // Вестн. Урал. Федерал. ун-та. Серия Экономика и управление. 2018. Т. 17. № 1. С. 128–145.
- Глазырина И.П.* Тернистый путь “зеленой” экономики // ЭКО. 2020. № 9. С. 8–23.
- Зеленая экономика и цели устойчивого развития для России / под ред. С.Н. Бобылева, П.А. Кирюшина, О.В. Кудрявцевой. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2019. 284 с.
- Каракин В.П.* Мелкомасштабное природно-хозяйственное районирование побережья Тихоокеанской России по природным условиям освоения // Тихоокеанская география. 2020. № 1. С. 59–69.
- Коптюг В.А., Матросов В.М., Левшов В.К., Демьян Ю.Г.* Устойчивое развитие цивилизации и место в ней России. Проблемы формирования национальной стратегии. Владивосток: Дальнаука, 1997. 83 с.
- Корытный Л.М.* Бассейновая концепция в природопользовании. Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2001. 161 с.
- Котляков В.М., Глазовский Н.Ф., Руденко Л.Г.* Географические подходы к проблеме устойчивого развития // Изв. РАН. Сер. геогр. 1997. № 6. С. 8–15.
- Липина С.А., Агапова Е.В., Липина А.В.* Развитие “зеленой” экономики в России. М.: ЛЕНАНД, 2018. 328 с.
- Ловинс Амор Б.* Пути мягкой энергии: к прочному миру. Хармондсворт, Соединенное Королевство: Penguin Books, 1977.
- Лунд Х.* Состояние централизованного теплоснабжения 4-го поколения: исследования и результаты // Энергетика. 2018. № 164. С. 147–159.
- Минакир П.А., Демьяненко А.Н.* Пространственная экономика: эволюция подходов и методология // Пространственная экономика. 2010. № 2. С. 6–32.
- Мирзаханова З.Г.* Реализация концептуальных положений модели “зеленой” экономики на Дальнем Востоке России. Экологические предпосылки // Экономика региона. 2020. Т. 16. Вып. 2. С. 449–463.
- Порфирьев Б.Н.* “Зеленая” экономика: общемировые тенденции развития и перспективы // Вестн. РАН. 2012. Т. 82. № 4. С. 323–332.
- Розенберг Г.С., Кудинова Г.Э.* На пути к “зеленой” экономике (знакомаясь с докладом ЮНЕП к “Рио + 20”) // Биосфера. 2012. Т. 4. № 3. С. 245–250.
- Сихотэ-Алинский биосферный район: экологические исследования: Сб. науч. тр. / отв. ред. Б.С. Петропавловский, А.А. Астафьев. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985. 153 с.
- Соренсен Б.* Преобразование, передача и аккумуляция энергии: Учеб.-справ. руководство. М.: Изд-во ИД Интеллект, 2011. 296 с.
- Социально-экономическое положение муниципальных образований: Стат. сб. Владивосток: Приморскстат, 2020. 130 с.
- Стратегия территориальной организации хозяйства Приморского края / отв. ред. П.Я. Бакланов / ред. М.Т. Романов. Владивосток: ДВО АН СССР, 1991. 260 с.
- Хабаровский край и Еврейская автономная область: опыт энциклопедического географического словаря-справочника. Хабаровск: Восток-пресс, 1995. 327 с.
- A guidebook to the Green Economy Issue 1: Green Economy, Green Growth, and Low-Carbon Development – history, definitions and a guide to recent publications Division for Sustainable Development, UNDESA. United Nations. 1992. 64 p.
- Andrea J.J., Burns C., Touza J.* Renewable Energy as a Luxury? A Qualitative Comparative Analysis of the Role of the Economy in the EU’s Renewable Energy Transitions During the “Double Crisis” // Ecological Economics. 2017. Vol. 142. P. 81–90.
- Dulal H.B., Dulal R., Yadav P.K.* Delivering Green Economy in Asia: the Role of Fiscal Instruments // Futures. 2015. Vol. 73. P. 61–77.
- Meckling J., Hughes L.* Protecting Solar: Global Supply Chains and Business Power // New Political Economy. 2018. Vol. 23. № 1. P. 88–104.
- Pearce D., Markandya A., Barbier E.B.* Blueprint for a Green Economy. London: Earthscan, 1989. 192 p.

Sustainable Development and cyclic economy informatization / Cui Wehong, P.Ya. Baklanov (Eds.). Beijing: "Science and Technology of China" Publ. House, 2009. 512 p.

United Nations (2017) Resolution adopted by the General Assembly on 6 July 2017, Work of the Statistical Commission pertaining to the 2030 Agenda for Sustainable

Development (A/RES/71/313) (дата обращения 6 июля 2023 г.).

Yang J., Zhang F., Jiang X., Sun W. Strategic Flexibility, Green Management, and Firm Competitiveness in an Emerging and Social Change // *Technological Forecasting & Social Change*. 2015. Vol. 101. P. 347–356.

Sikhote-Alin: A Mountain Territory with Unique Potential for the Green Development

**P. Ya. Baklanov^{a,*}, A. V. Moshkov^a, Yu. P. Badenkov^b, V. N. Bocharnikov^a,
K. Yu. Bazarov^a, and V. P. Karakin^a**

^a*Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia*

^b*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

*e-mail: pbaklanov@tigdvo.ru

Ideas about green economy and green development are closely linked to the sustainable development paradigm. In the 1970s, the Club of Rome for the first time formulated the main provisions of the model of sustainable development, which implies ensuring high environmental quality and maintaining sufficient natural resource potential for the long term. Various aspects of green and sustainable development acquire their meaningful expression only at the regional level. It is within a certain territory that least generalized assessments of natural resource potential and both the anthropogenic impact on nature components and their spatially differentiated consequences, assessment of the permissible change level and conservation of vegetation cover and biodiversity in general are possible. It is proposed to consider the green development at the regional level as one of the stages of the sustainable development. Sikhote-Alin is a unique mountain territory, where there are natural resource, economic, social and ecological-geographical conditions for forming and ensuring green economy and green development. At the same time, the green development of the Sikhote-Alin is considered as such a socio-economic development of the mountainous territory, where technogenic, anthropogenic impacts on the environment are minimized and high biodiversity of landscapes is preserved. Within the mountain system of Sikhote-Alin, in general, it is proposed to allocate three green development territories, Northern, Central and Southern, based on the similarity of natural resource structures and economic activities. These territories should have a special status to stimulate environmentally friendly economic activities, with the introduction of environmental restrictions and the achievement of rational nature management in general. The organization of monitoring of the green development territories is proposed.

Keywords: green economy, sustainable development, zoning, protected natural areas, nature management, monitoring

REFERENCES

A guidebook to the Green Economy – Issue 1: Green Economy, Green Growth, and Low-Carbon Development – history, definitions and a guide to recent publications. Division for Sustainable Development. UNDESA, 1992. 64 p.

Andrea J.J., Burns C., Touza J. Renewable Energy as a Luxury? A Qualitative Comparative Analysis of the Role of the Economy in the EU's Renewable Energy Transitions During the "Double Crisis". *Ecol. Econ.*, 2017, vol. 142, pp. 81–90.

Baklanov P.Ya. *Dal'nii Vostok Rossii: Problemy i perspektivy ustoychivogo razvitiya* [The Far Eastern Region of Russia: Problems and Prerequisites for Sustainable Development]. Vladivostok: Dalnauka Publ., 2001. 144 p.

Baklanov P.Ya. *Territorial'nye struktury khozyaistva v regional'nom upravlenii* [Territorial Structures of the Economy in Regional Management]. Moscow: Nauka Publ., 2007. 239 p.

Baklanov P.Y. Monitoring of Regional Nature Management. *Geogr. Nat. Resour.*, 2021, vol. 42, pp. 195–201. <https://doi.org/10.1134/S1875372821030057>

Baklanov P.Ya., Moshkov A.V., Badenkov Yu.P., Bocharnikov V.N., Egidarev E.G. Territories of Green Development. *Geogr. Nat. Resour.*, 2022, vol. 43, pp. 201–211. <https://doi.org/10.1134/S1875372822030015>

Baklanov P.Ya., Poyarkov B.V., Karakin V.P. Natural and economic zoning of the territory: general concept and initial principles. *Geogr. Prirodn. Resur.*, 1984, no. 1, pp. 7–15. (In Russ.).

Bersenev I.I., Sokhin V.K. Geomorphology. In *Geologiya SSSR. Primorskii Krai. T. 32. Ch. 1* [Geography of the USSR. Primorsky Region. Vol. 32. Part 1]. Moscow: Nedra Publ., 1969, pp. 613–628. (In Russ.).

Bobylev S.N., Porfiriev B.N. In search of a new economy. *Vestn. Mosk. Univ., Ser. Econ.*, 2019, no. 4, pp. 3–7. (In Russ.).

Bocharnikov V.N., Rosenberg V.A. The Sikhote-Alin Natural Complex as a World Heritage Site. *Vestn. DVO RAN*, 1996, no. 5, pp. 43–51. (In Russ.).

- Bocharnikov V.N., Egidarev E.G. Wild nature as a strategic element of the space of Russia. *Astrakhan. Vestn. Ecol. Obraz.*, 2017, no. 2, pp. 11–21. (In Russ.).
- Bochko V.S., Nekrasov A.A. Green economy: theory of the question. *Zh. Econ. Teorii*, 2014, no. 1, pp. 244–248. (In Russ.).
- Dulal H.B., Dulal R., Yadav P.K. Delivering Green Economy in Asia: The Role of Fiscal Instruments. *Futures*, 2015, vol. 73, pp. 61–77.
- Glazyrina I.P. The thorny path of the “green” economy. *ECO*, 2020, no. 9, pp. 8–23. (In Russ.).
- Karakin V.P. Small-scale natural and economic zoning of the Pacific coast of Russia according to the natural conditions of development. *Tikhookean. Geogr.*, 2020, no. 1, pp. 59–69. (In Russ.).
- Khabarovskii krai i Evreiskaya avtonomnaya oblast': opyt entsiklopedicheskogo geograficheskogo slovarya-spravochnika* [Khabarovsk Krai and the Jewish Autonomous Region: An Experience Encyclopedia of Geographical Words]. Khabarovsk: Vostok-press Publ., 1995. 327 p.
- Koptyug V.A., Matrosov V.M., Levshov V.K., Demyanko Yu.G. *Ustoichivoe razvitie tsivilizatsii i mesto v nei Rossii. Problemy formirovaniya natsional'noi strategii* [Sustainable Development of Civilization and the Place of Russia. Problems of Forming a National Strategy]. Vladivostok: Dal'nauka Publ., 1997. 83 p.
- Korytny L.M. *Basseinovaya kontseptsiya v prirodopol'zovanii* [Basin Concept in Nature Management]. Irkutsk: Inst. Geografii SO RAN Publ., 2001. 161 p.
- Kotlyakov V.M., Glazovsky N.F., Rudenko L.G. Geographical approaches to the problem of sustainable development. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 1997, no. 6, pp. 8–15. (In Russ.).
- Lipina S.A., Agapova E.V., Lipina A.V. *Razvitie “zelenoi” ekonomiki v Rossii* [Development of the “Green” Economy in Russia]. Moscow: LENAND Publ., 2018. 328 p.
- Lovins A.B. *Soft Energy Paths: Toward a Durable Peace*. Cambridge, Mass: Ballinger Publ., 1977. 231 p.
- Lund H. The state of district heating of the 4th generation: research and results. *Energetika*, 2018, no. 164, pp. 147–159. (In Russ.).
- Meckling J., Hughes L. Protecting Solar: Global Supply Chains and Business Power. *New Polit. Econ.*, 2018, vol. 23, no. 1, pp. 88–104.
- Minakir P.A., Demyanenko A.N. Spatial economics: evolution of approaches and methodology. *Prostranstv. Econ.*, 2010, no. 2, pp. 6–32. (In Russ.).
- Mirzekhanova Z.G. Implementation of the conceptual provisions of the “green” economy model in the Russian Far East. Environmental background. *Econ. Reg.*, 2020, vol. 16, no. 2, pp. 449–463. (In Russ.).
- Pearce D., Markandya A., Barbier E.B. *Blueprint for a Green Economy*. London: Earthscan, 1989. 192 p.
- Porfiriev B.N. “Green” economy: global development trends and prospects. *Vestn. RAN*, 2012, vol. 82, no. 4, pp. 323–332. (In Russ.).
- Rosenberg G.S., Kudinova G.E. On the way to a “green” economy (getting acquainted with the UNEP report to Rio + 20). *Biosfera*, 2012, vol. 4, no. 3, pp. 245–250. (In Russ.).
- Sikhote-Alinskii biosfernyi raion: ekologicheskie issledovaniya. Sb. nauch. trud.* [Sikhote-Alinsky Biosphere Area: Ecological Research. Collection of Scientific Publications]. Petropavlovskiy B.S., Astafyev A.A., Eds. Vladivostok: DVNTs Akad. Nauk SSSR, 1985. 153 p.
- Sorensen B. *Preobrazovanie, peredacha i akumulirovanie energii. Uchebno-spravocnoe rukovodstvo* [Transformation, Transmission and Accumulation of Energy. Educational and Reference Manual]. Moscow: ID Intellect Publ., 2011. 296 p.
- Sotsial'no-ekonomicheskoe polozhenie munitsipal'nykh obrazovaniy. Stat. sb.* [Socio-Economic Situation of Municipalities. Statistical Handbook]. Vladivostok: Primorskstat Publ., 2020. 130 p.
- Strategiya territorial'noi organizatsii khozyaistva Primorskogo kraia* [Strategy of Territorial Organization of the Primorsky Territory Economy]. Baklanov P.Ya., Romanov M.T., Eds. Vladivostok: DVO Akad. Nauk SSSR, 1991. 260 p.
- Sustainable Development and cyclic economy informatization.* Wehong C., Baklanov P.Ya., Eds. Beijing: Science and Technology of China Publ., 2009. 512 p.
- United Nations (2017) *Resolution adopted by the General Assembly on 6 July 2017, Work of the Statistical Commission pertaining to the 2030 Agenda for Sustainable Development (A/RES/71/313)*.
- Vukovich N.A. “Green” economy: definition and modern ecological and economic model. *Vestn. Ural. Federal. Univ., Ser. Econ. Upravl.*, 2018, vol. 17, no. 1, pp. 128–145. (In Russ.).
- Yang J., Zhang F., Jiang X., Sun W. Strategic Flexibility, Green Management, and Firm Competitiveness in an Emerging and Social Change. *Technol. Forecast. Soc. Change*, 2015, vol. 101, pp. 347–356.
- Zelenaya ekonomika i tseli ustoichivogo razvitiya dlya Rossii* [Green Economy and Sustainable Development Goals for Russia]. Bobylev S.N., Kiryushin P.A., Kudryavtseva O.V., Eds. Moscow: Mosk. Univ. Publ., 2019. 284 p.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ГОРНЫХ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОТВЕТ НА КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

УДК 551.521+581.524.44:634.0

ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛЕСОВ В ГОРАХ ЮЖНОЙ СИБИРИ И СЕРВЕРНОЙ МОНГОЛИИ В СВЯЗИ С ПРОГНОЗИРУЕМЫМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ КЛИМАТА К СЕРЕДИНЕ ВЕКА¹

© 2023 г. Е. И. Парфенова^а, *, Н. М. Чебакова^а

^аИнститут леса им. В.Н.Сукачева ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия

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

Поступила в редакцию 04.03.2023 г.

После доработки 05.05.2023 г.

Принята к публикации 25.08.2023 г.

Горы Южной Сибири обладают огромным лесоресурсным потенциалом. За последние 20 лет появляется все больше территорий нарушенных лесов, пострадавших от пожаров, рубок и, как считают многие исследователи, текущей аридизации климата. В статье дается оценка влияния изменений климата на потенциальное перераспределение лесных высотно-поясных комплексов растительности (ВПК) в горах Южной Сибири и прилегающей Северной Монголии (в окне 48°–58° с.ш. и 80°–120° в.д.). Наши расчеты климатических показателей для середины XXI в. были основаны на результатах модели общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) Института вычислительной математики РАН (INM-CM5-0) и сценариев Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC, 2022): умеренного сценария ssp126 и жесткого ssp585. Прогнозные оценки изменения климатических показателей к 2050 г. составили: июльской температуры от 2 до 5°C, январской температуры от 1 до 4°C и годовых осадков от 50 до 125 мм в зависимости от сценария и региона в горах Южной Сибири и Северной Монголии. В соответствии с такими изменениями климата потенциальные ареалы основных ВПК могут претерпеть следующую трансформацию. Существенно уменьшатся площади тундр, субальпийского и подгольцового редколесья. Распространение горно-таежных светлохвойных и темнохвойных лесов уменьшится в 1.7 раза по умеренному сценарию и 2.3 раза по жесткому сценарию. Однако темнохвойные ВПК сохраняют общую площадь, поднимаясь в субальпийский ВПК. Потенциальное лесное пространство (включая экотоны лесотундры и лесостепи) изменится в незначительной степени: не изменится при мягком сценарии и сократится на 10% при жестком сценарии. Вдвое возрастет потенциальное пространство лесостепи, в которую трансформируются горно-таежные светлохвойные леса на своей нижней границе. Больше трети лесостепи будет соответствовать условиям распространения широколиственной лесостепи; также произойдет расширение степного и полупустынного поясов.

Ключевые слова: изменение климата, климатическая модель INM-CM5-0, умеренный сценарий ssp126, жесткий сценарий ssp585, биоклиматические модели, высотно-поясные комплексы растительности, темно- и светлохвойная тайга

DOI: 10.31857/S2587556623070129, **EDN:** ACDUUB

ВВЕДЕНИЕ

Проблема глобального изменения климата и его последствий для различных регионов Земли сохраняет актуальность уже полвека. Международная группа экспертов по изменениям климата (МГЭИК, IPCC) регулярно каждые пять лет выпускает аналитические доклады, начиная с 1990 г.:

First Assessment Report (AR1) of the IPCC (1990); SAR (1995): IS92 scenarios; TAR (2001): SRES scenarios; AR4 (2007): SRES scenarios; AR5 (2013); последний из которых AR6 вышел в августе 2021 г. (www.ipcc-data.org). В мире наблюдается появление новых климатических центров, новых моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) и новых сценариев социально-экономического развития общества. При этом для одних регионов Земли прогнозируется увеличение катастрофических природных явлений, повыше-

¹ Дополнительные материалы для этой статьи доступны по doi 10.31857/S2587556623070129 для авторизованных пользователей.

ние уровня мирового океана, опустынивание с последующими климатическими миграциями населения, хотя другие регионы могут получить климатические бонусы (МГЭИК, 2021).

Горы являются хорошим полигоном для исследования влияния текущих и прогнозируемых климатических изменений на структуру растительного покрова, поскольку изменения происходят на коротких расстояниях в сотни метров в сравнении с сотнями километров на равнинах. В азиатской части России, в Сибири, таким идеальным полигоном являются горы Южной Сибири (Гвоздецкий, Михайлов, 1987; Михайлов, 1961). Их базовый энергетический уровень находится в субаридной зоне степей, а западный атлантический перенос и достаточно высокие абсолютные высоты дают возможность реализации самого широкого спектра высотных поясов растительности — от полупустынь и степей межгорных котловин до тундрово-альпийского и нивального через большое разнообразие возможных типов лесной растительности (Типы ..., 1980). В Сибири влияние Атлантики снижается по мере продвижения с запада на восток, что способствует аридизации и обеднению набора высотно-поясных спектров растительности.

Именно на юге Сибири находятся два крупных, находящихся под охраной мирового сообщества, трансграничных региона — “Алтай–Золотые горы” и Байкальский регион, включающий объект Всемирного наследия — “Озеро Байкал”.

Горы Южной Сибири обладают огромным лесоресурсным потенциалом. Но на интерактивной карте (<https://www.globalforestwatch.org/map/country/RUS/>) за последние 20 лет появляется все больше “красных” территорий нарушенных лесов, подверженных пожарам и рубкам (Антанюшкина и др., 2016). В последние десятилетия в уникальных темнохвойных лесах гор Южной Сибири проявился еще один негативный феномен — массовое усыхание (Бажина и др., 2013; Сайгин и др., 2019; Чебакова и др., 2022; Tchepakova et al., 2022). Он породил лавину публикаций, в большинстве своем объясняющих причину усыхания лесов актуальными изменениями климата и аридизацией условий произрастания горных лесов (Воронин и др., 2019; Khaguk et al., 2017). Обзор литературы (Чебакова и др., 2022) показывает, что в усыхании темнохвойных лесов, возможно, реализуется синэнергетический эффект нескольких одновременно действующих абиотических и биотических факторов.

По мере появления моделей и сценариев изменения климата в научном сообществе появилось множество публикаций, прогнозирующих изменения ареалов отдельных видов растений и животных (Власенко и др., 2021; Исаев и др., 2019; Санданов и др., 2020; Huang et al., 2022; Petrenko et al.,

2022; и т.д.). Следует отметить, что этому способствовало как развитие инструментов моделирования (BIOCLIM, MaxEnt, Random Forest и т.п.), так и появление легкодоступных глобальных баз климатических данных для настоящего, прошлого и будущего (WorldClim). Однако в российской лесотиполого-географической традиции принято оценивать местообитания не только для отдельных видов, но и для сложных комплексных растительных сообществ (Поликарпов и др., 1986; Типы ..., 1980) — зонально-провинциальных (ЗПК) и высотно-поясных комплексов (ВПК). Поэтому центральными объектами нашей работы для гор Южной Сибири и Северной Монголии являются ВПК растительности.

В статье представлены прогнозные расчеты изменений растительного покрова гор Южной Сибири и Северной Монголии к середине XXI в. по модели общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) Института вычислительной математики РАН (INM-CM5-0) и двум сценариям Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC): умеренного сценария *ssp126* и жесткого *ssp585* с целью:

- определить диапазон прогнозируемых изменений климата для нашей территории в соответствии с МОЦАО отечественного климатического центра и крайними сценариями социально-экономического развития общества;

- спрогнозировать потенциальные изменения ареалов высотно-поясных комплексов растительности, используя наши биоклиматические модели.

МЕТОДЫ И ДАННЫЕ

Географическое положение. Наши расчеты и визуализации были проведены для окна с координатами 48°–58° с.ш. и 80°–120° в.д. (рис. 1). Северную часть окна занимает физико-географическая страна горы Южной Сибири (Гвоздецкий, Михайлов, 1987; Михайлов, 1961). Естественным продолжением гор Южной Сибири является физико-географическая страна Северная Монголия, включающая Монгольский Алтай, Хангай и Хэнтэй, которая имеет много общего с горами Южной Сибири (Власова и др., 2007). Северные и западные макросклоны ее горных систем покрыты лесом, хорошо выражена высотная поясность, лесные ландшафты представлены теми же самыми хвойными лесообразующими породами и соответствуют высотно-поясным спектрам умеренно и недостаточно влажных фаций гор Южной Сибири (Леса ..., 1978).

Обе горные страны расположены на мировом водоразделе между реками бассейнов Северного ледовитого и Тихого океанов и бессточными котловинами Центральной Азии. Их субширотная протяженность более 3 тыс. км, характеризуется

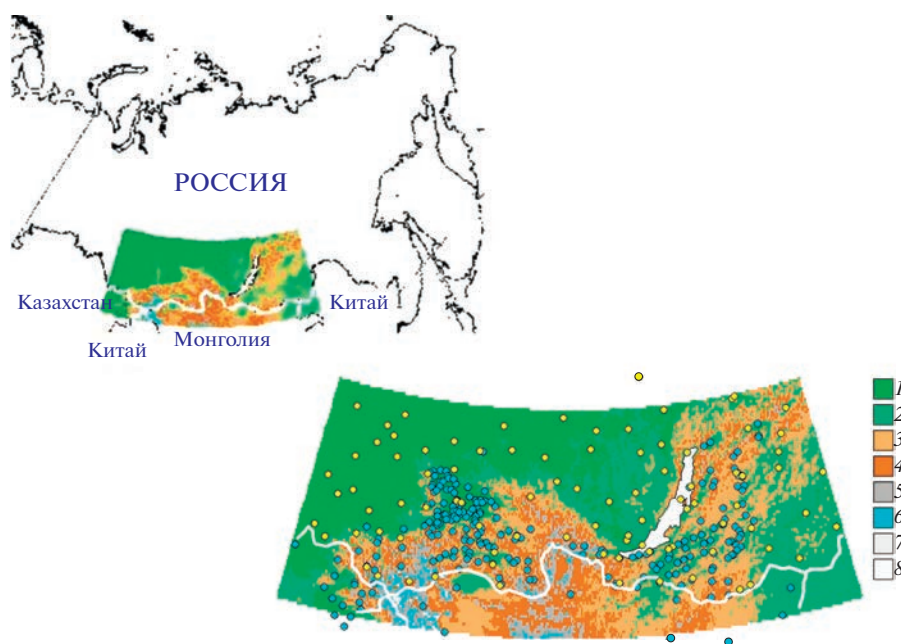


Рис. 1. Расположение гор Южной Сибири и Северной Монголии (окно 48°–58° с.ш. и 80°–120° в.д.) на картосхеме азиатской части России (слева) и их топография (справа). Кружками обозначены 280 метеостанций и постов, данные которых использованы в расчетах. Градация высот (м): 1 – <500; 2 – 500–1000; 3 – 1000–1500; 4 – 1500–2000; 5 – 2000–2500; 6 – 2500–3000; 7 – 3000–3500; 8 – >3500.

сложной орографией – абсолютные высоты достигают более 4 км (Табын-Богдо-Ула – 4653 м над ур. м.; Белуха – 4506 м над ур. м.).

Климат. Сложная орография создает большое разнообразие климатических условий. Климат гор Южной Сибири и Северной Монголии определяется как континентальный умеренно-холодный и обусловлен положением гор в широтной полосе 48°–58° с.ш. юга Средней Сибири в центре материка. В горных котловинах и с продвижением на восток степень континентальности растёт и климат оценивается как резко континентальный: годовая амплитуда температур воздуха достигает в котловинах Тувы и Забайкалья 60°C, а коэффициент континентальности по Конраду более 100 и 90 соответственно. В горах он уменьшается с высотой: наименьший, равный 60, наблюдается на западе региона в Кузнецком Алатау, 70 – в Восточном и Западном Саянах, до 80 на востоке региона – в Забайкалье (Леса ..., 1978; Поликарпов и др., 1986). Самые низкие январские температуры также отмечаются в котловинах до –38°C в Тувинской и Убсунурской котловинах, в котловине Больших Озер; самые высокие – до –10°C в районе Телецкого озера (ст. Яйлю). Самые высокие июльские температуры до 25°C регистрируются в степях Монголии и Тувы, самые низкие – в высокогорной тундре от 3°C. В летнее время происходит усиление циклонической деятельности. Наибольшее количество осадков выпадает на наветренных северо-западных склонах:

до 1500 мм/год в субальпийских высокогорьях Алтая, Кузнецкого Алатау, Западного Саяна и Хамар-Дабана. В связи с этим геоботаники Института леса СО РАН для экосистем таких местообитаний приняли термин “барьерно-дождевые леса” (Nazimova et al., 2014). На подветренных южных склонах и в замкнутых котловинах выпадает наименьшее количество осадков: от 80 до 200 мм/год, что при недостатке влаги для существования лесов обуславливает экспозиционную асимметрию ландшафтов. На подветренных склонах южных, юго-западных и юго-восточных экспозиций нижняя граница леса поднимается до отметок 1200 м, а иногда 1600 м, верхняя граница достигает 2200 м (Поликарпов и др., 1986). Аналогично распределяется количество зимних осадков в виде снежного покрова: от 5 см в котловинах подветренных южных склонов до 200 см в наветренных высокогорьях.

Особые условия складываются в Прибайкалье, которые формируются под влиянием массы вод оз. Байкал, оказывающей тепляющее влияние зимой и охлаждающее летом, что способствует удлинению безморозного периода. В Забайкалье влияние озера ослабевает, отмечается наибольшая повторяемость антициклонов, климат становится более континентальным, уменьшается количество осадков (Мячкова, 1983).

Климатические слои базового климата были созданы с помощью модулей *splina* и *lapgrd* программы ANUSPLIN путем сплайновой интерполяции (Hutchinson, 1995, 2011) данных метеостан-

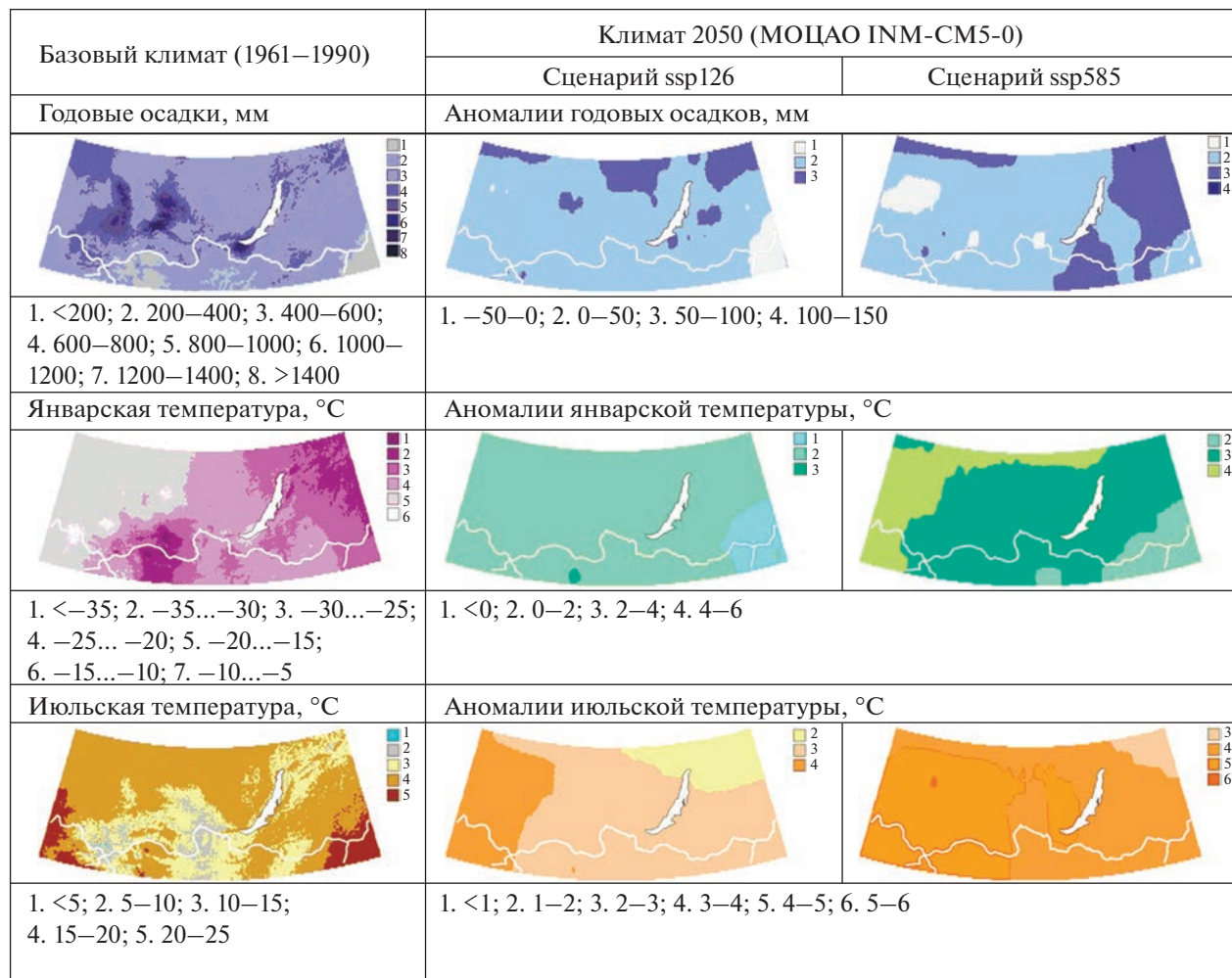


Рис. 2. Температуры января, июля, годовое количество осадков и их аномалии к 2050-м годам, рассчитанные по МОЦАО INM-CM5-0 (<http://www.ipcc-data.org>).

ций. В первых Обобщенных докладах МГЭИК (IPCC, 2007; www.ipcc-data.org), за базовый был принят период 1961–1990 гг. Следует отметить, что на сайте ВНИИМТИ-МЦД (www.meteo.ru), содержащем данные по станциям, входящим в систему ВМО (Всемирная метеорологическая организация), для нашего окна насчитывается только 89 станций, в то время как в Справочниках по климату СССР (1964–1974 гг.) можно найти: 180 для январской и июльской температуры и 280 для годовых осадков. Количество станций для получения качественной сплайновой интерполяции климатических показателей в сложном горном рельефе имеет решающее значение. Для всех станций ВМО, входящих в наше окно, сравнение для средних многолетних данных из Справочников и за базовый период с помощью t -критерия Стьюдента показало, что их показания различаются незначимо (см. Доп. материал 1). В связи с этим, сплайны для условно базового климата были получены, используя данные Справочников (рис. 2).

Как известно, метеостанции располагаются преимущественно в низкогорьях; в нашем наборе данных 46 станций расположено в среднегорьях (1000 м и более) и только 3 станций — в высокогорьях (на высоте более 2000 м). Заметим, что из 89 станций ВМО, попадающих в наше окно, только 40 станций расположены на высоте выше 500 м над ур. м. и только 9 выше 1000 м над ур. м.

По данным Справочников находили регрессионные зависимости для расчета климатических индексов, значимых для биоклиматического моделирования растительности: суммы градусо-дней за период с температурами выше 5°C (GDD_5) $\text{growing degree-days} > 5^{\circ}\text{C}$), который отличается от $\sum T_5$, сумм температур, накопленных за период с температурами выше 5°C , приведенных в Справочниках, на произведение: $(5^{\circ}\text{C} \times L)$, где L продолжительность периода с $t > 5^{\circ}\text{C}$; и DD_0 ($\text{degree-days} < 0^{\circ}\text{C}$). Показатели $\sum T_5$, L и DD_0 из Справочников, рассчитанные по единой методике, использовались

для нахождения регрессионных зависимостей между GDD_5 и средними температурами января и июля ($R^2 = 0.92$) и DD_0 и средней температурой января ($R^2 = 0.87$). По этим регрессиям затем рассчитывались прогнозные GDD_5 и DD_0 для различных сценариев для 2050-х годов, для которых средние месячные температуры являются аргументами (см. Доп. материал 1).

Слои будущего климата к 2050-м годам были построены по данным МОЦАО INM-CM5-0 Института вычислительной математики РАН (Володин, 2022), единственной российской МОЦАО, вошедшей в базу данных IPCC (CMIP6, 2021). Нами были взяты два крайних сценария: ssp126 (мягкий, предполагающий переход на зеленую энергетику) и ssp585 (жесткий, предполагающий использование ископаемого топлива). Аномалии климатических показателей были рассчитаны как разница между средними за период 2040–2060 гг. (2050-е годы) и средними базового климата (1961–1990 гг.) по данным — INM-CM5-0 и интерполированы в программе TerrSet для пикселя с размером 0.1° (около 10 км) (см. рис. 2). Температуры июля и января и годового количества осадков к 2050-м годам были рассчитаны путем сложения аномалий показателей с базовыми показателями за 1961–1990 гг. Подробнее расчет аномалий будущего климата описан в Доп. материале 2.

Затем карты трех метеозадающих элементов для базового климата и климата 2050-х годов пересчитывались в карты климатических индексов, которые мы используем в нашей биоклиматической модели: GDD_5 и DD_0 . Карта AMI (Annual Moisture Index), характеризующего режим увлажнения, рассчитывалась путем деления карты суммы градусо-дней за вегетационный период на карту годового количества осадков.

Растительность гор Южной Сибири и Северной Монголии. Взаимодействие западного переноса с орографией региона создает систему четырех групп лесорастительных районов, отличающихся режимом увлажнения и континентальности климата, который обуславливает различную структуру высотной поясности растительности. Группам районов соответствуют климатические фации горных лесов — единицы классификации лесных экосистем (Назимова и др., 1987; Поликарпов и др., 1986).

В первой избыточно-влажной фации доминируют темнохвойные пихтовые и кедрово-пихтовые леса. Во второй влажной — преобладают кедровые леса и светлохвойные лиственничные и сосново-лиственничные леса в низкогорьях. А в третьей умеренно-влажной — преобладают лиственничные леса в среднегорьях, кедровые в высокогорьях; и в четвертой недостаточно влажной — преобладают степи, а леса вытеснены в высокогорья

(1200–1600 м) из-за сухости климата (Поликарпов и др., 1986).

В биоклиматической модели горной растительности использованы единицы высокого (зонального) ранга — высотно-поясные комплексы растительности — классы ВПК (далее ВПК), диагностические фитоценоотические признаки и детальная классификация ВПК гор Южной Сибири дана в работах (Назимова и др., 1987; Поликарпов и др., 1986; Типы ..., 1980). В нашей биоклиматической модели выделяются десять классов ВПК, восемь из которых — в текущем климате: 1) горная тундра, 2) субальпийское темнохвойное редколесье (*Abies sibirica*, *Pinus sibirica* с *Picea obovata*), и подгольцовое светлохвойное редколесье (*Larix sibirica*), 3) темнохвойная (*A. sibirica*, *P. sibirica* с *P. obovata*), и 4) светлохвойная тайга (*L. sibirica*), 5) подтайга (*L. sibirica*, *Pinus sylvestris* и *Betula pendula*) и лесостепь, 6) темнохвойная черневая тайга (*A. sibirica*, *P. sibirica* и *Populus tremula*), 7) степь, сухая степь, 8) полупустыня/пустыня. Дополнительно к этим ВПК добавлены два класса умеренного климата, которые прогнозируются при потеплении: 9) широколиственный лес, 10) умеренная лесостепь.

Для моделирования распределений ВПК в текущем и будущем климате была использована модификация биоклиматической модели MontBioClim (Tchebakova et al., 2009), построенной ранее для Алтае-Саянского экорегиона (Парфенова, Чебакова, 1998; Monserud and Tchebakova, 1996) и Байкальского бассейна (Чебакова, Парфенова, 2000).

Модель MontBioClim является моделью конвертного типа, в которой границы между ВПК детерминируются тремя ортогональными климатическими индексами: 1) GDD_5 , характеризующей потребности растений в тепле; 2) DD_0 , характеризующей холодостойкость растений; и 3) годовым индексом увлажнения (Annual Moisture Index, AMI), представляющим отношение градусо-дней выше 5°C к годовому количеству осадков и характеризующим потребность растений во влаге или устойчивость к водному стрессу.

Климатические границы между ВПК были определены методом ординаций. Для 160 метеостанций, регистрирующих температуры, была составлена база данных, содержащая их климатические показатели и расчетные индексы. Этим же метеостанциям экспертным путем приписывалась принадлежность к определенному ВПК (Типы ..., 1980; Назимова и др., 1981). Затем для каждого ВПК определялись его граничные (минимальные и максимальные) значения в климатическом пространстве указанных климатических индексов GDD_5 , DD_0 и AMI и их 5 и 95 процентиля, как рекомендуется для конвертных моделей типа BIOCLIM (Олонова, Гудкова, 2017; Booth et al.,

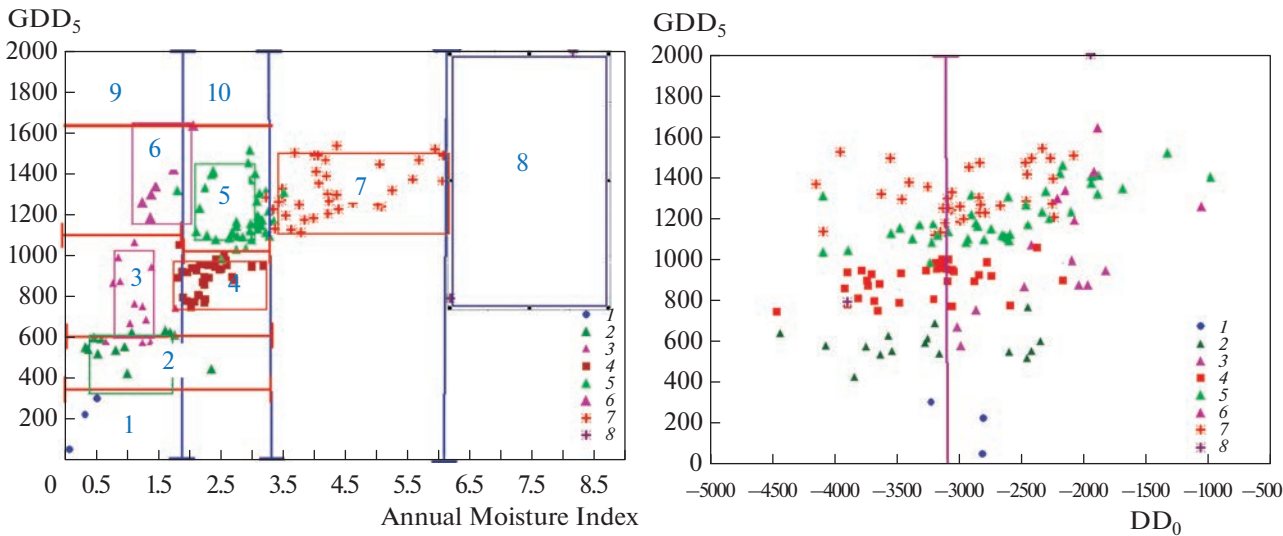


Рис. 3. Ординация высотных поясов растительности в пространстве климатических факторов: (слева) сумм градусо-дней выше 5°C, GDD₅, и годового индекса увлажнения, AMI; и (справа) сумм градусо-дней выше 5°C, GDD₅, и сумм отрицательных температур GDD₀, детерминирующих их границы в горах Южной Сибири. 1 – горная тундра, 2 – субальпийское и подгольцовое редколесье, 3 – темнохвойная тайга, 4 – светлехвойная горная тайга, 5 – подтайга и лесостепь, 6 – темнохвойная черневая тайга, 7 – степь, 8 – сухая степь, полупустыня/пустыня, 9 – широколиственный лес, 10 – умеренная лесостепь.



Рис. 4. Распределение высотно-поясных комплексов растительности в горах Южной Сибири: 1 – горная тундра, 2 – субальпийское и подгольцовое редколесье, 3 – темнохвойная горная тайга, 4 – светлехвойная горная тайга, 5 – подтайга и лесостепь, 6 – темнохвойная черневая тайга, 7 – степь, 8 – сухая степь, полупустыня/пустыня, 9 – широколиственный лес, 10 – умеренная лесостепь.

2014) во избежание случайных выбросов. Затем в осях факторов по граничным значениям строились прямоугольные “конверты” климатических ниш ВПК (рис. 3).

Далее по построенным слоям основных метео-элементов (см. рис. 2, левый столбец) рассчитывались слои климатических индексов в современном климате. Сопряжением слоев климатических индексов с границами ВПК (см. рис. 3), было получено современное распределение ВПК в горах Южной Сибири (рис. 4). Для отдельных регионов такие модельные карты были сравнены нами с актуальными картами ВПК горной растительности (см. Доп. материал 3).

Аналогичным методом сопряжения MontBioCliM со слоями климатических индексов

в 2050-х годах было смоделировано возможное распределение ВПК в будущем (см. рис. 4).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты наших вычислений можно подразделить на два блока.

1. *Изменение климата на территории гор Южной Сибири к 2050 г.* По сценариям ssp126 и ssp585 МОЦАО INM-CM5-0 к середине текущего века прогнозируется летнее потепление на 3–4°C по умеренному и на 4–5°C по жесткому сценарию; соответственно зимнее потепление составит от 0–2°C и до 2–4°C. Аномалии годовых осадков по всей территории гор Южной Сибири также будут

Таблица 1. Площадь высотно-поясных комплексов растительности гор Южной Сибири в современном климате и при изменении климата к 2050-м годам (в соответствии со сценариями ssp126 и ssp585), %

Высотно-поясный комплекс растительности	Современный климат	Сценарий ssp126	Сценарий ssp585
Горная тундра	6.9	0.9	0.2
Субальпийское и подгольцовое редколесье	9.0	3.6	1.4
Темнохвойная тайга	11.7	9.7	8.7
Светлохвойная тайга	26.9	9.9	4.7
Черневая тайга	3.0	4.5	4.9
Лесостепь бореальная	25.8	32.2	26.5
Степь	11.0	15.5	24.2
Полупустыня	5.5	9.0	9.3
Широколиственный лес	0.0	0.2	0.6
Лесостепь умеренная	0.0	14.3	18.8
ВСЕГО	100.0	100.0	100.0

положительными и составят: от 50 до 125 мм (см. рис. 2).

2. *Возможные изменения распределения ВПК в горах Южной Сибири при модельных прогнозах изменения климата.*

При сопряжении нашей биоклиматической модели горной растительности MontBioClim с слоями трех климатических индексов были получены распределения высотных поясов в базовом (см. рис. 4а) и модельном климате 2050-х годов, который был спрогнозирован по климатической модели INM-CM5-0 (<http://www.ipcc-data.org>) в соответствии со сценариями ssp126 (см. рис. 4б) и ssp585 (см. рис. 4в). Изменение площадей высотных поясов к 2050-м годам, приведено в табл. 1.

При потеплении климата очевидны существенные сдвиги высотных поясов и их площадей для всего региона (см. рис. 4, табл. 1). В современном климате нелесные экосистемы — тундры и степи занимают около 1/4 площади гор Южной Сибири и, соответственно, 3/4 занимают леса (с учетом субальпийских и лесостепных редколесий). При потеплении климата тундра почти исчезнет, и ее местообитания могут занять субальпийско-подгольцовые леса. Но и их площади уменьшатся в 2.5 раза по мягкому сценарию и или они почти исчезнут по жесткому сценарию. Большую часть сомкнутых горно-таежных лесов составляют светлохвойные леса (27%) и существенно меньшую — темнохвойные леса (15%). Светлохвойная тайга перейдет в лесостепь бореальную, а последняя — в лесостепь умеренную.

Появятся условия для произрастания хвойно-широколиственных лесов неморального облика, которых сегодня не существует, за исключением рефугиума липы сибирской площадью 5000 га в подножьях Кузнецкого Алатау. Площадь этих лесов будет сопоставима с площадями исчезающих субальпийско-подгольцовых редколесий. Иде-

альные условия создадутся для лесостепи: вместе с бореальной широколиственной лесостепью составит 45% территории в то время, как сегодня ее площадь только 26%.

Таким образом, потепление в середине века приведет к значительному сокращению холодных ВПК — горных тундр и субальпийского и подгольцового редколесий. Темнохвойная тайга частью перейдет в черневую на своей нижней границе, а, в свою очередь, в нижней части черневой тайги создадутся условия для появления элементов широколиственных лесов.

Аридизация климата приведет к существенно увеличению засушливых ВПК: площади степей и полупустынь увеличатся 1.5–2 раза при разных сценариях. При этом основная часть засушливых ВПК как в настоящее время, так и в будущем, останется на территории Северной Монголии.

ОБСУЖДЕНИЕ

Биоклиматическое моделирование лесной растительности в горах Южной Сибири на основе климатических ординаций высотных поясов началось с конца 1950-х годов в работах (Назимова, 1975; Назимова и др., 1981; Поликарпов и др., 1986; Преображенский и др., 1959) и продолжается в настоящее время в виде прогнозного биоклиматического моделирования (Tshebakova et al., 2009; и др.).

В настоящее время происходит всплеск исследований по моделированию экологической ниши вида, распределения видов, но работ, посвященных моделированию сложных сообществ, какими являются ВПК, немного. В работе (Zischg et al., 2021) авторы используют аналогичный алгоритм для моделирования перемещения высотных поясов растительности в одном регионе Швейцар-

ских Альп под воздействием изменений климата. Сначала определяются климатические индексы категорий растительности с последующим моделированием потенциальных ареалов этих категорий в прогнозируемом климате.

В данной работе мы использовали два сценария изменения климата: мягкий сценарий ssp126 (green economics) и жесткий сценарий ssp585 (business-as-usual) Института вычислительной математики РАН (Володин, 2022). В мягком сценарии мир представлен быстрым ростом населения, но с быстрым развитием экономики, ориентированной на информационные технологии, на сокращение материалоемкости и внедрения чистых и ресурсно-эффективных технологий с акцентом на глобальные решения проблем экономической, социальной и экологической устойчивости. В соответствии с жестким сценарием происходит быстрый рост населения, но экономическое развитие ориентировано на регионы, экономический рост и технический прогресс носит разобщенный и медленный характер и происходит на основе использования ископаемого топлива. Российская МОЦАО INM-CM5-0, как отмечается ее авторами (Володин, 2022), является умеренно чувствительной к увеличению концентрации CO₂ и приводит к умеренным величинам аномалий основных метеоэлементов на нашей территории. Следствием этого является не очень большие различия аномалий по этим крайним сценариям.

При моделировании пространственного распределения видов и сообществ всегда возникает проблема сравнения с эталонами, полученными независимым путем, например, использовать для этой цели данные дистанционного зондирования (*Landsat*, *Sentinel*), однако это нетривиальная задача — дешифровать высотно-поясные комплексы растительности. Этому можно найти объяснение. Виды лесообразующих пород — это реально существующие объекты, имеющие четкую идентификацию; в то время как ВПК — это идеализированные сложные объекты, не имеющие четких границ. На профиле, рассмотренном в статье (Назимова и др., 2020), при одних и тех же лесообразующих породах (кедр, пихта) по высотному профилю идет смена трех ВПК: черногого, горно-таежного и субальпийского, различающихся продуктивностью и флористическим составом напочвенного покрова, которые не идентифицируются на снимках. При этом следует отметить, что, если верхнюю границу леса можно считать климатогенной, то нижняя граница является продуктом антропогенного воздействия.

В Доп. материале 3 мы сравнили с помощью каппа-статистики (Tchebakova et al., 2009) распределение ВПК, полученное по конвертной модели, с распределением ВПК, полученным нами с помощью программы MaxEnt. Сравнение каждой

пары ВПК на картах показали в целом удовлетворительное соответствие (каппа более 0.4), а для тундры, светлохвойной тайги и степи — хорошее и отличное. Но для темнохвойной и черновой тайги результаты оказались неудовлетворительными, что требует дополнительного анализа причин.

Используемая здесь МОЦАО и ее сценарии не дают значительной аридизации климата и не показывают существенного риска для лесных, и в частности темнохвойных ВПК. В результате, лесное пространство (с учетом экотон лесотундры и лесостепи) изменится не так сильно: от 76.4% в современном климате до 74.4 и 65.6% для ssp126 и ssp585 сценариев соответственно. Но вдвое сократятся площади сомкнутого горно-таежного леса. Потенциальные смещения верхней и нижней границы леса могут достигать сотни метров. Смягчение зимних температур и общее повышение теплоресурсов дают возможность неморальным элементам рефугиумов субнеморальных лесов обогатить лесную флору. Из существующих в настоящее время в регионе флористических элементов широколиственных лесов можно упомянуть липу сибирскую и виды напочвенного покрова: копытень европейский, бруннера сибирская, ясменник душистый, сныть обыкновенная, ветреница байкальская, папоротник Брауна и др. (Назимова и др., 1987).

При общем благоприятном климатическом потенциале для стабильного существования горных лесов региона к середине века, следует отметить, что любая степень аридизации климата увеличивает вероятность пожаров на нижней границе леса, определяемой засушливостью климата. При увеличении повторяемости пожаров и сокращении интервалов между ними возобновления леса не будет, а, значит, граница леса будет отступать вверх в горы, и в итоге лес будет замещаться степью.

Следует коснуться вопроса о широко распространенных в настоящее время моделях, применяемых в определении потенциальных и прогнозных ареалов видов (Олонова, Гудкова, 2017). Как правило, в качестве климатических слоев при таком моделировании берутся данные климатической базы WorldClim (Hijmans et al., 2005). При этом авторы не учитывают, что база WorldClim была создана для установления биоклиматических закономерностей именно на глобальном уровне, а применение таких биоклиматических индексов как BIO3 — isothermality, BIO4 — seasonality и т.п. (Huang et al., 2022) не имеет смысла на региональном уровне, характеризуемом существенно меньшей вариабельностью климатических условий. Также совершенно неоправданно использование всех 19 климатических показателей из WorldClim. В работе (Назимова и др., 1981) показано, что “избыток признаков климата не

улучшает качества деления на классы растительности". Многие авторы считают достоинством этой базы климатические слои детального разрешения (от 10' до 30''), но такое разрешение является результатом формальной интерполяции и не дает желаемой точности, если в регионе находится малое количество метеостанций, как, например, в горах или на отдаленных территориях. Более того, в WorldClim для интерполяции климатических слоев используются далеко не все региональные станции, так как Российская служба Росгидромет передает в ВМО данные только трети российских станций. Для региональных исследований мы рекомендуем использовать данные всех метеостанций исследуемого региона и на их основе самостоятельно проводить интерполяцию данных для получения климатических слоев детального разрешения, используя, например, пакет ANUSPLIN (Hutchinson, 2011).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе рассмотрены возможные последствия изменения климата для перераспределения высотных поясов растительности в крупном регионе гор Южной Сибири и Северной Монголии. Горная растительность представлена широким спектром типов растительности бореального и умеренного климатических поясов: фрагментами пустынь, степью, лесом различной структуры и продуктивности, тундрой и нивальным поясом. Основное внимание было уделено лесной растительности.

Для характеристики изменения климата к середине века (2040–2060 гг.) были использованы прогнозные проекции отечественной модели циркуляции атмосферы и океана INM-CM5-0 Института вычислительной математики РАН и два крайних сценария развития мирового сообщества мягкий — ssp126 и жесткий — ssp585, разработанные МГЭИК (IPCC). Как отмечается авторами климатической модели INM-CM5-0, она является не очень чувствительной к удвоению концентрации CO₂, поэтому прогнозные аномалии температур и осадков не выглядят экстремальными даже по жесткому сценарию ssp585. Эта модель прогнозирует повышение как тепло-ресурсов, так и влагоресурсов в регионе, однако не пропорциональное, что ведет к умеренной аридизации и расширению вдвое степей и полупустынь, основные ареалы которых находятся на территории Северной Монголии.

Вдвое также возрастет потенциальная площадь лесостепи, в которую трансформируются горно-таежные светлостойные леса. Потенциальное лесное пространство (включая экотоны лесотундры и лесостепи) изменится в незначительной степени: не изменится при мягком сценарии и сократится на 10% при жестком сценарии.

Естественным результатом потепления климата в регионе будет замещение лесотундры таежными лесами. Также расширится пояс черневых лесов за счет темнохвойных горно-таежных. Более теплая часть современных черневых лесов будет соответствовать хвойно-широколиственным лесам Европейской территории России по параметрам теплообеспеченности и умеренности климата, что способствует расширению ареалов неморальных элементов, например, липы, реликтовых растений напочвенного покрова.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках базового проекта № 0287-2021-0008.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают искреннюю благодарность четырём рецензентам за их кропотливую работу с рукописью, которая помогла прояснить многие дискуссионные моменты, чем существенно улучшила нашу работу.

FUNDING

The study is supported by the Basic project no. 0287-2021-0008.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors express their sincere gratitude to four reviewers for their thorough work with our manuscript, which helped us to clear many debatable issues that significantly improved our manuscript.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Антамошкина О., Брюханов А., Трофимова Н. Малонарушенные лесные территории в Алтае-Саянском экорегионе: анализ ситуации и возможности сохранения // Устойчивое лесопользование. 2016. № 2 (46). С. 39–45. <https://wwf.ru/resources/publications/periodicals/zhurnal-ustoychivoe-lesopolzovanie/ustoychivoe-lesopolzovanie-2-46-2016> (дата обращения 05.03.2023).
- Бажина Е.В., Сторожев В.П., Третьякова И.Н. Усыхание пихтово-кедровых лесов Кузнецкого Алатау в условиях техногенного загрязнения // Лесоведение. 2013. № 2. С. 15–21.
- Власенко В.А., Турмух Д., Назын Ч.Д., Власенко А.В. Моделирование ниши и особенности распространения копробионтных грибов в Азии на примере *Syathus stercoratus* // Самарский науч. вестн. 2021. Т. 10. № 3. С. 41–46.
- Володин Е.М. Вероятные изменения климата в XXI веке на территории России по данным модели климата INM-CM5-0 // Метеорология и гидрология. 2022. № 5. С. 5–13.
- Воронин В.И., Софронов А.П., Морозова Т.И., Осолков В.А., Суховольский В.Г., Ковалёв А.В. Ланд-

- шафтная приуроченность бактериальных болезней темнохвойных лесов хребта Хамар-Дабан (Южное Прибайкалье) // География и природные ресурсы. 2019. № 4. С. 56–65.
[https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2019-4\(56-65\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2019-4(56-65))
- Гвоздецкий Н.А., Михайлов Н.И. Физическая география СССР: Азиатская часть. Изд. 4, испр. и доп. 1987. 448 с.
- Исаев А.П., Борисов Б.З., Никифорова Е.Н. Биоклиматическое моделирование ареала сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в Якутии // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2019. Т. 24. № 3. С. 121–133.
<https://doi.org/10.31242/2618-9712-2019-24-3-11>
- Ландшафтная карта СССР: М-6 1 : 4000000 / под ред. А.Г. Исаченко. М.: ГУГК, 1988.
- Леса Монгольской Народной Республики (география и типология) / ред. Е.М. Лавренко, В.Е. Соколов. М.: Наука, 1978. 128 с.
- МГЭИК, 2021: Резюме для политиков. Изменение климата, 2021 год: Физическая научная основа. Вклад Рабочей группы I в Шестой оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата / ред В. Массон-Дельмонт, М.П. Чжай, А. Пирани, С.Л. Коннорс, К. Пеан, С. Бергер, Н. Кауд, Ю. Чэнь, Л. Голдфарб, М.И. Гомис, М. Хуан, К. Лейтцелл, Э. Лонной, Дж.Б.Р. Мэтьюз, Т.К. Мэйкок, Т. Уотерфилд, О. Йелекчи, Р.Ю. и Б. Чжоу. Cambridge; New York: Cambridge Univ. Press, 2021. С. 3–32.
<https://doi.org/10.1017/9781009157896.001> (дата обращения 24.04.2023)
- Михайлов Н.И. Горы Южной Сибири. 1961. 238 с.
- Мячкова Н.А. Климат СССР. М.: Изд-во МГУ, 1983. 192 с.
- Назимова Д.И., Коротков И.А., Чередникова Ю.С. Основные высотно-поясные подразделения лесного покрова в горах Южной Сибири и их диагностические признаки / Чтения памяти академика В.Н. Сукачева. V. Структура и функционирование лесных биогеоценозов Сибири. М.: Наука, 1987. С. 30–64.
- Назимова Д.И., Молокова Н.И., Джансеитов К.К. Высотная поясность и климат в горах Южной Сибири // География и природные ресурсы. 1981. № 2. С. 68–78.
- Назимова Д.И., Пономарев Е.И., Коновалова М.Е. Роль высотно-поясной основы и дистанционных данных в задачах устойчивого управления горными лесами // Лесоведение. 2020. № 1. С. 3–16.
- Олонова М.В., Гудкова П.Д. Биоклиматическое моделирование: задания для практической работы и методические указания к их выполнению. Томск: Изд. Дом Томск. гос. ун-та, 2017. 50 с.
- Парфенова Е.И., Чебакова Н.М. Возможные изменения растительности Горного Алтая при потеплении климата и построение прогнозных карт // Геоботаническое картографирование 1998–2000. СПб.: БИН РАН, 2000. С. 26–31.
- Парфенова Е.И., Чебакова Н.М. Биоклиматические модели коренных лесов гор Южной Сибири // Лесоведение. 2009. № 5. С. 34–42.
- Поликарпов Н.П., Чебакова Н.М., Назимова Д.И. Климат и горные леса Южной Сибири. Новосибирск: Наука, 1986. 225 с.
- Преображенский В.С., Фадеева Н.В., Мухина Л.И., Томилов Г.М. Типы местности и природное районирование Бурятской АССР. М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1959. 218 с.
- Сайгин И.А., Барталев С.А., Стыценко Ф.В. Метод детектирования долгосрочных усыханий темнохвойных лесов России на основе спутниковых данных: матер. 17-й Всерос. открытой конф. “Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса”. М.: ИКИ РАН, 2019. [http://conf.rse.geosmis.ru/files/pdf/17/7902_IKI_konf2019_3\(2\)\(1\)_1.pdf](http://conf.rse.geosmis.ru/files/pdf/17/7902_IKI_konf2019_3(2)(1)_1.pdf) (дата обращения 05.03.2023).
- Самойлова Г.С. Ландшафтная карта Алтае-Саянского экорегиона. М-6 1 : 200 000. М.: ИГЕМ РАН, 2001.
- Санданов Д.В., Дугарова А.С., Селютин И.Ю. Моделирование распространения видов секции *Xerobia* Bunge рода *Oxytropis* DC. на территории Центральной Азии при климатических изменениях в прошлом и будущем // Вестн. Томск. Гос. ун-та. Биология. 2020. № 52. С. 85–104.
- Справочник по климату СССР. Вып. 17, 20–24. Ч. 1–4. Ленинград: Гидрометеиздат, 1967–1970. <http://www.pogodaiklimat.ru; www.meteo.ru> (дата обращения 05.03.2023).
- Типы лесов гор Южной Сибири / ред. В.Н. Смагин. Новосибирск: Наука, 1980. 336 с.
- Чебакова Н.М., Парфенова Е.И. Перераспределение растительности в бассейне озера Байкал при возможном потеплении климата // География и природные ресурсы. 2000. № 1. С. 64–68.
- Чебакова Н.М., Бажина Е.В., Парфенова Е.И., Сенашова В.А. В поисках фактора “икс”: обзор публикаций по проблеме усыхания темнохвойных лесов Северной Евразии // Метеорология и гидрология. 2022. № 5. С. 123–140.
- Booth T.H., Nix H.A., Busby J.R., Hutchinson M.F. BIOCLIM: the first species distribution modelling package, its early applications and relevance to most current MAXENT studies // Diversity and Distributions, (Diversity Distrib.). 2014. № 20. P. 1–9.
<https://doi.org/10.1111/ddi.12144>
- Elith J., Phillips S.J., Hastie T., Dudik M., Chee Y.E., Yates C.J. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists // Diversity and Distributions. 2011. № 17. P. 43–57.
- Hijmans R.J., Cameron S.E., Parra J.L., Jones P.G., Jarvis A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas // Int. J. Climatology. 2005. № 25. P. 1965–1978.
- Huang B., Mao J., Zhao Y., Sun Y., Cao Y., Xiong Z. Similar Pattern of Potential Distribution of *Pinus yunnanensis* Franch and *Tomicus yunnanensis* Kirkendall under Climate Change in China // Forests. 2022. № 13. P. 1379.
<https://doi.org/10.3390/f13091379>
- Hutchinson M.F. Interpolating mean rainfall using thin plate smoothing splines // Int. J. Geographical Information Systems. 1995. № 9. P. 385–403.
- Hutchinson M.F. ANUSPLIN ver. 4.3. 2011. Centre for Resource and Environmental Studies, Australian Nation-

- al University. <http://fennerschool.anu.edu.au/research/products/anusplin> (accessed 05.03.2023).
- Kharuk V.I., Im S.T., Petrov I.A., Golyukov A.S., Ranson K.J., Yagunov M.N. Climate-induced mortality of Siberian pine and fir in the Lake Baikal Watershed, Siberia // *Forest Ecology and Management*. 2017. № 384. P. 191–199. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.10.050>
- Monserud R.A., Tchebakova N.M. A vegetation model for the Sayan Mountains, Southern Siberia // *Canadian J. Forest Res.* 1996. № 26. P. 1055–1068.
- Nazimova D.I., Danilina D.M., Stepanov N.V. Biodiversity of Rain-Barrier Forest Ecosystems of the Sayan Mountains // *Botanica Pacifica*. 2014. Vol. 3. № 1. P. 39–47. http://botsad.ru/media/aux/bp/BP_2014_3_1_nazimova.pdf
- Petrenko T.Y., Korznikov K.A., Kislov D.E., Belyaeva N.G., Krestov P.V. Modeling of cold-temperate tree *Pinus koraiensis* (Pinaceae) distribution in the Asia-Pacific region: Climate change impact // *Forest Ecosystems*. 2022. № 9. Art. 100015. <https://doi.org/10.1016/j.fecs.2022.100015>
- Tchebakova N.M., Blyakharchuk T.A., Parfenova E.I. Reconstruction and prediction of climate and vegetation change in the Holocene in the Altai-Sayan Mts, Central Asia // *Environ. Res. Let.* 2009. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/4/4/045025>
- Tchebakova N.M., Parfenova E.I., Korets M.A., Conard S.G. Potential change in forest types and stand heights in central Siberia in a warming climate // *Environ. Res. Let.* 2016. № 11. Art. 03501. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/3/035016>
- Tchebakova N.M., Parfenova E.I., Bazhina E.V., Soja A.J., Groisman P.Ya. Droughts Are Not the Likely Primary Cause for *Abies sibirica* and *Pinus sibirica* Forest Dieback in the South Siberian Mountains // *Forests*. 2022. Vol. 13. № 8. Art. 1378. <https://doi.org/10.3390/f13091378>
- Zischg A.P., Frehner M., Gubelmann P., Augustin S., Brang P., Huber B. Participatory modelling of upward shifts of altitudinal vegetation belts for assessing site type transformation in Swiss forests due to climate change // *Applied Vegetation Science*. 2021. № 24. Art. e12621. <https://doi.org/10.1111/avsc.12621>

Potential Forest Distribution over the South Siberian and North Mongolian Mountains Related to Predicted Climate Change by the Midcentury

E. I. Parfenova^{1,*} and N. M. Tchebakova¹

¹*Sukachev Institute of Forests FRC KSC SB RAS, Krasnoyarsk, Russia*

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

The South Siberian and North Mongolian Mountains have enormous forests potential; however, more and more territories of forests disturbed by cutting and fire appeared during the late twenty years. One more negative phenomenon has been observed in unique dark-needle forests across the South Siberian Mountains: massive dieback of dark-needled forests that was related to climate aridization by many researchers. Our goal was to study predicted climate change impacts on the montane vegetation (altitudinal vegetation belts, AVB) transformation in a changing climate across the South Siberian and North Mongolian Mountains (window 48°–58° N and 80°–120° E). We based on outputs of the general circulation model the of the Computing Mathematics Institute, RAS (INM-CM5-0) and recent climate change scenarios (IPCC 2022) at 2050: the moderate ssp126 and extreme ssp585. Predictions of climate anomalies at 2050 were July temperatures 2–5°C, January temperature 1–4°C and annual precipitation 50–125 mm. According to this climate change, potential AVB may undergo transformation as follows: tundra, subalpine and “podgolets” open forest (under bare uplands) would significantly shrink; montane taiga would shrink 1.7-fold from the moderate scenario and 2.3-fold from the extreme scenario. Dark-needled AVB would remain on the same areas at the expense of subalpine AVB. Potential forest space including forest-tundra and forest-steppe ecotones would change insignificantly: would not change under the moderate scenario and would 10% decrease under the extreme scenario. Forest-steppe AVB would twice increase at the expense of light-needled AVB. One third of forest-steppe would favor broad-leaved forest-steppe. Steppe and semidesert would extend.

Keywords: climate change, global circulation model INM-CM5-0, moderate scenario ssp126, extreme scenario ssp585, bioclimatic models, vegetation altitudinal belts, dark- and light-needled taiga

REFERENCES

- Antamoshkina O., Bryukhanov A., Trofimova N. Intact Forest areas in the Altai-Sayan ecoregion. *Ustoichivoe Lesopol.*, 2016, vol. 46, no. 2, pp. 39–45. (In Russ.).
- Bazhina E.V., Storozhev V.P., Tret'yakova I.N. Dieback of fir-siberian stone pine forests under technogenic pollution in the Kuznetsky Alatau mountains. *Lesoved.*, 2013, no. 2, pp. 15–21. (In Russ.).
- Booth T.H., Nix H.A., Busby J.R., Hutchinson M.F. BIOCLIM: the first species distribution modelling package, its early applications and relevance to most current MAXENT studies. *Divers. Distrib.*, 2014, no. 20, pp. 1–9. <https://doi.org/10.1111/ddi.12144>
- Elith J., Phillips S.J., Hastie T., Dudik M., Chee Y.E., Yates C.J. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Divers. Distrib.*, 2011, no. 17, pp. 43–57.

- Gvozdet'skii N.A., Mikhailov N.I. *Fizicheskaya Geografiya SSSR: Aziatskaya Chast'* [Physical Geography of the USSR: Asian Part]. Moscow: Vysshaya Shkola Publ., 1987. 448 p.
- Hijmans R.J., Cameron S.E., Parra J.L., Jones P.G., Jarvis A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int. J. Climatol.*, 2005, no. 25, pp. 1965–1978.
<https://doi.org/10.1002/joc.1276>
- Huang B., Mao J., Zhao Y., Sun Y., Cao Y., Xiong Z. Similar Pattern of Potential Distribution of *Pinus yunnanensis* Franch and *Tomicus yunnanensis* Kirkendall under Climate Change in China. *Forests*, 2022, no. 13, art. 1379.
<https://doi.org/10.3390/f13091379>
- Hutchinson M.F. Interpolating mean rainfall using thin plate smoothing splines. *Int. J. Geogr. Inf. Syst.*, 1995, no. 9, pp. 385–403.
- Hutchinson M.F. ANUSPLIN version 4.3, 2011. Centre for Resource and Environmental Studies, Australian National University. Available at: <http://fenner-school.anu.edu.au/research/products/anusplin> (accessed: 05.03.2023).
- IPCC, 2021. *Summary for Policymakers. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Masson-Delmotte V., Zhai P., Pirani A., Connors S.L., Péan C., Berger S., Caud N., Chen Y., Goldfarb L., Gomis M.I., Huang M., Leitzell K., Lonnoy E., Matthews J.B.R., Maycock T.K., Waterfield T., Yelekçi O., Yu R., Zhou B., Eds. Cambridge; New York: CUP, 2021, pp. 3–32.
<https://doi.org/10.1017/9781009157896.001>
- Isaev A.P., Borisov B.Z., Nikiforova E.N. Bioclimatic modeling of the distribution of Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) in Yakutia. *Prir. Resur. Arkt. Subarkt.*, 2019, vol. 24, no. 3, pp. 121–133. (In Russ.).
<https://doi.org/10.31242/2618-9712-2019-24-3-11>
- Kharuk V.I., Im S.T., Petrov I.A., Golyukov A.S., Ranson K.J., Yagunov M.N. Climate-induced mortality of Siberian pine and fir in the Lake Baikal Watershed, Siberia. *For. Ecol. Manag.*, 2017, no. 384, pp. 191–199.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.10.050>
- Landshaftnaya karta SSSR: Masshtab 1 : 4000000* [Landscape Map of the USSR: 1 : 4000000]. Isachenko A.G., Ed. Moscow: GUGK Publ., 1988.
- Lesa Mongol'skoi narodnoi Respubliki: geografiya i tipologiya* [Forests of Mongolian People Republic: Geography and Typology]. Lavrenko E.M., Sokolov V.E., Eds. Moscow: Nauka Publ., 1978. 128 p.
- Mikhailov N.I. *Gory Yuzhnoi Sibiri* [Mountains of the Southern Siberia]. Moscow: Geografiz Publ., 1961. 238 p.
- Monserud R.A., Tchebakova N.M. A Vegetation model for the Sayan Mountains, Southern Siberia. *Can. J. For. Res.*, 1996, no. 26, pp. 1055–1068.
- Myachkova N.A. *Klimat SSSR* [Climate of the USSR]. Moscow: Mosk. Univ. Publ., 1983. 192 p.
- Nazimova D.I., Molokova N.I., Dzhansaitov K.K. Altitudinal belts and climate in the Southern Siberia mountains. *Geogr. Prir. Resur.*, 1981, no. 2, pp. 68–78. (In Russ.).
- Nazimova D.I., Danilina D.M., Stepanov N.V. Biodiversity of Rain-Barrier Forest Ecosystems of the Sayan Mountains. *Botanica Pacifica*, 2014, vol. 3, no. 1, pp. 39–47.
- Nazimova D.I., Korotkov I.A., Cherednikova Y.S. Basic Forest altitudinal subdivisions of the forest cover in the South Siberian mountains and their diagnostic signs. In *Chteniya pamyati akademika V.N. Sukacheva. V. Struktura i funktsionirovanie lesnykh biogeotsenozov Sibiri* [Readings in Memory of Academician V.N. Sukachev. V. Structure and Functioning of Siberian Forest Biogeocenoses]. Moscow: Nauka Publ., 1987, pp. 30–64. (In Russ.).
- Nazimova D.I., Ponomarev E.I., Konovalova M.E. A role of the altitudinal-belt basis and remote sensing data in the sustainable management of the mountain forests. *Lesoved.*, 2020, no. 1, pp. 3–16. (In Russ.).
- Olonova M.V., Gudkova P.D. *Bioklimaticheskoe modelirovanie: zadaniya dlya prakticheskoi raboty i metodicheskie ukazaniya k ikh vypolneniyu* [Bioclimatic Modeling: Tasks for Practical Exercises and Methodological Instructions]. Tomsk: Izd. Tomsk. Gos. Univ., 2017. 50 p.
- Parfenova E.I., Tchebakova N.M. Possible vegetation change in the Mountain Altai under climate warming and prognostic mapping. In *Geobotanicheskoe kartografirovanie 1998–2000 gg.* [Geobotanical Mapping in 1998–2000]. St. Petersburg: BIN RAN, 2000, pp. 26–31. (In Russ.).
- Parfenova E.I., Tchebakova N.M. Bioclimatic models of primary mountain forests in Southern Siberia. *Lesoved.*, 2009, no. 5, pp. 34–42. (In Russ.).
- Petrenko T.Y., Korznikov K.A., Kislov D.E., Belyaeva N.G., Krestov P.V. Modeling of cold-temperate tree *Pinus koraiensis* (Pinaceae) distribution in the Asia-Pacific region: Climate change impact. *For. Ecosyst.*, 2022, no. 9, art. 100015.
<https://doi.org/10.1016/j.fecs.2022.100015>
- Polikarpov N.P., Tchebakova N.M., Nazimova D.I. *Klimat i gornye lesa Yuzhnoi Sibiri* [Climate and Mountain Forests of the Southern Siberia]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1986. 225 p.
- Preobrazhenskii V.S., Fadeeva N.V., Mukhina L.I., Tomilov G.M. *Tipy mestnosti i prirodnoe raionirovanie Buryatskoi ASSR* [Terrain Types and Natural Zoning of the Buryat ASSR]. Moscow: Izd. Akad. Nauk SSSR, 1959. 218 p.
- Saigin I.A., Bartalev S.A., Stytsenko F.V. Detection method of long-term dieback of dark needled forests of Russia on the base of remote sensing data. In *Materialy 17 Vseross. otkrytoi konf. "Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa"* [Proc. of the 17th all-Russia Open Conf. "Modern Problems of Earth Remote Sensing from Space"]. Moscow: IKI RAN, 2019. Available at: [http://conf.rse.geos-mis.ru/files/pdf/17/7902_IKI_konf2019_3\(2\)\(1\)_1.pdf](http://conf.rse.geos-mis.ru/files/pdf/17/7902_IKI_konf2019_3(2)(1)_1.pdf) (accessed: 05.03.2023). (In Russ.).
- Samoilova G.S. *Landshaftnaya karta Altae-Sayanskogo eko-regiona. Masshtab 1 : 200000* [Landscape Map of the Altai-Sayan Ecoregion. 1 : 200000]. Moscow: IGE RAN, 2001.
- Sandanov D.V., Dugarova A.S., Selyutina I.Yu. Species distribution modeling for the section Xerobia Bunge of the genus *Oxytropis* DC. on the territory of Central Asia

- under past and future climate change. *Vestn. Tomsk. Gos. Univ. Biol.*, 2020, no. 52, pp. 85–104. (In Russ.). <https://doi.org/10.17223/19988591/52/5>
- Spravochnik po klimatu SSSR. Vyp. 17, 20–24, ch. 1–4* [Reference Book on Climate of the USSR. Vol. 17, 20–24, Part 1–4]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1967–1970.
- Tchebakova N.M., Bazhina E.V., Parfenova E.I., Senashova V.A. Erratum to: “In Search of an X Factor: A Review of Publications on the Issue of Dark-needed Forest Decline/Dieback in Northern Eurasia”. *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 2022, no. 47, art. 485. <https://doi.org/10.3103/S1068373922060097>
- Tchebakova N.M., Blyakharchuk T.A., Parfenova E.I. Reconstruction and prediction of climate and vegetation change in the Holocene in the Altai-Sayan mountains, Central Asia. *Environ. Res. Lett.*, 2009, no. 4, art. 045025. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/4/4/045025>
- Tchebakova N.M., Parfenova E.I. Vegetation redistribution in the lake Baikal basin by possible climate warming. *Geogr. Prir. Resur.*, 2000, no. 1, pp. 64–68. (In Russ.).
- Tchebakova N.M., Parfenova E.I., Korets M.A., Conard S.G. Potential change in forest types and stand heights in central Siberia in a warming climate. *Environ. Res. Lett.*, 2006, no. 11, art. 03501. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/3/035016>
- Tchebakova N.M., Parfenova E.I., Bazhina E.V., Soja A.J., Groisman P.Ya. Droughts Are Not the Likely Primary Cause for *Abies sibirica* and *Pinus sibirica* Forest Dieback in the South Siberian Mountains. *Forests*, 2022, vol. 13, no. 8, art. 1378. <https://doi.org/10.3390/f13091378>
- Tipy lesov gor Yuzhnoi Sibiri* [Forest Types of the Southern Siberia Mountains]. Smagin V.N., Ed. Novosibirsk: Nauka Publ., 1980. 336 p.
- Vlasenko V.A., Turmunkh D., Nazyn C.D., Vlasenko A.V. Modelling the niche and peculiarities of the coprobiont fungi distribution in Asia: a case study by *Cyathus stercoreus*. *Samar. Nauch. Vestn.*, 2021, vol. 10, no. 3, pp. 41–46. (In Russ.). <https://doi.org/10.17816/snv2021103105>
- Volodin E.M. Possible Climate Change in Russia in the 21st Century Based on the INM-CM5-0 Climate Model. *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 2022, no. 47, pp. 327–333. <https://doi.org/10.3103/S1068373922050016>
- Voronin V.I., Sofronov A.P., Morozova T.I., Oskolkov V.A., Sukhovol'skii V.G., Kovalev A.V. The landscape-specific occurrence of bacterial diseases in dark-coniferous forests on Khamar-Daban range (southern Cisbaikaliya). *Geogr. Prir. Resur.*, 2019, no. 4, pp. 56–65. (In Russ.). [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2019-4\(56-65\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2019-4(56-65))
- Zischg A.P., Frehner M., Gubelmann P., Augustin S., Brang P., Huber B. Participatory modelling of upward shifts of altitudinal vegetation belts for assessing site type transformation in Swiss forests due to climate change. *Appl. Veg. Sci.*, 2021, no. 24, art. e12621. <https://doi.org/10.1111/avsc.12621>

**ТРАНСФОРМАЦИЯ ГОРНЫХ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ
И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОТВЕТ НА КЛИМАТИЧЕСКИЕ
ИЗМЕНЕНИЯ И АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ**

УДК 911.52(470.6)

**ДИНАМИКА ГОРНЫХ ЛАНДШАФТОВ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА
ПРИ СОВРЕМЕННОМ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА И УСИЛЕНИИ
АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

© 2023 г. М. Н. Петрушина^а, *, А. Н. Гуня^б, **, Е. Ю. Колбовский^{а, б}, А. Ж. Пуреховский^б

^аМосковский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

^бИнститут географии РАН, Москва, Россия

*e-mail: mnpetrushina@mail.ru

**e-mail: a.n.gunya@igras.ru

Поступила в редакцию 19.02.2023 г.

После доработки 15.05.2023 г.

Принята к публикации 25.08.2023 г.

Представлены результаты анализа многолетних полевых исследований и разновременных данных дистанционного зондирования динамики ландшафтов в высокогорных районах Северного Кавказа. На основе обработки данных Landsat Analysis Ready Data за 2000–2020 гг. и геоинформационного моделирования установлены площадные изменения нивально-гляциальных и горно-лесных ландшафтов. Отмечено сокращение площади снежно-ледниковых комплексов (в среднем на 20.6%) с наибольшим уменьшением на Восточном Кавказе (75.2%) и наименьшим на Центральном Кавказе (13.4%). Повторные комплексные описания на ключевых участках подтвердили установленные изменения, а также подъем границы горно-луговых ландшафтов и усложнение их пространственной структуры в перигляциальной зоне в результате климатических флуктуаций. Разнонаправленные тенденции динамики горно-лесных ландшафтов проявляются в ухудшении состояния, в том числе усыхании темнохвойных лесов и сокращении их площади на Западном Кавказе (бассейн р. Теберды), в подъеме границы и увеличении ареала светлохвойных лесов на Восточном Кавказе (Макажойская котловина), преимущественно за счет ослабления антропогенного воздействия. На Центральном Кавказе (Приэльбрусье) отмечено некоторое расширение лесов у верхней границы лесной зоны вдоль днщ речных долин и эрозионных форм, местами на склонах южных румбов, сокращение — в районах схода крупных лавин и селевых потоков, в том числе в результате прорыва приледниковых озер. Метахронность проявления экзогенных процессов и их пространственная неоднородность обусловили усложнение ландшафтной структуры зон их воздействия за счет сочетания элементарных ландшафтов, находящихся на разных стадиях своего развития. Усиление рекреационного воздействия на среднегорные и высокогорные ландшафты Западного и Центрального Кавказа привели к изменению пространственной структуры ландшафтов, особенно горно-лесных и субальпийских луговых, увеличению в них доли антропогенных комплексов, снижению биоразнообразия в наиболее ценных ландшафтах на территориях с охранным статусом.

Ключевые слова: Северный Кавказ, нивально-гляциальные ландшафты, горно-лесные ландшафты, пространственная структура ландшафтов, динамика ландшафтов, климатические изменения, восстановительные сукцессии, рекреационное воздействие

DOI: 10.31857/S2587556623070130, **EDN:** HEIVJL

ВВЕДЕНИЕ

Горные территории представляют особый интерес для исследования динамики ландшафтов и их компонентов в условиях современных климатических и антропогенных изменений, так как отличаются высокой гравитационной энергией, повышенными гидротермическими градиентами, значительной расчлененностью рельефа и активностью процессов экзогенной геодинамики, в том числе катастрофических. В целом общепринято, что горным ландшафтам свойственна пони-

женная устойчивость к внешним воздействиям (Global ..., 2005; Mountains ..., 2009).

Горы Северного Кавказа (несмотря на относительно небольшую занимаемую ими долю от площади горных территорий России) характеризуются широким спектром природных ресурсов, высоким биологическим и ландшафтным разнообразием, богатым историческим и культурным наследием и относятся к одному из наиболее популярных рекреационных регионов страны. Следствием социально-экономических преобразований в Рос-

сии в 1990-е годы в регионе стали структурные изменения в землепользовании, проявившиеся в тенденциях трансформации пространственного распределения воздействия человека на горные ландшафты и их компоненты (Баденков и др., 2012; Виноградова и др., 2015; Гуня и др., 2014).

В одних местах, связанных главным образом с заброшенными горными селениями и примыкающими к ним ландшафтно-хозяйственными ареалами, наблюдается снятие антропогенной нагрузки и преобладание экореабилитационных процессов. В других — наиболее интенсивно в последние годы развивается туристский сектор; целый ряд привлекательных горных районов, в том числе в границах особо охраняемых природных территорий (ООПТ), получили статус туристско-рекреационных кластеров и всесезонных курортов. Это относится как к традиционно популярным курортам, так и вновь создаваемым. В Приэльбрусье в настоящее время на ограниченной площади построены гостиницы и другие средства размещения общей (единовременной) емкостью до 25 тыс. человек и планируется создание новых объектов, что уже создает и будет создавать в ближайшем будущем высокую нагрузку на ландшафты. В 2022 г. Приэльбрусье посетили 560 тыс. туристов и в соответствии с планами развития к 2025 г. их количество должно возрасти до 1 млн человек. В Домбае одновременное число отдыхающих в гостиницах составит 4.5 тыс., что почти в 4 раза больше, чем было в конце 1980-х годов. Для снятия законодательно установленных природоохранных ограничений проводится политика снижения статуса ООПТ, в частности в 2021 г. Тебердинский биосферный заповедник был преобразован в национальный парк (НП), а НП “Алания” в “заповедное место” с “сохранением среды обитания и традиционного образа жизни коренных малочисленных народов” в качестве предмета охраны.

Рост рекреационной нагрузки происходит на фоне глобальных климатических изменений, сказывающихся в первую очередь на активности стихийных природных процессов (снежных лавин, селей, обвалов и осыпей), которые, с одной стороны, провоцируются новыми процессами освоения (в том числе рекреационного), а с другой — увеличивают риск попадания существующих населенных пунктов и объектов инфраструктуры (дорог, газопроводов, электромагистралей и др.) в зоны их воздействия.

Одним из результатов и индикаторов сложной совокупности взаимосвязанных природных и антропогенных процессов является динамика ландшафтов, которая достаточно редко выступает предметом специального изучения.

Цель данного исследования — охарактеризовать особенности современной динамики горных

ландшафтов Северного Кавказа в условиях климатических и антропогенных изменений за последние два десятилетия нового века. Достижение данной цели предполагало решение следующих задач:

- 1) интерпретация и обобщение результатов повторных полевых описаний, проведенных на ключевых участках за последние 25 лет;
- 2) выявление направленности и масштабов изменений нивально-гляциальных и горно-лесных ландшафтов;
- 3) оценка размеров сокращения площади снежно-ледниковых комплексов;
- 4) определение влияния современных экзогенных процессов на изменение структуры и динамики ландшафтов;
- 5) характеристика состояния и динамики верхней границы леса;
- 6) характеристика последствий усиливающегося рекреационного воздействия на среднегорные и высокогорные ландшафты Западного и Центрального Кавказа.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Сложность горных ландшафтов как объекта исследования обусловлена их полиструктурной организацией, метасинхронностью проявления различных оказывающих на них влияние природных процессов, а также неоднозначностью ответной реакции. Все эти обстоятельства в совокупности затрудняют применение к ним единых подходов и универсальных методов (Resler et al., 2020; Turner et al., 2021). Большинство публикаций по Северному Кавказу и горам в целом посвящено изучению отдельных процессов и компонентов природной среды (ледников, растительного покрова, отдельных стихийных процессов и др.). Прогресс в области изучения динамики отдельных процессов тесно связан с развитием технологий, приводящих к появлению и накоплению данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), в том числе так называемых “покрытий”, отражающих виды землепользования, характер сохранившихся природных и культурных ландшафтов, а также их трансформацию — LandUse LandCover Change (LULCC) (Remote ..., 2012). Сравнение карт динамики земельного покрова за разные годы дает возможность определять типы и локализацию переходов от одних видов землепользования к другим (например, от пашен к пастбищам), а также выявлять трансформацию природных ландшафтов (например, смену высокогорных лугов березовым криволесьем). Данные земельно-ландшафтного покрова представляют собой классифицированные растры глобального масштаба, верификация которых требует локализации и проверки в границах конкретного региона, как с помощью тематических, спе-

циальных карт (лесоустроительных, землеустроительных) и других данных дистанционного зондирования (как правило, более высокого пространственного разрешения), так и в результате полевых исследований. При этом особый интерес представляет возможность привязки классов пикселей к операционно-территориальным единицам ландшафтной структуры, что в итоге повышает эффективность и надежность оценки выявляемых по снимкам изменений. Таким образом, накопление данных по динамике земельно-ландшафтного покрова в горах способствовало оценке интегрального “отклика” на внешние воздействия и изменившиеся условия среды в рамках ландшафтных систем.

Динамике ландшафтов традиционно уделялось большое внимание в классическом варианте советского (а затем — российского) ландшафтоведения (Беручашвили, 1986; Дьяконов, Пузаченко, 2004; Исаченко, 1991; Крауклис, 1979; Сочава, 1978), тем не менее, до сих пор нет единого подхода к трактовке этого понятия. В данном исследовании динамика ландшафтов понимается как совокупность изменений, лежащих в основе воспроизводства инвариантов морфологической плановой и вертикальной структуры ландшафта, и как отражение направленных (в том числе сукцессионных, восстановительных и реабилитационных) смен природных комплексов (Авессаломова и др., 2004; Мамай, 1992). Изучение динамики горных ландшафтов с этих позиций предполагает:

а) выявление и интерпретацию изменений границ между различными ландшафтами и их морфологическими единицами;

б) определение трансформации вертикальной структуры ландшафтов;

в) фиксацию изменений в хроноорганизации, прежде всего во внутригодовом и среднемноголетнем режиме функционирования ландшафтов.

При этом необходимо учитывать, что многие динамичные изменения — сход лавин и селей, развитие обвально-осыпных склонов, уничтожение и возобновление леса в лавинных прочесах и осыпных лотках, трансформация биоты вдоль экотона верхней границы леса — в целом характерны для горных ландшафтов, и их можно воспринимать как “нормальные”.

Большинство публикаций по Северному Кавказу посвящено ландшафтам и динамике их компонентов отдельных районов, часто — конкретных бассейнов, горных котловин и ущелий, при этом отмечается недостаток обобщающих работ по региону (Братков и др., 2014; Гуня и др., 2014; Заурбеков, 2012; Пуреховский и др., 2022). Мало исследований, в которых изучаются межкомпонентные связи, определяющие устойчивость и динамику горных ландшафтов (Коломыц, 1985; Хорошев, 1997). Интересны в этом отношении

труды по моделированию высокогорных экосистем и составлению прогнозов их изменения до 2100 г. в соответствии с глобальными климатическими сценариями (Залиханов и др., 2010).

Изучение LULCC в горах добавляет к этой картине характеристику трансформации всей мозаики земельно-ландшафтного покрова как интегрального покрытия, поскольку дает возможность фиксировать появление и исчезновение, изменение размеров и конфигурации различных видов землепользования, а также фрагментов культурных и природных ландшафтов (Ewane, 2020; Ewane and Lee, 2020).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основными материалами для выявления динамики ландшафтов разного иерархического уровня стали результаты многолетних полевых исследований авторов, в том числе составленные на выбранные районы ландшафтные карты и схемы разного масштаба (1 : 100000, 1 : 25000, 1 : 10000), характеризующие исходную ландшафтную структуру. На основе использования разновременных данных ДДЗ — фотопланов (для бассейна р. Баксан) и космических снимков (LANDSAT, World View-1) — были выбраны ключевые участки для проведения повторных комплексных описаний. Дополнительным материалом для анализа послужили разновременные наземные фотографии, охватывающие одну и ту же визуальную сцену и позволяющие наглядно отображать различные изменения в активности склоновых процессов, землепользовании и состоянии биоты горных ландшафтов (Шиятов и др., 2014).

Основной акцент в полевых описаниях делался на структуре и состоянии растительности, как наиболее физиономичного природного компонента с наименьшим характерным временем развития. Исследовались ландшафты ареалов влияния стихийных природных процессов (снежных лавин и селей, осыпей и оползней) и антропогенного воздействия (в первую очередь рекреационного и пасторального), а также соседние фоновые ландшафты. Периодически наблюдения велись в пределах неустойчивых ландшафтных экотонов — у верхней границы лесной зоны (в переходной полосе к субальпийским лугам и кустарникам), в перигляциальной зоне вблизи ледников, а также на границах горно-степной, субальпийской и альпийской горно-луговых зон. Перечисленные экотональные рубежи являются индикаторами общей динамики ландшафтов на фоне меняющегося климата, трансформации земле- и ресурсопользования, однако разделить проявления климатогенной (флуктуации режима тепла и влаги) и антропогенной (снятие, возобновление и изменение характера хозяйственного пресса) динамики сложно.

Основными показателями динамики выбраны характеристики морфологической и вертикальной структуры природных комплексов. Первая определяется сочетанием элементарных ландшафтов и микроландшафтов в пределах ландшафтов, характером их границ и занимаемой площадью, вторая — составом компонентов ландшафтов и связями между ними. Известно, что изменение структуры горных ландшафтов может проявляться как в изменении их конфигурации (границ и размеров), так и в трансформации структуры (главным образом биоты) без существенных изменений их формы.

При этом ответ на климатические изменения и направленность трансформации ландшафтов может диаметрально отличаться на микро- и мезомасштабном уровнях. Для природных комплексов низкого иерархического уровня (элементарных ландшафтов, микроландшафтов) многие изменения, особенно вызванные антропогенным воздействием, часто приобретают необратимый характер.

Для анализа изменения конфигурации нивально-гляциальных и лесных ландшафтов использовались тематические продукты, созданные на основе последовательно обработанных данных Landsat Analysis Ready Data лаборатории Global Land Analysis and Discovery Университета Мэриленда за период с 2000 по 2020 г. и алгоритмы геоинформационного моделирования выявления границ основных типов ландшафтов (Potapov et al., 2020; Пуреховский и др., 2022).

Региональные исследования были дополнены данными по ключевым участкам, в качестве которых выбраны типичные среднегорные и высокогорные ландшафты на Западном, Центральном и Восточном Кавказе: верховья р. Теберда (Западный Кавказ) и р. Баксан (Центральный Кавказ), Макажойская котловина (Восточный Кавказ). Ключевые участки находятся в границах ООПТ: национальные парки Тебердинский и Приэльбрусье, Аргунский историко-архитектурный природный музей-заповедник. Они характеризуются высоким уровнем востребованности в туристско-рекреационной сфере: первые два — популярнейшие в России горнолыжные курорты, третий начинает активно осваиваться туристами и соседствует с горным курортом Ведучи.

Верхние части бассейнов рр. Теберда и Баксан расположены в пределах высокогорных Главного и Бокового хребтов Большого Кавказа, сложенных древними кристаллическими породами (за исключением вулканического массива Эльбрус). Для них характерны крутые склоны, сильная расчлененность, развитие современных нивальных и наличие палеогляциальных форм рельефа, а также — выраженная высотная поясность с преобладанием нивально-гляциальных, горно-луговых и горно-лесных ландшафтов.

Особенность бассейна р. Баксан — большая контрастность ландшафтной структуры за счет развития субальпийских остепненных луговых, лугово-степных кустарниковых ландшафтов на склонах южной экспозиции, сосновых и сосново-березовых лесных ландшафтов на склонах северной экспозиции в отличие от пихтово-еловых и буково-еловых лесных ландшафтов Западного Кавказа.

Ключевой район Макажойской среднегорной котловины и окружающих ее хребтов, сложенных верхнемеловыми и палеогеновыми осадочными породами, приурочен к склону северной экспозиции на высотах от 1900 до 2600 м, где распространены лесные мелколиственно-хвойные и субальпийские луговые, частично остепненные ландшафты. При этом часть луговых ландшафтов сформировалась на месте лесных в результате длительного (до 40-х годов XX в.) использования под террасное земледелие, а впоследствии — под выпас скота и частично под сенокосы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Климатогенные изменения высокогорных ландшафтов

На основе анализа данных ДДЗ и полевых исследований выявлено, что современные изменения климата проявляются наиболее наглядно в деградации оледенения, активизации экзогенных процессов и изменении состояния растительного покрова, прежде всего вдоль верхней границы леса, что отражается на динамике горных ландшафтов.

С середины 1980-х годов, и особенно в последние годы, на Большом Кавказе отмечается значимый тренд роста среднегодовых температур, преимущественно за счет летних: повышение летней температуры воздуха в высокогорных районах в период 1980–2015 гг. составляло 0.3–0.4°C/10 лет, в среднегорьях 0.5–0.6°C/10 лет (Тогоров et al., 2019), однако с флуктуациями в разные периоды. В высокогорной зоне на Центральном Кавказе период с 1985 по 2005 г. характеризовался некоторым снижением температуры, но начиная с 2006 г. все сезонные аномалии температуры стали положительными (Корчагина, 2020), и этот тренд сохраняется по настоящее время. На Западном Кавказе отмечен рост средней и экстремальной температуры воздуха с мая по август, а также увеличение суточной и месячной амплитуды. На Восточном Кавказе наблюдается статистически значимый рост температуры воздуха.

При незначительном увеличении количества осадков весной и осенью летние осадки уменьшаются на большей части Северного Кавказа, за исключением некоторых метеостанций Восточного Кавказа, где зафиксирован значимый рост месяч-

Таблица 1. Изменение площади снежников и ледников в нивально-гляциальных ландшафтах в регионах Северного Кавказа (сравнение разновременных снимков в ГИС)

Регион	Снежники и ледники, км ²		Сокращение за 20 лет, км ² /%
	2000 г.	2020 г.	
Кабардино-Балкарская Республика	508.22	440.42	67.8/13.36
Карачаево-Черкесская Республика	246.60	191.79	54.81/22.23
Краснодарский край	15.23	6.87	8.36/54.89
Республика Адыгея	6.17	3.07	3.1/49.75
Республика Дагестан	31.88	10.19	21.69/68.04
Республика Ингушетия	4.51	1.12	3.39/75.17
Республика Северная Осетия-Алания	187.06	145.35	41.71/25.5
Чеченская Республика	17.42	8.77	8.65/49.65
Все	1017.09	807.58	209.51/20.6

ных сумм осадков и среднесуточной интенсивности в июле (Корчагина, 2020).

В распределении осадков наблюдается неравномерность в их межгодовом, межсезонном и внутримесячном режимах, что приводит к появлению отдельных “влажных” сезонов и экстремальных декад с ливневыми осадками и снегопадами, которые являются предпосылками для активизации процессов экзогенной геодинамики: лавин и селей, обвалов и осыпей, ротационных оползней и оползней отседания. Например, с 30 августа по 1 сентября 2017 г. в долине Адылсу выпало 145 мм осадков, что стало причиной прорыва оз. Башкара и формирования мощного селевого паводка с общим объемом выноса около 500 тыс. м³ (Черноморец и др., 2018). Отмечается также смещение максимума твердых осадков с декабря–января на март–апрель, с чем связан сход в этот период лавин из влажного и мокрого снега (Олейников, Володичева, 2019), а также установление неблагоприятного тепло-влажного режима для прикорневых частей и корней деревьев на залесенных склонах, что способствует поражению древостоя прикорневой губкой и ржавчинным раком хвойных.

Наиболее заметны изменения в гляциально-нивалых и перигляциальных луговых ландшафтах, связанные с отступанием фронтальных выводных частей ледников, происходящие на Северном Кавказе практически повсеместно, хотя и с разной скоростью. Так, анализ космических снимков показывает, что за два десятилетия (с 2000 по 2020 г.) площадь ледников и снежников в нивально-гляциальных ландшафтах Северного Кавказа сократилось на 209.51 км² или в 1.26 раза (табл. 1).

При этом минимально площадь ледников и снежников уменьшилась на Центральном Кавказе с их наибольшим развитием (Кабардино-Балкария —

13.36%, Северная Осетия-Алания — 25.5%), больше — на Западном Кавказе (Карачаево-Черкесия — 22.23%, Адыгея — 49.75%) и максимально на Восточном Кавказе (Дагестан — 68.04%, Ингушетия — 75.17%).

Тенденции сокращения ледников в целом согласуются с данными гляциологических исследований (Лурье и др., 2019; Tielidze and Wheate, 2018). При этом темпы сокращения возрастают у большинства ледников в последнее десятилетие, например, на массиве Эльбрус за период с 2015 по 2020 г. в 5 раз (Ледники ..., 2020). Заметно ускорилось и отступление выводной части ледника Алибек, дающего начало одноименному притоку р. Теберда (рис. 1); с 2000 по 2015 г. он отступал в среднем на 14.5 м в год, что в 6 раз выше, чем в 1966–2000 гг. (Онищенко и др., 2016).

Экзогенные процессы и перестройка морфолитогенной основы и структуры высокогорных ландшафтов

С деградацией ледников связана активизация экзогенных процессов и значительная перестройка морфолитогенной основы ландшафтов перигляциальной зоны: идет формирование новых моренных гряд и флювиогляциальных полей, которые, в свою очередь, служат местообитаниями для развития пионерных группировок на примитивных почвах с участием отдельных видов трав (*Senecio sosnovskyi* Sov., *Cerastium undulatifolium* Somm. et Levier, *Veronica minuta* C.A. Mey и др.). Наблюдается также продвижение вверх по днищу долин и увеличение густоты типичных для субальпийского пояса кустарников (*Juniperus communis* L., *Salix* sp.), подроста березы (*Betula* sp.), и даже появление среди луговой растительности вблизи ледников единичных экземпляров пихты (*Abies nordmanniana* (Steven) Spach) (ледник Алибек) и сосны (*Pinus hamata* (Steven)) (ледник Джанкуат).



Рис. 1. Ледник Алибек в 2012 г. (а) и 2022 г. (б) (фотографии А.Н. Гуни), ледник Джанкуат в 1985 г. (фото-теодолитный снимок Е.А. Золотарева) (в) и в июле 2016 г. (г), заросли ивы и подрост березы в перигляциальной зоне ледника Джанкуат (2016 г.) (д) (все фотографии — М.Н. Петрушиной).

Соответственно отмечается постепенное повышение границ субнивальных ландшафтов: со скоростью до 10–15 м за 10 лет в долине р. Адылсу, Б. Азау (бассейн р. Баксан) и даже более активно — в долине р. Алибек (бассейн р. Теберды). За счет продвижения вверх кустарников и березы вблизи ледников сужаются субнивный и альпийский пояса.

На отложениях поверхностной морены некоторых ледников формируются редкие “надледниковые” природные комплексы, (например, с сосново-березовым подростом на леднике Шхельда в бассейне р. Адылсу) (Алейникова, Петрушина, 2011), которые в последние годы местами разрушаются в результате быстрой деградации концевой части ледника. В результате активности экзогенных процессов меняется также конфигурация элементарных ландшафтов флювиогляциальных полей и разновозрастных моренных гряд.

Сокращение оледенения сопровождается возникновением, ростом и периодическими прорывами приледниковых озер, с чем связан сход крупных гляциальных селей (Черноморец и др., 2018).

Образование мощного селевого паводка в результате прорыва оз. Башкара в верховьях р. Адылсу в 2017 г. привело к изменению структуры и размера ландшафтов долины во всех высотных поясах — от субнивного до лугово-степного. В долине реки сформировалось несколько зон, различающихся направленностью трансформации ландшафтов, обусловленной преобладанием либо процессов накопления отложений (шириной до 150–200 м), либо, напротив, — эрозионных и склоновых процессов (рис. 2).

Наибольшие изменения были отмечены в микроландшафтах пойм и террас, в том числе и р. Баксан, с разновозрастными сосновыми, березовыми и облепихово-ивово-березовыми лесами. Часть из них была уничтожена полностью, у других сократилась площадь, у третьих изменилась вертикальная структура за счет перекрытия травостоя и почв новыми отложениями. В зоне воздействия оказались также нижние части осыпных и лавинных конусов выноса до высоты 12–15 м над руслом реки, на которых произрастали березовые и березово-сосновые леса, кустарниковые луговые степи (см. рис. 2). Было уничтожено более 300 стволов берез и сосен (возраст отдельных из них достигал 250 лет), основная часть которых оказалась вынесенной потоком в приустьевую часть и на пойму р. Баксан (см. рис. 2). В результате размыва основания склонов, сложенных отложениями разного генезиса, в русло реки попали значительные объемы дополнительного обломочного материала, что привело к перестройке микроландшафтов поймы ниже по течению. В следующем 2018 г. изменилась конфигурация и сократилась площадь долинных лесных ланд-



Рис. 2. Изменение ландшафтов в долине р. Адылсу после прорыва оз. Башкара: оз. Башкара в 2016 г. (а) и 2018 г. (б); лесные ландшафты в долине в 2016 г. (в) и 2018 г. (г) (все фото сделаны в июле); конусы выноса с кустарниковыми степями в зоне денудации, разрушаемые размывом и возникновением фстончатых осыпей (д), стволы сосен на скелетной пойме в долине р. Баксан (е). Фотографии М.Н. Петрушиной.

шафтов вдоль русла р. Баксан вследствие воздействия мощного паводка, сформировавшегося после сильных ливней в начале июля. В том же году в результате схода небольших селей по притокам р. Баксан (ниже поляны Иткол, пос. Эльбрус) отмечена перестройка ландшафтной структуры их конусов выноса.

В бассейне р. Баксан активность экзогенных процессов выше по сравнению с бассейном р. Те-

берда. За последние два десятилетия крупные селевые потоки здесь отмечались в 1998, 2002, 2006, 2008, 2011, 2012, 2017, 2021 гг., снежные лавины — в 2001/02, 2002/03, 2004/05, 2006/07, 2010, 2018, 2021 гг. Это обусловило динамичность пространственной структуры ландшафтов долин и конусов. Селевые потоки чаще изменяют морфолито-генную основу ландшафтов, что ведет к смене природных комплексов локального уровня, их



Рис. 3. Изменение ландшафтов после схода мокрых лавин в 2018 г. с южного склона в районе поляны Иткол (а) и северного склона напротив пос. Тегенекли (б) в бассейне р. Баксан. Фотографии М.Н. Петрушиной.

вертикальной структуры и границ. Селевые конусы обычно представляют систему разновозрастных микроландшафтов и элементарных ландшафтов, находящихся на разных стадиях своего развития (Петрушина, 2013). Сход лавин в большей степени сказывается в нарушении растительного покрова, но в местах с частым воздействием может наблюдаться смена микроландшафтов и элементарных ландшафтов на зональном уровне, например, появление субальпийских луговых в лесных ландшафтах.

В начале XXI в. в бассейнах рр. Баксан и Теберда сходили сели и снежные лавины в местах, где их не было в течение 50–60 лет или они не наблюдались никогда. В результате воздействия только одной лавины с массива Чегет-Кара в 2004/05 г. в долине р. Адылсу на площади 12,4 га был уничтожен средневозрастной березово-сосновый лес, в котором сохранялись отдельные перестойные (250 лет) экземпляры (Петрушина и др., 2007). Также отмечался сход селей и лавин в один год по единым руслам, что усложняло пространственную структуру ландшафтов конусов выноса и нарушало некоторые закономерности, присущие типично селевым и лавинным комплексам.

Изменение климатических условий на всем Северном Кавказе в сторону смещения максимума твердых осадков на март–апрель вызывает сход лавин в этот период (что было не совсем типично для предыдущих десятилетий) и залеживание отдельных снежников до июля–августа – феномен, запускающий целую цепочку изменений в структуре и функционировании природных комплексов. Так, в августе 2018 г. снежники сохранялись даже вдоль южного склона массива Иткол на высоте 1800 м, соседствуя с луговым травостоем, находящимся в разных фазах вегетации (рис. 3). В результате схода в том же году мартовской лавины

с северного склона напротив пос. Тегенекли были уничтожены участки березовых и сосновых лесов с экземплярами сосны возрастом около 100 лет (см. рис. 3). Также были отмечены нарушения в функционировании всех микроландшафтов зоны ее воздействия.

Наибольшие изменения пространственной структуры ландшафтов в результате действия лавин разного объема и типа зафиксированы в верхней части бассейна р. Баксан (между пос. Терскол и поляной Азау), где крупные разновозрастные лавинные и селево-лавинные конусы протянулись вдоль северного склона массива Чегет и небольшие вдоль южного склона массива Терскол (рис. 4). Периодически воздействию лавин подвергается и днище долины.

Основные изменения ландшафтов в этом районе были отмечены в 60–80-е годы прошлого века, когда из-за схода катастрофических лавин площадь сосновых и сосново-березовых лесов в пределах днища долины и частично на конусах сократилась в 6 раз. После лавин начала XXI в. ареал леса уменьшился еще на 9 га (включая ценный сосновый древостой возрастом 200–330 лет). В 2021 г. здесь была уничтожена часть оставшегося между конусами старого березового леса и отдельные сосны, сохранявшиеся на дне долины после предыдущих воздействий.

В лесных долинных ландшафтах с остатками старых сосняков отмечено ухудшение их состояния за счет фрагментации, уменьшения сомкнутости крон, сокращения в напочвенном покрове доли лесных видов и увеличения числа вторичных и сорных видов. Возобновление надежного соснового подроста наблюдается в краевых частях зон воздействия лавин, в том числе после схода крупной лавины зимы 2001/2002 гг. Массово подрост в днище долины стал появляться с



Рис. 4. Изменение ландшафтов в бассейне р. Баксан между пос. Терскोल и поляной Азау: 2007 г. (а) и 2021 г. (б). Красным обозначена территория стоянки. Фотографии М.Н. Петрушиной.

2010-х годов, что вероятно связано не только с уменьшением схода крупных лавин, но и с сокращением выпаса скота.

В целом под влиянием схода лавин морфологическая структура ландшафтов дна долины стала более мозаичной за счет сочетания находящихся на разных стадиях восстановительных сукцессий элементарных ландшафтов (субальпийских луговых, березово-криволесных, березовых, сосновых), тогда как на лавинных конусах структура упростилась.

Ландшафтные сукцессии в настоящее время идут также и в других частях долины р. Баксан, которые находятся под периодическим воздействием снежных лавин и селевых потоков, что определяет постоянную динамичность их структуры (Петрушина, 2013). Скорость сукцессий варьирует в зависимости от различных факторов, в том числе антропогенного воздействия.

Состояние верхней границы леса как критического экотона между лесной и горно-луговой зонами

Верхняя граница леса, как своеобразный экотон, в исследуемой части бассейна р. Баксан относительно стабильна. Увеличение площади лесов, их подъем на южных склонах и в пределах дна долины выше поляны Азау стали отмечаться в 30–50-х годах XX в. на фоне потепления и, главное, вследствие ослабления антропогенного воздействия. В дальнейшем заметного подъема пояса хвойных лесов не наблюдалось за исключением появления отдельных экземпляров сосны. Некоторое расширение хвойного подроста было типично внутри лесной зоны, особенно в последние десятилетия. При этом особую роль в пионерном зарастании склонов играет их микро-рельеф, так как в разные по погодным условиям и

в контрастные по снежности годы, подрост появляется то на выпуклых, то на вогнутых участках, около каменистых россыпей. Неоднородность рельефа способствует внутренней устойчивости лесного пояса, что отмечается и в других горных районах (Albrich et al., 2020; Senf and Seidl, 2018). Захватывающие некоторые пологие участки южных склонов осинники реагируют на изменение условий увеличением или сокращением площади своих ареалов.

Выявлено продолжение разрастания березовых и сосновых лесов на вулканической гряде выше поляны Азау на высотах 2380–2500 м. Хорошие условия для подроста сосны здесь были в 90-е годы XX в. и сохранялись в первом десятилетии текущего века, в настоящее время отдельные молодые сосны встречаются здесь на высоте до 2600 м.

На северных склонах массива Чегет верхняя граница хвойного леса контролируется не столько климатическими показателями, сколько воздействием снежных масс, что подтверждено дендрохронологическими исследованиями (Бочкарев, Дьяконов, 2009). Разновозрастный подрост здесь отмечен в микроландшафтах гряд под пологом старых деревьев. На массиве продолжается зарастание преимущественно березняками не использующихся подъездных дорог к станциям канатных дорог и мест с ослаблением воздействия лавин. В первые годы XXI в., которые отличались повышенной снежностью, в нижней части склона массива Чегет по ложбинам появилась и разрослась волжанка (*Aruncus vulgaris* Rafin.), типичная для более влажного Западного Кавказа.

На южных склонах в субальпийском поясе отмечено расширение площади куртин *Juniperus communis* L. и его подъем почти до 3000 м, а также появление в нижней части *Juniperus sabina* L., более типичного для лугово-степного пояса. Инте-

ресно, что экземпляр угнетенной сосны (возраст 6 лет, высота 38 см) был встречен на южном склоне массива Гарабаши в альпийском поясе на высоте 3080 м, несколько других — на восточном склоне массива Чегет на высоте 2810 м в краевой части днища нивальной ниши на каменистом субстрате, а также сосен в лучшем состоянии (возраст 5–7 лет) ниже 2700 м в поясе кустарников.

Наблюдаемые изменения в ландшафтах, особенно у верхней границы леса в настоящее время не так масштабны, как это прогнозировалось (Залиханов и др., 2010). Отмечен сложный характер влияния климатических флуктуаций на верхний предел распространения древостоя, что наблюдается и в других районах (Акатов и др., 2013).

*Антропогенная динамика высокогорных ландшафтов Центрального Кавказа
(на примере Приэльбрусья)*

В последние десятилетия туристско-рекреационная деятельность, а также развитие отраслевой инфраструктуры стали наиболее сильными факторами динамики чувствительных к антропогенному воздействию ландшафтов во всех высотных зонах, включая нивально-гляциальную и горно-луговую. Возведение отелей и приютов, строительство новых канатных дорог и расширение горнолыжных трасс, появление дополнительной сети подъездных путей сопровождаются ростом количества отдыхающих в зимний и летний периоды, что в свою очередь приводит к увеличению парка транспортных средств и возрастанию объема транспортных выбросов. Все это в совокупности вызывает ухудшение состояния нивально-гляциальных и горно-луговых ландшафтов и определяет активизацию мерзлотных, селевых, осыпных, эрозионных процессов, эффекты которых можно наблюдать на массивах Эльбрус и Чегет (Приэльбрусье), Мусат-Чери (бассейн р. Теберда). В этих районах отмечено техногенное загрязнение речных вод и снежного покрова (Дега и др., 2019; Cherkasova et al., 2022).

В ландшафтах с сильным антропогенным воздействием вблизи объектов рекреационной инфраструктуры полностью уничтожен или сильно фрагментирован почвенно-растительный покров. На месте разнотравно-злаковых альпийских лугов, наземная сухая фитомасса которых составляла 4–7 ц/га, появились куртины разнотравья, типичного для субнивального пояса (*Veronica minuta* С.А. Мей, *Minuartia* sp.). Таким образом, можно констатировать локальное снижение верхней границы альпийских ландшафтов на 100–150 м.

Наибольшие изменения типичны для лесных ландшафтов днищ долин рр. Баксан и Теберда,

где сосредоточены основные рекреационные объекты, населенные пункты, научные базы, частично — сельскохозяйственные угодья. Начало XXI в. в этих долинах характеризовалось активным бессистемным строительством частных объектов рекреации, в том числе непосредственно в пределах ООПТ. Плотная и хаотичная (без разработки каких-либо генеральных планов) застройка поселков, продолжающаяся и в настоящее время, привела к ухудшению их эстетического облика и утрате элементов традиционных культурных ландшафтов и экологического каркаса. Часть объектов остаются незавершенными, что еще больше снижает эстетическую ценность некогда уникальных природных ландшафтов. Верховья р. Баксан и район поселка Домбай превратились в урбанизированные центры со всеми присущими им в настоящее время проблемами. За последние 30 лет площадь селитебных ландшафтов в районе пос. Терскол и поляны Азау увеличилась в 2.5 раза.

Крайне неравномерное распределение рекреантов по сезонам с пиками зимой и летом и “мертвыми” периодами в апреле–мае и сентябре–декабре, характерное для исследуемых районов, обуславливает сезонное превышение рекреационной емкости и ухудшение состояния ландшафтов. Появление летом организованных и стихийных кемпингов, автомобильных стоянок значительно увеличивает антропогенную нагрузку. Исследования показали, что природные комплексы с сосновыми лесами вблизи рекреационных объектов находятся на критической (четвертой и пятой) стадиях рекреационной дигрессии, проявления которых — наличие сети троп, разреженный древостой, обилие деревьев с механическими повреждениями, слабое развитие или отсутствие подроста, кустарников и напочвенного покрова, нередко — замусоренность. Отмечено также сокращение эпифитных лишайников (*Usnea barbata*).

Расширение поселков, а также строительство новых рекреационных объектов в потенциально опасных районах увеличило риск их разрушения под воздействием лавин, селевых потоков и наводнений, что было отмечено в последние десятилетия. Так, в 2018 г. снежная лавина сошла на стоянку возле канатной дороги на Эльбрус, а выросла в 2015 г. на рынок у канатной дороги и т.д. К сожалению, недостаточно технически обоснованное сооружение противолавинных сооружений на прилегающих субальпийских склонах не обеспечивает полной защиты от больших снежных масс.

Пространственная структура ландшафтов на участке между пос. Терскол и поляной Азау изменилась не только в результате периодического воздействия снежных лавин, но и строительства в 2009–2014 гг. противолавинных сооружений вдоль северного склона массива Чегет. На площади почти

32 га в пределах крупных лавинных конусов и на прилегающих террасах были уничтожены высокоствольные красочные субальпийские луга, заросли кустарников, преимущественно ивняков (*Salix* sp.), березовых криволесий. Естественная растительность, сохранившаяся в незатронутых верхних частях конусов и по их периферии, на менее каменистых участках, в настоящее время испытывает сильное влияние выпаса скота, кормовые угодья которого значительно сократились в результате строительства. Это проявляется в вытаптывании травостоя, увеличении в нем сорных и непоедаемых видов (*Aconitum orientale* Miller, *Alchemilla vulgaris* L., *Cirsium vulgare* (Savi) Ten., *Ranunculus repens* L., *Thesium alpinum* L., *Trifolium repens* L. и др.), уменьшении высоты трав и кустарников, снижении запасов сухой фитомассы с 20–46 до 6–12 ц/га.

Исследования в 2021 г. выявили, что поверхность противолавинных дамб пока еще слабо зарастает, проективное покрытие травостоя здесь варьирует от 1 до 10%, видовое разнообразие небольшое (15–27 видов), распределение мозаичное. Преобладают в основном пионерные и сорные виды — *Echium vulgare* L., *Calamagrostis epigeios* L., *Reseda lutea* L., *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., *Trifolium repens* L., *T. spadiceum* L., *Tussilago farfara* L. и др. На склонах дамб южной экспозиции больше *Pyrethrum parthenifolium* Willd., отмечены *Artemisia absinthium* L. и *Origanum vulgare* L., виды, которые не встречались ранее на конусах. В краевой части самой старой дамбы появился единичный подрост сосны возрастом до 8 лет, березы и ивы. Крутые склоны дамб подвержены эрозионным и осыпным процессам, а слагающий их материал местами стал дополнительным источником селей, которые периодически сходят между одной из дамб и прилегающим коренным склоном.

В 2022 г. площадь антропогенных микроландшафтов в днище долины р. Азау увеличилась еще почти на 6 га за счет начавшегося строительства трехуровневой парковки на 800 машиномест (см. рис. 4), что приведет к еще большему ухудшению экологической ситуации в районе.

Антропогенная динамика лесных ландшафтов Западного Кавказа (район пос. Домбай)

Расширение горных поселений и рекреационных объектов приводит к динамике ландшафтов и часто — к конфликтам в землепользовании. Результатом активизации рекреационной деятельности в районе пос. Домбай стало изъятие 100 га земли из состава тогда еще Тебердинского биосферного заповедника, преимущественно долинных лесных ландшафтов, и рост нагрузки на соседние охраняемые территории. Это привело к сокращению площади широколиственно-хвойных лесов в районе поселка на 9.4 га (рис. 5, № 1),

их фрагментации, уменьшению сомкнутости крон в оставшихся лесных пятнах и в целом к ухудшению экологического состояния лесных ландшафтов. Были уничтожены микроландшафты пойм и части террас в самом поселке и выше по левобережью долины р. Аманауз на протяжении более 2 км. В результате появились новые антропогенные комплексы, усилилась абразия правобережных склонов долины и соответственно — сократились площади мелколиственно-темнохвойных лесных ландшафтов. Подрезание нижних частей прилегающих горных склонов при строительстве новых рекреационных объектов и рубка на них отдельных деревьев способствовала активизации склоновых процессов и снижению их общей устойчивости.

Сократились площади лесов (почти на 3.9 га) также у их верхней границы в районе строительства дороги на массиве Мусат-Чери (см. рис. 5, № 2).

В последние годы (с 2012 г.) идет активное усыхание темнохвойных, преимущественно еловых лесов на склонах вокруг Домбая и в других районах Тебердинского НП, чувствительных к изменениям окружающей среды. Как показано на рис. 5 основные районы сокращения лесов в нижних и средних частях склонов главным образом связаны с этим процессом. Однако на схеме нашли отражение относительно компактные лесные массивы, в то время как в полевых условиях отмечено большее количество отдельных небольших пятен засохших деревьев, а также пока их единичных экземпляров. В первую очередь и в наибольшей степени пострадали леса в долине р. Гоначхир, правого притока р. Теберды (рис. 6). Площадь одного участка засохшего леса здесь достигает 16.74 га (см. рис. 5, № 3). В ряде мест в результате гибели древостоя началась активизация эрозионных процессов. Основными причинами усыхания древостоя стала совокупность неблагоприятных факторов, прежде всего — относительная одновозрастность, многолетняя ослабленность деревьев стволовыми гнилями, нередко механическими повреждениями, вспышка численности короэда-типографа на фоне жарких 2012 и 2015 гг. (Пуканская и др., 2020). Следует отметить, что в засохших лесах практически не наблюдается подрост как основа для восстановления будущего древостоя, который, в свою очередь, выполняет важнейшие средостабилизирующие функции, особенно в ООПТ.

С другой стороны, увеличение площади лесов у верхней границы их распространения, одновременно с подъемом самой границы может быть результатом как наблюдающегося потепления климата, так и следствием ослабления в ряде районов лавинной активности. Этот эффект отмечается и в днище долин и на склонах, по которым сходили крупные лавины, например, выше альплагеря Алибек в одноименной долине. На склоне массива Мусат-Чери площадь лесов увеличилась на

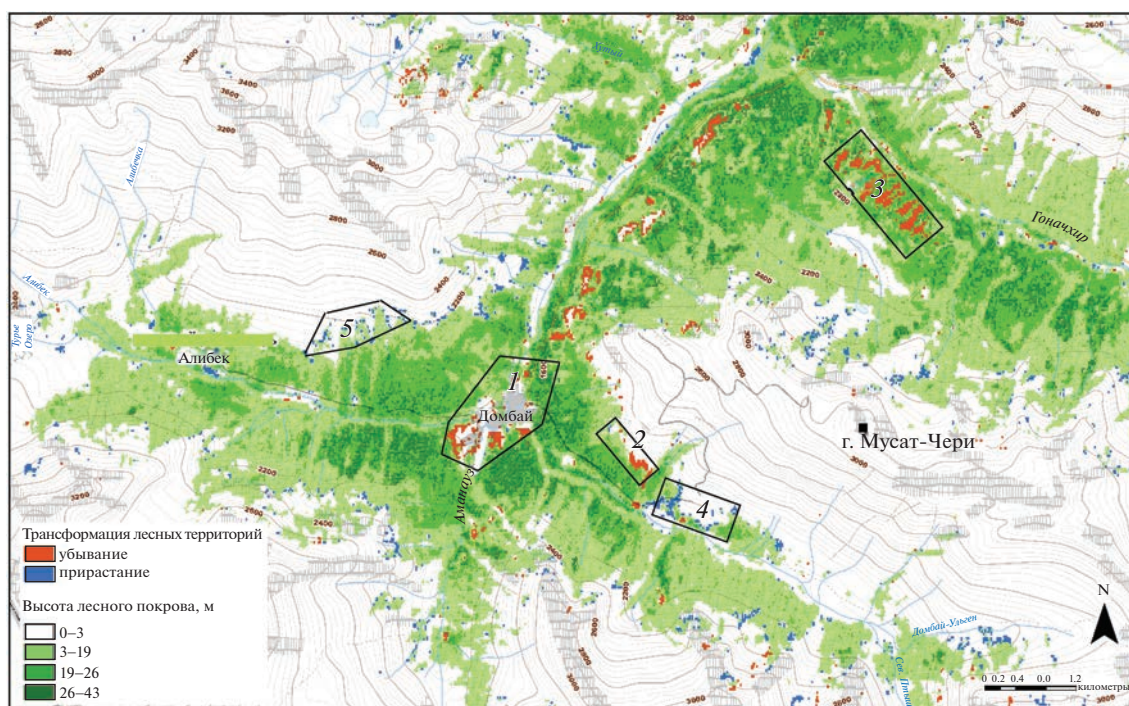


Рис. 5. Схема изменения лесных ландшафтов в верхней части бассейна р. Теберды за 2000–2020 гг.: сокращение площади: 1 – район пос. Домбай, 2 – экотон верхней границы леса, 3 – засохшие леса; расширение площади: 4 – зона ослабления воздействия лавин и зарастания старых дорог, 5 – экотон верхней границы леса.



Рис. 6. Гибель пихтово-еловых лесов в долине р. Гоначхир (июль 2022 г.). Фотографии М.Н. Петрушиной.

7.3 га (см. рис. 5, № 4) за счет зарастания нарушенных участков вдоль бывшей дороги ивово-осиново-березовым подростом, а также восстановления древостоя после схода крупных снежных лавин начала XXI в. На участке Семенов-Баши появление схожих лесов отмечено на площади в 4.23 га (см. рис. 5, № 5).

Динамика лесных ландшафтов на Восточном Кавказе (на примере Макажойской котловины)

Тенденция к расширению площади среднегорных и высокогорных лесных ландшафтов на

Восточном Кавказе в XXI в. выявлена в ходе полевых исследований (Гуня и др., 2020) и на основе анализа данных ДДЗ (Пуреховский и др., 2022). Одним из таких районов стала Макажойская котловина, в частности ее северный склон вблизи пос. Хой (рис. 7), где зафиксирован хороший разновозрастный подрост сосны (*Pinus hamata* (Steven)). Появление молодых сосен и продвижение их вверх по склону с субальпийскими лугами связано с ослаблением воздействия человека (прежде всего выпаса) и, возможно, с потеплением климата.

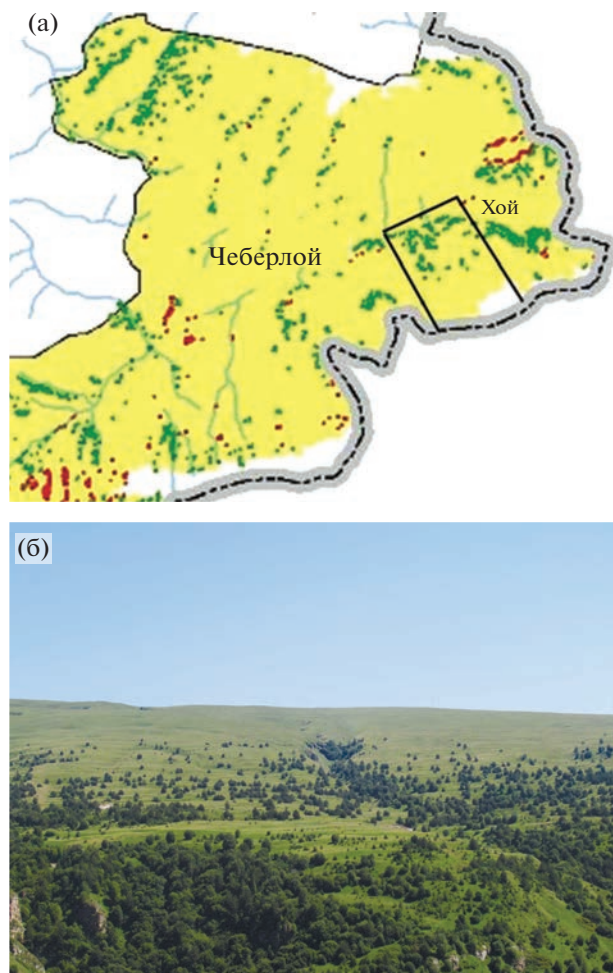


Рис. 7. Расширение площади, занятой лесами, на северном склоне в районе пос. Хой за 2000–2020 гг. См. условные обозначения к рис. 5. Границы района исследования (а) и вид на склон в июле 2022 г. (б). Фотография М.Н. Петрушиной.

Анализ состояния около 130 экземпляров сосен выявил, что зарастание проходило в несколько этапов и планомерно распространялось с нижних частей склона долины р. Ахкете. Первые единичные деревья появились здесь в конце 70-х годов XX в. (возраст 43–45 лет), активнее зарастание шло в конце 90-х годов (возраст 25–29 лет) с массовым развитием подроста с начала второго десятилетия нынешнего века (возраст 9–11 лет) и сохранением хороших темпов в настоящее время. Если на первом этапе деревья начали занимать выпуклые формы рельефа (т.е., склоны с положительной плановой и профильной кривизной), то в дальнейшем они освоили и другие местоположения.

Наибольшая плотность древостоя характерна для нижней части склона с хорошо выраженными бывшими сельскохозяйственными террасами и для крутых склонов эрозионных форм северо-восточной экспозиции; с увеличением высоты плотность дре-

востоя резко уменьшается. На разных участках в среднем произрастает сосен от 80 до 420 шт./га. Состояние большинства из них в нижней части склона хорошее (56%). Однако для возрастных сосен более типична асимметрия крон, кривизна стволов, их раздвоение в период с 2005–2007 гг., наличие следов горения. Под деревьями нередко формируются парцеллы с преобладанием разнотравья, в то время как на соседних лугах доминируют бобово-разнотравно-злаковые (овсянице-вые и вейниковые) сообщества с сухой зеленой наземной фитомассой 14–25.6 ц/га. Отдельные экземпляры сосны встречаются на высотах до 2380 м, но их состояние обычно неудовлетворительное (искривленные стволы, флагообразная крона, небольшой прирост и т.д.). Кроме соснового появился также разновозрастный подрост березы (*Betula pendula* Roth, *B. raddeana* Trautv.), встречается ива (*Salix* sp.).

С увеличением площади лесных участков и сомкнутости крон древостоя изменяется вертикальная структура биотических компонентов элементарных ландшафтов, что обуславливает динамику пространственной структуры всего ландшафта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Динамика пространственно-временной структуры ландшафтов и их отдельных компонентов отмечается во всех типах высокогорных и среднегорных ландшафтов разных частей Северного Кавказа. Климатогенные изменения проявляются главным образом через деградацию оледенения и активность экзогенных процессов, включая катастрофические – снежные лавины, селевые потоки, которые оказывают большое влияние на динамику ландшафтов всего спектра высотных зон. С начала XXI в. в наименьшей степени сократилась площадь нивально-гляциальных ландшафтов на Центральном Кавказе, немного больше на Западном Кавказе и максимально – на Восточном Кавказе. Однако на Центральном Кавказе по сравнению с Западным Кавказом более активно проявлялись экзогенные процессы, в том числе связанные с прорывом приледниковых озер и формированием крупных селей, а также сход снежных лавин, которые оказали большое влияние на динамику пространственной структуры ландшафтов. В настоящее время наблюдаются ландшафтные сукцессии в местах активизации селей и лавин конца XX – начала XXI в., в том числе расширение сосновых лесов.

Возрастание антропогенной нагрузки в Приэльбрусье и в районе пос. Домбай, связанное в первую очередь с расширением туристской и рекреационной инфраструктуры, стало дополнительным фактором активизации неблагоприятных экзогенных процессов, сокращения площади горно-лесных и горно-луговых ландшафтов и

ухудшения состояния их биотических компонентов. Общее увеличение жилой зоны населенных пунктов и баз отдыха с неизбежностью привело к попаданию новой застройки в ареалы, подверженные воздействию снежных лавин, селевых потоков и наводнений. Несмотря на положение изученных ключевых участков в границах ООПТ, для них типично продолжающееся сокращение площади природных ландшафтов за счет роста доли антропогенных микроландшафтов, высокая концентрация которых на ограниченной территории снижает эстетическую ценность естественных ландшафтов и, в целом, приводит к прогрессирующему ухудшению их экологического состояния.

Сочетание активности природных процессов на фоне климатических изменений с усилением антропогенного воздействия может приводить как к усложнению, так и к упрощению пространственной структуры горных ландшафтов; в первом варианте — за счет сукцессионных смен и перестроек биоты элементарных ландшафтов, во втором — вследствие распространения и увеличения доли антропогенных комплексов.

Для ключевого участка Восточного Кавказа в отличие от рассмотренных западных частей Северного Кавказа характерна тенденция к расширению площади лесов в результате снижения антропогенной нагрузки в последние десятилетия и, вероятно, изменения климата, что требует дальнейшего изучения. Заращение древесной растительностью наиболее активно идет в нижней части лугового склона, где в ландшафтной структуре сохранились местообитания (и мезоформы рельефа) бывших сельскохозяйственных террас.

В настоящее время ощущается дисбаланс между характером и масштабностью фиксируемых изменений в динамике природных и природно-антропогенных ландшафтов Северного Кавказа и состоянием информационной базы, которая призвана служить основой для градостроительного и территориального планирования, для формирования экологических сетей охраняемых территорий, наконец (но не в последнюю очередь) — для реализации проектов новых всесезонных туристско-рекреационных комплексов и кластеров все-российского уровня. Это обстоятельство делает необходимым привлечение Больших Данных и применение новых инновационных методов их обработки, что позволило бы осуществлять с ежегодной периодичностью изучение изменений видов землепользования и трансформации ландшафтов, особенно в экотонных ландшафтах низовально-гляциальной, горно-луговой и горно-лесной зон.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках тем Государственного задания географического факультета МГУ имени М.В. Ло-

моносова № 121051300176-1 “Факторы и процессы пространственно-временной организации природных и антропогенных ландшафтов”, № 121040100322-8 “Анализ региональных геоэкологических проблем в условиях глобальных изменений окружающей среды”, а также темы Государственного задания ИГ РАН “Оценка физико-географических, гидрологических и биотических изменений окружающей среды и их последствий для создания основ устойчивого природопользования” FMGE-2019-0007 (AAAA-A19-119021990093-8).

FUNDING

The work was carried out within the framework of the State tasks of the MSU Faculty of Geography no. 121051300176-1 “Factors and processes of spatio-temporal organization of natural and anthropogenic landscapes,” and no. 121040100322-8 “Analysis of regional geo-ecological problems in the context of global environmental changes” as well as the State task of the IG RAS “Assessment of physical, geographical, hydrological and biotic environmental changes and their consequences for creating the foundations of sustainable nature management” FMGE-2019-0007 (AAAA-A19-119021990093-8).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Авессаломова И.А., Дьяконов К.Н., Иванов А.Н., Беляков А.И., Мамай И.И. Общие положения динамики и функционирования ландшафтов // География, общество, окружающая среда. Т. 2. Функционирование и современное состояние ландшафтов. М.: Городец, 2004. С. 101–112.
- Акатов В.В., Акатов П.В., Майоров С.В. Тенденции изменения высотного ареала пихты Нордмана на Западном Кавказе (бассейн р. Белая) // Изв. РАН. Сер. геогр. 2013. № 4. С. 104–114.
<https://doi.org/10.15356/0373-2444-2013-2-104-114>
- Алейникова А.М., Петрушина М.Н. Структура и динамика приледниковых ландшафтов Приэльбрусья // Лёд и Снег. 2011. № 2. С. 127–134.
- Баденков Ю.П., Грачева Р.Г., Гуня А.Н., Белановская Е.А., Мерзлякова И.А., Шмакин А.Б. Горные районы Северного Кавказа на рубеже веков: трансформация природопользования и современные проблемы развития // Изменение природной среды России в XX веке. М.: Molnet, 2012. С. 254–273.
- Берущавили Н.Л. Четыре измерения ландшафта. М.: Мысль, 1986. 182 с.
- Бочкарев Ю.Н., Дьяконов К.Н. Дендрохронологическая индикация функционирования ландшафтов на северной и верхней границах леса // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2009. № 2. С. 37–50.
- Братков В.В., Заурбеков Ш.Ш., Атаев З.В. Мониторинг современных климатических изменений и оценка их последствий для ландшафтов Северного Кавказа // Вестн. РАЕН. 2014. № 2. С. 7–16.
- Виноградова В.В., Титкова Т.В., Белановская Е.А., Грачева Р.Г. Воздействие изменения климата на горные ландшафты Северного Кавказа // Современ-

- ные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12 (6). С. 35–47.
- Гуля А.Н., Машкова Р.А., Гежаев А.М. Динамика и трендовые изменения высокогорных ландшафтов в горно-рекреационных районах Северного Кавказа // Вопросы географии. Сб. 137 / отв. ред. В.М. Котляков, Ю.П. Баденков, К.В. Чистяков. М.: Кодекс, 2014. С. 521–543.
- Гуля А.Н., Петрушина М.Н., Гайрабеков У.Т., Гагаева З.Ш., Колбовский Е.Ю., Лысенко А.В., Караев Ю.И., Петров Л.А., Эльмурзаев Р.С. Ландшафты Аргунского государственного историко-архитектурного и природного музея-заповедника // Северокавказская комплексная экспедиция. Труды / отв. ред. А.Н. Гуля, М.Н. Петрушина. Грозный, Махачкала: ЧГУ, АЛЕФ, 2020. Т. 2. С. 43–94.
- Дега Н.С., Бостанова Ф.Х., Байракумова А.Р., Корчагина Н.М. Геоэкологическая оценка окружающей среды Карачаево-Черкесской республики // Проблемы региональной экологии. 2019. № 2. С. 59–65. <https://doi.org/10.24411/1728-323X-2019-12059>
- Дьяконов К.Н., Пузаченко Ю.Г. Теоретические положения и направления исследований современного ландшафтоведения // География, общество, окружающая среда. Т. 2. Функционирование и современное состояние ландшафтов. М.: Городец, 2004. С. 21–35.
- Залиханов М.Ч., Коломыц Э.Г., Шарая Л.С., Цепкова Н.Л., Сурова Н.А. Высокогорная геоэкология в моделях. М.: Наука, 2010. 487 с.
- Заурбеков Ш.Ш. Современные климатические изменения и их влияние на ландшафтную структуру региона (на примере Северного Кавказа). Автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. Краснодар, 2012. 48 с.
- Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М.: Высшая школа, 1991. 366 с.
- Коломыц Э.Г. Прогноз влияния глобальных изменений климата на ландшафтную структуру горной страны // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1985. № 1. С. 14–30.
- Корчагина Е.А. Исследование колебаний элементов климата в горных районах Западного и Центрального Кавказа методами математической статистики // Изв. КБ науч. центра РАН. 2020. № 3 (95). С. 64–73. <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2020-3-95-64-73>
- Крауклис А.А. Теория и практика исследования геосистем // География и природные ресурсы. 1987. № 4. С. 14–22.
- Ледники и климат Эльбруса /под ред. В.Н. Михаленко. М.—СПб.: Нестор-История, 2020. 372 с.
- Лурье П.М., Панов В.Д., Панова С.В. Криосфера Большого Кавказа. Устойчивое развитие горных территорий. 2019. Т. 11. № 2. С. 182–190. <https://doi.org/10.21177/1998-4502-2019-11-2-182-190>
- Мамай И.И. Динамика ландшафтов. (Методика изучения). М.: Изд-во МГУ, 1992. 167 с.
- Олейников А.Д., Володичева Н.А. Современные тенденции изменения снеголавинного режима Центрального Кавказа (на примере Приэльбрусья) // Лёд и Снег. 2019. Т. 59. № 2. С. 191–200. <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2019-2-400>
- Онищенко В.В., Дега Н.С., Тохчуков Ш.Ю. Ледниковый баланс Карачаево-Черкесии в глобальных и региональных природно-антропогенных преобразованиях // Успехи современного естествознания. 2016. № 6. С. 174–178.
- Петрушина М.Н. Структура и динамика горных ландшафтов Северного Кавказа // Ландшафтный сборник (Развитие идей Н.А. Солнцева в современном ландшафтоведении) / под ред. И.И. Мамай. М.—Смоленск: Ойкумена, 2013. С. 227–248.
- Петрушина М.Н., Алейникова А.М., Петраков Д.А. Воздействия лавин зимы 2004–2005 гг. на ландшафты бассейна р. Адылсу (Центральный Кавказ): сб. докладов III Международ. конф. “Лавины и смежные вопросы” (Кировск, Россия, 4–8 сентября, 2006). Кировск: ООО Апатит-Медиа Апатиты, 2007. С. 102–108.
- Пукинская М.Ю., Кессель Д.С., Шукина К.В. Усыхание пихто-ельников Тебердинского заповедника // Ботанич. журн. 2019. Т. 104. № 3. С. 337–362. <https://doi.org/10.1134/S0006813619030062>
- Пуреховский А.Ж., Гуля А.Н., Колбовский Е.Ю. Динамика высокогорных ландшафтов Северного Кавказа по данным дистанционного зондирования в 2000–2020 гг. // Изв. Дагестан. гос. пед. ун-та. Сер. ест. и точные науки. 2022. Т. 16. № 2. С. 72–84. <https://doi.org/10.31161/1995-0675-2022-16-2-72-84>
- Хорошев А.В. Оценка устойчивости геосистем бассейна р. Баксан (Центральный Кавказ). Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М.: Изд-во АО “Диалог-МГУ”, 1997. 24 с.
- Шиятов С.Г., Моисеев А.А., Григорьев А.А. Мониторинг климатогенной динамики высокогорной древесной растительности при помощи ландшафтных фотоснимков на Южном Урале // Вопросы географии. Сб. 137 / отв. ред. В.М. Котляков, Ю.П. Баденков, К.В. Чистяков. М.: Кодекс, 2014. С. 125–155.
- Черноморец С.С., Петраков Д.А., Алейников А.А., Беккиев М.Ю., Висхаджиева К.С., Докукин М.Д., Калов Р.Х., Кидяева В.М., Крыленко В.В., Крыленко И.В., Крыленко И.Н., Рец Е.П., Савернюк Е.А., Смирнов А.М. Прорыв озера Башкара (Центральный Кавказ, Россия) 1 сентября 2017 года // Криосфера Земли. 2018. Т. 22. № 2. С. 70–80.
- Albrich K., Rammer W., Seidl R. Climate change causes critical transitions and irreversible alterations of mountain forests // Glob. Change Biol. 2020. Vol. 26. № 7. P. 1–15. <https://doi.org/10.1111/gcb.15118>
- Cherkasova A.A., Iurmanov A.A., Kokane P., Maslakov A., Petkovich M., Petrushina M.N., Tabelinova A., Tolipov A., Yakubov G., Yushina Yu. Prielbrusye National Park environmental changes due to increasing tourism activity // Geography, Environment, Sustainability. 2022. Vol. 15. № 4. P. 115–123. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2022-108>
- Global Change and Mountain Regions. An Overview of Current Knowledge / U. Huber, H. Bugmann, M. Rea-soner (Eds.). Dordrecht, Netherlands: Springer, 2005. 650 p.
- Ewane E.B. Assessing land use and landscape factors as determinants of water quality trends in Nyong River basin, Cameroon // Environ. Monitoring and Assess-

- ment. 2020. Vol. 192. № 8. P. 1–35.
<https://doi.org/10.1007/s10661-020-08448-2>
- Ewane B.E., Lee H.H. Assessing land use/land cover change impacts on the hydrology of Nyong River Basin, Cameroon // *J. Mountain Science*. 2020. Vol. 17. № 1. P. 50–67.
<https://doi.org/10.1007/s11629-019-5611-8>
- Mountains and climate change – From understanding to action. Centre for Development and Envir. (CDE) / T. Kohler, D. Maselli (Eds.). Bern: CDE. Inst. Geogr., Univ. Bern, 2009. 80 p.
- Potapov P., Hansen M.C., Kommareddy I., Kommareddy A., Turubanova S., Pickens A., Adusei B., Tyukavina A., Ying Q. Landsat Analysis Ready Data for Global Land Cover and Land Cover Change Mapping // *Remote Sensing*. 2020. Vol. 12. № 3. 426 p.
<https://doi.org/10.3390/rs12030426>
- Remote sensing of land use and land cover: principles and applications / C.P. Giri (Ed.). Boca Raton, USA: CRC press, 2012. 477 p.
- Resler L.M., Shao Y., Campbell J.B., Michaels A. Land cover and land use change in an emerging national park gateway region: implications for mountain sustainability / *The Elgar companion to geography, transdisciplinarity and sustainability*. Miami: Edward Elgar Publ., 2020. P. 270–292.
<https://doi.org/10.4337/9781786430106.00026>
- Senf C., Seidl R. Natural disturbances are spatially diverse but temporally synchronized across temperate forest landscapes in Europe // *Glob. Change Biology*. 2018. Vol. 24. № 3. P. 1201–1211.
<https://doi.org/10.1111/gcb.13897>
- Tielidze L.G., Wheate R.D. The Greater Caucasus Glacier Inventory (Russia, Georgia and Azerbaijan) // *The Cryosphere*. 2018. № 12. P. 81–94.
<https://doi.org/10.5194/tc-12-81-2018>
- Toropov P.A., Aleshina M.A., Grachev A.M. Large-scale climatic factors driving glacier recession in the Greater Caucasus, 20th–21st century // *Int. J. Climatol*. 2019. P. 1–18.
<https://doi.org/10.1002/joc.6101>
- Turner M.G., Calder W.J., Cumming G.S., Hughes T.P., Jentsch A., LaDeau Sh.L., Lenton T.M., Shuman B.N., Turetsky M.R., Ratajczak Z., Williams J.W., Williams A.P., Carpenter St.R. Climate change, ecosystems and abrupt change: Science priorities // *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2020. Vol. 1794. № 375.
<https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0105>

Dynamics of Mountain Landscapes of the North Caucasus under Modern Climate Change and Increased Anthropogenic Impact

M. N. Petrushina^{1, *}, A. N. Gunya^{2, **}, E. Yu. Kolbovsky^{1, 2}, and A. Zh. Purehovskiy²

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

²Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

*e-mail: mnpetrushina@mail.ru

**e-mail: a.n.gunya@igras.ru

The results of the analysis of multi-year satellite images and long-term field studies of landscape dynamics in different high mountain regions of the North Caucasus are presented. Based on Landsat Analysis Ready Data processing for the 2000–2020 period and geoinformation modeling, the main changes in nival-glacial and forest landscapes have been established. A decrease in the area of snow-glacier complexes was noted (on average by 20.6%) with the largest decrease in the Eastern Caucasus (75.2%) and the smallest in the Central Caucasus (13.4%). Repeated complex descriptions in key areas confirmed the revealed changes, as well as the rise of the border of mountain-meadow landscapes and the heterogeneity of their spatial structure in the periglacial zone as a result of climatic fluctuations. Multidirectional trends in the dynamics of mountain-forest landscapes are manifested in the deterioration of the state, including the drying up of dark coniferous forests and the reduction in their area in the Western Caucasus (Teberda River basin), in the rise of the border and the increase in the area of light coniferous forests in the Eastern Caucasus (Makazhoy depression), mainly beyond due to the weakening in previous years of anthropogenic impact. In the Central Caucasus (Elbrus region), some expansion of forests was noted at the upper border of the forest belt along the bottom of river valleys, in some places on the slopes of the southern points, a decrease in areas of large avalanches and mudflows, including as a result of outbursts of near-glacial lakes. The metachronism of the manifestation of exogenous processes and their spatial heterogeneity leads to the complication of the landscape structure of the zones of their influence due to the combination of elementary landscapes that are at different stages of restoration successions. The increased recreational impact on the mid-mountain and high-mountain landscapes of the Western and Central Caucasus caused the change in the spatial structure of landscapes, especially mountain-forest and subalpine meadows, a decrease in their biodiversity, and an increase in the proportion of anthropogenic complexes in the most valuable landscapes in protected areas.

Keywords: North Caucasus, nival-glacial landscapes, mountain-forest landscapes, spatial landscape structure, landscape dynamics, climatic changes, restorative succession, recreational impact

REFERENCES

- Akatov V.V., Akatov P.V., Maiorov S.V. Trends in altitude area of Nordmann fir in the Western Caucasus (Basin of Belaya River) in the relation with the global warming issue. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2013, no. 2, pp. 104–114. (In Russ.).
<https://doi.org/10.15356/0373-2444-2013-2-104-114>
- Albrich K., Rammer W., Seidl R. Climate change causes critical transitions and irreversible alterations of mountain forests. *Glob. Change Biol.*, 2020, vol. 26, no. 7, pp. 1–15.
<https://doi.org/10.1111/gcb.15118>
- Aleinikova A.M., Petrushina M.N. Structure and dynamics of periglacial landscapes of the Elbrus region. *Led i Sneg*, 2011, no. 2, pp. 127–134. (In Russ.).
- Avessalomova I.A., D'yakonov K.N., Ivanov A.N., Belyakov A.I., Mamai I.I. General concepts of landscape dynamics and functioning. In *Geografiya, obshchestvo, okruzhayushchaya sreda. Tom 2. Funktsionirovanie i sovremennoe sostoyanie landshaftov* [Geography, Society, Environment. Vol. 2. Contemporary Landscape Processes]. Moscow: Gorodets Publ., 2004, pp. 101–112. (In Russ.).
- Badenkov Yu.P., Gracheva R.G., Gunya A.N., Belanovskaya E.A., Merzlyakova I.A., Shmakov A.B. Mountainous regions of the North Caucasus at the turn of the century: transformation of nature management and modern development problems. In *Izmenenie prirodnoi sredy Rossii v XX veke* [Changes in the Natural Environment of Russia in the XX Century]. Moscow: Molnet Publ., 2012, pp. 254–273. (In Russ.).
- Beruchashvili N.L. *Chetyre izmereniya landshafta* [Four Dimensions of the Landscape]. Moscow: Mysl' Publ., 1986. 182 p.
- Bochkarev Yu.N., D'yakonov K.N. Dendrochronological indication of the functioning of landscapes on the northern and upper borders of the forest. *Vestn. Mosk. Univ., Ser. 5: Geogr.*, 2009, no. 2, pp. 37–50. (In Russ.).
- Bratkov V.V., Zaurbekov Sh.Sh., Ataev Z.V. Monitoring of modern climate changes and assessment of their consequences for the landscapes of the North Caucasus. *Vestn. RAEN*, 2014, no. 2, pp. 7–16. (In Russ.).
- Cherkasova A.A., Iurmanov A.A., Kokane P., Maslakov A.A., Petkovich M., Petrushina M.N., Tabelinova A., Tolipov A., Yakubov G., Yushina Yu. Prielbrusye National Park environmental changes due to increasing tourism activity. *Geogr. Environ. Sustain.*, 2022, vol. 15, no. 4, pp. 115–123.
<https://doi.org/10.24057/2071-9388-2022-108>
- Chernomorets S.S., Petrakov D.A., Aleinikova A.A., Bekkiev M.Y., Viskhadzhieva K.S., Dokukin M.D., Kalov R.K., Kidyaeva V.M., Krylenko V.V., Krylenko I.V., Krylenko I.N., Rets E.P., Savernyuk E.A., Smirnov A.M. The outburst of Bashkara glacier lake (Central Caucasus, Russia) on September 1, 2017. *Kriosf. Zemli*, 2018, vol. 22, no. 2, pp. 70–80. (In Russ.).
[https://doi.org/10.21782/KZ1560-7496-2018-2\(70-80\)](https://doi.org/10.21782/KZ1560-7496-2018-2(70-80))
- Global Change and Mountain Regions. An Overview of Current Knowledge*. Huber U., Bugmann H., Reasoner M., Eds. Dordrecht: Springer, 2005.
- Gunya A.N., Mashkova R.A., Gezhaev A.M. Dynamics and trend changes of high-mountain landscapes in the mountain-recreational areas of the North Caucasus. In *Voprosy geografii. Sb. 137: Issledovaniya gor. Gornye regiony Severnoi Evrazii. Razvitiye v usloviyakh global'nykh izmenenii* [Problems of Geography. Vol. 137: Mountain Research. Mountain Regions of Northern Eurasia in Global Change Conditions]. Kotlyakov V.M., Badenkov Yu.P., Chistyakov K.V., Eds. Moscow: Kodeks Publ., 2014, pp. 521–543. (In Russ.).
- Gunya A.N., Petrushina M.N., Gayrabekov U.T., Gargaeva Z.Sh., Kolbovsky E.Yu., Lysenko A.V., Karayev Yu.I., Petrov L.A., Elmurzaev R.S. Landscapes of the Argun State Historical, Architectural and Natural Museum-Reserve. In *Severokavkazskaya kompleksnaya ekspeditsiya. Trudy* [North Caucasian Combined Expedition. Proceedings]. Gunya A.N., Petrushina M.N., Eds. Grozny; Makhachkala: ALEF Publ., 2020, vol. 2, pp. 43–94. (In Russ.).
- Dega N.S., Bostanova F.Kh., Bairakumova A.R., Korchagina N.M. Geoecological assessment of the environment of the Karachay-Cherkess Republic. *Probl. Reg. Ekol.*, 2019, no. 2, pp. 59–65. (In Russ.).
<https://doi.org/10.24411/1728-323X-2019-12059>
- D'yakonov K.N., Puzachenko Yu.G. Theoretical concepts and main lines of study in modern landscape science. In *Geografiya, obshchestvo, okruzhayushchaya sreda. Tom 2. Funktsionirovanie i sovremennoe sostoyanie landshaftov* [Geography, Society, Environment. Vol. 2. Contemporary Landscape Processes]. Moscow: Gorodets Publ., 2004, pp. 21–35. (In Russ.).
- Ewane E.B. Assessing land use and landscape factors as determinants of water quality trends in Nyong River basin, Cameroon. *Environ. Monit.*, 2020, vol. 192, art. 507.
<https://doi.org/10.1007/s10661-020-08448-2>
- Ewane B.E., Lee H.H. Assessing land use/land cover change impacts on the hydrology of Nyong River Basin, Cameroon. *J. Mt. Sci.*, 2020, vol. 17, no. 1.
<https://doi.org/10.1007/s11629-019-5611-8>
- Isachenko A.G. *Landshaftovedenie i fiziko-geograficheskoe raionirovanie* [Landscape Studies and Physical and Geographical Zoning]. Moscow: Vysshaya Shkola Publ., 1991. 366 p.
- Khoroshev A.V. Assessment of the stability of geosystems of the Baksan river basin (Central Caucasus). *Extended Abstract of Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Moscow: Dialog-MGU Publ., 1997. 24 p.
- Kolomyts E.G. Forecast of the impact of global climate change on the landscape structure of a mountainous country. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 1985, no. 1, pp. 14–30. (In Russ.).
- Korchagina E.A. Investigation of fluctuations of climate elements in the mountainous regions of the Western and Central Caucasus by methods of mathematical statistics. *Izv. Kabard.-Balkar. NTs RAN*. 2020, vol. 95, no. 3, pp. 64–73. (In Russ.).
<https://doi.org/10.35330/1991-6639-2020-3-95-64-73>
- Krauklis A.A. Theory and practice of geosystems research. *Geogr. Prir. Resur.*, 1987, no. 4, pp. 14–22. (In Russ.).
- Ledniki i klimat Elbrusa* [Glaciers and Climate of Elbrus]. Mikhalevskiy V.N., Ed. Moscow; St. Petersburg: Nestor-History Publ., 2020. 372 p.

- Lurie P.M., Panov V.D., Panova S.V. Cryosphere of the Greater Caucasus. *Sustain. Dev. Mt. Territ.*, 2019, vol. 11, no. 2, pp. 182–190. (In Russ.).
<https://doi.org/10.21177/1998-4502-2019-11-2-182-190>
- Mamai I.I. *Dinamika landshaftov (Metodika izuchenya)* [Dynamics of Landscapes: (Methods of Study)]. Moscow: Izd. Mosk. Univ., 1992. 167 p.
- Mountains and climate change — From understanding to action.* Kohler T., Maselli D., Eds. Bern: CDE. Inst. Geogr., Univ. Bern, 2009.
- Oleinikov A.D., Volodicheva N.A. Modern trends in the snow-avalanche regime of the Central Caucasus (on the example of the Elbrus region). *Led i Sneg*, 2019, vol. 59, no. 2, pp. 191–200. (In Russ.).
<https://doi.org/10.15356/2076-6734-2019-2-400>
- Onishchenko V.V., Dega N.S., Tokhchukov Sh.Yu. Glacial balance of Karachay-Cherkessia in global and regional natural and anthropogenic transformations. *Uspekhi Sovrem. Estestvozn.*, 2016, no. 6, pp. 174–178. (In Russ.).
- Petrushina M.N. Structure and dynamics of mountain landscapes of the North Caucasus. In *Landshaftnyi sbornik (Razvitie idei N.A. Solntseva v sovremennoy landshaftovedenii)* [Landscape Collection (Development of N.A. Solntsev's Ideas in Modern Landscape Science)]. Mamay I.I., Ed. Moscow; Smolensk: Oikumena Publ., 2013, pp. 227–248. (In Russ.).
- Petrushina M.N., Aleynikova A.M., Petrakov D.A. The effects of avalanches of winter 2004–2005 on the landscapes of the Adysu river basin (Central Caucasus). In *Sb. dokladov III Mezhd. konf. "Laviny i smezhnye vo-prosy"*, Kirovsk, Rossiya, Sentyabr' 4–8, 2006 [Proc. of the III Int. Conf. "Avalanches and Related Questions", Kirovsk, Russia, September 4–8, 2006]. Kirovsk: Apatit-Media Publ., 2007, pp. 102–108. (In Russ.).
- Potapov P., Hansen M.C., Kommareddy I., Kommareddy A., Turubanova S., Pickens A., Adusei B., Tyukavina A., Ying Q. Landsat Analysis Ready Data for Global Land Cover and Land Cover Change Mapping. *Remote Sens.*, 2020, vol. 12, no. 3, art. 426.
<https://doi.org/10.3390/rs12030426>
- Pukinskaya M.Yu., Kessel D.S., Shchukina K.V. Drying of fir-spruce forests of the Teberdinsky Reserve. *Botanich. Zh.*, 2019, vol. 104, no. 3, pp. 337–362. (In Russ.).
<https://doi.org/10.1134/S0006813619030062>
- Purekhovskii A.Zh., Gunya A.N., Kolbovsky E.Yu. Dynamics of high mountain landscapes of the North Caucasus according to remote sensing data in 2000–2020. *Izv. Dagestan. Gos. Ped. Univ., Ser. Est. Tochn. Nauki*, 2022, vol. 16, no. 2, pp. 72–84. (In Russ.).
<https://doi.org/10.31161/1995-0675-2022-16-2-72-84>
- Remote sensing of land use and land cover: principles and applications.* Giri C.P., Ed. Boca Raton, USA: CRC Press, 2012. 477 p.
- Resler L.M., Shao Y., Campbell J.B., Michaels A. Land cover and land use change in an emerging national park gateway region: Implications for mountain sustainability. In *The Elgar Companion to Geography, Transdisciplinarity and Sustainability*. Miami: Edward Elgar Publ., 2020. 448 p.
<https://doi.org/10.4337/9781786430106.00026>
- Senf C., Seidl R. Natural disturbances are spatially diverse but temporally synchronized across temperate forest landscapes in Europe. *Glob. Change Biol.*, 2018, vol. 24, no. 3, pp. 1201–1211.
<https://doi.org/10.1111/gcb.13897>
- Shiyatov S.G., Moiseev A.A., Grigoriev A.A. Monitoring of climate-induced dynamics of woody vegetation with the use of landscape photographs on the South Urals. In *Voprosy geografii. Sb. 137: Issledovaniya gor. Gornye regiony Severnoi Evrazii. Razvitie v usloviyakh global'nykh izmenenii* [Problems of Geography. Vol. 137: Mountain Research. Mountain Regions of Northern Eurasia in Global Change Conditions]. Kotlyakov V.M., Badenkov Yu.P., Chistyakov K.V., Eds. Moscow: Kodeks Publ., 2014, pp. 125–155. (In Russ.).
- Tielidze L.G., Wheate R.D. The Greater Caucasus Glacier Inventory (Russia, Georgia and Azerbaijan). *Cryosph.*, 2018, no. 12, pp. 81–94.
<https://doi.org/10.5194/tc-12-81-2018>
- Toropov P.A., Aleshina M.A., Grachev A.M. Large-scale climatic factors driving glacier recession in the Greater Caucasus, 20th–21st century. *Int. J. Climatol.*, 2019, vol. 39, pp. 4703–4720.
<https://doi.org/10.1002/joc.6101>
- Turner M.G., Calder W.J., Cumming G.S., Hughes T.P., Jentsch A., LaDeau Sh.L., Lenton T.M., Shuman B.N., Turetsky M.R., Ratajczak Z., Williams J.W., Williams A.P., Carpenter St.R. Climate change, ecosystems and abrupt change: Science priorities. *Philos. Trans. R. Soc. Lond., B, Biol. Sci.*, 2020, vol. 1794, no. 375.
<https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0105>
- Vinogradova V.V., Titkova T.V., Belanovskaya E.A., Gracheva R.G. The impact of climate change on the mountain landscapes of the North Caucasus. *Sovrem. Probl. Distant. Zondir. Zemli Kosmos.*, 2015, vol. 12, no. 6, pp. 35–47. (In Russ.).
- Zalikhanov M.Ch., Kolomyts E.G., Sharaya L.S., Tsepko-va N.L., Surova N.A. *Vysokogornaya geoekologiya v modelyakh* [High Mountain Geoecology in Models]. Moscow: Nauka Publ., 2010. 487 p.
- Zaurbekov Sh.Sh. Modern climatic changes and their impact on the landscape structure of the region (on the example of the North Caucasus). *Extended Abstract of Dr. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Krasnodar, 2012. 48 p.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ГОРНЫХ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОТВЕТ НА КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

УДК 551.4.042

СТОК НАНОСОВ В ГОРАХ КАВКАЗА И ЕГО ТРЕНДЫ КАК ОТРАЖЕНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ И АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

© 2023 г. В. Н. Голосов^{a, b, c, *}, А. С. Цыпленков^a

^aМосковский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, Москва, Россия

^bИнститут Географии РАН, Москва, Россия

^cКазанский Федеральный университет, Казань, Россия

*e-mail: gollossov@gmail.com

Поступила в редакцию 23.01.2023 г.

После доработки 25.04.2023 г.

Принята к публикации 25.08.2023 г.

Сток наносов горных рек является важной характеристикой, отражающей интенсивность денудации в различных высотных поясах, а также ее изменений. Кавказский регион, включающий Большой и Малый Кавказ, характеризуется значительной территориальной контрастностью, связанной с различиями в геологи-геоморфологическом строении, сейсмотектонической активности, климате, которые в совокупности определяют образ жизни местного населения и особенности антропогенного воздействия на ландшафты. В статье представлены результаты оценок современных темпов денудации региона, полученные на основе обработки базы данных о стоке взвешенных наносов рек по 194 постам с длительностью наблюдений свыше 10 лет. Для выявления влияния основных природно-антропогенных факторов на сток наносов рек использованы рассчитанные и опубликованные данные о пространственно распределенных показателях, характеризующих отдельные факторы или их сочетания. Проведена статистическая обработка зависимостей между отдельными показателями и стоком взвешенных наносов рек. Установлено, что средний для региона модуль стока наносов рек (SSY) составляет $446 \text{ т км}^{-2} \text{ год}^{-1}$. Максимальных значений ($SSY > 1500 \text{ т км}^{-2} \text{ год}^{-1}$) он достигает на Восточном Кавказе, где в последние десятилетия он остается высоким и по ряду бассейнов продолжает расти. Для остальных частей Большого Кавказа выявлен тренд снижения стока наносов, обусловленный сокращением ледникового питания рек и, более локально, сокращением пастбищной нагрузки.

Ключевые слова: денудация, пространственно-временной анализ, взвешенные наносы, аккумуляция в водохранилищах, влекомые наносы, перигляциальная зона, Кавказ

DOI: 10.31857/S2587556623070075, **EDN:** HEUABX

ВВЕДЕНИЕ

Современные изменения стока наносов рек мира обусловлены совместным воздействием климатических изменений, особенно значимых в последние три десятилетия, и все возрастающей антропогенной нагрузкой (Cendrero et al., 2022; Syvitski et al., 2022). В горах изменения климата, обусловленные глобальным потеплением, разнонаправленно действуют в различных высотных поясах, при этом однонаправленно влияя на усиление или ослабление стока наносов в каждом из поясов. Напротив, антропогенное воздействие часто разнонаправленно влияет на сток наносов рек в пределах одного высотного пояса, способствуя как усилению темпов денудации и поступления наносов в реки, так и снижению стока на-

носов за счет строительства водохранилищ. В настоящее время в водохранилищах задерживается порядка 50% от суммарного стока наносов рек мира (Syvitski et al., 2022; Vorosmarty et al., 2003). В отдельных случаях прекращение антропогенного воздействия, например забрасывание сельскохозяйственных террас на горных склонах стимулирует развитие оползневых процессов, что ведет к росту стока наносов рек (Remondo et al., 2005). При этом антропогенное воздействие на бассейны горных рек имеет разнонаправленные тренды в зависимости от социально-экономических особенностей развития регионов, в которых они располагаются. Так, для большинства горных массивов зарубежной Европы в целом характерно снижение антропогенной нагрузки в последние

десятилетия за счет забрасывания сельскохозяйственных земель, что ведет к изменению склонового стока и смыва (Garcia-Ruiz and Lana-Renault, 2011). Эта тенденция проявляется от Пиренеев (Garcia-Ruiz and Lasanta, 1990) до Карпат (Kozak, 2003), включая Альпы (Schirpke et al., 2022). Везде отмечается забрасывание ранее обрабатываемых земель, сокращение площадей пастбищ, расширение залесенности склонов за счет, в том числе, посадок леса. В современных экономических реалиях развитие сельскохозяйственного производства в горах региона становится малорентабельным, и оно смещается в районы предгорий, где антропогенная нагрузка на ландшафты достигает максимальных значений (Remondo et al., 2005). Кроме того, даже в пределах крупных горных туристических центров, которые продолжают развиваться, большое внимание уделяется вопросам минимизации негативного воздействия деятельности человека на окружающую среду, что также приводит к стабилизации антропогенно обусловленного потока наносов, формирующегося на склонах водосборов и поступающих в речные русла.

В отличие от стока воды, который в горах достаточно быстро реагирует на изменения условий его формирования на водосборе из-за климатических изменений и характера антропогенной нагрузки, перенос наносов в каскадных системах, которыми являются речные бассейны, во многом определяется особенностями рельефа различных элементов флювиальной сети. Особенности рельефа склонов определяют коэффициенты доставки наносов со склонов междуречий в днища долин и дальнейший перенос рыхлообломочного материала по долинной сети. Поэтому наиболее значимое влияние на транспорт наносов по речным руслам оказывают экстремальные паводки, которые за одно событие транспортируют объемы наносов, сопоставимые со стоком наносов за несколько лет (Borga et al., 2014). При частоте наблюдений за мутностью воды 1–2 раза в сутки во время половодий на гидрологических постах сети РОСГИДРОМЕТ (Чалов и др., 2019), пиковые значения стока наносов часто не регистрируются. Повторяемость подобных событий в верхних звеньях флювиальной сети, особенно среднегорно-высокогорного пояса, намного выше, чем в крупных речных бассейнах. В этой связи для больших регионов наиболее показательными являются данные по темпам заполнения крупных водохранилищ, аккумулирующих большую часть поступающих в них наносов.

Антропогенное воздействие на речные бассейны Западного и Центрального Кавказа, несмотря на довольно продолжительную историю освоения данной территории человеком, в целом было существенно ниже по сравнению с другими горными регионами Европы, в том числе и с Восточ-

ным Кавказом. Сельскохозяйственное воздействие было ограничено как в связи с низкой плотностью населения, так и с достаточно высокой залесенностью, препятствующей развитию скотоводства, в отличие от Восточного Кавказа. Рост антропогенного воздействия начался только со второй половины XIX в. в связи с более активным освоением данной части Российской империи. Это привело к росту численности населения, особенно в предгорьях, как вдоль побережья Черного моря, так и в Предкавказье. В настоящее время антропогенная нагрузка на части речных бассейнов, расположенных в предгорьях, а также в низкогорно-среднегорной зоне сопоставима с нагрузкой, которая наблюдается в аналогичных высотных поясах Альп и других горных массивов Центральной и южной Европы. Но в среднегорно-низкогорном поясе влияние деятельности человека нарастает неравномерно и локализовано в отдельных речных бассейнах (Buchner et al., 2020). В этой связи представляется важным оценить соотношение вклада природных и антропогенных факторов в сток наносов рек Кавказского региона, а также определить их влияние на тренды стока наносов за антропоцен (Zalasiewicz et al., 2015), то есть за период с 1945–1950 гг. по настоящее время.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Кавказский регион расположен между Черным и Каспийским морями. Он включает в себя Большой и Малый Кавказ, отделенные друг от друга Рионской и Куринской низменностями, и Предкавказье, примыкающее к Большому Кавказу с севера. Кавказские горы относятся к Европейско-Азиатскому (Альпийско-Гималайскому) горному поясу, который пересекает всю Евразию с запада на восток. Для высокогорий Большого Кавказа характерен молодой рельеф альпийского типа, модифицированный гляциально-нивальными процессами в четвертичный период (Мозжерин, Шарифуллин, 2014). Большой Кавказ является важным барьером для воздушных масс, движущихся с северо-запада, определяя разницу климата между Предкавказьем и Закавказьем. В целом, Большой Кавказ способствует высокой вариативности климатических характеристик и климата в целом. Например, среднегодовое количество осадков на Западном Кавказе в четыре раза больше, чем на Восточном Кавказе. В то же время для Закавказья характерны и более значительные осадки, которые могут достигать 4000 мм год⁻¹ в приморской части (Volodicheva, 2002). Различия климатических условий определяют особенности растительного покрова разных высотных зон, и, в конечном счете, специфику антропогенного воздействия.

Территория Большого Кавказа достаточно четко подразделяется на три региона, а именно: Западный, Центральный и Восточный Кавказ. Границы между ними проходят по трансектам, пересекающим Главный Кавказский хребет в створах главных вершин Эльбруса и Казбека (Tielidze and Wheate, 2018). Северный мегасклон Большого Кавказа в рамках данного деления достаточно четко подразделяется по крупным речным бассейнам. Бассейн р. Кубани дренирует большую часть северного склона Западного Кавказа, бассейны рр. Терека и Малки — Центрального Кавказа, а бассейны рр. Сулак и Самур — северо-восточный склон Восточного Кавказа. Южный мегасклон Большого Кавказа более короткий и более увлажненный в пределах Западного и Центрального Кавказа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для оценки пространственных различий в темпах денудации и проведения анализа влияния факторов на сток наносов была использована база данных, включающая 194 гидрологических поста с измеренными расходами воды и мутностью со средним медианным периодом наблюдений 18 лет (GolosoV and Tsyplenkov, 2021). Модуль стока наносов рек рассчитан по формуле:

$$SSY = \frac{\sum \bar{Q} \times \overline{SSC} \times 31.5 \times 10^3}{F \times n}, \quad (1)$$

где SSY — среднегодовой модуль стока взвешенных наносов, т км⁻² год⁻¹; $\bar{Q}$ — среднегодовой расход воды, м³ с⁻¹; $\overline{SSC}$ — среднегодовая мутность, г м⁻³; F — площадь водосбора, км²; n — период наблюдений, лет. Местоположение гидрологических постов определялось по топографическим картам и спутниковым снимкам. Границы водосборов определены по глобальной цифровой модели рельефа ALOS World 3D (AW3D30) японского агентства аэрокосмических исследований с пространственным разрешением 25 м. Гидрологическая коррекция и отрисовка границ водосбора произведена в ArcMap 10.8. Для валидации данных наблюдений на гидрологических постах использовались ранее опубликованные данные о заилении водохранилищ на рр. Кубани (Курбатова, 2014; Лагута, Погорелов, 2018, 2019; Погорелов и др., 2022) и Сулаке (Петров, Саидов, 2019).

Для пересчета из модулей стока наносов (SSY , т км⁻² год⁻¹) в темпы денудационного сноса (h_c , мм год⁻¹) была использована следующая формула (Мозжерин, Шарифуллин, 2014):

$$h_c = \frac{SSY}{2.65} \times 10^{-3}, \quad (2)$$

где 2.65 — плотность коренных пород (т м⁻³), оставленная таковой, как в оригинальном уравнении (Мозжерин, Шарифуллин, 2014).

Для каждого бассейна было получено несколько переменных, описывающих различные факторы, подразделенные на ряд групп (табл. 1): геолого-топографические, почвенные, литолого-климатические, ботанико-антропогенные и метеорологические. Был определен для каждого речного бассейна нормализованный индекс крутизны (K_{sn} , м^{0.9}), который является достаточно широко используемой характеристикой для оценки связей между рельефом и темпами денудации (DiBiase et al., 2010; Vanacker et al., 2015; Vezzoli et al., 2020). K_{sn} рассчитан по формуле (Wobus et al., 2006):

$$K_{sn} = SF^\theta, \quad (3)$$

где S — уклон русла, м м⁻¹; F — площадь водосбора, м²; θ — индекс вогнутости, установленный равным 0.45, чтобы упростить сравнение между водотоками с разными площадями водосбора и вогнутостью. K_{sn} был рассчитан в среде MATLAB с использованием программного обеспечения Торо Toolbox (Schwanghart and Scherler, 2017). В качестве интегральной характеристики длины склонов в пределах речных бассейнов использована предварительно рассчитанная высота над ближайшим водотоком ($HAND$, м) в наборе данных MERIT (Yamazaki et al., 2019). Чтобы оценить потенциальную роль сейсмической активности для выявления наблюдаемых пространственных изменений SSY использовалось взвешенное по площади среднее пиковое ускорение грунта (PGA , м с⁻²), обобщенное в GSHAP Global Seismic Hazard Dataset (Giardini et al., 2003).

Для оценки пространственных различий в темпах химического выветривания была использована глобальная база данных литологических карт GLiM (Hartmann and Moosdorf, 2012) и средние скорости химического выветривания (CWR , т км⁻² год⁻¹), рассчитанные для каждого отдельного класса GLiM (Hartmann et al., 2014). Для каждого речного бассейна были оценены средневзвешенные CWR по его площади.

Для оценки влияния различий почвенного покрова на формирования смыва была использована карта фракций песка ($SAND$, %), созданная на основе изучения верхнего слоя почвы (глубина 0–30 см) и доступной в базе данных SoilGrids 2.0 Международного справочно-информационного центра почв (Hengl et al., 2017).

Площади пашни, леса и участков, лишенных почвенного покрова (скальные выходы, незадернованные участки рыхлообломочного материала в перигляциальной зоне, бедленды и т.п.), для каждого бассейна были рассчитаны по данным картирования территории Кавказа по спутнико-

Таблица 1. Обзор показателей, влияющих на формирование стока наносов на реках Кавказского региона, по группам факторов

Символ	Показатель	Единица измерения	Источник
Геолого-топографические факторы			
<i>A</i>	Площадь водосбора	км ²	Source of SSY data
<i>K_{sn}</i>	Нормированный индекс крутизны	м ^{0.9}	(Wobus et al., 2006)
<i>HAND</i>	Высота над ближайшим днищем долины	м	(Yamazaki et al., 2019)
<i>PGA</i>	Интегральная оценка сейсмичности	м с ⁻²	(Giardini et al., 1999; Sheddlock et al., 2000)
Почвенный фактор			
<i>SAND</i>	Средняя доля песка в верхнем слое почвы (0–30 см)	%	(Hengl et al., 2017)
Литолого-климатический фактор			
<i>CWR</i>	Скорость химического выветривания	т км ⁻² год ⁻¹	(Hartmann and Moosdorf, 2012; Hartmann et al., 2014)
Ботанико-антропогенные факторы			
<i>CANOPY</i>	Высота полога леса	м	(Potapov et al., 2021)
<i>BARREN</i>	Доля земель, лишенных растительности	%	(Buchner et al., 2020)
<i>CROPLAND</i>	Доля пашни		
<i>FOREST</i>	Доля леса		
Метеорологические факторы			
<i>GLACIER</i>	Доля ледников на 1960 г.	%	(Raup et al., 2007)
<i>P</i>	Среднегодовой слой осадков за период 1958–2018 гг.	мм	(Abatzoglou et al., 2018)
<i>AET</i>	Среднегодовая температура воздуха за период 1958–2018 гг.	°C	
<i>GLORED</i>	Эрозионный потенциал осадков	МДж мм га ⁻¹ час ⁻¹ год ⁻¹	(Panagos et al., 2017)

вым снимкам Landsat на 2015 г. (Buchner et al., 2020). Площади ледников на 2014 г. взяты из базы данных GLIMS (Raup et al., 2007). Также была оценена средняя высота кроны деревьев (*CANOPY*, м) в пределах водосбора как показатель структуры леса и надземной биомассы. Для этого использовалась 30-метровая глобальная карта высот лесного полога (Potapov et al., 2021). Оценки динамики изменения площади перигляциальных зон в высокогорной зоне Большого Кавказа за разные интервалы времени выполнены на основе использования опубликованных данных о сокращении площади ледников (Tielidze and Wheate, 2018; Tielidze et al., 2022).

Среднегодовые климатические параметры, осредненные по каждому речному бассейну, рассчитаны на основе набора данных TerraClimate (Abatzoglou et al., 2018) за 1958–2018 гг. Оценивались среднегодовые осадки (*P*, мм) и среднегодовая температура воздуха (*AET*, °C). Усредненный по каждому речному бассейну среднегодовой эрозионный индекс дождевых осадков был рассчитан по данным базы глобальной эрозионного

потенциала дождевых осадков (*GLORED*, МДж мм га⁻¹ час⁻¹ год⁻¹), созданной на основе обработки данных по осадкам с 3530 метеостанций по всему миру (Panagos et al., 2017). Для территории Кавказа при расчете эрозионного потенциала использованы данные краткосрочных наблюдений за интенсивностью ливней в 1961–1983 гг. по данным Ларионова (1993). Следует отметить, что густота метеорологических станций в среднегорно-высокогорном поясе Большого Кавказа очень низкая, что, несомненно, снижает достоверность оценок пространственных изменений всех метеорологических параметров.

Ограничением для использования в анализе ряда других факторов, влияющих на формирование стока наносов, послужила недоступность их пространственно-распределенных величин. В частности, в связи с этим ограничением не учитывался фактор количества выпасаемых на пастбищах домашних животных. Данный фактор оказывает значительное влияние на проективное покрытие почвы на пастбищах, которое в свою очередь определяет темпы смыва (Wiesmair et al.,

2017). Другим важным показателем, который не учитывался, является площади селитебных территорий и густота дорожной сети, включая грунтовые дороги, продукты размыва которых являются зачастую основным поставщиком рыхлообломочного материала в горные водотоки (Al-Chokhachy et al., 2016). Формально оба вышеуказанных показателя могут быть связаны с плотностью населения. Однако в действительности это не совсем так, так как значительное влияние оказывают образ жизни и традиции народа, проживающего в конкретном горном ландшафте.

Для визуализации и лучшего понимания пространственных закономерностей стока наносов в пределах Кавказа, среднемноголетний модуль стока взвешенных наносов SSY был проинтерполирован в границах региона. Был использован метод k -ближайших соседей с предиктором высоты рельефа местности, реализованный на языке программирования R при помощи библиотеки knn (Schlier and Hechenbichler, 2016). На основе подобранных ранее параметров метода k -ближайших соседей, исследуемая территория была классифицирована по классам темпов денудационного сноса, согласно (Мозжерин, Шарифуллин, 2014): <0.02 , $0.025-0.1$, $0.1-0.25$, >0.25 мм год⁻¹. Подробное описание использованной методики приведено в работе (Tsyplov et al., 2019).

Корреляционный анализ производился при помощи непараметрического теста Спирмена в среде языка R . Параметры описательной статистики (среднее, медиана, стандартное отклонение и т.д.), приводимые ниже по тексту, так же были рассчитаны в R .

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Возможности пространственных оценок территориального распределения SSY в пределах различных высотных зон позволяют в первом приближении выявить участки наиболее активно протекающих процессов переноса материала эрозийными процессами (рис. 1а). Следует понимать, что в данном случае не учитывается вклад влекомых наносов, доля которых значительно варьирует от одного речного бассейна к другому в зависимости от набора гидрометеорологических и геолого-геоморфологических факторов. Можно только с высокой долей уверенности утверждать, что в процентном отношении доля влекомых наносов от общего стока наносов максимальна в малых водотоках 1–3 порядков, дренирующих приледниковые области (Turowski et al., 2010). Однако на таких водотоках практически отсутствуют режимные наблюдения за стоком воды и влекомых наносов. Но даже в случае их наличия технически невозможно определить максимальные расходы наносов, которые формируются при прохождении характерных для данных водотоков селей. В

этой связи пространственные закономерности темпов денудации в различных частях Большого и Малого Кавказа, полученные на основе преобразования модулей стока наносов рек с учетом плотности коренных пород, дают общее представление об активности процессов перемещения материала (рис. 1б). Фактические среднемноголетние темпы денудации, несомненно, выше в связи с тем, что используемые оценки стока взвешенных наносов не включают материал, перемещаемый внутри речных бассейнов и переоткладывающийся на поймах и в руслах рек выше измерительного створа, а также расход донных наносов, проходящих через створ.

Общий сток взвешенных наносов, перемещаемых реками Малого и Большого Кавказа, составляет около 98 млн т в год. Это величина получена на основе прямых измерений на 194 гидрометрических постах, которые охватывают 61% от общей площади исследуемого района. Объем стока наносов для остальной части Кавказского региона неохваченного гидрологическими наблюдениями, полученный на основе интерполяции, составляет 50 млн т год⁻¹ (Tsyplov et al., 2019). Среднемноголетний модуль стока взвешенных наносов SSY_{cp} равен 446 т км⁻² год⁻¹ (станд. откл. = 618), медианный $SSY_{мед}$ – 200 т км⁻² год⁻¹. Данные величины практически идентичны модулям стока наносов, посчитанным (Vanmaercke et al., 2011) для Альп: среднемноголетний модуль стока 451 т км⁻² год⁻¹ (станд. откл. = 876, $SSY_{мед}$ = 198). В целом средние значения SSY_{cp} выше в пределах северного мегасклона Большого Кавказа (504 т км⁻² год⁻¹), чем южного мегасклона (396 т км⁻² год⁻¹). Разница является статистически значимой и не связана с перепадами высот. Кроме того, значения SSY_{cp} очень низкие (<50 т км⁻² год⁻¹) на большей части Малого Кавказа в пределах территорий Армении и Азербайджана, особенно в горной степной зоне. Наибольшие значения SSY_{cp} (>1000 т км⁻² год⁻¹) наблюдаются в степной зоне Дагестана (Восточный Кавказ), где очень высока антропогенная нагрузка на водосборы, обусловленная перевыпасом скота, что способствует резкому увеличению темпов водной эрозии и других экзогенных процессов. При этом активному поступлению рыхлообломочного материала со склонов в днища долин способствуют характер расчленения рельефа и высокая сейсмичность территории (Golosov and Tsyplov, 2021).

Среднемноголетние темпы денудации в регионе (см. рис. 1б) по нашим оценкам составляют 0.17 мм год⁻¹ с максимумом в 1.55 мм год⁻¹. По расчетам, выполненным В. Мозжериным и А. Шарифуллиным (2014), темпы денудационного сноса варьируются от 0.005 до 2.32 мм год⁻¹ на территории Кавказа. Ранее годичный слой денудации

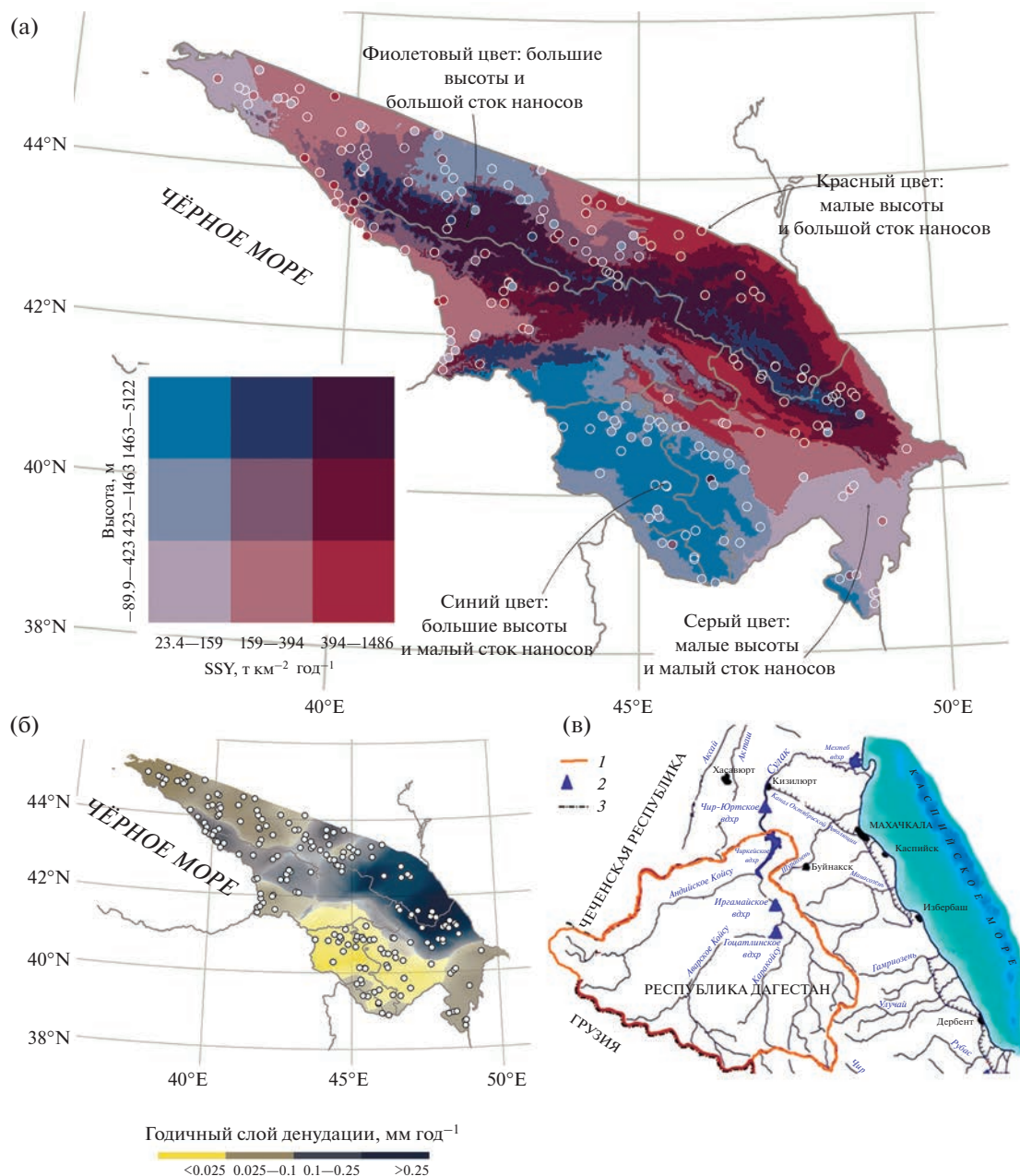


Рис. 1. (а) Пространственное распределение среднегодового модуля стока наносов ($SSY_{\text{ср}}$, $\text{т км}^{-2} \text{год}^{-1}$) для территории Большого и Малого Кавказа по трем высотным поясам (h , м), оцененное на основе метода k -ближайших соседей. Точками показано расположение гидрометрических постов с наблюдениями за расходами воды и мутностью (Tsyplenkov et al., 2019); (б) среднемноголетние темпы денудации для Кавказского региона (Tsyplenkov et al., 2019); (в) водосбор бассейна р. Сулак. 1 – граница водосбора р. Сулак по плотине Чиркейского водохранилища; 2 – водохранилища, упомянутые в табл. 2; 3 – государственная граница РФ.

Кавказа уже оценивался частично А.Ф. Мандычем (1967, 1968), С.А. Ахундовым (1974), Г.Н. Хмаладзе (1964), М.А. Абдуевым (2011) и Г.К. Gabrielyanом (1971), причем последний для своих расчетов использовал и сток влекомых наносов. По подсчетам Г.К. Gabrielyana, годичный слой денудации всего Кавказа составляет 0.2 мм. Во всех случаях пространственное распре-

деление темпов денудации схоже на качественном уровне и повторяет распространение модулей стока наносов.

Выявлены существенно более низкие темпы денудации в пределах Малого Кавказа, где слой денудации в основном составляет менее $0.025 \text{ мм год}^{-1}$ и не превышает 0.1 мм год^{-1} . Относительно равномерное заселение данной территории с умерен-

ной нагрузкой на ландшафты позволяет предположить, что вклад антропогенной составляющей в сток наносов рек здесь невелик. Пространственно-временная вариабельность природных факторов, влияющих на сток наносов здесь также достаточно невысокая (Buchner et al., 2020). При этом характер расчленения рельефа во многом способствует переотложению большей части продуктов денудации внутри междуречных пространств. В этой связи большее внимание в нашем исследовании уделено Большому Кавказу.

Наиболее высокая корреляционная связь с модулями стока наносов рек обнаружена с *HAND* ($r = 0.52$), K_{sn} ($r = 0.46$) и *BARREN* ($r = 0.48$). Первые два показателя, по существу, отражают характер расчлененности территории и тем самым определяют коэффициент доставки наносов со склонов в днища долин. Доля земель, лишенных растительности (*BARREN*), во многом определяет возможность сноса материала при формировании поверхностного стока, особенно если учитывать, что почва на таких участках отсутствует. Это предопределяет низкую влагоемкость рыхлых отложений на данных участках. Также достаточно хорошая отрицательная корреляционная связь существует между *SSY* и *CWR* ($r = -0.37$). Она достигает высоких значений, если рассматривать только водосборы высокогорной зоны ($r = -0.65$). При этом *CWR* объясняет 64% вариации *SSY* высокогорных водосборов, что понятно, так как эта величина обратно пропорциональна скорости физического выветривания, которое в горах усиливается с высотой. Также хорошая корреляционная связь обнаружена между *SSY* и долей ледников на водосборе ($r = 0.36$) и показателем сейсмичности ($r = 0.35$). Это вполне объяснимо, так как наличие ледников в условиях сокращения их площади предполагает существование перигляциальной зоны, где процессы денудации идут особенно активно (Tsyplov et al., 2020, 2021). Сейсмичность стимулирует скорости выветривания, а также локальное перемещение рыхлообломочного материала по направлению к днищам речных долин. В целом, указанные выше геолого-топографические показатели значимо влияют на *SSY* во всех высотных зонах Кавказа.

Достаточно парадоксальной только на первый взгляд представляется пусть и сравнительно слабо проявляющаяся отрицательная корреляционная связь между долей пахотных земель и *SSY* ($r = -0.29$). Тем не менее, для горных территорий это объясняется увеличением коэффициентов доставки наносов по мере повышения высоты водосбора над уровнем моря. В предгорьях, несмотря на высокую долю пахотных земель, значительные объемы смываемого с пашни материала переотлагаются по пути его транспортировки до постоянного водотока. Напротив, в высокогорьях практически вся пашня сосредоточена в днищах

долин, что способствует тому, что практически весь смываемый с пашни материал доставляется в русла рек (Голосов и др., 2015).

Тесная положительная связь между *SSY* и некоторыми климатическими факторами, характеризующими атмосферные осадки (суммарный слой осадков и эрозионный потенциал осадков), выявлена только для высокогорных водосборов ($r = 0.51$). Для остальных высотных поясов и предгорий она проявляется достаточно слабо.

В целом по своей значимости основные показатели, определяющие сток взвешенных наносов рек Кавказа выстраиваются в следующую последовательность *HAND* > *PGA* > *BARREN* > K_{sn} > *CROPLAND* > *CWR*. Среди них топографо-геологические факторы являются консервативными в историческом масштабе времени и не могут значимо влиять на тренды стока наносов в масштабе нескольких десятилетий, для которых имеются ряды гидрологических наблюдений. Антропогенно обусловленным является только фактор изменения площади пашни *CROPLAND*. При этом доля территорий, лишенных почвенного покрова (*BARREN*), только отчасти связана с деятельностью человека. В частности, площади бедлендов в ряде регионов Кавказа увеличиваются за счет антропогенно-обусловленного формирования селевых лотков (Шварёв и др., 2021) или перевыпаса домашних животных на участках горных склонов (Ларионов, 1993).

Скорость химического выветривания (*CWR*) во многом определяется климатическими характеристиками, и прежде всего температурно-влажностными показателями. Их изменения во времени сказываются на усилении или ослаблении как химического, так и физического выветривания. Тесная связь между *SSY* и *CWR* установлена только для бассейнов высокогорного пояса Кавказского региона. В целом, это согласуется с известными представлениями о том, что при достижении порогового значения скорости денудации вклад химического выветривания начинает уменьшаться по мере увеличения вклада физического выветривания и денудации в целом (Gabet and Mudd, 2009). Это происходит и в высокогорном поясе Кавказа, где максимальные *SSY* наблюдаются в приледниковых водотоках, дренирующих обширные перигляциальные зоны (Tsyplov et al., 2020, 2021). В этой связи важной характеристикой, влияющей на изменения стока наносов рек высокогорного и отчасти среднегорного пояса, часть водосбора которых имеет и ледниковое питание, является прирост площади перигляциальных зон. Установлено, что для Западного и Центрального Кавказа значительный прирост таких площадей произошёл в последнее десятилетие (рис. 2). Причем в Центральном Кавказе рост площадей перигляциальных зон начался еще со второй половины

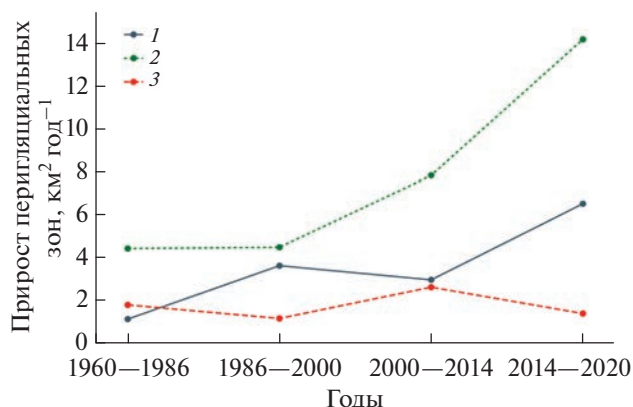


Рис. 2. Изменения прироста площадей перигляциальных зон для различных частей Большого Кавказа: 1 — Западный Кавказ, 2 — Центральный Кавказ, 3 — Восточный Кавказ.

1980-х годов. Совершенно иная ситуация отмечается на Западном Кавказе, где из-за незначительной общей площади ледников прирост перигляциальных зон остается на очень низком уровне (см. рис. 2). В целом, в связи с активизацией таяния ледников Кавказа в ближайшие десятилетия при сохранении существующего климатического тренда следует ожидать постепенного снижения вклада наносов, формирующихся в пределах перигляциальных зон, в сток наносов рек в связи с сокращением темпов их прироста из-за исчезновения ледников. Так, соотношение площади ледников Восточного, Западного и Центрального Кавказа изменилось с 1 : 1.7 : 6.1 в 1960 г. до 1 : 2.5 : 9.8 в 2020 г. соответственно. Вклад ледникового стока в сток наносов рек Восточного Кавказа уже сейчас ничтожно мал и в этом же направлении развивается ситуация на Западном Кавказе.

Результаты мониторинговых наблюдений за стоком приледниковых рек позволяет определить соотношение вклада в формирование их стока наносов ледникового и дождевого стоков воды. Так, длительные наблюдения на трех приледниковых водосборах площадью 100–800 км², расположенных в районе Эрцель в Альпах, позволили оценить вклад дождевого стока в сток наносов в 21%. Остальной объем наносов формируется за счет таяния мертвого льда и языков ледников (Schmidt et al., 2022). Результаты четырехлетних наблюдений за стоком наносов на водосборе р. Адыл-су (Центральный Кавказ) свидетельствуют, что вклад дождевого стока составил порядка 50%, но основной прирост произошел благодаря выносу рыхлообломочного материала, который формируется за счет размыва сравнительно недавно образовавшегося прорана боковой морены ледника Джанкуат (Tsyplenkov et al., 2021).

В последние несколько десятилетий в Кавказском регионе прослеживается тенденция потепления климата, которая проявляется во всех частях региона. Причем повышение летних температур отмечается повсеместно, но тренд повышения зимних температур выявлен только для Черноморского побережья Кавказа и предгорий Восточного Кавказа (Торопов и др., 2018). Общее повышение температур воздуха в некоторой степени способствует возрастанию интенсивности физического выветривания в высокогорном поясе за счет увеличения числа дней с переходами температуры через 0°C (Харченко и др., 2021).

Статистически значимые изменения слоя осадков в период с 1980-х годов до настоящего времени выявлены только для предгорной зоны Восточного Кавказа. Вблизи черноморского побережья установлена тенденция сокращения как интенсивностей, так и месячных сумм осадков в январе–феврале и в летние месяцы, а также значительное увеличение этих показателей в апреле (Торопов и др., 2018). Учитывая, что в апреле наблюдается и таяние снега в низкогорной зоне, это способствует усилению повторяемости схода селей и, тем самым, увеличению стока наносов. Тренд заметного усиления суточной интенсивности осадков выявлен в высокогорной зоне Восточного Кавказа, что на фоне роста интенсивности физического выветривания способствует как усилению темпов поступления наносов со склонов в днища долин, так и росту стока наносов. В целом, можно говорить об увеличении повторяемости отдельных экстремальных ливней в ряде пунктов Кавказского региона (Торопов и др., 2018).

Независимыми от наблюдений за стоком наносов на гидрометрических постах являются данные о заилении водохранилищ, перехватывающих весь (взвешенные и влекомые) сток наносов со всего бассейна. Для северного мегасклона Западного Кавказа ловушкой наносов является Краснодарское водохранилище, созданное на р. Кубань в 1973 г. В водохранилище поступает сток наносов рек, дренирующих большую часть северного мегасклона Западного Кавказа. Среднегодовой сток взвешенных наносов р. Кубань в период 1940–1960 гг. в створе нынешнего водохранилища составлял 8 млн м³ год⁻¹ (Беркович, 2012). После создания водохранилища в нем задерживалось 97–98% наносов, включая взвешенные и влекомые речные наносы, а также продукты размыва берегов самого водохранилища. Темпы заилиения водохранилища в период с середины 1980-х годов постоянно сокращаются (рис. 3а). При этом следует учитывать, что продукты размыва берегов водохранилища до настоящего момента вносят заметный вклад в его заилиение, а среднегодовые темпы отступания берегов за пе-

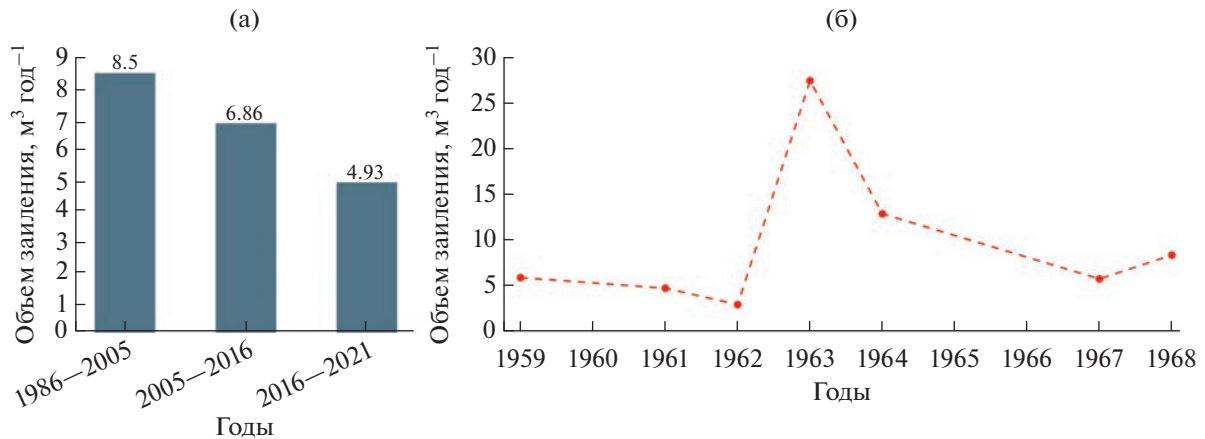


Рис. 3. Динамика заиления (а) Краснодарского (р. Кубань) и (б) Чир-Юртского (р. Сулак) водохранилищ.

риод 2004–2016 гг. составили 1.5 м год^{-1} при общей протяженности береговой линии около 100 км (Побелат и Медведев, 2017).

Таким образом, прослеживается отчетливый тренд снижения темпов заиления водохранилища за счет сокращения стока наносов. Годовой слой осадков практически не изменился за последние десятилетия. Снижение объема поступающих наносов связано с сокращением ледникового стока и существенным уменьшением площади пахотных земель в горах, особенно в Адыгее (Buchner et al., 2020).

В пределах Восточного Кавказа наиболее показательны оценки модулей стока наносов, определенные по данным заиления каскада водохранилищ на р. Сулак и ее притоках. Наиболее старое Чир-Юртское водохранилище, созданное в конце 1950-х годов, уже за первое 10-летие своего существования заинилось на 90% при среднегодовом модуле стока наносов, составившего 1282 т км^{-2} в год (табл. 2). Причем 40% поступивших в водохранилище наносов (рис. 3б) было доставлено

экстремальным паводком 1963 г. (Петров, 2018). В целом, можно говорить о том, что максимальные модули стока наносов характерны для водосбора р. Андийское Койсу, которая является левобережным притоком р. Сулак, впадающем в Чиркейское водохранилище. Для данного водосбора характерен отчетливый тренд роста стока наносов, обусловленный усилением эрозии на пастбищах за счет 40% роста поголовья скота в период с 1990–2014 гг., а также увеличением повторяемости экстремальных ливней (Торопов и др., 2018). На остальной части бассейна р. Сулак сток наносов остается стабильно высоким, но отчетливого тренда роста не выявлено (см. табл. 2).

В бассейне р. Терек, дренирующем северный мегасклон Центрального Кавказа, нет крупных водохранилищ, объемы накопления наносов в которых за разные интервалы времени могли бы быть использованы для оценки тренда суммарного стока наносов с водосбора. Ранее выполненный детальный анализ трендов изменений SSY в речных бассейнах различных высотных зон Цен-

Таблица 2. Модули стока наносов на р. Сулак и ее притоках за различные интервалы времени, рассчитанные по данным об объемах заиления на каскаде водохранилищ [по данным (Петров, Саидов, 2019)]

Водохранилище	Начало заполнения, год	Высота плотины над ур. м., м	Период наблюдений	Площадь водосбора, км^2	Модуль стока наносов, т/км^2 в год
Чир-Юртское	1959	88	1959–1968	13 340	1282
Чиркейское	1974	348	1974–1991	11 290	3189***
Чиркейское*	1974	348	1996–1999	5434	1582
Чиркейское*	1974	348	2000–2013	5434	2542
Ирганайское	1996	546	1996–2008	7320	1566
Ирганайское**	1996	546	2012–2015	4000	1350
Гоцатлинское	2015	650	2015–2016	3320	1626

Примечания. * После строительства Ирганайского водохранилища; ** после строительства Гоцатлинского водохранилища; *** прирост темпов заиления за счет размыва берегов.

трального Кавказа позволил выявить для большинства рек смену положительного тренда, начавшегося с 1950-х годов, на отрицательный с точкой перелома в период 1988–1994 гг. (Tsyplenkov et al., 2021). При этом синхронность изменений указывает на доминирование влияния изменений природных факторов на *SSY* при подчиненной роли антропогенных, влияние которых в большей степени сказалось на *SSY* некоторых рек предгорно-низкогорного пояса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Модуль стока взвешенных наносов рек Кавказского региона в среднем для всего региона составляет $446 \text{ т км}^{-2} \text{ год}^{-1}$ и сопоставим с современным стоком рек Альп. При этом денудация существенно выше в пределах Большого Кавказа в сравнении с Малым Кавказом. В свою очередь в пределах Большого Кавказа наблюдается четко выраженный тренд роста *SSY* с Западного Кавказа по направлению к Восточному Кавказу. Здесь он достигает максимальных значений, повсеместно превышая $1000 \text{ т км}^{-2} \text{ год}^{-1}$, а во многих бассейнах с учетом и донных наносов, и $1500 \text{ т км}^{-2} \text{ год}^{-1}$. Причем если для речных бассейнов Западного и Центрального Кавказа для последних трех десятилетий выявлен в целом отрицательный тренд *SSY*, обусловленный климатическими изменениями, способствующими снижению стока воды и в некоторой степени связанный со снижением нагрузки на пастбища, а для некоторых горных бассейнов и сокращением площади пашни, то *SSY* рек Восточного Кавказа в основном остается неизменным, а в ряде речных бассейнов продолжает увеличиваться. Данный рост обусловлен существенным ростом числа выпасаемых на горных пастбищах домашних животных и увеличении выпадения экстремальных ливней.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского Научного Фонда проект № 19-17-00181 (сбор данных, разделы Объект исследования, Методика, Результаты) и в рамках государственного задания НИЛЭПиРП географического факультета МГУ (проект № 121051100166-4) (раздел Обсуждение).

FUNDING

The study was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation project no. 19-17-00181 (data collection, sections Object of Study, Methods, Results) and within the framework of the State task of the SLSE&ChP of the Geographical department of Moscow State University (project no. 121051100166-4) (section Discussion).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абдуев М.А. Денудация в горных областях Азербайджана по данным о стоке наносов и растворенных веществ // Гидрометеорология и экология. 2011. № 4. С. 122–131.
- Ахундов С.А. Интенсивность денудации Азербайджанской части Кавказа // Геоморфология. 1974. № 3. С. 46–52.
- Беркович К.М. Руслловые процессы на реках в сфере влияния водохранилищ. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2012. 163 с.
- Габриелян Г.К. Интенсивность денудации на Кавказе // Геоморфология. 1971. № 1. С. 22–27.
- Голосов В.Н., Сосин П.М., Беляев В.Р., Вольфграмм Б., Ходжаев Ш.И. Влияние ирригационной эрозии на деградацию почв речных долин в высокогорном поясе Памира // Почвоведение. 2015. № 3. С. 373–384.
- Курбатова И.Е. Мониторинг трансформации Краснодарского водохранилища с использованием спутниковых данных высокого разрешения // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2014. Т. 11. № 3. С. 42–53.
- Лагута А.А., Погорелов А.В. Особенности заиления Краснодарского водохранилища. Опыт оценки по данным батиметрических съемок // Географический вестн. 2018. № 4 (47). С. 54–66.
- Лагута А.А., Погорелов А.В. Трансформация Краснодарского водохранилища (1941–2018 гг.) // Изв. ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2019. № 3. С. 45–54.
- Ларионов Г.А. Эрозия и дефляция почв: основные закономерности и количественные оценки. М.: Изд-во МГУ, 1993. 200 с.
- Маккаев Н.И., Мандыч А.Ф., Чалов Р.С. Влияние восходящего развития рельефа на глубинную эрозию и твердый сток рек Западной Грузии // Вестн. Моск. ун-та. Серия 5. География. 1968. № 4. С. 52–58.
- Мандыч А.Ф. Величина твердого стока рек Западной Грузии // Вестн. Моск. ун-та. Серия 5. География. 1967. № 3. С. 134–137.
- Мозжерин В.В., Шарифуллин А.Г. Оценка современного денудационного снижения гор по данным о стоке взвешенных наносов рек // Геоморфология. 2014. № 1. С. 15–23.
- Петров О.А. Анализ динамики заиления Чирюртского водохранилища на р. Сулак // Изв. Всерос. научно-исслед. ин-та гидротехники им. Б.Е. Веденеева. 2018. Т. 290. С. 47–54.
- Петров О.А., Саидов М.А. Анализ динамики заиления водохранилищ на р. Сулак и ее притоках // Гидротехническое строительство. 2019. № 9. С. 43–47.
- Побелат Д.А., Медведев А.В. Мониторинг переработки берегов Краснодарского водохранилища: сб. статей XI Всерос. конф. молодых ученых, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ и 80-летию со дня образования Краснодарского края. Краснодар: Изд-во Кубанский аграрный ун-т, 2017. С. 829–830.
- Погорелов А.В., Лагута А.А., Киселёв Е.Н. Новые сведения о заилении Краснодарского водохранилища

- по данным батиметрической съемки // Географический вестн. 2022. Т. 61. № 2. С. 166–179.
- Торопов П.А., Алешина М.А., Семенов В.А. Тенденции изменений климата Черноморско-Каспийского региона за последние 30 лет // Вестн. Моск. ун-та. Серия 5. География. 2018. № 2. С. 67–77.
- Харченко С.В., Федин А.В., Голосов В.Н. Темпы денудации в перигляциальных областях высокогорий: методы и результаты исследований // Геоморфология. 2021. № 1. С. 3–18.
- Хмаладзе Г.Н. Взвешенные наносы рек Армянской ССР. Л.: Гидрометеиздат, 1964. 246 с.
- Чалов С.Р., Терский П.Н., Ефимова Л.Е., Терская А.И., Ефимов В.А., Данилович И.С. Проблемы гидрологического мониторинга в бассейнах трансграничных рек Восточной Европы (на примере Западной Двины) // Инженерные изыскания. 2019. № 13. С. 32–44.
- Шварев С.В., Харченко С.В., Голосов В.Н., Успенский М.И. Количественная оценка факторов активизации селей в 2006–2019 годах на склоне хребта Аигба (Западный Кавказ) // География и природные ресурсы. 2021. Т. 42. № 2. С. 41–50.
- Abatzoglou J.T., Dobrowski S.Z., Parks S.A., et al. Data Descriptor: TerraClimate a High-Resolution Global Dataset of Monthly Climate and Climatic Water Balance from 1958–2015 // Sci. Data. 2018. Vol. 5. Art. 170191. <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.191>
- Al-Chokhachy R., Black T.A., Thomas C., et al. Linkages between unpaved forest roads and streambed sediment: why context matters in directing road restoration // Res. Ecol. 2016. Vol. 24. P. 589–598. <https://doi.org/10.1111/rec.12365>
- Borga M., Stoffel M., Marchi L., et al. Hydrogeomorphic response to extreme rainfall in headwater systems: flash floods and debris flows // J. Hydrology. 2014. Vol. 518B. P. 194–205. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.05.022>
- Buchner J., Yin H., Frantz D., et al. Land-Cover Change in the Caucasus Mountains since Based on the Topographic Correction of Multi-Temporal Landsat Composites // Remote Sens. Environ. 2020. Vol. 248. Art. 111967. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111967>
- Cendrero A., Remondo J., Beylich A.A., et al. Denudation and geomorphic change in the Anthropocene; a global overview // Earth-Science Reviews. 2022. Vol. 233. Art. 104186. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2022.104186>
- DiBiase R.A., Whipple K.X., Heimsath A.M., et al. Landscape Form and Millennial Erosion Rates in the San Gabriel Mountains, CA. // Earth Planet Sci. Lett. 2010. Vol. 289. P. 134–144. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2009.10.036>
- Gabet E.J., Mudd S.M. A Theoretical Model Coupling Chemical Weathering Rates with Denudation Rates // Geology. 2009. Vol. 37. P. 151–154. <https://doi.org/10.1130/G25270A.1>
- García-Ruiz J.M., Lasanta T. Land-use changes in the Spanish Pyrenees // Mountain Research and Development. 1990. Vol. 10. № 3. P. 267–279.
- García-Ruiz J.M., Lana-Renault N. Hydrological and erosive consequences of farmland abandonment in Europe, with special reference to the Mediterranean region – a review // Agr. Ecosyst. Environ. 2011. Vol. 140. P. 317–338. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.01.003>
- Giardini D., Grünthal G., Shedlock K.M., Zhang P. The GSHAP Global Seismic Hazard // Int. Handbook of Earthquake and Engineering Seismology. 2003. P. 1233–1239.
- Hartmann J., Moosdorf N. The new global lithological map database GLiM: A representation of rock properties at the Earth surface // Geochem. Geophys. Geosyst. 2012. Vol. 13. Q12004. <https://doi.org/10.1029/2012GC004370>
- Hartmann J., Moosdorf N., Lauerwald R., et al. Global Chemical Weathering and Associated P-Release – The Role of Lithology, Temperature and Soil Properties // Chem. Geol. 2014. Vol. 363. P. 145–163. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2013.10.025>
- Hengl T., de Jesus J.M., Heuvelink G.B.M., et al. SoilGrids250m: Global Gridded Soil Information Based on Machine Learning // PLoS One. 2017. Vol. 12. e0169748. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169748>
- Kozak J. Forest cover change in the Western Carpathians in the past 180 years // Mountain Research and Development. 2003. Vol. 23. № 4. P. 369–375. [https://doi.org/10.1659/0276-4741\(2003\)023\[0369:FCCITW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1659/0276-4741(2003)023[0369:FCCITW]2.0.CO;2)
- Panagos P., Borrelli P., Meusburger K., et al. Global Rainfall Erosivity Assessment Based on High-Temporal Resolution Rainfall Records // Sci. Rep. 2017. Vol. 7. Art. 4175. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04282-8>
- Potapov P., Li X., Hernandez-Serna A., et al. Mapping Global Forest Canopy Height through Integration of GEDI and Landsat Data // Remote Sens. Environ. 2021. Vol. 253. Art. 112165. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112165>
- Raup B., Racoviteanu A., Khalsa S.J.S., et al. The GLIMS Geospatial Glacier Database: A New Tool for Studying Glacier Change // Glob. Planet. Chang. 2007. Vol. 56. P. 101–110. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2006.07.018>
- Remondo J., Soto J., González-Díez A., et al. Human impact on geomorphic processes and hazards in mountain areas in northern Spain // Geomorphology. 2005. Vol. 66. P. 69–84. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2004.09.009>
- Schirpke U., Tasser E., Leitinger G., et al. Using the Ecosystem Services Concept to Assess Transformation of Agricultural Landscapes in the European Alps // Land. 2022. Vol. 11. № 49. <https://doi.org/10.3390/land11010049>
- Schliep K., Hechenbichler K. k-Nearest Neighbors, 2016.
- Schmidt L.K., Francke T., Rottler E., et al. Suspended sediment and discharge dynamics in a glaciated alpine environment: identifying crucial areas and time periods on several spatial and temporal scales in the Ötztal,

- Austria // *Earth Surf. Dyn.* 2022. Vol. 10. P. 653–669.
https://doi.org/10.5194/esurf-10-653-2022
- Schwanghart W., Scherler D., Bumps in River Profiles: Uncertainty Assessment and Smoothing Using Quantile Regression Techniques // *Earth Surf. Dynam.* 2017. Vol. 5. P. 821–839.
https://doi.org/10.5194/esurf-5-821-2017
- Syvitski J., Restepo-Angel J., Saito Y., et al. Earth's sediment cycle during the Anthropocene // *Nature Reviews Earth & Environ.* 2022. Vol. 3. P. 179–196.
https://doi.org/10.1038/s43017-021-00253-w
- Tielidze L.G., Nosenko G.A., Khromova T.E., et al. Strong acceleration of glacier area loss in the Greater Caucasus between 2000 and 2020 // *Cryosphere.* 2022. Vol. 16. P. 489–504.
https://doi.org/10.5194/tc-16-489-2022
- Tielidze L.G., Wheate R.D. The greater Caucasus glacier inventory (Russia, Georgia and Azerbaijan) // *Cryosphere.* 2018. Vol. 12. № 1. P. 81–94.
https://doi.org/10.5194/tc-12-81-2018
- Toropov P.A., Aleshina M.A., Grachev A.M. Large-scale climatic factors driving glacier recession in the Greater Caucasus, 20th–21st century // *Int. J. Climatol.* 2019. Vol. 39. № 12. P. 4703–4720.
https://doi.org/10.1002/joc.6101
- Tsyplenkov A., Golosov V., Belyakova P. How did the suspended sediment load change in the north Caucasus during the Anthropocene? // *Hydrological Processes.* 2021. Vol. 35. № 10. Art. 14403.
https://doi.org/10.1002/hyp.1403
- Tsyplenkov A., Vanmaercke M., Collins A.L., et al. Elucidating suspended sediment dynamics in a glacierized catchment after an exceptional erosion event: The Djankuat catchment, Caucasus Mountains, Russia // *Catena.* 2021. Vol. 203. Art. 105285.
https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105285
- Tsyplenkov A., Vanmaercke M., Golosov V., et al. Suspended Sediment Budget and Intra-Event Sediment Dynamics of a Small Glaciated Mountainous Catchment in the Northern Caucasus // *J. Soils Sediments.* 2020. Vol. 20. P. 3266–3281.
https://doi.org/10.1007/s11368-020-02633-z
- Turowski J.M., Rickenmann D., Dadson S.J. The partitioning of the total sediment load of a river into suspended load and bedload: a review of empirical data // *Sedimentology.* 2010. Vol. 57. P. 1126–1146.
https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.2009.01140.x
- Vanacker V., von Blanckenburg F., Govers G., et al. Transient River Response, Captured by Channel Steepness and Its Concavity // *Geomorphology.* 2015. Vol. 228. P. 234–243.
https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.09.013
- Vanmaercke M., Poesen J., Verstraeten G., et al. Sediment yield in Europe: Spatial patterns and scale dependency // *Geomorphology.* 2011. Vol. 130. P. 142–161.
https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.03.010
- Vezzoli G., Garzanti E., Limonta M., et al. Focused Erosion at the Core of the Greater Caucasus: Sediment Generation and Dispersal from Mt. Elbrus to the Caspian Sea // *Earth-Sci. Rev.* 2020. Vol. 200. Art. 102987.
https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.102987
- Volodicheva N. The Caucasus. The Physical Geography of Northern Eurasia / M. Shahgedanova (Ed.). Oxford, UK: Oxford Univ. Press, 2002. P. 350–376.
- Vorosmarty C.J., Meybeck M., Fekete B., et al. Anthropogenic sediment retention: major global impact from registered river impoundments // *Glob. Planet. Chang.* 2003. Vol. 39. P. 169–190.
https://doi.org/10.1016/S0921-8181(03)00023-7
- Wiesmair M., Otte A., Waldhardt R. Relationships between plant diversity, vegetation cover, and site conditions: implications for grassland conservation in the Greater Caucasus // *Biodivers Conserv.* 2007. Vol. 26. P. 273–291.
https://doi.org/10.1007/s10531-016-1240-5
- Wobus C., Whipple K.X., Kirby E., et al. Tectonics from Topography: Procedures, Promise, and Pitfalls // *GSA Special Papers.* 2006. Vol. 398. P. 55–74.
- Yamazaki D., Ikeshima D., Sosa J., et al. MERIT Hydro: A High-Resolution Global Hydrography Map Based on Latest Topography Dataset // *Water Resour. Res.* 2019. Vol. 55. P. 5053–5073.
https://doi.org/10.1029/2019WR024873
- Zalasiewicz J., Waters C.N., Williams M., et al. When did the Anthropocene begin? A mid-twentieth century boundary level is stratigraphically optimal: The Quaternary System and its formal subdivision // *Quat. Int.* 2015. Vol. 383. P. 196–203.
https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.11.045

Sediment Yield in the Caucasus Mountains and Its Trends as a Reflection of Climate Change and Anthropogenic Impact

V. N. Golosov^{1, 2, 3, *} and A. S. Tsyplenkov¹

¹Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia

²Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

³Kazan Federal University, Kazan, Russia

*e-mail: golosov@gmail.com

The sediment runoff of mountain rivers is an important characteristic that reflects the intensity of denudation in various altitudinal zones, as well as the spatial and temporal features of its changes. The Caucasus region, which includes the Greater and Lesser Caucasus, is characterized by significant territorial contrast associated with differences in the geological and geomorphological structure, seismo-tectonic activity, climate, which together determine the lifestyle of the local population and the features of anthropogenic impact on land-

scapes. The paper presents the results of estimates of the contemporary rates of denudation of the region, obtained on the basis of processing a database on the flow of suspended sediments of rivers at 194 gauge stations with a duration of observations of more than 10 years. To identify the influence of the main natural and anthropogenic factors on the sediment runoff of rivers, calculated and published data on spatially distributed indicators characterizing individual factors or their combinations were used. Statistical processing of dependencies between individual indicators and sediment runoff of rivers was carried out. It has been established that the mean suspended sediment yield (SSY) for the region is $446 \text{ t km}^{-2} \text{ yr}^{-1}$. It reaches its maximum values ($\text{SSY} > 1500 \text{ t km}^{-2} \text{ year}^{-1}$) in the Eastern Caucasus, where it has remained high in recent decades and continues to grow in a number of river basins. For other parts of the Greater Caucasus, a trend of decreasing sediment runoff was revealed, due to a decrease in the glacial supply of rivers and, more locally, a decrease in the area of arable land in the mountains.

Keywords: denudation, spatiotemporal analysis, suspended sediments, reservoir sedimentation, bedload, periglacial zone, Caucasus

REFERENCES

- Abatzoglou J.T., Dobrowski S.Z., Parks S.A., et al. Data Descriptor: TerraClimate a High-Resolution Global Dataset of Monthly Climate and Climatic Water Balance from 1958–2015. *Sci. Data*, 2018, vol. 5, art. 170191. <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.191>
- Abduev M.A. Denudation in the mountainous regions of Azerbaijan according to the data on the runoff of sediments and dissolved substances. *Gidrometeorol. Ekol.*, 2011, no. 4, pp. 122–131. (In Russ.).
- Akhundov S.A. Intensity of denudation in the Azerbaijan part of the Caucasus. *Geomorfol.*, 1974, no. 3, pp. 46–52. (In Russ.).
- Al-Chokhachy R., Black T.A., Thomas C., et al. Linkages between unpaved forest roads and streambed sediment: why context matters in directing road restoration. *Restor. Ecol.*, 2016, vol. 24, pp. 589–598. <https://doi.org/10.1111/rec.12365>
- Berkovich K.M. *Ruslovyte protsessy na rekakh v sfere vliyaniya rezervuarov* [Channel Processes on Rivers in the Sphere of Influence of Reservoirs]. Moscow: Mosk. Univ. Publ., 2012. 163 p.
- Borga M., Stoffel M., Marchi L., Marra F., Jakob M. Hydrogeomorphic response to extreme rainfall in headwater systems: flash floods and debris flows. *J. Hydrol.*, 2014, vol. 518, part B, pp. 194–205. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.05.022>
- Buchner J., Yin H., Frantz D., et al. Land-Cover Change in the Caucasus Mountains since Based on the Topographic Correction of Multi-Temporal Landsat Composites. *Remote Sens. Environ.*, 2020, vol. 248, art. 111967. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111967>
- Cendrero A., Remondo J., Beylich A.A., et al. Denudation and geomorphic change in the Anthropocene; a global overview. *Earth Sci. Rev.*, 2022, vol. 233, art. 104186. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2022.104186>
- Chalov S.R., Tersky P.N., Efimova L.E., Terskaya A.I., Efimov V.A., Danilovich I.S. Problems of hydrological monitoring in the basins of transboundary rivers of Eastern Europe (on the example of the Zapadnaya Dvina). *Inzhenern. Izysk.*, 2019, no. 13, pp. 32–44. (In Russ.).
- DiBiase R.A., Whipple K.X., Heimsath A.M., et al. Landscape Form and Millennial Erosion Rates in the San Gabriel Mountains, CA. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 2010, vol. 289, pp. 134–144. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2009.10.036>
- Gabet E.J., Mudd S.M. A Theoretical Model Coupling Chemical Weathering Rates with Denudation Rates. *Geology*, 2009, vol. 37, pp. 151–154. <https://doi.org/10.1130/G25270A.1>
- Gabrielyan G.K. The intensity of denudation in the Caucasus. *Geomorfol.*, 1971, no. 1, pp. 22–27. (In Russ.).
- Garcia-Ruiz J.M., Lasanta T. Land-use changes in the Spanish Pyrenees. *Mt. Res. Dev.*, 1990, vol. 10, no. 3, pp. 267–279.
- Garcia-Ruiz J.M., Lana-Renault N. Hydrological and erosive consequences of farmland abandonment in Europe, with special reference to the Mediterranean region – a review. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 2011, vol. 140, pp. 317–338. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.01.003>
- Giardini D., Grünthal G., Shedlock K.M., Zhang P. The GSHAP Global Seismic Hazard. In *International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology*, 2003, pp. 1233–1239.
- Golosov V.N., Sosin P.M., Belyaev V.R., Wolfram B., Khodzhaev Sh. Effect of irrigation-induced erosion on the degradation of soils in river valleys of the alpine Pamir. *Eurasian Soil Sci.*, 2015, vol. 48, no. 3, pp. 325–335. <https://doi.org/10.1134/S1064229315010056>
- Hartmann J., Moosdorf N. The new global lithological map database GLiM: A representation of rock properties at the Earth surface. *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 2012, vol. 13, no. 12. <https://doi.org/10.1029/2012GC004370>
- Hartmann, J., Moosdorf, N., Lauerwald R., et al. Global Chemical Weathering and Associated P-Release—The Role of Lithology, Temperature and Soil Properties. *Chem. Geol.*, 2014, vol. 363, pp. 145–163. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2013.10.025>
- Hengl T., de Jesus J.M., Heuvelink G.B.M., et al. Soil-Grids250m: Global Gridded Soil Information Based on Machine Learning. *PLoS ONE*, 2017, vol. 12, art. e0169748. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169748>
- Kharchenko S.V., Fedin A.V., Golosov V.N. Denudation rates in periglacial areas of high mountains: methods and results of studies. *Geomorfol.*, 2021, no. 1, pp. 3–18. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0435428121010065>

- Khmaladze G.N. *Vzveshennye nanosy rek Armyanskoi SSR* [Suspended Sediments of the Rivers of the Armenian SSR]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1964. 246 p.
- Kozak J. Forest cover change in the Western Carpathians in the past 180 years. *Mt. Res. Dev.*, 2003, vol. 23, no. 4, pp. 369–375.
[https://doi.org/10.1659/0276-4741\(2003\)023\[0369:FCCITW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1659/0276-4741(2003)023[0369:FCCITW]2.0.CO;2)
- Kurbatova I.E. Monitoring the transformation of Krasnodar Reservoir utilizing high resolution satellite data. *Sovrem. Probl. Dist. Zondir. Zemli Kosmosa*, 2014, vol. 11, no. 3, pp. 42–53. (In Russ.).
- Laguta A.A., Pogorelov A.V. Peculiarities of siltation of the Krasnodar reservoir. Evaluation experience from bathymetric surveys. *Geogr. Vestn.*, 2018, vol. 47, no. 4, pp. 54–66. (In Russ.).
- Laguta A.A., Pogorelov A.V. Transformation of the Krasnodar Reservoir (1941–2018). *Izv. Vyssh. Ucheb. Uchrezhd. Sev.-Kavkaz. Region. Estestv. Nauki*, 2019, no. 3, pp. 45–54. (In Russ.).
<https://doi.org/10.23683/0321-3005-2019-3-45-54>
- Larionov G.A. *Eroziya i deflyatsiya pochv: osnovnye zakonomernosti i kolichestvennye otsenki* [Erosion and Deflation of Soils: Basic Regularities and Quantitative Estimates]. Moscow: Mosk. Univ. Publ., 1993. 200 p.
- Makkaveev N.I., Mandych A.F., Chalov R.S. Influence of the ascending development of the relief on deep erosion and solid runoff of the rivers of Western Georgia. *Vestn. Mosk. Univ., Ser. 5: Geogr.*, 1968, no. 4, pp. 52–58. (In Russ.).
- Mandych A.F. The value of the sediment runoff of the rivers of Western Georgia. *Vestn. Mosk. Univ., Ser. 5: Geogr.*, 1967, no. 3, pp. 134–137. (In Russ.).
- Mozzherin V.V., Sharifullin A.G. Estimation of Current Denudation Rate of the Mountains Based on the Suspended Sediment Runoff of the Rivers (the Tien Shan, the Pamir-Alai, the Caucasus, and the Alps as an Example). *Geomorfol.*, 2015, no. 1, pp. 15–23. (In Russ.).
<https://doi.org/10.15356/0435-4281-2014-1-15-23>
- Panagos P., Borrelli P., Meusburger K. et al. Global Rainfall Erosivity Assessment Based on High-Temporal Resolution Rainfall Records. *Sci. Rep.*, 2017, vol. 7, art. 4175.
<https://doi.org/10.1038/s41598-017-04282-8>
- Petrov O.A. Analysis of the dynamics of silting of the Chiryurt reservoir on the River Sulak. *Izv. Vseross. Nauch.-Iss. Inst. Gidrotekh. Vedeneeva*, 2018, vol. 290, pp. 47–54. (In Russ.).
- Petrov O.A., Saidov M.A. Analysis of the dynamics of siltation of reservoirs on the river. Sulak and its tributaries. *Gidrotekhn. Stroitel.*, 2019, no. 9, pp. 43–47. (In Russ.).
- Pobelat D.A., Medvedev A.V. Monitoring of the processing of the banks of the Krasnodar reservoir. In *Sb. statei XI Vseross. Konf. molodykh uchenykh, posvyashchennoi 95-letiyu Kubanskogo GAU i 80-letiyu so dnya obrazovaniya Krasnodarskogo kraya* [Collection of Articles of the XI All-Russian Conf. of Young Scientists Dedicated to the 95th Anniversary of the Kuban State Agrarian University and the 80th Anniversary of the Formation of the Krasnodar Krai]. Krasnodar: Kuban. Agrar. Univ. Publ., 2017, pp. 829–830. (In Russ.).
- Pogorelov A.V., Laguta A.A., Kiselev E.N. New information about the silting of the Krasnodar reservoir according to bathymetric survey data. *Geogr. Vestn.*, 2022, vol. 61, no. 2, pp. 166–179. (In Russ.).
- Potapov P., Li X., Hernandez-Serna A., et al. Mapping Global Forest Canopy Height through Integration of GEDI and Landsat Data. *Remote Sens. Environ.*, 2021, vol. 253, art. 112165.
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112165>
- Raup B., Racoviteanu A., Khalsa S.J.S., et al. The GLIMS Geospatial Glacier Database: A New Tool for Studying Glacier Change. *Glob. Planet. Chang.*, 2007, vol. 56, pp. 101–110.
<https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2006.07.018>
- Remondo J., Soto J., González-Díez A., et al. Human impact on geomorphic processes and hazards in mountain areas in northern Spain. *Geomorphology*, 2005, vol. 66, pp. 69–84.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2004.09.009>
- Schirpke U., Tasser E., Leitinger G., et al. Using the Ecosystem Services Concept to Assess Transformation of Agricultural Landscapes in the European Alps. *Land*, 2022, vol. 11, no. 49.
<https://doi.org/10.3390/land11010049>
- Schliep K., Hechenbichler K. *kkn: Weighted k-Nearest Neighbors*, 2016.
- Schmidt L.K., Francke T., Rottler E., et al. Suspended sediment and discharge dynamics in a glaciated alpine environment: identifying crucial areas and time periods on several spatial and temporal scales in the Ötztal, Austria. *Earth Surf. Dynam.*, 2022, vol. 10, pp. 653–669.
<https://doi.org/10.5194/esurf-10-653-2022>
- Schwanghart W., Scherler D. Bumps in River Profiles: Uncertainty Assessment and Smoothing Using Quantile Regression Techniques. *Earth Surf. Dynam.*, 2017, vol. 5, pp. 821–839.
<https://doi.org/10.5194/esurf-5-821-2017>
- Shvarev S.V., Kharchenko S.V., Golosov V.N., Uspensky M.I. A Quantitative Assessment of Mudflow Intensification Factors on the Aibga Ridge Slope (Western Caucasus) over 2006–2019. *Geogr. Nat. Resour.*, 2021, vol. 42, pp. 122–130.
<https://doi.org/10.1134/S1875372821020128>
- Syvitski J., Restepo-Angel J., Saito Y. et al. Earth's sediment cycle during the Anthropocene. *Nat. Rev. Earth Environ.*, 2022, vol. 3, pp. 179–196.
<https://doi.org/10.1038/s43017-021-00253-w>
- Tielidze L.G., Nosenko G.A., Khromova T.E., et al. Strong acceleration of glacier area loss in the Greater Caucasus between 2000 and 2020. *Cryosph.*, 2022, vol. 16, pp. 489–504.
<https://doi.org/10.5194/tc-16-489-2022>
- Tielidze L.G., Wheate R.D. The greater Caucasus glacier inventory (Russia, Georgia and Azerbaijan). *Cryosph.*, 2018, vol. 12, no. 1, pp. 81–94.
<https://doi.org/10.5194/tc-12-81-2018>
- Toropov P.A., Aleshina M.A., Semenov V.A. Trends in climate change in the Black Sea-Caspian region over the past 30 years. *Vestn. Mosk. Univ., Ser. 5: Geogr.*, 2018, no. 2, pp. 67–77. (In Russ.).

- Toropov P.A., Aleshina M.A., Grachev A.M. Large-scale climatic factors driving glacier recession in the Greater Caucasus, 20th–21st century. *Int. J. Climatol.*, 2019, vol. 39, no. 12, pp. 4703–4720.
<https://doi.org/10.1002/joc.6101>
- Tsyplenkov A., Vanmaercke M., Golosov V., et al. Suspended Sediment Budget and Intra-Event Sediment Dynamics of a Small Glaciated Mountainous Catchment in the Northern Caucasus. *J. Soils Sediments*, 2020, vol. 20, pp. 3266–3281.
<https://doi.org/10.1007/s11368-020-02633-z>
- Tsyplenkov A., Golosov V., Belyakova P. How did the suspended sediment load change in the north Caucasus during the Anthropocene? *Hydrol. Process.*, 2021, vol. 35, no. 10, art. 14403.
<https://doi.org/10.1002/hyp.1403>
- Tsyplenkov A., Vanmaercke M., Collins A.L., et al. Elucidating suspended sediment dynamics in a glacierized catchment after an exceptional erosion event: The Djankuat catchment, Caucasus Mountains, Russia. *Catena*, 2021, vol. 203, art. 105285.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105285>
- Turowski J.M., Rickenmann D., Dadson S.J. The partitioning of the total sediment load of a river into suspended load and bedload: a review of empirical data. *Sedimentology*, 2010, vol. 57, pp. 1126–1146.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.2009.01140.x>
- Vanacker V., von Blanckenburg F., Govers G., et al. Transient River Response, Captured by Channel Steepness and Its Concavity. *Geomorphology*, 2015, vol. 228, pp. 234–243.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.09.013>
- Vanmaercke M., Poesen J., Verstraeten G., et al. Sediment yield in Europe: Spatial patterns and scale dependency. *Geomorphology*, 2011, vol. 130, pp. 142–161.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.03.010>
- Vezzoli G., Garzanti E., Limonta M., et al. Focused Erosion at the Core of the Greater Caucasus: Sediment Generation and Dispersal from Mt. Elbrus to the Caspian Sea. *Earth Sci. Rev.*, 2020, vol. 200, art. 102987.
<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.102987>
- Volodicheva N. The Caucasus. In *The Physical Geography of Northern Eurasia*. Shahgedanova M., Ed. Oxford: Oxford Univ. Press, 2002, pp. 350–376.
- Vorosmarty C.J., Meybeck M., Fekete B., et al. Anthropogenic sediment retention: major global impact from registered river impoundments. *Glob. Planet. Change*, 2003, vol. 39, pp. 169–190.
[https://doi.org/10.1016/S0921-8181\(03\)00023-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8181(03)00023-7)
- Wiesmair M., Otte A., Waldhardt R. Relationships between plant diversity, vegetation cover, and site conditions: implications for grassland conservation in the Greater Caucasus. *Biodivers. Conserv.*, 2007, vol. 26, pp. 273–291.
<https://doi.org/10.1007/s10531-016-1240-5>
- Wobus C., Whipple. K.X., Kirby E., et al. Tectonics from Topography: Procedures, Promise, and Pitfalls. *GSA Special Papers*, 2006, vol. 398, pp. 55–74.
- Yamazaki D., Ikeshima D., Sosa J., et al. MERIT Hydro: A High-Resolution Global Hydrography Map Based on Latest Topography Dataset. *Water Resour. Res.*, 2019, vol. 55, pp. 5053–5073.
<https://doi.org/10.1029/2019WR024873>
- Zalasiewicz J., Waters C.N., Williams M., et al. When did the Anthropocene begin? A mid-twentieth century boundary level is stratigraphically optimal: The Quaternary System and its formal subdivision. *Quat. Int.*, 2015, vol. 383, pp. 196–203.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.11.045>

ТРАНСФОРМАЦИЯ ГОРНЫХ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОТВЕТ НА КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

УДК 551.324.5:551.435

КАТАСТРОФИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ ПОСЛЕДНИХ ДЕСЯТИЛЕТИЙ, СВЯЗАННЫЕ С ДЕГРАДАЦИЕЙ ЛЕДНИКОВ И МЕРЗЛОТЫ В ГОРАХ (АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

© 2023 г. М. Ю. Беккиев^а, М. Д. Докукин^а, *, Р. Х. Калов^а

^аВысокогорный геофизический институт, Нальчик, Россия

*e-mail: inrush@bk.ru

Поступила в редакцию 18.01.2023 г.

После доработки 08.08.2023 г.

Принята к публикации 25.08.2023 г.

На основе анализа материалов дистанционного зондирования Земли и публикаций приводятся данные о катастрофических проявлениях опасных природных процессов, связанных с деградацией ледников и горной мерзлоты, вызванной изменением климата. На фоне ускоренных темпов деградации ледников чаще наблюдаются катастрофические проявления их динамики — сходы ледников и ледяные лавины, ледово-каменные лавины. На Центральном и Западном Кавказе наблюдается активизация сходов каменных и ледово-каменных лавин, максимальные из которых были с дальностью выброса до 11.3 км (на г. Казбек в 2014 г.), с площадью зоны поражения 3.2 км² (в ущелье Аксаут в 2022 г.). В 2021–2022 гг. происходили катастрофические сходы ледников и ледово-каменные лавины на г. Мармолада в Альпах, в ущелье Джууку на Тянь-Шане и в долине р. Ронти Гад в Гималаях. Максимальным по объему был сход ледника Седонгпу в Восточном Тибете в 2018 г. (130 млн м³). Таяние льда в массивах горной мерзлоты (моренных пьедесталах) приводит к формированию селей гигантских объемов выноса, достигающих 300 млн м³ и более. С блокировкой подземных каналов стока внутри каменных глетчеров связаны накопления воды в длительное время пустующих котловинах и формирование озер с последующими их катастрофическими прорывами. Процессы, происходящие в ледниках и моренных комплексах, часто имеют унаследованный и взаимообусловленный характер и длительный период подготовки, что позволяет на основе постоянного мониторинга с использованием космоснимков выявлять прогностические признаки и предупреждать заранее о грозящей опасности.

Ключевые слова: сход ледника, ледово-каменная лавина, моренный пьедестал, каменный глетчер, селевой поток, прорыв озера, космические снимки

DOI: 10.31857/S2587556623070051, **EDN:** NGTATM

ВВЕДЕНИЕ

Изменение климата приводит к ускорению темпов и масштабов деградации ледников, представляющих собой стратегические запасы пресной воды. Проблема деградации ледников и управления водными ресурсами с каждым годом становится острее (Rasul and Molden, 2019). Вместе с тем увеличивается угроза активизации опасных природных процессов в горах, где развито оледенение и массивы крупнообломочных грунтов, содержащие большие объемы льда (моренные пьедесталы, каменные глетчеры и другие образования). Увеличилась частота сходов ледников, ледово-каменных и каменных лавин с большими объемами и дальностью выброса, прорывов наледниковых и приледниковых озер, подледниковых водоемов. Очаги селевых потоков захватывают зна-

чительные площади тающей горной мерзлоты и сбрасывают вниз гигантские массы обломочного материала, разрушая все на своем пути. Появляются новые очаги опасности на участках, где они раньше не были зафиксированы и, соответственно, не были учтены в существующих каталогах и кадастрах опасных процессов и явлений. В связи с этим возникают проблемы уточнения карт распространения опасных процессов и явлений и зон поражения, разработки мер адаптации к потенциальным новым угрозам.

Цель настоящей работы — на основе анализа разновременной аэрокосмической информации, а также публикаций и сообщений дать обзор опасных процессов в горных районах, связанных с деградацией ледников и массивов горной мерзлоты (сходы ледников и селевые процессы на массивах моренных пьедесталов и каменных

Таблица 1. Параметры сходов ледников в горных районах мира в XXI в.

№	Название ледника, долины, горы	Регион	Год	Географические координаты		Дальность выброса, км	Перепад высот, км	Объем, 10 ⁶ м ³	Угол наклона ледника, град
				широта, град	долгота, град				
1	г. Мармолада	Итальянские Альпы	2022	46.43	11.85	2.7	0.9	0.07	26
2	Колка	Кавказ	2002	42.73	44.44	19	2.0	130	11
3	р. Шураки Капали	Памир	2017	38.98	70.85	9	1.4	8.8	16
4	р. Дегильмони Поен	Памир	2019	38.99	70.70	6.7	1.5	8.6	20
5	р. Шаклысу	Памир	2019	39.01	70.98	4.7	1.3	1.7	30
6	р. Джууку	Тянь-Шань	2022	41.95	77.85	2.8	0.8	1.1	17
7	Ару-1	Западный Тибет	2016	34.02	82.25	8.2	0.8	68	12
8	Ару-2	Западный Тибет	2016	34.00	82.27	7.2	0.8	83	13
9	хр. Амни Мачен	Восточный Тибет	2004	34.82	99.44	5.2	1.0	27	13
10	Седонгпу	Юго-восточный Тибет	2018	29.80	94.92	8	1.3	130	9
11	г. Ронти	Гималаи	2016	30.37	79.72	6.5	2.3	6	32
12	р. Флэт Крик	Аляска	2015	61.50	–141.54	12.7	1.1	17–20	20
13	Ленас	Аргентинские Анды	2007	–34.46	–70.05	2	0.2	4.2	15
15	г. Тингуиририка	Чилийские Анды	2007	–34.83	–70.35	7.9	1.4	12	20

Примечание. Для ледников, испытавших несколько сходов, приведены максимальные значения параметров. Составлена по (Jacquemart et al., 2022; Kaab et al., 2021; Leinss et al., 2021) с добавлениями авторов.

глетчеров, обвальные и другие процессы), оценить современные масштабы и особенности их развития и по возможности определить характерные признаки и условия подготовки катастроф, чтобы в последующем выявлять новые очаги опасности и оценивать потенциальные угрозы, разрабатывать мероприятия по снижению рисков и ущерба.

В работе были использованы публикации и космоснимки Sentinel-2 и Landsat 4-9 с пространственным разрешением 10–30 м с различными вариантами обработки, в том числе в 3D формате¹, а также космоснимки сверхвысокого разрешения с сервиса Google Earth (QuickBird, WorldView-2, Pleiades-1A).

Разновременные космоснимки привязывались по опорным точкам в программе ArcMap и сравнивались визуально с использованием инструмента “зашторить слой” (Swipe Layer) для выявления фактов селепроявлений, обвалов и сходов ледников, а также построения векторных слоев контуров селевых врезов и отложений, зон поражения опасными процессами, на основе которых проводились автоматические вычисления площади и определения длины.

¹ <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>.

ОБЗОР КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Сходы ледников

Самыми крупномасштабными и разрушительными процессами, связанными с ледниками, являются сходы ледников (glacier detachments). Сходы ледников характеризуются значительно более высокими скоростями движения масс льда [до 100 м/с и более (Заалишвили, 2020) в отличие от пульсаций ледников (до 200–300 м/сут)]. Долгое время катастрофические сходы ледника Колка в 1902 и 2002 гг. считались уникальным явлением, не имевшим аналогов в мире и обусловленным проявлениями вулканизма г. Казбек. В последующем подобные процессы были зафиксированы уже в разных горных районах мира (Kääb et al., 2021). Данные о сходах ледников в XXI в. приведены в табл. 1. Примерно такого же объема, как в случае ледника Колка, был сход ледника Седонгпу в 2018 г. (130 млн м³) (An et al., 2022). В среднем дальность выброса масс льда при сходах ледников составляла 5–8 км (максимально до 19 км) (Kääb et al., 2021).

Сходы ледников происходили на участках с углами наклона от 8°–9° до 25°–35°. Процессы на крутосклонных участках часто именуют ледяными лавинами. События далекого прошлого, например ледяную лавину 1895 г. объемом более 4 млн м³ на горе Альтельс (Faillietaz et al., 2011; Heim, 1895), можно интерпретировать как сход ледника.

Подробнее случаи сходов ледников и ледово-каменных и ледяных лавин на хребте Петра Первого на Памире представлены в (Leinss et al., 2021). В (Shugar et al., 2021) приведены данные о сходах ледника на г. Ронти в Индийских Гималаях в 2000 и 2016 гг. и катастрофической ледово-каменной лавине в 2021 г. В (Беккиев и др., 2022) охарактеризованы сходы ледников на г. Ронти, в том числе событие 2021 г., а также сходы ледников в 2022 г.: 3 июля в Доломитовых Альпах (Италия) и 8 июля на Тянь-Шане (Кыргызстан).

На рис. 1 показаны участки отрыва и зоны поражения сходами ледников в Альпах и на Тянь-Шане. Сход небольшого висячего ледника на г. Мармолада в Альпах привел к гибели 11 человек. Объем сошедших масс льда составил всего 65 ± 10 тыс. м³ (Berthier and Gascoin, 2022a). Объем сошедшей массы льда ледника в долине р. Джууку на Тянь-Шане составил 1.1 млн м³ (Berthier and Gascoin, 2022b). Зоны поражения сходами этих ледников составили 0.25 и 0.83 км² (см. рис. 1в, г). Площади обрушившихся массивов льда достигали 11 тыс. м² (см. рис. 1а) и 71.5 тыс. м² (см. рис. 1б). Другие параметры сходов ледников в Альпах и на Тянь-Шане приведены в табл. 1.

На основе анализа космических снимков до и после схода ледника в случае ледников Ару в Западном Тибете и ледников на хребте Петра Первого на Памире, ледника Колка на Кавказе были выявлены признаки подготовки ледников к сходу (Докукин и др., 2019а): наступание ледников (в течение от 1.5 месяца до полугода), увеличение скорости движения (до 2 м/сут и более), появление разрывов в теле ледника и новых трещин и другие. Нередко в процессы схода через некоторое время вовлекались ледники соседние с сошедшим (ледники Ару в Тибете и ледники на хребте Петра Первого на Памире). Один ледник может испытывать несколько сходов в течение короткого периода (оставшиеся неподвижными участки ледника или восстановившиеся после первого схода могут сойти через несколько лет). На соседних с сошедшим ледниках могут происходить ледово-каменные обвалы или пульсации. Пульсации могут происходить у ледника, испытывавшего сходы (ледник Колка, ледник на хребте Амни Мачен в Восточном Тибете).

По этим признакам были выявлены ледники, динамика которых могла привести к сходу (Беккиев и др., 2021а). В 2010 г. на горе Андыртау (бассейн р. Баксан, Кабардино-Балкарская республика, Россия) обнаружено сползание висячего ледника от линии бергшрунда на 20 м и образование новой овальной системы трещин. В июне 2018 г. зафиксирована подвижка небольшого ледника на правом склоне долины р. Алибек (район Домбая, Карачаево-Черкесская республика, Россия) на расстояние 90 м с появлением новых тре-

щин и со скоростью движения до 2 м/сут. В этих случаях по разным причинам сход ледников не произошел.

Анализ проявлений аномальной динамики ледников в разных районах мира показал, что на фоне общей резкой деградации оледенения некоторые отдельные ледники (или группы ледников, находящихся в подобных условиях, как в случае ледников на склоне хребта Петра Первого на Памире) могут представлять угрозу их схода в тех местах, где они не наблюдались [по данным (Jasquetmart et al., 2022) сходов ледников в долине р. Флэт Крик не было на протяжении 400 лет] или там, где происходили раньше. Поэтому следует обращать особое внимание в первую очередь на ледники, сходившие в прошлом. Например, ледник Колка за 20 лет постепенного восстановления еще далеко не набрал объем, который был до схода (см. рис. 1д), но его сход может повториться и при меньшем объеме.

Деградация моренных пьедесталов и селевые потоки

Моренный пьедестал — аккумулятивная форма рельефа ледникового происхождения, выраженная в виде языкообразного массива, возвышающегося над дном долины или поверхностью склона на 50–70 м и имеющего трапецевидный поперечный профиль благодаря ровным скатам береговых морен, окаймляющих его. На основе анализа различных типов пьедесталов и особенностей их эволюции был сделан вывод о том, что образование моренных пьедесталов происходило в результате подвижек ледников, насыщенных обломками вследствие высокой активности камнепадов и обвалов с их скального обрамления, и наложения друг на друга продуктов подвижек — обломочно-ледяных масс (Докукин и др., 2016).

Деградация моренных пьедесталов как особых форм горной мерзлоты приводит к таянию внутреннего льда, постепенному насыщению моренных масс водой и сходу грязекаменных селей гигантских объемов с образованием крупнейших селевых врезов, остающихся на месте пьедесталов свидетельствами этих неординарных геоморфологических процессов. В прошлом такие селепро явления зафиксированы: в 1940 г. в ущелье Адылсу (бассейн р. Баксан, Центральный Кавказ), в 1953 г. (или немногим ранее) в ущелье Тютюнсу (бассейн р. Черек Балкарский, Центральный Кавказ), в 1963 г. в долине р. Иссык (Заилийский Алатау, Казахстан), в 1975 г. в долине р. Хазнидон (Центральный Кавказ), в 1983 г. в долине Дарайпшихарв (Памир, Таджикистан), в 2015 г. в долине р. Барсемдара (Памир, Таджикистан) (Виноградов, 1977; Докукин и др., 2016, 2019б; Ковалев, 1957; Тулеев, 2002).

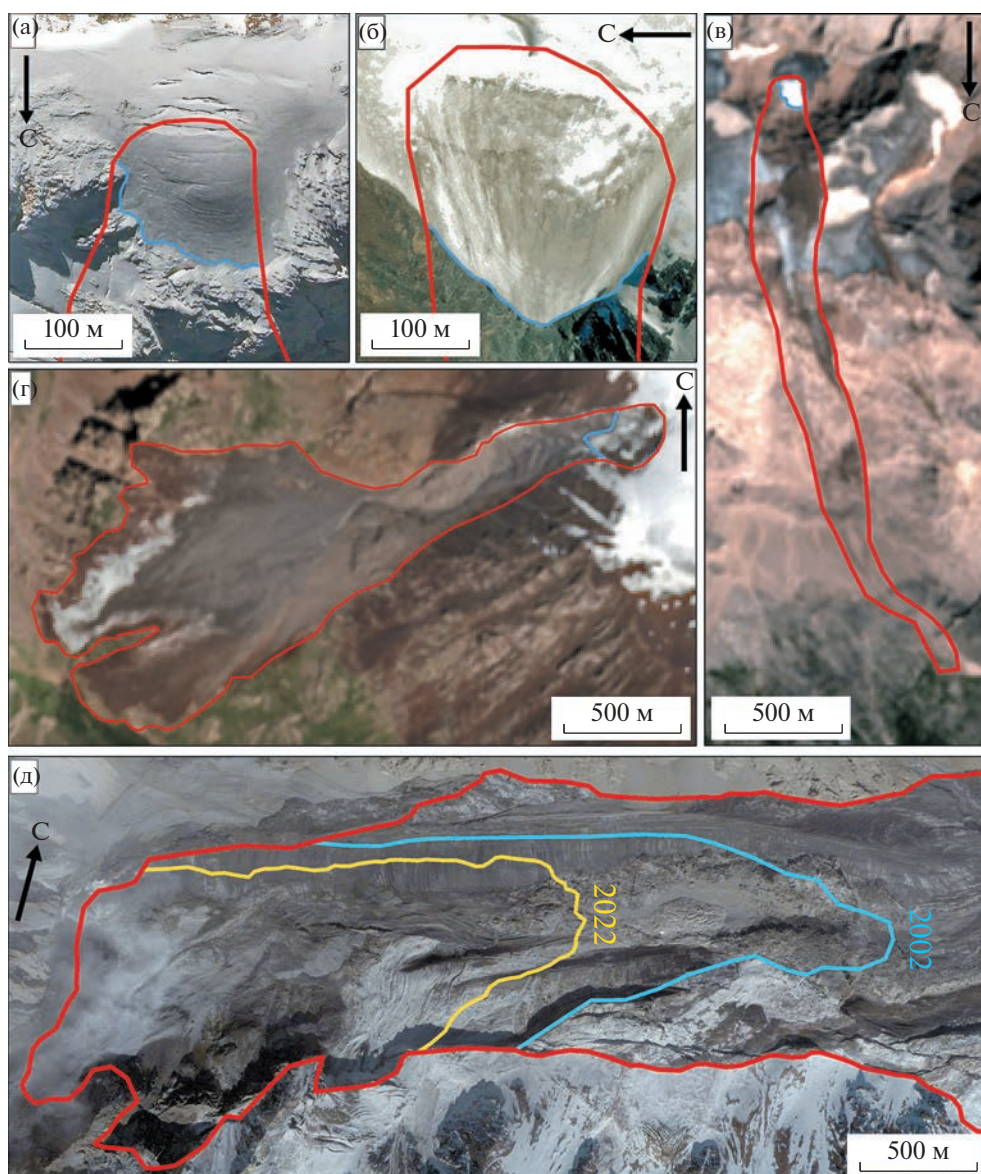


Рис. 1. Сходы ледников и зоны их поражения на космоснимках: (а) ледник на склоне г. Мармолада (Доломитовые Альпы, Италия) до схода (14.09.2012 WorldView-2), (б) ледник в долине р. Джууку (Тянь-Шань, Кыргызстан) до схода (24.09.2021 WorldView-2), (в) зона поражения сходом ледника с г. Мармолада (11.07.2022 Sentinel-2), (г) зона поражения сходом ледника в долине р. Джууку (16.07.2022 Sentinel-2), (д) верхняя часть зоны поражения сходом ледника Колка (Кавказ, Россия) (25.09.2002 QuickBird) и границы ледника до его схода в 2002 г. и на этапе его восстановления в 2022 г. (желтая линия). Границы ледников до их схода показаны голубыми линиями, зоны поражения сходами ледников — красными контурами. Фрагменты космоснимков (а), (б), а также (в), (г), (д) показаны в одном масштабе.

Объемы селевых выносов при формировании врезов на моренных пьедесталах достигали 4–6 млн м³ и зависели от объемов ледово-каменных масс, содержащихся между береговыми моренами, ограничивающими пьедесталы. Образовавшиеся селевые врезы имели площадь до 0.17 км², длину до 1 км и ширину до 180 м (Докукин и др., 2019б). Характерной особенностью селевых процессов в моренных пьедесталах является их формирование в основном без влияния дождей, а также большая продолжительность (от нескольких

дней до недели и более) и высокая плотность селевых потоков. Начавшийся селевой процесс продолжается до полного выноса моренных масс, содержащихся в пьедесталах, но может быть ограничен концом ледника, частично покрывающего пьедестал. Моренные пьедесталы в основном являются отдельными формами, но встречаются и в виде парагенетических комплексов в сочетании с береговыми моренами крупных ледников, с каменными плетчерами (Беккиев и др., 2021б).



Рис. 2. Селевые врезы в моренных пьедесталах и зоны селевых отложений на космоснимках: (а) в долине р. Дараипшихарв на Памире в 1983 г. (22.08.1988 Landsat-4 TM), (б) на моренном пьедестале ледника Седонгпу в Восточном Тибете в 2021 г. (30.09.2021 Sentinel-2), (в) на моренном пьедестале ледника Меру у конца ледника Ганготри (исток р. Ганг) в Гималаях в 2017 г. (21.07.2017 Sentinel-2). 1 – селевой врез, 2 – селевые отложения. Все фрагменты космоснимков показаны в одном масштабе.

На рис. 2 показаны одни из крупных проявлений селевых процессов в моренных пьедесталах (моренные формы определены как пьедесталы авторами настоящей статьи) на Памире, в Гималаях и Тибете. Длина вреза в долине р. Дараимудирав (приток р. Дараипшихарв, Памир) (см. рис. 2а) составила 1.3 км, а площадь – 0.17 км². Площадь селевых отложений в долине р. Дараипшихарв достигала 0.41 км². Самая мощная селевая волна процесса 1 августа 1983 г. прошла расстояние 18 км от вершины селевого вреза до р. Пяндж (Тукеев, 2002).

По данным (Kumar et al., 2019) объем селевых отложений из образовавшегося в период с 16 по 19 июля 2017 г. на массиве пьедестала ледника Меру Бамак и береговой морены ледника Ганготри (исток р. Ганг) селевого вреза составил 6.5 млн м³. Площадь вреза достигла 0.13 км², а участка селевых отложений – 0.46 км² (см. рис. 2в). Длина вреза (0.9 км) была ограничена концом ледника Меру

Бамак. В (Беккиев и др., 2021в) приведены сведения о формировании вреза длиной 1.3 км на участке моренного комплекса бывшего притока ледника Батсват с моренным пьедесталом в виде террасовидной береговой морены и сходе селевых потоков в течение 12 дней в июле 2018 г. в долине левого притока р. Ишкоман (Пакистан) с разрушениями в кишлаках Батсват и Бильханц и формированием подпружного озера площадью около 0.74 км² на расстоянии 5.4 км от вершины вреза. Этот случай показывает, что моренные пьедесталы могут быть частью крупного моренного комплекса и не иметь четкую форму пьедестала, и кроме пьедестала в селевой процесс вовлекаются массы обычных береговых и донных морен основного комплекса.

Самым крупным селепроявлением на моренных пьедесталах был селевой процесс на пьедестале ледника Седонгпу в долине левого притока р. Ярлунг Цангпо (Юго-Восточный Тибет), в ре-

зультате которого в июле–августе 2021 г. образовался врез площадью 2.6 км² и длиной 4.7 км. Объем селевых выносов из моренного пьедестала превысил 300 млн м³ (Kääb, Girod, 2022) (см. рис. 26). Перед формированием вреза на пьедестале, где был расположен ледник Седонгпу, произошел целый ряд событий (6 сходов ледово-каменных лавин с 2014 г. и сход ледника), что было охарактеризовано в нескольких публикациях (An et al., 2022; Kääb et al., 2021; Li et al., 2022; Zhao et al., 2022). В конце октября 2017 г. сошла ледово-каменная лавина объемом около 50 млн м³, затем 16 октября и 29 октября 2018 г. произошел сход ледника. До формирования вреза высота внешних откосов моренного пьедестала ледника Седонгпу составляла 50–70 м, как и пьедестала в балке Джаловчат (бассейн р. Адыр-Су, Центральный Кавказ). Ширина пьедестала по верху (между бровками боковых откосов) была около 400 м. В образовавшемся врезе она уже составляла около 700 м (т.е. бровки откосов пьедестала отступили по обе стороны примерно на 150 м).

Селевые процессы на пьедестале ледника Седонгпу показали, что для оценки селевой опасности необходимо обращать внимание и на пьедесталы, еще покрытые ледником, так как между сходом ледника и формированием вреза может быть небольшой временной интервал; селевой процесс протекает непрерывно до практически полного выноса масс пьедестала и этому процессу подвержены и моренные пьедесталы с минимальными углами наклона (до 8°–9°). Примером моренного пьедестала, еще покрытого ледником, но в будущем представляющего селевую угрозу, является ледниково-моренный комплекс Донгуз-Орун (Чегеткарачиран) в верховьях р. Донгуз-Орунбаксан (правый приток р. Баксан, Центральный Кавказ) (Докукин и др., 2016). Сход селей из этого моренного пьедестала может принести разрушения многочисленным объектам на Поляне Чегет в Приэльбрусье.

Деградация каменных глетчеров и селевые потоки

Каменные глетчеры являются характерным элементом перигляциальной зоны в горных районах и представляют собой языкообразные ледово-обломочные массивы с многочисленными дугообразными валами на поверхности. Каменным глетчерам Евразии посвящена монография (Горбунов, Горбунова, 2013). Селепроявления в каменных глетчерах охарактеризованы в работах (Докукин, 1987; Докукин и др., 2020; Сейнова, Мезенина, 1987). На рис. 3 показаны различные участки формирования селей в каменных глетчерах, а также следы обрушения части массива каменного глетчера (см. рис. 3в).

В отличие от моренных пьедесталов, каменные глетчеры часто встречаются с развитыми разновозрастными генерациями, что свидетельствует об устойчивости этих форм в течение длительного времени и меньшей скорости таяния, заключенного в них льда. Ареной развития селевых процессов в каменных глетчерах в основном являются их незадернованные фронтальные уступы значительной протяженности (Докукин, 1987), которые рассечены многочисленными рытвинами.

Многолетние исследования динамики каменного глетчера Ритиграбен на правом склоне долины р. Маттерталь в Швейцарских Альпах (кантон Вале) и 16 селепроявлений с 1958 г. (Lugon and Stoffel, 2010) показали, что скорость движения каменного глетчера с повышением температуры воздуха в последние годы увеличилась по сравнению с 1975–1993 гг. на 70% (до 0.6–0.9 м/год). Крупнейшее селевое событие на каменном глетчере Ритиграбен произошло 24 сентября 1993 г., когда перед этим выпало 115 мм осадков за 72 часа – объем отложений на конусе выноса составил 60000 м³.

Последствием выпадения большого количества осадков на участки цирков, заполненных каменными глетчерами (в том числе разными по возрасту генерациями), может быть вовлечение в селевые процессы значительных объемов фронтальных зон каменных глетчеров. На рис. 3е показана эрозионно-оползневая воронка на фронтальной части массива каменного глетчера в верховьях р. Вторая Шихтолайка (бассейн р. Кынгарга, Республика Бурятия), образовавшаяся 28 июня 2014 г. Объем селевых отложений вместе с материалом, захваченным на участке ниже каменного глетчера, составил 0.72 млн м³ (Макаров и др., 2014).

Несмотря на то, что селепроявления на фронтальных уступах каменных глетчеров распространенное явление, встречаются каменные глетчеры с уступами протяженностью до 300–400 м, покрытые свежим осыпным материалом, и при этом селевая деятельность на них длительное время не фиксируется. Например, по данным сравнения аэрофотоснимков 1957, 1959, 1975 гг. и космоснимков Landsat 4–5 и Sentinel-2 1985–2022 гг. не выявлено селепроявлений на участке фронтального уступа каменного глетчера (протяженность до 380 м, ширина в верхней части 240 м, см. рис. 3ж) на левом склоне долины р. Хазнидон (Центральный Кавказ) с площадью водосбора до бровки уступа 1.9 км². При этом наблюдается постоянная активность осыпных процессов и камнепадов на уступе, а скорость движения каменного глетчера в нижней части языка за период 2015–2021 гг. в среднем составила 2.0 м/год.

Одними из самых значительных по объему перемещаемого материала процессов, происходящих в каменных глетчерах, являются обрушения (быстрые сползания) фронтальных их участков с

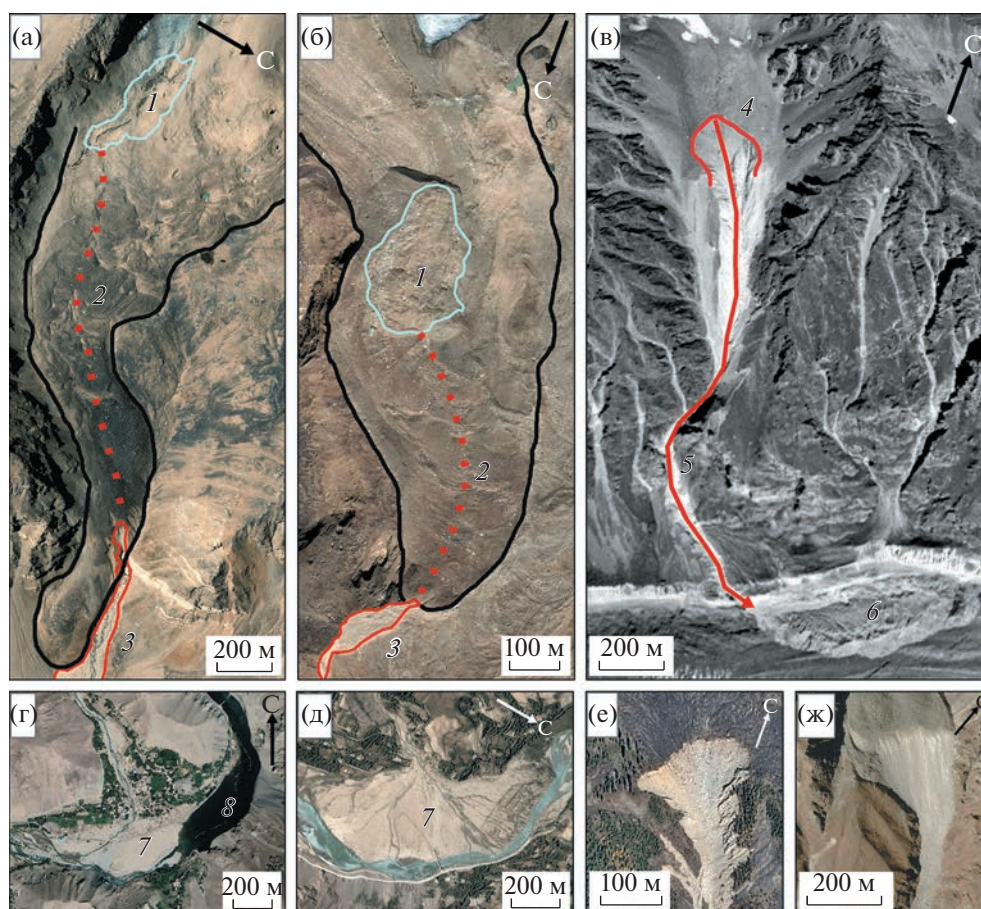


Рис. 3. Селепроявления и обрушения в каменных глетчерах на космоснимках и аэрофотоснимках: (а) верховья р. Даррагари (правый приток р. Панджшер, Афганистан) 08.09.2018 WorldView-2, (б) верховья р. Даштдара (левый приток р. Шахдара, Таджикистан) 31.08.2008 QuickBird, (в) левый склон долины р. Черек Безенгийский над ледником Безенги (Кавказ, Россия) аэрофотоснимок 15.08.1957, (г) кишлак Пашгор в долине р. Панджшер в устье р. Даррагари (Афганистан) 08.09.2018 WorldView-2, (д) кишлак Дашт в долине р. Шахдара в устье р. Даштдара (Таджикистан) 31.08.2008 QuickBird, (е) верховья долины р. Вторая Шихтолайка (левый приток р. Кынгарга, Бурятия, Россия) 26.09.2016 Pleiades-1A, (ж) верховья левого притока р. Хазнидон (Кавказ, Россия) 27.10.2020 Pleiades-1A. 1 – котловина озера после прорыва, 2 – подземный канал водного и селевого стока в массиве каменного глетчера, 3 – селевые отложения, 4 – зона отрыва массива каменного глетчера, 5 – зона транзита обрушившегося массива каменного глетчера, 6 – отложенная масса обрушившегося каменного глетчера, 7 – селевые отложения на конусе выноса, 8 – подпруженное селевыми массами озеро.

частичным сохранением первоначальной структуры массива. В работе (Bodin et al., 2012) приведены данные об обрушениях (коллапсах) каменных глетчеров: 1) каменный глетчер Берард (хребет Парпайон, Французские Альпы) летом 2006 г. с объемом обрушившейся массы 0.5 млн м^3 , 2) каменный глетчер на юго-западном склоне массива горы Серро-лас-Тортолас (6145 м, Анды, Чили) весной (по нашим данным между 12 февраля и 13 марта, космоснимки Landsat 4–5) 2006 г. с площадью отложений 0.12 км^2 . Подобные явления зафиксированы и на Центральном Кавказе. По данным (Сейнова, Мезенина, 1987) в июле 1937 г. на склоне горы Гихи (3213 м) в долине ручья Люклен (левый склон долины р. Гара-Аузусу, бассейн р. Чегем) произошло обрушение каменного

глетчера с дальностью выброса около 1.9 км. Площадь отложенной массы составила 60 тыс. м^2 . На аэрофотоснимке 1957 г. (см. рис. 3в) выявлены следы обрушения каменного глетчера на левом склоне долины р. Черек Безенгийский с площадью отложенного на поверхности ледника Безенги массива 0.14 км^2 и дальностью выброса около 2.3 км.

Наиболее разрушительными процессами, связанными с деградацией каменных глетчеров, являются прорывы озер в тыловых котловинах каменных глетчеров (Докукин и др., 2020а). На рис. 3а, б, г, д показаны последствия двух таких случаев: 1) в верховьях долины р. Даррагари (Афганистан), 2) в верховьях долины р. Даштдара (Таджикистан). Следствием прорывов озер были

селевые потоки, разрушившие и затопившие дома в кишлаке Пашгор с площадью отложений 0.2 км^2 в долине р. Панджшер (см. рис. 3г) и в кишлаке Дашт с площадью отложений 0.3 км^2 в долине р. Шахдара (см. рис. 3д), и принешие гибель людей. Если в верховьях р. Даштдара озеро перед прорывом 7 августа 2002 г. существовало в 2000 и 2001 гг. и имело максимальную площадь 44.6 тыс. м^2 (см. рис. 3б), то озеро в верховьях р. Даррагари площадью 62.6 тыс. м^2 появилось только в год прорыва (2018 г.) после многолетнего периода его отсутствия. В обоих случаях озера питались талыми водами ледников и снежников. Заполнение котловин в тыловой части каменных глетчеров и существование озер были следствием блокировки подземных каналов, которые существовали длительное время в телах каменных глетчеров. Длина подземных каналов стока составляла: из котловины оз. Даррагари — 1550 м , из котловины оз. Дашт — 680 м (обозначение 2 на рис. 3а и б). Подобные прорывы озера, периодически возникавшего в тыловой котловине каменного глетчера в верховьях р. Каргалы (хребет Иле Алатау, Казахстан), происходили в 2015 и 2019 гг. и сопровождалась селевыми потоками с ущербом району г. Алматы.

Кроме озер в тыловых котловинах каменных глетчеров, озера образовывались в результате блокировки долин языками каменных глетчеров, спускавшимися со склонов. Одним из таких озер было оз. Маашей площадью 286 тыс. м^2 в долине р. Мажой (Алтай), подпруженное телом каменного глетчера с несколькими возрастными генерациями (Докукин, 2014). Озеро существовало более 100 лет, и все это время функционировал стабильный подземный канал стока в теле каменного глетчера. Прорыв озера произошел 15 июля 2012 г. в результате цепочки процессов: 1) ускорения движения каменного глетчера (величина смещения отдельных участков достигала $43\text{--}48 \text{ м}$ за период 2002–2013 гг.), 2) блокировки канала стока вследствие деформации тела каменного глетчера, 3) проливных дождей и поднятия уровня воды в озере, 4) дальнейшего поверхностного размыва тела каменного глетчера при переполнении котловины.

Активизация обвальных процессов

В результате деградации ледников, вызванной потеплением климата, скальные склоны, окаймляющие ледники, освобождаются от ледового панциря и вовлекаются в интенсивные процессы морозного выветривания с формированием обвалов (каменных и ледово-каменных лавин). В работе (Bessette-Kirton and Coe, 2020) показано, что в горах Св. Ильи на Аляске увеличение количества каменных лавин в период 2013–2016 гг. коррелировало с повышением температуры, что в период 1964–2019 гг. сейсмогенные каменные лави-

ны были в два раза реже, чем не сейсмогенные. Рекордной по площади зоны поражения и по объему была каменная лавина на леднике Ламплуг в национальном парке Глейшер-Бей в 2016 г. — 21.8 км^2 (площадь), около 70 млн м^3 (объем) (Bessette-Kirton et al., 2018). Катастрофическим был сход ледово-каменной лавины с горы Ронти (Гималаи, Индия) в 2021 г. с дальностью выброса около 16 км — 204 погибших (Shugar et al., 2021). На Кавказе в XXI в. ледово-каменные и каменные лавины отличались значительной дальностью выброса: 11.3 км (по левому ответвлению пути в верховьях) в Девдоракском ущелье (Грузия) в 2014 г. (Докукин и др., 2020в), 7.5 км в долине р. Харгабахк (Чеченская республика) в 2006 г. (Докукин, Савернюк, 2010), 6.4 км с площадью зоны поражения 3.2 км^2 в долине р. Аксаут (Караево-Черкесская республика) в 2022 г. (Савернюк и др., 2022). На одном участке Главного Кавказского хребта (северный и южный склоны) площадью 160 км^2 в XXI в. было зафиксировано 16 обвалов с дальностью выброса до 4.2 км , а всего, по данным (Докукин и др., 2020в) около 70% случаев обвалов формировалось на высотах свыше 3600 м .

Обвалы нередко становятся причинами формирования различных опасных процессов, вследствие чего зоны их поражения увеличиваются многократно: последствием многочисленных обвалов стал сход ледника Колка и селевой поток по долине р. Гизельдон в 2002 г., каменные и ледово-каменные лавины трансформируются в селевые потоки, а также могут приводить к прорывам озер и прорывным паводкам (Mani et al., 2022), отложения обвальных масс на ледниках могут приводить к их подвижкам и обвалам льда (после обвала с г. Казбек в 2014 г. ледник Шантор в цирке Девдоракского ледника наступил на 400 м и с крутого уступа участились ледяные лавины с дальностью выброса до 2 км , в 2021–2022 г. начал наступать Девдоракский ледник).

Предвестниками крупных обвалов могут служить мелкие обвалы за сутки, месяц или год (Докукин и др., 2020в). В одной долине возможно повторение сходов каменных и ледово-каменных лавин через определенный промежуток времени (от года до нескольких лет и десятков лет) (Докукин, 2010; Leinss et al., 2021). В зоне отрыва катастрофической ледово-каменной лавины 7 февраля 2021 г. на горе Ронти в период 2016–2021 гг. формировалась и расширялась трещина, что было видно на космоснимках (Беккиев и др., 2021а; Shugar et al., 2021).

ИТОГИ ОБЗОРА

Обзор катастрофических событий выявил значительную активизацию опасных процессов, свя-

занных с потеплением климата и деградацией ледников (сходы ледников, ледово-каменные лавины, селевые потоки, вызванные деградацией массивов горной мерзлоты и др.). В работе не приведены последствия других процессов, которые происходят повсеместно в ходе деградации ледников — формирование и прорывы озер, например, катастрофический прорыв оз. Башкара (долина р. Адылсу, Центральный Кавказ) в 2017 г. (Черноморец и др., 2018), методика оценки угрозы которых детально разработана, постоянно совершенствуется и основана на количественных оценках многочисленных фактов прорывов озер различных типов. Кроме этого возникают единичные случаи прорывов внутриледниковых (подледниковых) водоемов, например, формирование водных импульсов селевых потоков на р. Каяартысу (бассейн р. Баксан, Центральный Кавказ) в 1960–1962, 1999, 2000, 2011, 2017 и 2022 гг. (Докукин и др., 2020б).

В результате многолетних исследований ледников были выявлены многочисленные случаи пульсаций, определена их периодичность, оценена степень угрозы и в новом каталоге учтены все нестабильные ледники (Хромова и др., 2021). На современном этапе возникают угрозы катастрофических сходов ледников в районах, где они раньше не были зафиксированы и не были исследованы, что затрудняет оценку их опасности. Первое обобщение случаев схода ледников в мире представлено в работе (Kääb et al., 2021), а на региональном уровне в работе (Leinss et al., 2021). Количество сходов ледников с каждым годом неуклонно растет, о чем свидетельствуют катастрофа в Альпах на горе Мармолада и сход ледника на Тянь-Шане в 2022 гг. (Беккиев и др., 2022). Для некоторых сходов ледников выявлены признаки их подготовки (Докукин и др., 2019а), которые можно фиксировать при анализе разновременных космоснимков ледниковых районов и предупреждать на их основе о потенциальной угрозе схода ледника.

Выявленная связь формирования крупнейших селевых врезов с особыми формами горной мерзлоты — моренными пьедесталами — дает возможность при обнаружении этих форм оценивать их как потенциальные селевые массивы и предвидеть развитие катастрофических селей в будущем, а также оценивать угрозы и масштабы селевого процесса на основе данных об объемах моренных пьедесталов. Кроме ярко выраженных форм моренных пьедесталов существуют переходные образования к обвально-осыпным конусам, береговым моренам, каменным глетчерам, что усложняет распознавание селевой угрозы. Но при достаточном количестве выявленных случаев схода селей с подобных участков в разных горных районах (Беккиев и др., 2021в) можно использовать их как аналоги при оценке селевой опасности. Селевые

процессы в моренных пьедесталах вышли на одно из первых мест среди экзогенных процессов по объему перемещенного за один процесс обломочного материала, что подтверждают данные о селевых выносах с пьедестала ледника Седонгпу объемом более 300 млн м³.

Как отмечено в работе (Wagner et al., 2020), деградация каменных глетчеров приводит к увеличению потенциальной возможности временной аккумуляции воды в их массивах, а при выпадении аномальных осадков — последующего сброса накопленной воды вместе с обломочным материалом в виде селевых потоков. Такое накопление воды в каменных глетчерах при блокировке подземных каналов стока с озер в тыловых котловинах каменных глетчеров может значительно увеличить объем сброшенной воды и обломочного материала в ходе прорывов таких озер, что важно для оценки селевой опасности. Признаком явной селевой угрозы каменного глетчера может служить появление в его тыловой котловине озера после длительного периода отсутствия в сочетании с прекращением поверхностного водного стока в русле ниже фронтального уступа каменного глетчера. Эти процессы могут проходить как в активных каменных глетчерах, так и древних генерациях.

В совокупности в высокогорной ледниковой зоне формируется система опасных процессов, влияющих друг на друга, в которой следствие одного процесса становится причиной другого, в том числе на соседних участках, увеличивая зону поражения. Учет всех факторов формирования и развития системы процессов, ее технологических цепочек и пространственно-временных особенностей очень важен для актуализации оценки опасности горных территорий (Assessment ..., 2017).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Потепление климата и вызванное им ускорение темпов деградации ледников привело к активизации опасных природных процессов, наиболее масштабными и катастрофическими из которых стали сходы ледников, ледово-каменные и каменные лавины, селевые потоки, связанные с деградацией массивов горной мерзлоты и прорывы озер.

Некоторым катастрофическим проявлениям опасных процессов предшествовали периоды подготовки и развития, признаки которых можно было выявить при дешифрировании разновременных космоснимков. На современном этапе возрастает значение непрерывного комплексного мониторинга высокогорной зоны с использованием космоснимков высокой периодичности, материалов аэрофотосъемок и маршрутных наблюдений, и картирования проявлений опасных

процессов и зон их поражения, а также пересмотра оценок степени опасности горных территорий, отраженных в имеющихся картах и кадастрах, на основе данных мониторинга, расчетов и моделирования.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в рамках госзадания ФГБУ “ВГИ” по Плану НИТР Росгидромета (Рег. № НИТР 122031600407-4).

FUNDING

The study was carried out within the framework of the state task of FGBI “VGI” according to the Plan of the NITR of Roshydromet (Reg. no. NITR 122031600407-4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Беккиев М.Ю., Докукин М.Д., Калов Х.М., Калов Р.Х. Об оценке опасности сходов и обвалов ледников // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа (ГЕОКАВКАЗ 2021). г. Ессентуки. М.: ИИЕТ РАН, 2021а. Т. XI. С. 181–186.
- Беккиев М.Ю., Докукин М.Д., Калов Р.Х., Федченко Л.М. Формирование селевых врезов на участках береговых морен долинных ледников // Вестн. Владикавказского науч. центра. 2021б. Т. 21. № 3. С. 48–55. <https://doi.org/10.46698/m6092-4144-2648-e>
- Беккиев М.Ю., Докукин М.Д., Калов Р.Х., Шагин С.И. Экстремальные селепроявления на моренных пьедесталах в 2018–2021 гг. (по материалам дистанционного зондирования земли) // ГеоРиск. 2021в. Т. XV. № 3. С. 40–48. <https://doi.org/10.25296/1997-8669-2021-15-3-40-48>
- Беккиев М.Ю., Докукин М.Д., Калов Р.Х., Шагин С.И. О сходах ледников в 2021–2022 годах // Результаты 20 лет изучения катастрофы мирового масштаба в Геналдонском ущелье (сход ледника Колка). Владикавказ: Северо-Кавказский горно-металлургический институт (гос. технологический ун-т), 2022. С. 155–163.
- Виноградов Ю.Б. Гляциальные прорывные паводки и селевые потоки. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 155 с.
- Горбунов А.П., Горбунова И.А. География каменных глетчеров и их аналогов в Евразии. Алматы: Институт географии МОН РК, 2013. 184 с. www.ingeo.kz
- Докукин М.Д. Каменные глетчеры Центрального Кавказа как селевые очаги // Труды ВГИ. 1987. Вып. 70. С. 33–42.
- Докукин М.Д., Савернюк Е.А. О возможности оценки угрозы каменных лавин (на примере долины р. Харгабахк, Чеченская Республика) // В мире научных открытий. 2010. № 3–4 (9). С. 146–151.
- Докукин М.Д. Выдающиеся прорывы озер в 2012–2013 гг. (по материалам ДЗЗ): сб. трудов Северо-Кавказского института по проектированию водохозяйственного и мелиоративного строительства. Пятигорск: ОАО “Севкавгипроводхоз”, 2014. Вып. 20. С. 82–97.
- Докукин М.Д., Черноморец С.С., Савернюк Е.А. Моренные пьедесталы — очаги формирования катастрофических гляциальных селей // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2016. С. 67–71.
- Докукин М.Д., Беккиев М.Ю., Калов Р.Х., Савернюк Е.А., Черноморец С.С. Признаки подготовки катастрофических сходов ледников (анализ разновременной космической информации) // Опасные природные и техногенные процессы в горных регионах: модели, системы, технологии: коллектив. монография / под ред. А.В. Николаева, В.Б. Заалишвили. Владикавказ: ГФИ ВНИЦ РАН, 2019а. С. 522–528.
- Докукин М.Д., Черноморец С.С., Савернюк Е.А., Запороженченко Э.В., Бобов Р.А., Пирмамадов У.Р. Барсемская селевая катастрофа на Памире в 2015 году и ее аналоги на Центральном Кавказе // ГеоРиск. 2019б. Т. 13. № 1. С. 26–36. <https://doi.org/10.25296/1997-8669-2019-13-1-26-36>
- Докукин М.Д., Беккиев М.Ю., Калов Р.Х., Савернюк Е.А., Черноморец С.С. Каменные глетчеры — очаги формирования катастрофических селей // ГеоРиск. 2020а. Т. 14. № 2. С. 52–65. <https://doi.org/10.25296/1997-8669-2020-14-2-52-65>
- Докукин М.Д., Беккиев М.Ю., Калов Р.Х., Савернюк Е.А., Черноморец С.С., Богаченко Е.М. Гляциогеоморфологические условия формирования селей р. Герхожан-Су (Центральный Кавказ) // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита: труды 6-й Международ. конф. (Душанбе—Хорог, Таджикистан) / отв. ред. С.С. Черноморец, К.С. Висхаджиева. Душанбе: ООО “Промоушн”, 2020б. Т. 1. С. 388–404.
- Докукин М.Д., Беккиев М.Ю., Калов Р.Х., Черноморец С.С., Савернюк Е.А. Активизация обвалов на Центральном Кавказе и их влияние на динамику ледников и селевые процессы // Лёд и Снег. 2020в. Т. 60. № 3. С. 361–378. <https://doi.org/10.31857/S2076673420030045>
- Заалишвили В.Б. Реконструкция процесса схода ледника Колка в Кармадонском ущелье 20 сентября 2002 года // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. М.: ИИЕТ РАН, 2020. С. 90–102.
- Ковалев П.В. Геоморфологические исследования в Центральном Кавказе (бассейн р. Баксан). Харьков: Изд-во Харьковского ун-та, 1957. 162 с.
- Макаров С.А., Черкашина А.А., Атутова Ж.В., Бардаш А.В., Воронин Н.Н., Кичигина Н.В., Мутин Б.Ф., Осипова О.П., Ухова Н.Н. Катастрофические селевые потоки, произошедшие в поселке Аршан Тункинского района Республики Бурятия 28 июня 2014 г. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2014. 111 с.
- Савернюк Е.А., Докукин М.Д., Черноморец С.С., Крыленко И.В., Юдина В.А. Каменная лавина в долине ре-

- ки Аксаут 1 января 2022 г. и другие обвалы на Кавказе с 1957 по 2022 годы / Результаты 20 лет изучения катастрофы мирового масштаба в Геналдонском ущелье (сход ледника Колка). Владикавказ: Северо-Кавказский горно-металлургический институт (гос. технологический ун-т), 2022. С. 50–68.
- Сейнова И.Б., Мезенина Т.Н. Каменные глетчеры — очаги зарождения селей в бассейне р. Чегем // Материалы гляциологических исследований. 1987. № 60. С. 179–183.
- Тукаев О.В. Селевые явления Памира: катастрофы, закономерности, прогноз. М., 2002. 176 с.
- Хромова Т.Е., Носенко Г.А., Глазовский А.Ф., Муравьев А.Я., Никитин С.А., Лаврентьев И.И. Новый Каталог ледников России по спутниковым данным (2016–2019 гг.) // Лёд и Снег. 2021. Т. 63. № 3. С. 341–358. <https://doi.org/10.31857/S2076673421030093>
- Черноморец С.С., Петраков Д.А., Алейников А.А., Беккиев М.Ю., Выхаджиева К.С., Докукин М.Д., Калов Р.Х., Кидяева В.М., Крыленко В.В., Крыленко И.В., Крыленко И.Н., Рец Е.П., Савернюк Е.А., Смирнов А.М. Прорыв озера Башкара (Центральный Кавказ, Россия) 1 сентября 2017 года // Криосфера Земли. 2018. Т. 22. № 2. С. 70–80. [https://doi.org/10.21782/KZ1560-7496-2018-2\(70-80\)](https://doi.org/10.21782/KZ1560-7496-2018-2(70-80))
- An B., Wang W., Yang W., et al. Process, mechanisms, and early warning of glacier collapse-induced river blocking disasters in the Yarlung Tsangpo Grand Canyon, southeastern Tibetan Plateau // Science of the Total Environ. 2022. Vol. 816. Article 151652. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151652>
- Assessment of Glacier and Permafrost Hazards in Mountain Regions. Technical Guidance Document / Allen S., Frey H., Huggel C., et al. (Eds.). Zurich, Lima, 2017. 72 p. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26332.90245>
- Berthier E., Gascoin S. Estimation of Marmolada glacier collapse volume using Pleiades imagery // CESBIO multitemp. Séries Temporelles. 2022a. <https://labo.obs-mip.fr/multitemp/estimation-of-marmolada-glacier-collapse-volume-using-pleiades-imagery/> (дата обращения 07.04.2023).
- Berthier E., Gascoin S. Kyrgyzstan glacier collapse. New Pleiades and SPOT7 images tell us more... // CESBIO multitemp. Séries Temporelles. 2022b. <https://labo.obs-mip.fr/multitemp/kyrgyzstan-infamous-avalanche-new-pleiades-and-spot7-images-tell-us-more/> (дата обращения 07.04.2023).
- Bessette-Kirton E.K., Coe J.A., Zhou W. Using stereo satellite imagery to account for ablation, entrainment, and compaction in volume calculations for rock avalanches on glaciers: Application to the 2016 Lamplugh rock avalanche in Glacier Bay National Park, Alaska // J. of Geophysical Research: Earth Surface. 2018. Vol. 123. P. 622–641. <https://doi.org/10.1002/2017JF004512>
- Bessette-Kirton E.K., Coe J.A. A 36-year record of rock avalanches in the Saint Elias Mountains of Alaska, with implications for future hazards // Frontiers in Earth Science. 2020. Vol. 8. Article 293. <https://doi.org/10.3389/feart.2020.00293>
- Bodin X., Krysiecki J.-M., Iribarren P. Recent collapse of rock glaciers: two study cases in the Alps and in the Andes // 12th Congress INTERPRAEVENT. 2012. <https://www.researchgate.net/publication/279253780>
- Faillietaz J., Sornette D., Funk M. Numerical modeling of a gravity-driven instability of a cold hanging glacier: reanalysis of the 1895 break-off of Altelsgletscher, Switzerland // J. Glaciology. 2011. Vol. 57. № 205. P. 817–831. <https://doi.org/10.3189/002214311798043852>
- Heim A. Die Gletscherlawine an der Altels am 11. September 1895. Zürich: Zürcher und Furrer, 1895. 63 p.
- Jacquemart M., Welty E., Leopold M., Loso M., Lajoie L., Tiampo K. Geomorphic and sedimentary signatures of catastrophic glacier detachments: A first assessment from Flat Creek, Alaska // Geomorphology. 2022. Vol. 414. Article 108376. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2022.108376>
- Kääb A., Jacquemart M., Gilber A., Leinss S., Girod L., Huggel Ch., Falaschi D., Ugalde F., Petrakov D., Chernomorets S., Dokukin M., Paul F., Gascoin S., Berthier E., Kargel J. Sudden large-volume detachments of low-angle mountain glaciers — more frequent than thought? // Cryosphere. 2021. Vol. 15. № 4. P. 1751–1785. <https://doi.org/10.5194/tc-15-1751-2021>
- Kääb A., Girod L. Brief communication: Rapid ~335 × 10⁶ m³ bed erosion after detachment of the Sedongpu Glacier (Tibet) // The Cryosphere. 2023. Vol. 17. № 6. P. 2533–2541. <https://doi.org/10.5194/tc-17-2533-2023>
- Kumar A., Bhambri R., Tiwari S.K., Verma A., Gupta A.K., Kawishwar P. Evolution of debris flow and moraine failure in the Gangotri Glacier region, Garhwal Himalaya: Hydro-geomorphological aspects // Geomorphology. 2019. Vol. 333. P. 152–166. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.02.015>
- Leinss S., Bernardini E., Jacquemart M., Dokukin M. Glacier detachments and rock-ice avalanches in the Pervogo range, Tajikistan (1973–2019) // Natural Hazards and Earth System Sciences. 2021. Vol. 21. P. 1409–1429. <https://doi.org/10.5194/nhess-21-1409-2021>
- Li W., Zhao B., Xu Q., Scaringi G., Lu H., Huang R. More frequent glacier-rock avalanches in Sedongpu gully are blocking the Yarlung Zangbo River in eastern Tibet // Landslides. 2022. Vol. 19. P. 589–601. <https://doi.org/10.1007/s10346-021-01798-z>
- Lugon R., Stoffel M. Rock-glacier dynamics and magnitude–frequency relations of debris flows in a high-elevation watershed: Ritigraben, Swiss Alps // Global and Planetary Change. 2010. № 73 (3) P. 202–210. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2010.06.004>
- Mani P.A., Allen S.K., Evans S.G., Kargel J.S., Mergili M., Petrakov D., Stoffel M. Geomorphic process chains in high-mountain regions — A review and classification approach for natural hazards assessment // ESS Open Archive. October 11, 2022. 69 p. <https://doi.org/10.1002/essoar.10512593.1>
- Rasul G., Molden D. The Global Social and Economic Consequences of Mountain Cryospheric Change // Fron-

- tiers in Environmental Science. 2019. Vol. 7. Article 91. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00091>
- Shugar D.H., Jacquemart M., Shean D., et al. A massive rock and ice avalanche caused the 2021 disaster at Chamoli, Indian Himalaya // Science. 2021. Vol. 373. № 6552. P. 300–306. <https://doi.org/10.1126/science.abh4455>
- Wagner T., Brodacz A., Krainer K., Winkler G. Active rock glaciers as shallow groundwater reservoirs, Austrian Alps // Grundwasser – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie. 2020. Vol. 25. P. 215–230. <https://doi.org/10.1007/s00767-020-00455-x>
- Zhao C., Yang W., Westoby M., An B., Wu G., Wang W., Wang Z., Wang Y., Dunning S. Brief communication: A ~50 Mm³ ice-rock avalanche on 22 March 2021 in the Sedongpu valley, southeastern Tibetan Plateau // The Cryosphere. 2022. Vol. 16. № 4. P. 1333–1340. <https://doi.org/10.5194/tc-16-1333-2022>

Catastrophic Phenomena in the last Decades Associated with the Degradation of Glaciers and Permafrost in Mountains (Analytical Review)

M. Yu. Bekkiev¹, M. D. Dokukin¹, *, and R. Kh. Kalov¹

¹High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Russia

*e-mail: inrush@bk.ru

Based on the analysis of Earth remote sensing materials and publications, data on catastrophic manifestations of dangerous natural processes associated with the degradation of glaciers and mountain permafrost caused by climate change are presented. Amid accelerated rates of glacier degradation, catastrophic manifestations of their dynamics are more often observed—detachment of glaciers and ice avalanches, ice-rock avalanches. In the Central and Western Caucasus, there is an intensification of rock and ice-rock avalanches, the maximum of which had a runout distance of up to 11.3 km (on Mount Kazbek in 2014), with an affected area of 3.2 km² (in the Aksaut gorge in 2022). In 2021–2022, there were catastrophic glaciers detachments and ice-stone avalanches on the Marmolada mountain in the Alps, in the Juuku gorge in the Tien Shan and in the Ronti Gad River valley in the Himalayas. The Sedongpu glacier detachment in Eastern Tibet in 2018 had the maximum volume (130 mln m³). Melting of ice in moraine pedestals (massifs of mountain permafrost) leads to the formation of debris flows of gigantic runout volumes, reaching 300 mln m³ or more. The blocking of underground drain channels inside rock glaciers is associated with the accumulation of water in long-empty basins and the formation of lakes with their subsequent catastrophic outburst. The processes occurring in glaciers and moraine complexes often have an inherited and interdependent nature and a long period of preparation, which allows on the basis of constant monitoring using satellite images to identify prognostic signs and warn in advance of the imminent danger.

Keywords: glacier detachment, ice-rock avalanche, moraine pedestal, rock glacier, debris flow, lake outburst, satellite images

REFERENCES

- An B., Wang W., Yang W., et al. Process, mechanisms, and early warning of glacier collapse-induced river blocking disasters in the Yarlung Tsangpo Grand Canyon, southeastern Tibetan Plateau. *Sci. Total Environ.*, 2022, vol. 816, no. 3, art. 151652. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151652>
- Assessment of Glacier and Permafrost Hazards in Mountain Regions. Technical Guidance Document. Allen S., Frey H., Huggel C. et al., Eds. Zurich, Lima, 2017. 72 p. <http://doi.org/10.13140/RG.2.2.26332.90245>
- Bekkiev M.Yu., Dokukin M.D., Kalov R.Kh. On the assessment of the danger of glacier detachments and collapses. In *Sovremennye problemy geologii, geofiziki i geoekologii Severnogo Kavkaza (GEOKAVKAZ 2021). Number 11* [Modern Problems of Geology, Geophysics and Geoecology of the North Caucasus (GEOKAVKAZ 2021). No. 11]. Moscow: IIET RAN, 2021a, pp. 187–192. (In Russ.).
- Bekkiev M.Yu., Dokukin M.D., Kalov R.Kh., Fedchenko L.M. Formation of debris flow cuts in the areas of lateral moraines of valley glaciers. *Vestn. Vladikavkaz. Nauch. Ts.*, 2021b, vol. 21, no. 3, pp. 48–55. (In Russ.). <https://doi.org/10.46698/m6092-4144-2648-e>
- Bekkiev M.Yu., Dokukin M.D., Kalov R.Kh., Shagin S.I. Extreme debris flow processes on moraine pedestals in 2018–2021 (based on remote sensing data). *GeoRisk*, 2021c, vol. 15, no. 3, pp. 40–48. (In Russ.). <https://doi.org/10.25296/1997-8669-2021-15-3-40-48>
- Bekkiev M.Yu., Dokukin M.D., Kalov R.Kh., Shagin S.I. About the glacier detachments in 2021–2022. In *Rezultaty 20 let izucheniya katastrofy mirovogo masshtaba v Genaldonskom ushel'e (skhod lednika Kolka)* [Results of 20 Years of Studying the Global Catastrophe in the Genaldon Gorge (the Detachment of the Kolka Glacier)]. Vladikavkaz: Sev.-Kavkaz Gorn.-Metal. Inst. (Gos. Tekhn. Univ.) Publ., 2022, pp. 155–163. (In Russ.).
- Berthier E., Gascoin S. Estimation of Marmolada glacier collapse volume using Pleiades imagery. *CESBIO multitemp. Séries Temporelles*, 2022a. Available at: <https://labo.obs-mip.fr/multitemp/estimation-of-marmolada-glacier-collapse-volume-using-pleiades-imagery/> (accessed: 07.04.2023).

- Berthier E., Gascoin S. Kyrgyzstan glacier collapse. New Pleiades and SPOT7 images tell us more... *CESBIO multitemp. Séries Temporelles*, 2022b. Available at: <https://labo.obs-mip.fr/multitemp/kyrgyzstan-infamous-avalanche-new-pleiades-and-spot7-images-tell-us-more/> (accessed: 07.04.2023).
- Bessette-Kirton E.K., Coe J.A., Zhou W. Using stereo satellite imagery to account for ablation, entrainment, and compaction in volume calculations for rock avalanches on glaciers: Application to the 2016 Lamplugh rock avalanche in Glacier Bay National Park, Alaska. *J. Geophys. Res. Earth Surf.*, 2018, no. 123, pp. 622–641. <https://doi.org/10.1002/2017JF004512>
- Bessette-Kirton E.K., Coe J.A. A 36-year record of rock avalanches in the Saint Elias Mountains of Alaska, with implications for future hazards. *Front. Earth Sci.*, 2020, vol. 8, art. 293. <http://doi.org/10.3389/feart.2020.00293>
- Bodin X., Krysiecki J.-M., Iribarren P. Recent collapse of rock glaciers: two study cases in the Alps and in the Andes. In *Proceedings of the 12th Congress INTERPRAEVENT, Grenoble, France, 23–26 April 2012*. Grenoble, 2012, pp. 2–3.
- Chernomorets S.S., Petrakov D.A., Aleynikov A.A., Bekkiev M.Y., Viskhadzhieva K.S., Dokukin M.D., Kalov R.K., Kidyayeva V.M., Krylenko V.V., Krylenko I.V., Krylenko I.N., Rets E.P., Savernyuk E.A., Smirnov A.M. The outburst of Bashkara glacier lake (Central Caucasus, Russia) on September 1, 2017. *Earth's Cryosph.*, 2018, vol. 22, no. 2, pp. 61–70.
- Dokukin M.D. Rock glaciers of the Central Caucasus as places of formation of debris flows. *Tr. VGI*, 1987, no. 70, pp. 33–42. (In Russ.).
- Dokukin M.D., Savernyuk E.A. *O vozmozhnosti otsenki ugrozy kamennykh lavin (na primere doliny r. Hargabakh, Chechenskaya Respublika)* [On the Possibility of Assessing the Threat of Rock Avalanches (on the Example of the Khargabakh River Valley, Chechen Republic)]. *Mire Nauch. Otkryt.*, 2010, vol. 9, no. 3–4, pp. 146–151. (In Russ.).
- Dokukin M.D. Outstanding Lake outburst in 2012–2013 (based on remote sensing materials). In *Sbornik trudov Severo-Kavkazskogo instituta po proektirovaniyu vodokhozyaistvennogo i meliorativnogo stroitel'stva. Vyp. 20* [Collection of Works of the North Caucasus Institute for the Design of Water Management and Reclamation Construction. Vol. 20]. Pyatigorsk: OAO "Sevkav-giprovodhoz", 2014, pp. 82–97. (In Russ.).
- Dokukin M.D., Chernomorets S.S., Savernyuk E.A. Moraine pedestals – initiation zones of catastrophic glacial debris flows. In *Selevye potoki: katastrofy, risk, prognoz, zashchita* [Debris Flows: Risks, Forecast, Protection]. Irkutsk: Inst. Geogr. im. V.B. Sochava SO RAN Publ., 2016, pp. 67–71. (In Russ.).
- Dokukin M.D., Bekkiev M.Yu., Kalov R.Kh., Savernyuk E.A., Chernomorets S.S. Signs of preparation of catastrophic glacier detachments (analysis of multi-temporal space information). In *Opasnye prirodnye i tekhnogennye protsessy v gornykh regionakh: modeli, sistemy, tekhnologii. Kollektivnaya monografiya* [Dangerous Natural and Technogenic Processes in Mountain Regions: Models, Systems, Technologies. Collective Work]. Nikolaev A., Zaalishvili V., Eds. Vladika-vkaz: GFI VNTS RAN, 2019a, pp. 522–528. (In Russ.).
- Dokukin M.D., Chernomorets S.S., Savernyuk E.A., Zaporozhchenko E.V., Bobov R.A., Pirmamadov U.R. Barsem debris flow disaster in the Pamirs in 2015 and its analogues in the Central Caucasus. *GeoRisk*, 2019b, vol. 13, no. 1, pp. 26–36. (In Russ.). <https://doi.org/10.25296/1997-8669-2019-13-1-26-36>
- Dokukin M.D., Bekkiev M.Yu., Kalov R.Kh., Savernyuk E.A., Chernomorets S.S. Rock glaciers as origination sites of the catastrophic debris flows. *GeoRisk*, 2020a, vol. 14, no. 2, pp. 52–65. (In Russ.). <https://doi.org/10.25296/1997-8669-2020-14-2-52-65>
- Dokukin M.D., Bekkiev M.Yu., Kalov R.Kh., Savernyuk E.A., Chernomorets S.S., Bogachenko E.M. Glaciogeomorphological conditions for the Gerkhozhan-Su River debris flow formation (Central Caucasus). In *Selevye potoki: katastrofy, risk, prognoz, zashchita. Trudy 6-i Mezhdunarodnoi konferentsii (Dushanbe–Khorog, Tadzhikistan). Tom 1* [Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 6th International Conference (Dushanbe–Khorog, Tajikistan). Vol. 1]. Dushanbe: Promotion Publ., 2020b, pp. 388–404. (In Russ.).
- Dokukin M.D., Bekkiev M.Yu., Kalov R.Kh., Chernomorets S.S., Savernyuk E.A. Activation of rock avalanches in the Central Caucasus and their impact on the dynamics of glaciers and debris flows. *Sneg i Led*, 2020c, vol. 60, no. 3, pp. 361–378. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S2076673420030045>
- Faillietaz J., Sornette D., Funk M. Numerical modeling of a gravity-driven instability of a cold hanging glacier: re-analysis of the 1895 break-off of Altelsgletscher, Switzerland. *J. Glaciol.*, 2011, vol. 205, no. 57, pp. 817–831. <http://doi.org/10.3189/002214311798043852>
- Gorbunov A.P., Gorbunova I.A. *Geografiya kamennykh gletcherov i ikh analogov v Evrazii* [Geography of Rock Glaciers and Their Analogues in Eurasia]. Almaty: Inst. Geogr., MON RK, 2013. 184 p.
- Heim A. *Die Gletscherlawine an der Altels am 11. September 1895*. Zürich: Zürcher und Furrer, 1895.
- Jacquemart M., Welty E., Leopold M., Loso M., Lajoie L., Tiampo K. Geomorphic and sedimentary signatures of catastrophic glacier detachments: A first assessment from Flat Creek, Alaska. *Geomorphology*, 2022, no. 414, art. 108376. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2022.108376>
- Käab A., Jacquemart M., Gilber A., Leinss S., Girod L., Huggel Ch., Falaschi D., Ugalde F., Petrakov D., Chernomorets S., Dokukin M., Paul F., Gascoin S., Berthier E., Kargel J. Sudden large-volume detachments of low-angle mountain glaciers – more frequent than thought? *Cryosph.*, 2021, vol. 15, no. 4, pp. 1751–1785. <https://doi.org/10.5194/tc-15-1751-2021>
- Käab A., Girod L. Brief communication: Rapid $\sim 335 \times 10^6 \text{ m}^3$ bed erosion after detachment of the Sedongpu Glacier (Tibet). *Cryosph.*, 2023, vol. 17, no. 6, pp. 2533–2541. <https://doi.org/10.5194/tc-17-2533-2023>
- Khromova T.Y., Nosenko G.A., Glazovsky A.F., Muraviev A.Y., Nikitin S.A., Lavrentiev I.I. New Inventory of the Russian glaciers based on satellite data (2016–

- 2019). *Sneg I Led*, 2021, vol. 61, no. 3, pp. 341–358. (In Russ.).
<http://doi.org/10.31857/S2076673421030093>
- Kovalev P.V. *Geomorfologicheskie issledovaniya v Tsentral'nom Kavkaze (bassein r. Baksan)* [Geomorphological Studies in the Central Caucasus (Baksan River Basin)]. Kharkiv: Kharkiv Univ. Publ., 1957. 162 p.
- Kumar A., Bhambri R., Tiwari S.K., Verma A., Gupta A.K., Kawishwar P. Evolution of debris flow and moraine failure in the Gangotri Glacier region, Garhwal Himalaya: Hydro-geomorphological aspects. *Geomorphology*, 2019, vol. 333, pp. 152–166.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.02.015>
- Leinss S., Bernardini E., Jacquemart M., Dokukin M. Glacier detachments and rock-ice avalanches in the Petra Pervogo range, Tajikistan (1973–2019). *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 2021, vol. 21, pp. 1409–1429.
<https://doi.org/10.5194/nhess-21-1409-2021>
- Li W., Zhao B., Xu Q., Scaringi G., Lu H., Huang R. More frequent glacier-rock avalanches in Sedongpu gully are blocking the Yarlung Zangbo River in eastern Tibet. *Landslides*, 2022, vol. 19, pp. 589–601.
<https://doi.org/10.1007/s10346-021-01798-z>
- Lugon R., Stoffel M. Rock-glacier dynamics and magnitude–frequency relations of debris flows in a high-elevation watershed: Ritigraben, Swiss Alps. *Glob. Planet. Change*, 2010, vol. 73, pp. 202–210.
<http://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2010.06.004>
- Makarov S.A., Cherkashina A.A., Atutova Zh.V., Bardash A.V., Voropaj N.N., Kichigina N.V., Mutin B.F., Osipova O.P., Uhova N.N. *Katastroficheskie selevyie potoki, proizoshedshie v poselke Arshan Tunkinskogo raiona Respubliki Buryatiya 28 iyunya 2014 g.* [Catastrophic Debris Flow, Occurred in the Village of Arshan, Tunkinsky District, Republic of Buryatia in June, 28 2014]. Irkutsk: Inst. Geogr. im. V.B. Sochava So RAN Publ., 2014. 111 p.
- Mani P.A., Allen S.K., Evans S.G., Kargel J.S., Mergili M., Petrakov D., Stoffel M. Geomorphic process chains in high-mountain regions – A review and classification approach for natural hazards assessment. *ESS Open Archive*, 2022.
<https://doi.org/10.1002/essoar.10512593.1>
- Rasul G., Molden D. The Global Social and Economic Consequences of Mountain Cryospheric Change. *Front. Environ. Sci.*, 2019, vol. 7, art. 91.
<http://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00091>
- Savernyuk E.A., Dokukin M.D., Chernomorec S.S., Krylenko I.V., Yudina V.A. About the rock avalanche 01.01.2022 in the Aksaut River valley and other rock collapses in the Caucasus from 1957 to 2022. In *Rezultaty 20 let izucheniya katastrofy mirovogo masshtaba v Genaldonskom ushel'e (skhod lednika Kolka)* [The Results of 20 Years of Studying the Global Catastrophe in the Genaldon Gorge (the Detachment of the Kolka Glacier)]. Vladikavkaz: Sev.-Kavkaz. Gorn.-Metal. Inst. (Gos. Tekhn. Univ.), 2022, pp. 50–68. (In Russ.).
- Seinova I.B., Mezenina T.N. Rock glaciers – centers of the origin of debris flows in the basin of the Chegem River. *Mater. Glyatsiolog. Iss.*, 1987, no. 60, pp. 179–183. (In Russ.).
- Shugar D.H., Jacquemart M., Shean D. et al. A massive rock and ice avalanche caused the 2021 disaster at Chamoli, Indian Himalaya. *Science*, 2021, vol. 373, no. 6552, pp. 300–306.
<http://doi.org/10.1126/science.abh4455>
- Tukeev O.V. *Selevye yavleniya Pamira: katastrofy, zakonomernosti, prognoz* [Debris Flow Phenomena of the Pamirs: Catastrophes, Patterns, Forecast]. Moscow, 2002. 176 p.
- Vinogradov Yu.B. *Glyatsial'nye proryvnye pavodki i selevyie potoki* [Glacial Breakthrough Floods and Debris Flows]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1977. 155 p.
- Wagner T., Brodacz A., Krainer K., Winkler G. Active rock glaciers as shallow groundwater reservoirs, Austrian Alps. *Grundwasser – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie*, 2020, vol. 25, pp. 215–230.
<https://doi.org/10.1007/s00767-020-00455-x>
- Zaalishvili V.B. Reconstruction of the process of the collapse of the Kolka glacier in the Karmadon gorge on September 20, 2002. In *Sovremennye problemy geologii, geofiziki i geoekologii Severnogo Kavkaza* [Modern Problems of Geology, Geophysics and Geoecology of the North Caucasus]. Moscow: IIET RAN, 2020, pp. 90–102. (In Russ.).
- Zhao C., Yang W., Westoby M., An B., Wu G., Wang W., Wang Z., Wang Y., Dunning S. Brief communication: A ~50 Mm³ ice-rock avalanche on 22 March 2021 in the Sedongpu valley, southeastern Tibetan Plateau. *Cryosph.*, 2022, vol. 16, no. 4, pp. 1333–1340.
<https://doi.org/10.5194/tc-16-1333-2022>

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ УСТОЙЧИВОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ГОРНЫХ ПАСТБИЩНЫХ СИСТЕМ

УДК 502.35;504.052

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ ГОРНЫХ ПАСТБИЩ КЫРГЫЗСТАНА НА ОСНОВЕ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРАКТИКАМИ ЖИВОТНОВОДСТВА

© 2023 г. О. В. Андреева^а *, Г. С. Куст^а, В. А. Лобковский^а

^аИнститут географии РАН, Москва, Россия

*e-mail: andreeva@igras.ru

Поступила в редакцию 03.02.2023 г.

После доработки 05.05.2023 г.

Принята к публикации 25.08.2023 г.

На примере комплексного анализа пастбищных систем Кыргызстана, расположенных в разных природных условиях (ключевые объекты землепользования “Балыкчи (Кёк-Мойнок)”, “Кёк-Ой”, “Суу-Самыр”), показана возможность применения разрабатываемой авторами системы моделирования устойчивого землепользования в целях оценки и совершенствования управления горными пастбищами. Семантические модели устойчивого землепользования строятся на основании комплексной интегральной оценки объектов и практик землепользования. Определены основные параметры моделей устойчивого пастбищепользования для рассматриваемых территорий, включающие три основные группы: потенциал земель, неблагоприятные воздействия (актуальные процессы), риск деградации (потенциальные процессы), содержание которых разделяется на восемь подгрупп и включает природные условия и расширенный ресурсный потенциал, способность к самовосстановлению и достаточность социально-экономических условий, природные и антропогенные воздействия и риски, определенные для этих групп. Составлен систематизированный список успешных практик, применяемых при использовании горных пастбищ Кыргызстана. Проведен анализ различных практик и их роли в поддержании устойчивости конкретных моделей в зависимости от исходной ситуации, природно-географических и социально-экономических условий. Показано, что эффективность моделей устойчивого пастбищепользования определяется совокупностью успешных практик. Выявлен закономерный рост объема и разнообразия применяемых практик по мере роста антропогенного потенциала пастбищных систем. Предложенные подходы могут быть использованы как в практике управления пастбищами со стороны обществ пастбищепользователей, так и для совершенствования пастбищного законодательства и оценки эффективности пастбищного животноводства.

Ключевые слова: устойчивое землепользование, горные пастбища, модели устойчивого пастбищепользования, успешные практики, Кыргызстан

DOI: 10.31857/S2587556623070038, **EDN:** FOBMFS

ПРОБЛЕМАТИКА И ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

В мировой научной литературе, посвященной вопросам управления и устойчивого использования горных пастбищ, значительное внимание уделяется так называемым лучшим, или успешным практикам (Абдиев и др., 2021; Liniger et al., 2017; Ludi, 2003; Sanz et al., 2017; Wolfgramm et al., 2013), которые призваны обеспечивать устойчивое использование пастбищ. Считается, что применение этих практик позволяет повысить их продуктивность, предотвратить деградацию земель или снизить ее темпы, увеличить емкость пастбищ (Дэвис, 2018; FAO, 2022; Gerber et al., 2022), снизить заболеваемость и смертность животных (Робинсон, 2014).

Перечисленные критерии являются основными при формулировании различных проектов, отраслевых и государственных стратегий и программ¹. Для оценки пастбищ и мониторинга их состояния разработаны различные индикаторы, отражающие их качественные характеристики: доля поедаемых растений и их сжатость, доля непоедаемых растений (ядовитых сорняков, кустарников), каменистость, эродированность почв, деградированность травянистого покрова (подстилка), продуктивность пастбищ (урожай-

¹ Программа развития пастбищного хозяйства Кыргызской Республики на 2012–2015 гг. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/kyr207830.pdf> (дата обращения 10.01.2023).

ность сухой массы) и др. (Килязова, Семенова, 2020, 2022).

В Кыргызстане практически все пастбищные угодья можно отнести к горным пастбищам, поскольку другие сельскохозяйственные угодья, находящиеся в более благоприятных условиях с точки зрения обеспеченности водой для орошения, транспортной доступности и удобства обработки, используются под пашню, многолетние насаждения (сады и виноградники), огороды. Угодья, относимые к пастбищам, находятся в государственной собственности и предоставляются пастбищепользователям в аренду.

В природно-географическом отношении горные пастбища республики отличаются разнообразием: территории, используемые для выпаса, встречаются в предгорьях и в горах, на горных склонах и высокогорных равнинах, в пустынных, пустынно-степных, степных, лугово-степных, луговых и лесных (включая лесостепные) условиях. В республике можно встретить как обширные пространства, используемые только для выпаса, так и пасторально-лесные экосистемы саванного типа с редким древостоем, а также значительные площади пастбищ, используемых под сенокосы. Многие сельскохозяйственные угодья (пашни, многолетние насаждения) после уборки урожая также используются для выпаса. Традиционным для Кыргызстана является выпас скота не только на присельских пастбищах, многие из которых используются круглогодично, но и в значительной степени на отгонных высокогорных пастбищах (джайлоо), доступных только в летний период, но отличающихся более высокой продуктивностью.

Животноводство составляет около половины сельскохозяйственного производства страны, в нем преобладает личное подсобное и мелкое фермерское хозяйство. Оно имеет важное значение для продовольственной безопасности сельских домохозяйств, обеспечивая регулярный доход и действуя как механизм социальной защиты (своего рода “банк свободно конвертируемого товара”, который можно продать в трудные времена). Несмотря на высокое природное разнообразие, в целом горные пастбища и сенокосы Кыргызстана, занимающие более 9.37 млн га, отличаются высокой хрупкостью экосистем (Денисов и др., 2020; Кервен и др., 2011), неустойчивым почвенным покровом, значительными рисками чрезвычайных ситуаций, оползней, селей и др. (Жапаров, 2015), относительно малой доступностью, подверженностью климатическим изменениям и погодным и климатическим флуктуациям (засухам, наводнениям). Из-за высоких рисков в использовании пастбищ (Crewett, 2012), включая резкий рост поголовья скота за последние 15 лет (за период 2004–2020 гг. поголовье скота увели-

чилось в более чем в 1.7 раза, крупного рогатого скота (КРС) – с 1 до более чем 1.7 млн голов, мелкого рогатого скота (МРС) – примерно с 3.7 до более чем 6.3 млн голов), сектор животноводства неустойчив, в результате чего доля отрасли в ВВП значительно колеблется, составляя от 5 до 8 и более процентов в разные годы (по данным Нацстата Кыргызской Республики).

Кыргызстан – первая страна из бывших республик СССР, принявшая в 2009 г. Закон “О пастбищах”². До его принятия разделение ответственности за управление пастбищами между различными уровнями местного самоуправления вело к нарушению сезонных пастбищных маршрутов, несогласованному распределению пастбищных угодий, резкому снижению инвестиций в поддержание пастбищной инфраструктуры (скотопрогоны, мосты, водопой и др.). В целом зимние (присельские) пастбища были истощены и нуждались в отдыхе, в то время как некоторые летние пастбища испытывали недовыпас, что приводило к вырождению видового состава поедаемых растений. Новое пастбищное управление предусматривает передачу полномочий по управлению пастбищами на уровень местного самоуправления и дальнейшее делегирование полномочий обществам пастбищепользователей (пастбищным комитетам).

Несмотря на то, что в пастбищных комитетах работают опытные животноводы, на деле во многих случаях им не хватает опыта и знаний по научному управлению пастбищами, применению моделей устойчивого управления пастбищами, адаптированных к конкретным природно-географическим и социально-экономическим условиям.

Данная статья ставит целью определить научные основы для разработки таких моделей и управления ими на основе авторской методологии моделирования устойчивого землепользования (УЗП) с использованием концепции нейтрального баланса деградации земель (НБДЗ). Основной задачей работы является рассмотрение применения данной методологии для кормовых угодий, в том числе способов отражения моделей и их визуализации на примере пастбищного животноводства в Кыргызстане.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ И БАЗОВЫЕ ПОДХОДЫ

В основе исследовательской методики лежат подходы, предложенные нами ранее (Куст и др., 2016; Andreeva et al., 2021, 2022; Sanz et al., 2017). Согласно этим подходам, *объектом землепользования* в целях описания успешных практик выступает

² Закон Кыргызской Республики от 26 января 2009 года № 30 “О пастбищах”. <http://cbd.minjust.gov.kg/act/view/ru-ru/202594?cl=ru-ru> (дата обращения 10.01.2023).

целостный ландшафтно-хозяйственный объект с определенными границами на местности, в пределах которого оценивается эффективность применяемых практик и достижение НБДЗ. В этом контексте участки земель, отведенные для пастбищного скотоводства конкретному землепользователю, полностью отвечают данному понятию. Под *практикой землепользования* понимается совокупность технологий и приемов, служащих достижению определенной цели. Для пастбищ такими частными местными практиками могут служить, например, сезонная ротация пастбищ, поверхностное или коренное улучшение пастбищ, строительство или ремонт скотопрогонов, дорог и мостов, посадки лесных или плодовых культур, организация водопоев, и др. *Моделью землепользования* (семантической моделью) предложено называть центральный образ совокупности приемов/подходов, практик, технологий (в отличие от частных местных практик), которые характеризуются сходным набором технологических приемов, природными и социально-экономическими условиями и потенциалом, рисками деградации земель (включая антропогенные воздействия), возможностью и способами достижения НБДЗ. Для животноводства такими моделями или их элементами могут выступать: использование присельских или отгонных пастбищ, кормопроизводство, силвопасторализм (совместное управление лесными и пастбищными угодьями), агропасторализм (гибридная форма животноводства и земледелия) и др.

Устойчивость модели землепользования определяется совокупностью успешных практик, в которой каждая отдельная практика ориентирована, как правило, на улучшение только определенных параметров модели, например, на снижение интенсивности неблагоприятных антропогенных и природных процессов, предупреждение рисков, повышение адаптационной способности или способности к самовосстановлению. Другие параметры при этом могут быть улучшены опосредованно, или вообще быть не затронуты конкретной практикой. Удобным способом визуализации семантической модели землепользования является лепестковая диаграмма, в которой по лучам модели отражаются ее основные параметры, а каждая практика представляет собой многоугольник с отражением степени проявления каждого из набора параметров, заданного для модели. Любая практика, описываемая отдельными многоугольниками, всегда отличается лучшими характеристиками, чем исходное состояние, за которое принимается “business-as-usual” — исходное состояние без применения успешных практик. Практическое применение модели заключается в подборе и добавлении (при необходимости) в модель практик, направленных на улучшение недостающих параметров. При стремлении к максимально возможной устойчивости модель УЗП

должна иметь в своем составе практики, имеющие максимальные значения по всем параметрам.

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для демонстрации эффективности разрабатываемой нами методологии моделирования устойчивого землепользования были рассмотрены три объекта землепользования горных пастбищ, расположенных в разных природных условиях Кыргызстана.

Объект “Балыкчи (Кёк-Мойнок)” площадью около 30 км² расположен к северо-западу от г. Балыкчи в Тонском районе Иссык-Кульской области. Это пустынное пастбище с редкой ксерофитной растительностью на маломощных щебнистых серо-бурых почвах на верхнечетвертичном пролюво-делювии полимиктовых песчаников (рис. 1). Проективное покрытие — от 5 до 10%. В качестве пастбища участок используется в основном в весенний период. Отдельная территория площадью около 0.5 км² представлена экспериментальным участком с посадками лесных и плодовых культур и источником водоснабжения в виде локального пруда, питающегося временным водоток с вышерасположенных гор. Абсолютные высоты — 1800–2000 над ур. м. Среднегодовые осадки — около 100 мм, испаряемость 1050 мм. Вегетационный период в среднем составляет 156 дней, примерно с 27 апреля по 30 сентября.

На территории расположено 3 кошары. Пастбищная нагрузка не нормирована и не определена. В основном используется как бедное присельское или как скотопрогонное пастбище в период весеннего отгона на джайлоо. Степень деградации пастбища оценивается как очень высокая, за исключением ирригационно освоенной территории, на которой массовый выпас не допускается. Травянистый покров, формирующийся на лесном и садовом участке, используется для сенокошения с последующей заготовкой кормов (рис. 2).

Объект “Кёк-Ой” площадью около 6000 га расположен к северу от пос. Кёк-Ой в Таласском районе Таласской области. Представлен пятью участками присельских пастбищ (так называемых лугово-степных и степных участков), используемых преимущественно весной, осенью и зимой. Летом скот отгоняется на дальние пастбища, а присельские участки находятся в отдыхе. В зимний период в качестве пастбищ используются также участки пашни общей площадью около 4000 га. В хозяйствах данного общества пастбищепользователей принят пастбищный оборот (размещение пастбищных участков показано на рис. 3). Климат континентальный, умеренно засушливый. Годовая норма осадков — в среднем около 400 мм при испаряемости около 1250 мм. Зима засушливая, наибольшее количество осад-



Рис. 1. Общий вид объекта “Балыкчи”.

ков выпадает в апреле — около 30 мм. Вегетационный период составляет в среднем 169 дней, длится примерно с 22 апреля по 9 октября. Абсолютные высоты — 1300–1900 над ур. м. Несмотря на то, что климат и высоты соответствуют ареалу распространения орехово-плодовых, и даже хвойных, лесов, из-за высокой пастбищной нагрузки лесные участки полностью отсутствуют, а состояние пастбищ, оцениваемое по ряду параметров состояния почв и растений, характеризуется от умеренно деградированного до хорошего. Почвы — каштановые и темно-каштановые, маломощные, легкосуглинистые и суглинистые, с высокой степенью щебнистости.

На территории находится достаточное количество укрытий для скота (кошары), яма Беккари, мосты, организованы скотопрогоны. Разработан план управления, учитывающий расчетную пастбищную нагрузку и перспективы роста поголовья с учетом ориентации на новые породы скота и переход некоторой части поголовья на стойловое содержание (см. рис. 3).

Объект “Суу-Самыр” площадью около 3000 га расположен в Суусамырской долине на высоте 2300–2500 м над ур. м., к западу от места впадения р. Арамсу в р. Суусамыр (рис. 4). Суусамырская долина является крупнейшим в республике массивом летних пастбищ для отгонного животноводства. Климат резко континентальный, характерна очень холодная, продолжительная, достаточно снежная зима (180–190 дней). Холодный период со среднесуточной температурой воздуха ниже 0°C продолжается 210–215 дней. Снежный покров сохраняется 150–156 дней, высота снеж-

ного покрова достигает 60–70 см. Среднегодовая сумма осадков — около 350 мм, 72% из них выпадают в теплый период года.

Рельеф долины Суусамыр неоднороден. Отдельные участки разобщены неглубокими речными долинами. Средняя часть долины образована плоскогорьем с обособленными участками и плоскими или грядобразными вершинами. Почвы преобладают степные и лугостепные субальпийские, горнолуговые субальпийские и альпийские, в местах грунтового увлажнения — лугово-болотные. В гидрологическом отношении долина богата водой, поэтому скот обеспечен питьевой водой в достаточном количестве.

Растительный покров урочища Суусамыр имеет остепненный характер как в самой долине р. Суусамыр, так и по склонам окружающих хребтов. Вследствие этого субальпийские и альпийские луга здесь выражены слабо, в основном растительность долины представлена типчаково-полынными и типчаково-полынно-ковыльными степными пастбищами. В последние десятилетия долина активно зарастает зарослями караганы (*Caragana aurantiaca* Kochne), что затрудняет использование ее территории как пастбища (см. рис. 4). В том случае, когда карагана занимает до 60% площади, растительный покров между зарослями используется для выпаса крупного рогатого скота и лошадей.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

*Успешные практики
в пастбищном животноводстве*

В основе исследования лежит проведенный нами комплексный анализ описанных в литературе успешных практик при управлении пастбищами в Кыргызстане. Результаты анализа сведены в табл. 1 в соответствии с рекомендациями WOCAT³ по группировке мероприятий по устойчивому землепользованию.

Как можно заметить из табл. 1, все практики, используемые при управлении пастбищами, имеют разные, хотя и взаимопересекающиеся цели. Результат воздействия той или иной практики может быть прямым или косвенным, носить локальный характер или отражаться на более обширных территориях. Эти практики также направлены на регулирование соответствующих параметров пастбищных моделей землепользования. С этой целью общие параметры моделей землепользования, описанные в наших предыдущих работах, были несколько модифицированы и адаптированы по отношению к горным пастбищам (см. ниже).

*Параметры моделей устойчивого
пастбищепользования (УПП)⁴*

Оптимизация моделей УПП призвана рассматривать пастбища не только как природный, но и как социально-экономический объект. Поэтому при адаптации основных параметров моделей УЗП для пастбищ особое внимание должно быть уделено расширенному потенциалу земель, а также потенциальным антропогенным рискам деградации пастбищ и ухудшения условий содержания животных. Этот подход можно объяснить на примере пастбищ, расположенных в лесной зоне (включая лесостепи), где восстановление лесов после их сведения с целью выпаса скота не всегда желательно (кроме внедрения практик силвопасторализма), поскольку может снижать продуктивность поедаемых трав. В этом случае сведение лесов и поддержание луговой растительности выступает как расширение пастбищного потенциала, даже несмотря на то, что общая биомасса таких экосистем может быть относительно ниже фоновых. Аналогичным образом расширяют потенциал отдаленных (летних) пастбищ такие инфраструктурные инвестиции, как



Рис. 2. Возможности локальной фитомелиорации пустынных пастбищ (объект “Балыкчи”).

мосты, дороги, оборудованные скотопрогоны, укрытия для скота и т.п. Расширению потенциала в определенных условиях способствуют также пастбищеобороты, участки сенокошения, ограждения, берегоукрепление, подсев кормовых трав, обводнение и создание водопоев для скота и многие другие успешные практики. Сказанное позволяет определить антропогенный потенциал пастбищ как продуктивность и емкость пастбищных экосистем, набор и качество предоставляемых ими экосистемных услуг, достигнутых благодаря комплексу мероприятий по улучшению кормовой базы, содержанию и питанию скота, доступа к пастбищным угодьям и питьевой воде. Антропогенный потенциал может быть актуальным (достигнутым на данном этапе) или перспективным/потенциальным (который может быть увеличен по сравнению с природным или актуальным с помощью правильно подобранного набора успешных пастбищных практик).

С учетом этого подхода и в развитие алгоритма, предложенного в (Andreeva et al., 2022), общий набор параметров (с учетом их иерархии) для моделей УПП можно предложить в форме списка

³ World Overview of Conservation Approaches and Technologies. WOCAT. Global SLM Database. 2023.

⁴ Ниже модели устойчивого землепользования при управлении пастбищами будем для простоты называть моделями устойчивого пастбищепользования (УПП).

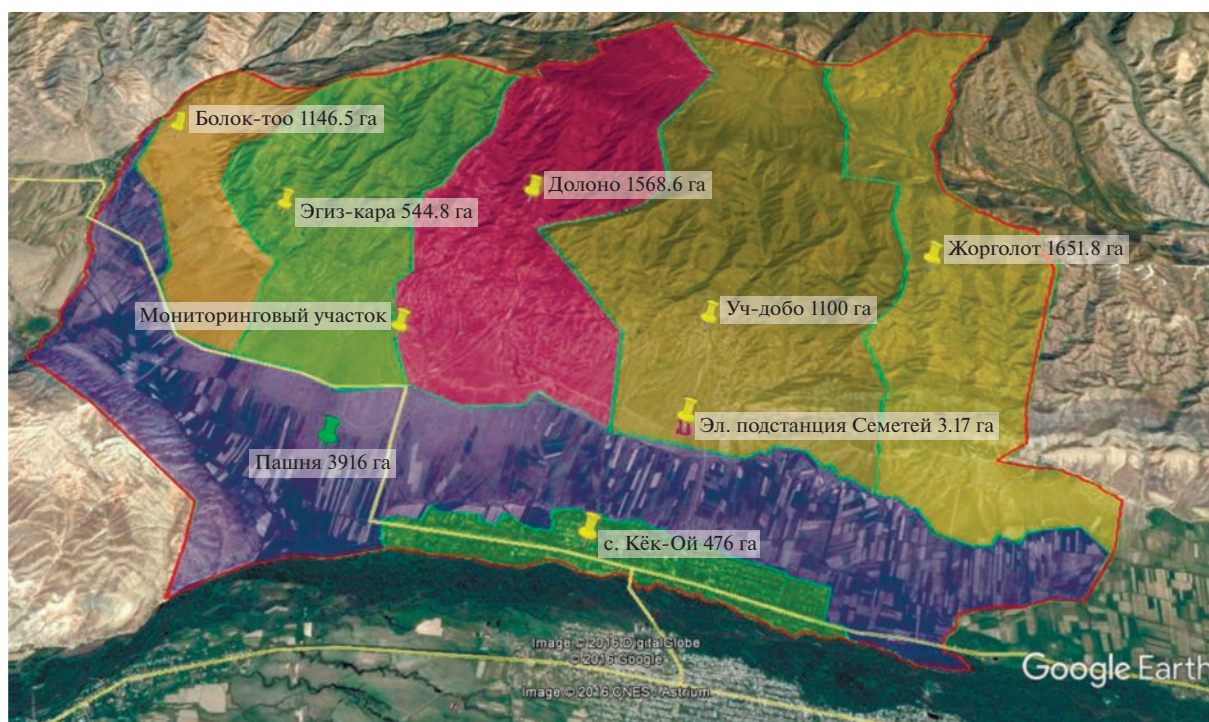


Рис. 3. План пастбищеоборота на присельских пастбищах общества пастбищепользователей айильного аймака Кёк-Ой.



Рис. 4. Объект “Суу-Самыр”. Общий вид (а) и уничтожение зарослей караганы механическим путем (б).

(табл. 2). Очевидно, что этот список не является исчерпывающим и может дополняться в зависимости от конкретных условий пастбищепользования и накопления данных о рисках и воздействиях.

Как следует из иерархии табл. 2, общее количество основных параметров модели сводится к

трем базовым группам, состоящим из восьми подгрупп:

1. Группа 1 “Потенциал земель”, включающая “Природный потенциал” (отражающий собственно “Ресурсный потенциал” и “Способность к самовосстановлению”) и “Расширенный антропогенный потенциал” (отражающий

Таблица 1. Систематизированный список успешных практик, применяемых при использовании горных пастбищ Кыргызстана

Наименование практики (группы практик)	Цель	Характер воздействия	Тип воздействия
Структурные (инфраструктурные) мероприятия			
Скотопрогоны, мосты и дороги – строительство, ремонт и поддержание	Расширение площади выпаса, сокращение времени доступа к отдаленным участкам пастбищ и водопоям. За счет этого – снижение нагрузки на ближние пастбища при условии оптимизации пастбищной нагрузки	Косвенный	Местный, региональный
Укрытия для животных (кошары, загоны, навесы) – строительство, ремонт и поддержание	Укрытие от неблагоприятных природных условий, централизованное ветеринарное обслуживание, вакцинация, кормохранилища, стригальные пункты. Снижение нагрузки на скотопрогоны, включая снижение непродуктивных энергетических потерь животных	Прямой	Местный
Водопой (скважины, каптажи, родники, колодцы, водопроводы открытого и закрытого типа)	Равномерное обеспечение пастбищ питьевой водой для животных, снижение нагрузки на скотопрогоны, включая снижение непродуктивных энергетических потерь животных	Прямой	Местный
Ветлечебницы, расколы, купочные ванны, ямы Беккари	Снижение заболеваемости и смертности животных	Прямой	Местный
Пункты сбора и складирования навоза	Улучшение санитарных условий содержания животных, создание дополнительных источников топлива, органических удобрений	Прямой	Местный
Управленческие мероприятия			
Инвентаризация пастбищных участков	Оптимизация пастбищеоборотов и нагрузки на пастбища, предотвращение несанкционированного использования участков, попадающих под временный или постоянный запрет	Косвенный	Местный
Установление границ для пастбищных и иных угодий	Предотвращение повреждения животными посевов, садов, лесных насаждений, ирригационных систем и др.	Косвенный	Местный
Обучение пастбище-пользователей приемам УПП, разработка планов управления	Повышение уровня знаний и управленческого потенциала	Косвенный	Местный, региональный
Регулирование поголовья, видового и породного состава животных	Оптимизация пастбищеоборотов и пастбищной нагрузки	Прямой	Местный
Мониторинг состояния пастбищ и инфраструктуры	Оптимизация пастбищеоборотов и пастбищной нагрузки. Своевременное регулирование использования пастбищных ресурсов	Косвенный	Местный
Агротехнические (агрономические) мероприятия			
Ротация пастбищ (внедрение и поддержание суточных, сезонных пастбищеоборотов или их элементов)	Регулирование пастбищной нагрузки, снижение деградации земель, поддержание оптимального видового состава растений	Прямой, косвенный	Местный
Коренное улучшение пастбищ (включая механические и/или химические обработки, залужение участков леса)	Улучшение водно-воздушного режима почв, борьба с сорняками, повышение продуктивности	Прямой	Местный

Таблица 1. Окончание

Наименование практики (группы практик)	Цель	Характер воздействия	Тип воздействия
Поверхностное улучшение пастбищ (включая подсев трав и подкормку удобрениями)	Повышение продуктивности пастбищ	Прямой	Местный
Борьба с вредителями (химические, механические, биологические способы)	Повышение продуктивности пастбищ, снижение заболеваемости скота	Прямой, косвенный	Местный, региональный
Террасирование склонов	Расширение площади продуктивных пастбищ, создание возможностей для интенсивного кормопроизводства и выпаса	Прямой, косвенный	Местный
Создание ирригационных систем или их элементов	Создание возможностей для интенсивного кормопроизводства и выпаса	Прямой	Местный
Ограждение участков выпаса и сенокоса	Восстановление нарушенных участков пастбищ, создание возможностей для интенсивного кормопроизводства и выпаса	Прямой	Местный
Вегетационные (с применением растительности) мероприятия			
Полезные насаждения, в том числе лесополосы или кулисные посадки малопоедаемых кустарников	Защита почв от эрозии, оптимизация маршрутов движения животных по склонам, создание тени для животных в летний период и условий для накопления влагозапасов в зимний период	Прямой	Местный
Включение зеленых насаждений в ограждение участков выпаса и сенокоса	Восстановление нарушенных участков пастбищ, создание возможностей для интенсивного кормопроизводства и выпаса	Косвенный, прямой	Местный
Озеленительные полосы вокруг водоемов	Предупреждение деградации земель, “приколодезного” опустынивания	Прямой	Местный
Сильвопасторализм (лесопастбищные хозяйства)	Воссоздание лесных насаждений (включая орехово-плодовые леса и сады) на пастбищных участках с сохранением выпаса	Прямой, косвенный	Местный
Агропасторализм	Использование вегетационного потенциала пахотных земель и сенокосов для выпаса после уборки урожая (сезонное чередование и сочетание выращивания агрокультур и выпаса)	Прямой, косвенный	Местный

Составлено по результатам полевых исследований авторов, анализа картографических и фондовых материалов: The World Bank. Pasture and Livestock Management Improvement Project (P145162). Implementation completion and results report. 2019. P. 54. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/675521577979292111/pdf/Kyrgyz-Republic-Pasture-and-Livestock-Management-Improvement-Project.pdf> (дата обращения 10.01.2023); WOCAT. Global SLM Database. 2023. <https://www.wocat.net/en> (дата обращения 10.01.2023); Интерактивная карта лучших практик по использованию водных, земельных и энергетических ресурсов, а также окружающей среды Центральной Азии. База данных. 2023. <http://www.cawater-info.net/best-practices/ru> (дата обращения 10.01.2023).

“Антропогенные улучшения” и “Достаточность социально-экономических условий”).

2. Группа 2 “Актуальные неблагоприятные воздействия”, включающая “Природные процессы и явления” и “Процессы и явления, вызванные человеческой деятельностью”.

3. Группа 3 “Потенциальные неблагоприятные воздействия”, включающая “Природные риски” и “Антропогенные риски”.

Перечисленные группы параметров определяют основные приоритеты, которые лежат в основе целеполагания для принятия управленческих решений. Это, в свою очередь, помогает представить иерархию успешных практик землепользования по иным основаниям, отличным от предложенных системой WOCAT и представленных в табл. 1. Так, группа 2 предопределяет приоритеты восстановительных мероприятий (ликвидация неблагоприятных последствий), группа 3 – приоритеты поддержания баланса. Эта же группа

Таблица 2. Иерархия параметров моделей УПП

1. Потенциал земель			
1.1. Природный потенциал земель		1.2. Расширенный потенциал земель	
1.1.1. Ресурсный потенциал и природные условия: — климатический (высотная поясность, осадки, теплообеспеченность, сезонность, и т.п.); — ландшафтный (тип земель, почвы, растительность, экспозиция и крутизна склона), — гидрологический (источники водоснабжения, их обилие, доступность и т.п.)	1.1.2. Способность экосистем к самовосстановлению, в том числе буферность, саморегулирование, устойчивость к стрессам, адаптивность, пластичность и т.п.	1.2.1. Антропогенно-обусловленный потенциал и условия: — повышенная продуктивность по сравнению с природными аналогами, — сниженный риск неблагоприятных явлений, — повышенная способность к самовосстановлению, — повышенный ресурсный уровень (емкость пастбищ), — другие	1.2.2. Достаточность ресурсов и социально-экономических условий для поддержания РПЗ
2. Неблагоприятные актуальные воздействия			
2.1. Неблагоприятные природные процессы и явления, актуальные: — геологические явления (оползни, сели и т.п.); — климатические (потепление-похолодание, увлажнение-иссушение) и погодные явления (ливни, снегопады, наводнения, засуха, ветер, мороз и др.); — биологические воздействия (вредители растений, болезни, хищники и др.); — почвенные и гидрологические (эрозия, изменения русел, опускание/подъем уровня грунтовых вод и др.); — другие		2.2. Неблагоприятные антропогенные воздействия и вызванные ими процессы, актуальные: — перевыпас; — недовыпас; — инфраструктурные нарушения и проблемы (мосты, дороги, водопой, орошение, ограждения, и др.); — сведение лесной и кустарниковой растительности на горных склонах; — зарегулирование гидрографической сети; — истощение/загрязнение/эрозия почв; — интродуцированные виды растений, низкая эффективность мер по борьбе с сорняками; — низкое качество ветеринарного обслуживания (эпизоотии, болезни животных); — другие	
3. Риск развития деградационных явлений/потенциальные деградационные процессы			
3.1. Природные риски (список в целом аналогичен п. 2.1)		3.2. Антропогенные риски (список в целом аналогичен п. 2.2)	

определяет необходимость адаптационных мероприятий и технологий (по отношению к меняющимся условиям, в том числе социально-экономическим, инфраструктурным, изменениям климата, и т.п.). Группа 1, помимо необходимости поддержания баланса, акцентирует внимание на возможности расширения природного и антропогенного потенциала (инновационные технологии, инфраструктурные инвестиции), в том числе за счет стимулирования способности экосистем к самовосстановлению при обеспечении необходимых для этого социально-экономических условий.

Как можно заметить, эта иерархия хорошо коррелирует и одновременно развивает подход “иерархии откликов” (response hierarchy) для формулирования приоритетов при планировании целей

НБДЗ: Предупреждение деградации > Снижение степени деградации > Восстановление деградированных земель (Лобковский и др., 2019).

Анализируемые в данной работе конкретные примеры пастбищепользования рассмотрены ниже через призму этих подгрупп и приоритетов управления.

Анализ объектов землепользования и моделирование УПП

На примере трех тестовых объектов продемонстрируем, как моделирование УПП может способствовать решению задач по подбору успешных практик для управления пастбищами (табл. 3).

Таблица 3. Результаты анализа тестовых объектов по параметрам моделей УЗП

Параметр	Объект “Балыкчи”	Объект “Кёк-Ой”	Объект “Суу-Самыр”
1. Потенциал земель			
1.1. Природный потенциал			
Базовое состояние	Крайне низкий потенциал климатический (засушливость), гидрологический (скудные местные водные ресурсы), почвенный (хрупкие маломощные деградированные почвы), биологический (скудная малопродуктивная растительность)	Умеренный. Соотношение тепла и влаги в целом удовлетворительное. Недостаточное количество водных источников и укрытий в жаркую погоду	Высокая биопродуктивность и обеспечение водой, но ограниченное использование в короткий летний период по условиям теплообеспечения
Рекомендуемые приоритеты	Расширение потенциала	Восстановительные. Поддержание баланса	Расширение потенциала
Рекомендуемые практики и мероприятия	Расширение локальной гидрологической сети. Посадка деревьев (сильвопасторализм). Подсев засухоустойчивых трав и съедобных полукустарников	Посадка деревьев и защитное лесоразведение (сильвопасторализм) Контролируемая ротация пастбищ	Укрытия для скота в холодное время года Подсев трав с широким диапазоном теплообеспеченности
1.2. Способность к самовосстановлению			
Базовое состояние	Неудовлетворительная практически при любых воздействиях	Низкая. Природный потенциал существенно истощен при многолетнем использовании земель лесной зоны под пастбища	Высокая. Отчасти обеспечивается ротацией отдельных участков, применяемой не в полном объеме
Рекомендуемые приоритеты	Восстановительные	Восстановительные. Поддержание баланса	Поддержание баланса
Рекомендуемые практики и мероприятия	Снижение пастбищной нагрузки	Посадка деревьев и защитное лесоразведение (сильвопасторализм) Оптимизация видового и породного состава животных	Борьба с зарастанием караганой Планы ротации и предоставления в аренду пастбищных участков
1.3. Антропогенные улучшения			
Базовое состояние	Отсутствуют, за исключением создания ирригационной системы для небольших участков лесопосадок и садов. Однако отмечается косвенное благоприятное воздействие на пастбища микроклимата и латерального увлажнения почвы	Существенные: сформирован пастбищеоборот, имеется достаточное число укрытий для скота, ветеринарные пункты, яма Беккари Нехватка водоемов и мостов	Инфраструктура развита слабо, особенно на территории горных склонов
Рекомендуемые приоритеты	Адаптационные и восстановительные	Поддержание баланса. Восстановительные	Расширение потенциала
Рекомендуемые практики и мероприятия	Снижение пастбищной нагрузки. Ротация пастбищных участков. Ограждение	Восстановление и поддержание разрушенных водоемов и мостов. Восстановление мест для купания скота	Проектирование и создание скотопрогонов, мостов

Таблица 3. Продолжение

Параметр	Объект “Балыкчи”	Объект “Кёк-Ой”	Объект “Суу-Самыр”
1.4. Достаточность социально-экономических условий			
Базовое состояние	Крайне низкие возможности	Приоритеты расставлены в рамках 5-летнего плана управления, обозначены источники финансирования и ресурсы, включая обучение специалистов	Низкий уровень обеспечения и поддержки пастбищ при растущей степени эксплуатации
Рекомендуемые приоритеты	Расширение потенциала (создание локальных возможностей и привлечение инновационных технологий)	Адаптационные. Расширение потенциала	Поддержание баланса
Рекомендуемые практики и мероприятия	Локальное тестирование (с последующим отбором) эффективных технологий (водосберегающих, кормозаготовительных, почвоулучшающих и др.) Контролируемый агропасторализм	Озеленение вокруг водопоев. Оптимизация видового и породного состава животных. Выбор площадок под расширение сенокосов	Планы и программы управления экосистемами Суу-Самырской долины
2. Неблагоприятные актуальные воздействия			
2.1. Природные процессы и явления			
Базовое состояние	Регулярные и интенсивные засухи. Ветровая эрозия почв	Периодические засухи	Распространение сорной растительности
Рекомендуемые приоритеты	Расширение потенциала и адаптационные	Поддержание баланса. Восстановительные. Адаптационные	Восстановительные. Поддержание баланса
Рекомендуемые практики и мероприятия	Посадка деревьев (сильвопасторализм) Восстановление водопоев	Расширение сети водопоев Расширение кормозаготовки развитие кормопроизводства	Борьба с зарастанием караганой
2.2. Процессы и явления, вызванные человеческой деятельностью			
Базовое состояние	Перегрузка пастбищ	Пастбищная дигрессия. Истощение почв. Ухудшение кормового баланса. Эрозия почв	Распространение сорной растительности. Локально — эрозия почв и оползни на склонах при перегрузке пастбищ
Рекомендуемые приоритеты	Восстановительные	Восстановительные. Поддержание баланса	Восстановительные. Поддержание баланса
Рекомендуемые практики и мероприятия	Снижение пастбищной нагрузки Ротация пастбищ Ограждение отдельных участков	Поверхностное улучшение (подсев трав, борьба с сорняками, внесение удобрений) Локально — коренное улучшение (вспашка и удаление сорняков, подсев трав)	Борьба с зарастанием караганой на равнинных участках. Оптимизация зарастания на склонах. Снижение нагрузки
3. Неблагоприятные потенциальные воздействия (риски)			
3.1. Природные риски			
Базовое состояние	Засуха	Периодические засухи. Сели. Оползни	Локально — эрозия почв и оползни на склонах

Таблица 3. Окончание

Параметр	Объект “Балыкчи”	Объект “Кёк-Ой”	Объект “Суу-Самыр”
Рекомендуемые приоритеты	Восстановительные и адаптационные	Адаптационные	Поддержание баланса. Адаптационные
Рекомендуемые практики и мероприятия	Коренное улучшение почв (повышение водоудерживающей способности). Ограждение отдельных участков Восстановление водопоев	Противоэрозионные мелиорации (физические и биологические). Защитное лесоразведение. Расширение сети водопоев Расширение кормозаготовки и развитие кормопроизводства	Оптимизация зарастания склонов кустарниковой растительностью
3.2. Антропогенные риски			
Базовое состояние	Перегрузка пастбищ	Пастбищная дигрессия. Истощение почв. Ухудшение кормового баланса Распространение сорной непоедаемой растительности Эрозия почв	Распространение сорной растительности
Рекомендуемые приоритеты	Поддержание баланса, стимулирование способности к самовосстановлению	Поддержание баланса, повышение способности к самовосстановлению	Поддержание баланса
Рекомендуемые практики и мероприятия	Установление границ пастбищных участков. Снижение пастбищной нагрузки. Ротация пастбищ. Ограждение отдельных участков	Контроль пастбищной нагрузки. Корректировка видового и породного состава животных. Противоэрозионная фитомелиорация.	Распространение экономически выгодных практик борьбы с караганой (например, сбор для топливных нужд)

Анализ описанных объектов показывает, что пастбищные модели существенным образом зависят от исходной базовой ситуации, природно-географических и социально-экономических условий. Если для объекта “Балыкчи” с крайне низким природным потенциалом хрупких экосистем и высокой степенью деградации пастбищ приоритеты в основном должны быть направлены на восстановление и расширение ресурсного потенциала, недопущение полной деградации, то для объекта “Кёк-Ой” — это поддержание созданного потенциала существующей модели при его расширении в сторону повышения адаптационных возможностей. В “Суу-Самыре” иная картина — поскольку пастбища сезонные и их природный потенциал высок, с высокой способностью к самовосстановлению, то для расширения потенциала важнее всего инфраструктурные мероприятия. Главным рискообразующим фактором и одновременно неблагоприятным процессом является зарастание караганой, поэтому восстановительные и профилактические мероприятия направлены на борьбу с ней.

Таким образом, в зависимости от природных и социально-экономических условий формируются разные модели пастбищепользования, имеющие свою специфику. Однако, в целом можно

считать, что определенные модели имеют сходный набор характеристик при незначительных отклонениях отдельных частных параметров. При этом выявляется закономерный рост объема и разнообразия применяемых практик УПП по мере роста антропогенного (расширенного) потенциала пастбищных систем. Иначе говоря — обеспечение устойчивости и адаптационных возможностей пастбищного землепользования требует больших затрат и более высокого уровня профессиональных навыков по мере роста вложений, направленных на повышение продуктивности. При этом определенные практики могут иметь комплексный характер в отношении преследуемых целей (например, ротация пастбищ может и должна (!) применяться повсеместно в качестве не только поддерживающей, но и восстановительной, и адаптационной, и расширительной практики). А направленность такой практики, как создание ирригационных систем или их элементов, очевидно, носит расширительный или адаптационный характер в зависимости от места применения и имеет эколого-географические ограничения по условиям объекта землепользования. Еще более узкая направленность у специализированных животноводческих практик, связанных с использованием купочных ванн для проведения санитарно-оздо-

Таблица 4. Шкала для качественной экспертной оценки параметров модели

Параметр модели	Отсутствуют или очень низкие/слабые	Низкие/ слабые	Умеренные	Высокие/ сильные	Очень высокие/ сильные	Не применимо
Природный потенциал	1	2	3	4	5	0
Расширенный антропогенный потенциал	1	2	3	4	5	0
Способность к самовосстановлению и достаточность социально-экономических условий	1	2	3	4	5	0
Неблагоприятные природные процессы и явления, актуальные	5	4	3	2	1	0
Неблагоприятные антропогенные воздействия и вызванные ими процессы, актуальные	5	4	3	2	1	0
Природные риски	5	4	3	2	1	0
Антропогенные риски	5	4	3	2	1	0

ровительных мероприятий для скота, ям Беккари (биотермическая яма для утилизации биологических отходов) и т.п.

Как мы отмечали выше, моделирование УПП удобно визуализировать с помощью лепестковых диаграмм (Andreeva et al., 2022). Ниже представлены примеры таких диаграмм для выбранных трех пастбищных объектов. Для обеспечения возможности сравнения диаграмм они построены в единой системе координат и ограниченного набора основных “успешных практик”, хотя очевидно, что полнота модели будет обеспечиваться полным набором существующих и рекомендуемых практик. Сплошной линией на диаграммах представлены существующие, а пунктирной – рекомендуемые практики. Каждая практика отражает степень устойчивости модели через контролируемые ею параметры и цели. При таком способе представления степень устойчивости модели в целом характеризуется площадью фигуры, описываемой внешними границами совокупности всех многоугольников.

Шкала, использованная для экспертной оценки параметров модели, представлена в табл. 4. Для удобства представления в диаграммах “способность к самовосстановлению” и “достаточность социально-экономических условий” объединены. Также для удобства визуализации и сравнения диаграмм объединены некоторые “успешные практики”, близкие по целям (например, ограничение выпаса и ротация пастбищ).

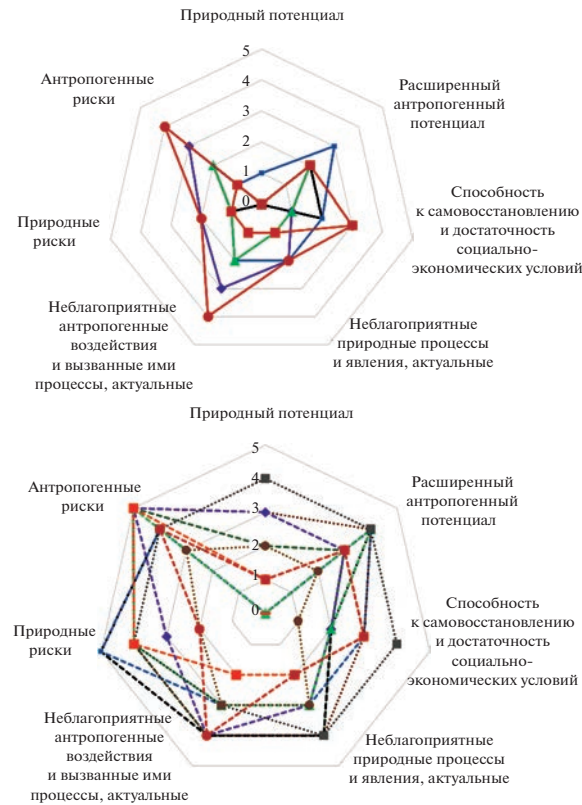
Сравнение диаграмм (рис. 5) показывает, что выбранные объекты характеризуются разными базовыми условиями и, соответственно, нуждаются в разнотипных рекомендациях. Объект “Балыкчи”

отличается низким природным потенциалом, поэтому основные мероприятия по улучшению и обеспечению устойчивости пастбищных систем приходится на его повышение. Наоборот, относительно высокий природный потенциал свойственен пастбищам Суу-Самырской долины, но здесь существенным ограничением выступает короткий срок выпаса и необходимость борьбы с зарастанием пастбищ. Объект “Кёк-Ой” отличается относительно удовлетворительными условиями, созданными в течение длительного срока УПП. Однако даже в относительно удовлетворительных условиях, обеспеченных исходными природными ресурсами или деятельностью человека (объекты “Кёк-Ой” и “Суу-Самыр”), остается резерв для повышения устойчивости пастбищных моделей. На рис. 5Б (перспектива) видно, что за счет внедрения рекомендованных практик общая площадь многоугольников, образуемых диаграммами, соответствующими разным практикам (интерпретируемая как интегральная устойчивость моделей пастбищепользования), может быть расширена вплоть до максимальных величин по шкале экспертной оценки. Внедрение дополнительных практик с тем же диапазоном расширения будет способствовать увеличению не только степени устойчивости, но и “емкости” модели, поддержанию ее гомеостаза в случае возможных изменений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На примере пастбищных систем Кыргызстана продемонстрированы перспективы использования методологии моделирования устойчивого землепользования для оценки и совершенствования

Модель присельских пастбищ в пустынных условиях. Объект “Балыкчи”



А — базовое состояние

	ограничение выпаса и ротация пастбищ, оптимизация видового и породного состава животных — не применяется, рекомендовано
	инженерные мероприятия (кошары, купки и т.п.) — применяется локально, рекомендовано к расширению
	инженерные мероприятия (водопой) — применяется локально, рекомендовано к расширению
	инженерные мероприятия (дороги, мосты, скотопрогоны) — не применяется
	сильвопасторализм — не применяется, рекомендовано
	фитомелиорация и защитные посадки деревьев и кустарников (локально) — рекомендовано к расширению
	орошение (в том числе отдельных участков) — применяется локально, рекомендовано к расширению
	борьба с сорняками — не применяется
	поверхностное улучшение — не применяется, рекомендовано
	коренное улучшение — не применяется, рекомендовано локально
	расширение сенокосов и кормопроизводства — применяется локально, рекомендовано к расширению
	агропасторализм — применяется локально, рекомендовано к расширению

Б — перспектива

Модель присельских пастбищ в степных и лесостепных условиях. Объект “Кёк-Ой”



А — базовое состояние

	ограничение выпаса и ротация пастбищ, оптимизация видового и породного состава животных — применяется, рекомендовано к оптимизации
	инженерные мероприятия (кошары, купки и т.п.) — имеются в достаточном количестве, рекомендовано к оптимизации
	инженерные мероприятия (водопой) — применяется локально, рекомендовано к расширению
	инженерные мероприятия (дороги, мосты, скотопрогоны) — применяется локально, рекомендовано к расширению
	сильвопасторализм — не применяется, рекомендовано
	фитомелиорация и защитные посадки деревьев и кустарников (локально) — не применяется, рекомендовано
	орошение (в том числе отдельных участков) — не применяется
	борьба с сорняками — не применяется, рекомендовано локально
	поверхностное улучшение — не применяется, рекомендовано
	коренное улучшение — не применяется, рекомендовано локально
	расширение сенокосов и кормопроизводства — применяется локально, рекомендовано к расширению
	агропасторализм — применяется, расширению не подлежит

Б — перспектива

Рис. 5. Оценка параметров моделей УЗП по выбранным объектам.

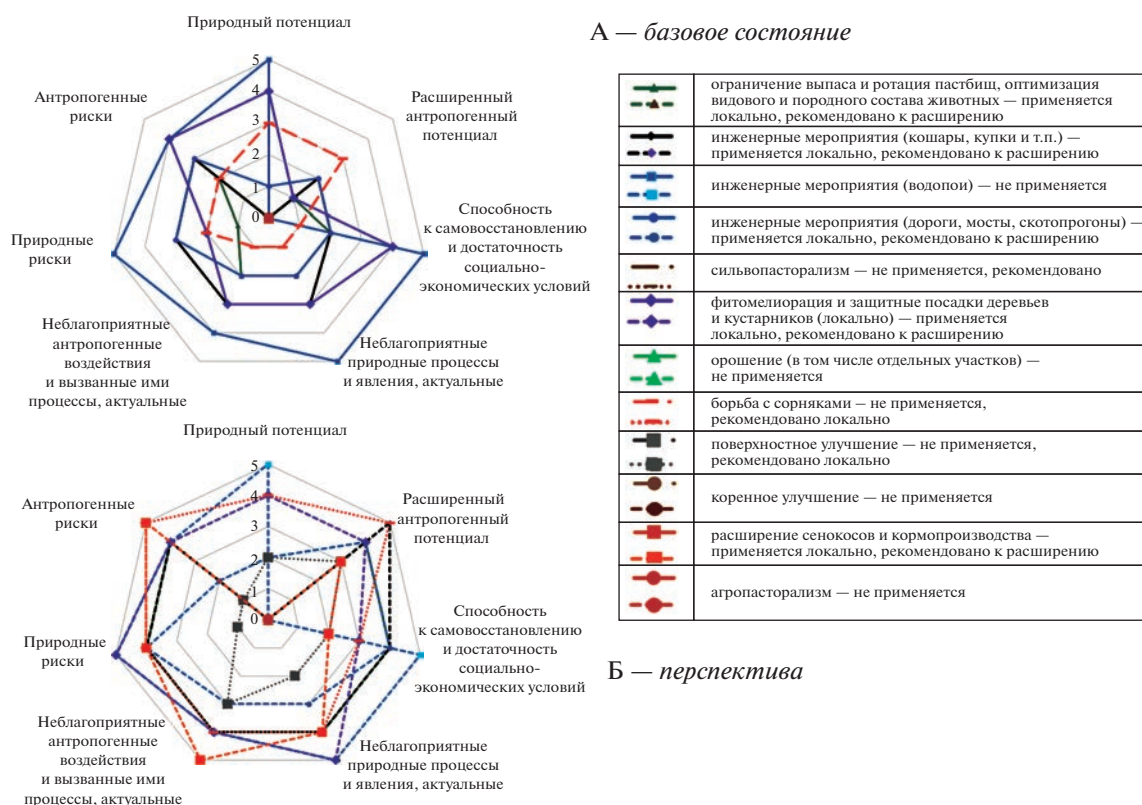
Модель отгонных пастбищ в субальпийских условиях. Объект “Суу-Самыр”

Рис. 5. Окончание.

ния управления горными пастбищами. Показано, что для конкретных угодий с интегральной системой управления система параметров моделей УПП состоит из трех основных групп: потенциал земель, неблагоприятные воздействия (актуальные процессы и явления), риск деградации (потенциальные процессы), содержание которых разделяется на восемь подгрупп и включает природные условия и расширенный ресурсный потенциал, способность к самовосстановлению и достаточность социально-экономических условий, природные и антропогенные воздействия и риски, определенные для этих групп.

В развитие классификации практик УЗП, предложенной WOCAT на примере списка успешных практик пастбищепользования, применяемых в горных условиях Кыргызстана, предложено дополнить иерархию практик на основании целеполагания и приоритетов управления и рассматривать: а) восстановительные мероприятия (ликвидация неблагоприятных последствий); б) поддержание баланса (снижение риска потенциальных неблагоприятных воздействий, стимулирование способности к самовосстановлению); в) адаптационные технологии (по отношению к меняющимся

условиям, в том числе социально-экономическим, инфраструктурным, изменениям климата и т.п.); г) расширение потенциала (инновационные технологии, инфраструктурные инвестиции).

С учетом этих параметров моделей и целевых приоритетов проанализированы перспективы улучшения моделей управления пастбищами на трех примерах: для присельских пастбищ пустынных регионов, для присельских пастбищ в степных и лесостепных условиях, для отгонных пастбищ в субальпийских условиях. На конкретных примерах показано, как модели пастбищепользования могут быть визуализированы в форме лестничных диаграмм с учетом анализа разных практик управления и их роли в поддержании устойчивости конкретных моделей в зависимости от исходной ситуации, природно-географических и социально-экономических условий. Также описаны возможные пути использования этих диаграмм для обоснования необходимого и достаточного набора практик пастбищепользования для определенных моделей.

Предложенные подходы могут быть использованы как в практике управления пастбищами со стороны обществ пастбищепользователей, так и

для развития пастбищного законодательства и оценки эффективности пастбищного животноводства.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках темы государственного задания Института географии РАН FMWS-2022-0001.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность Объединениям пастбищепользователей айильных аймаков Искра, Озгоруш, Кёк-Ой, Лебединовка, Боролдой, Минбулак, Талды-Булак, Беловодское, Москва, Чуй, Акназаровский, Нуржановский, Асылуаш, Мроморное, Агентству развития и инвестирования сообществ Кыргызской Республики (АРИС), Всемирному банку реконструкции и развития за предоставленную возможность посетить их территории, ознакомиться с планами управления пастбищами и за беседы с пастбищными комитетами и другими заинтересованными лицами.

FUNDING

This study was financially supported within the framework of the state-ordered research theme of the Institute of Geography, RAS, FMWS-2022-0001.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank the Associations of Pasture Users of Iskra, Ozgorush, Kyok-Oy, Lebedinovka, Boroldoy, Minbulak, Taldy-Bulak, Belovodskoe, Moscow, Chui, Aknazarovsky, Nurzhanov, Asyluash and Mromornoe Aimaks, to the Community Development and Investment Agency of the Kyrgyz Republic (ARIS), the World Bank for Reconstruction and Development for the opportunity to visit their territories, to learn about pasture management plans and for conversations with pasture committees and other stakeholders.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абдиев А., Кыдырмышев Э., Байбагышев Э., Керималиева Н., Султаналиев К., Сабырбеков Р., Эралиева М., Сан Чо, Эдерер В. Восстановление природного капитала страны для достижения ЦУР: Пилотные земельные счета и устойчивое управление пастбищами в Кыргызстане. Аналитическая записка. 2021. 16 с.
- Денисов В.В., Батыкова А.Ж., Рашева А.Т., Раскельбекова Г.Т., Базарбаева И.Д. Система эффективного управления пастбищами в Кыргызской Республике // Вестн. Кыргызского Национального Аграрного Ун-та им. К.И. Скрябина. 2020. С. 132–136.
- Дэвис Д., Херрера П., Руис Миразо Х., Мохамед-Катерере Д., Ханнам Я., Нуэри Э. Совершенствование системы регулирования пастбищных земель. Рим, 2018. 172 с.
- Жанаров А.З. Использование сезонных пастбищ в Кыргызстане и экологические проблемы // Мир Большого Алтая. 2015. № 1 (3). С. 237–242.
- Кервен К., Штайман Б., Эшли Л., Дизр Ч., ур-Рахим И. Пасторализм и фермерство в горах Центральной Азии: исследовательский обзор. Вспомогательный документ № 1, сентябрь 2011. 60 с. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-12-00035.1.ru>
- Килязова Н.В., Семенова Т.В. Динамика природно-хозяйственного состояния и растительности летних пастбищ Сон – Куля // Вестн. Кыргызского Национального Аграрного Ун-та им. К.И. Скрябина. 2022. № 1 (60). С. 10–15.
- Килязова Н.В., Семенова Т.В. Оценка пастбищного травостоя – как один из индикаторов экологического состояния весенне-осенних пастбищ Чолпон АО Кочкорского района // Вестн. Ошского Гос. Ун-та. 2020. № 2 (2). С. 92–97.
- Куст Г.С., Сампат Т.В., Джайн Н., Мотт Дж., Андреева О.В., Армстронг А., Чилдресс М., Рахимов Р.Н., Холов Н.С. Устойчивое землепользование и сопряженные проблемы окружающей среды: примеры решения средствами международных проектов в Таджикистане // Земельные ресурсы и продовольственная безопасность Центральной Азии и Закавказья. ФАО, Рим. 2016. С. 155–194.
- Лобковский В.А., Куст Г.С., Андреева О.В. Методические подходы к установлению базовой линии для мониторинга индикаторов нейтрального баланса деградации земель в России // Проблемы региональной экологии. 2019. № 4. С. 30–36. <https://doi.org/10.24411/1728-323X-2019-14030>
- Робинсон С. Управление пастбищами в Центральной Азии: Результаты первой Практической конференции по продвижению устойчивого управления пастбищами в Центральной Азии. Бишкек, 17–19 ноября 2014 г. Б.: 2015. 56 с.
- Andreeva O.V., Lobkovsky V.A., Kust G.S., Zonn I.S. The Concept of Sustainable Land Management: Modern State, Models and Typology Development // Arid Ecosystems. 2021. № 11. P. 1–10. <https://doi.org/10.1134/S2079096121010029>
- Andreeva O.V., Kust G.S., Lobkovsky V.A. Sustainable Land Management and Land Degradation Neutrality // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2022. № 92. P. 285–296. <https://doi.org/10.1134/S1019331622030066>
- Crewett W. Improving the Sustainability of Pasture Use in Kyrgyzstan, The Impact of Pasture Governance Reforms on Livestock Migration // Mountain Research and Development. 2012. Vol. 32. № 3. P. 267–274.
- FAO, 2022. Terminal evaluation of the project “Participatory assessment of land degradation and sustainable land management in grassland and pastoral systems”. Project Evaluation Series, 02/2022. Rome. 78 p.
- Gerber P.J., Hakobyan A., Urazov T. Sustainable Pasture Management and Fodder Production in Kazakhstan: Good Practices for Household and Family Beef Farms – Advanced Basic Guidelines (English). Washington, D.C.: World Bank Group, 2022. 80 p.

- Liniger H.P., Mekdaschi R., Moll P., Zander U. Making sense of research for sustainable land management. Bern: CDE; Leipzig: Helmholtz-Centre for Environmental Research, 2017. 304 p.
- Ludi E. Sustainable Pasture Management in Kyrgyzstan and Tajikistan: Development Needs and Recommendations // Mountain Research and Development. 2003. Vol. 23. № 2. P. 119–123.
[https://doi.org/\(2003\)023\[0119:SPMIKA\]2.0.CO;2](https://doi.org/(2003)023[0119:SPMIKA]2.0.CO;2)
<https://doi.org/10.1659/0276-4741>
- Sanz M.J., Vente J. de, Chotte J.-L., Bernoux M., Kust G., Ruiz I., Almagro M., Alloza J.-A., Vallejo R., Castillo V., Hebel A., Akhtar-Schuster M. Sustainable Land Management contribution to successful land-based climate change adaptation and mitigation // A Report of the Science-Policy Interface. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). Bonn, Germany, 2017. 170 p.
- Wolfgramm B., Gareyeva A., Shokirov Q., Liniger H.P. Adapting to climate change through sustainable land management. Evidence for Policy Series, Regional edition Central Asia, № 7 / Arynova M. (Ed.). Bishkek: NCCR North-South, 2013. 4 p.

Modeling of Sustainable Land Use of Mountain Pastures in Kyrgyzstan Based on Effective Management of Livestock Practices

O. V. Andreeva^{1, *}, G. S. Kust¹, and V. A. Lobkovskiy¹

¹*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

*e-mail: andreeva@igras.ru

On the example of complex analysis of rangeland systems of Kyrgyzstan located in different natural conditions (key objects “Balykchi (Kyok-Moynok),” “Kyok-Oy,” “Suu-Samir”) the possibility of applying the methodology of sustainable land management modeling for assessment and improvement of traditional mountain pastures is shown. The main parameters of sustainable pasture management models for the considered territories were defined including 3 main groups: land potential, adverse impacts (actual processes and phenomena), risk of degradation (potential processes), whose content is divided into 8 subgroups and includes natural conditions and expanded resource potential, ability to self-recovery and sufficiency of socio-economic conditions, natural and anthropogenic impacts and risks defined for these groups. A systematic list of successful practices in the use of mountain rangelands in Kyrgyzstan has been compiled. The analysis of different practices and their role in maintaining the sustainability of specific models, depending on the baseline situation, biophysical and socioeconomic conditions, has been conducted. The results are summarized and presented in the petal diagrams’ form. It is shown that the effectiveness of sustainable rangeland management models is determined by a set of successful practices. The article reveals a natural growth of volume and diversity of applied practices as the growth of anthropogenic potential of rangeland systems. The proposed approaches can be used as part of the practical management of rangelands by pastoralist societies and are included as methodological recommendations for the development of rangeland legislation and the assessment of the effectiveness of rangeland livestock, taking into account the completeness of the set of practices and technologies applied in different natural conditions.

Keywords: sustainable land management, mountain rangelands, sustainable rangeland management models, good practices, Kyrgyzstan

REFERENCES

- Abdiyev A., Kydyrmyshev E., Baibagyshev E., Kerimaliyeva N., Ysabekova B., Sultanaliev K., Sabyrbekov R., Eralieva M., Cho S., Ederer W. *Terrestrial natural capital restoration to achieve SDGs: Pilot land accounts and sustainable pasture management in Kyrgyzstan*. Bonn: Economics of Land Degradation (ELD) Initiative c/o Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2021. 16 p. Available at: https://www.eld-initiative.org/fileadmin/ELD_Fil-ter_Tool/Case_Study_Kyrgyzstan_2021/Kyrgyzstan_2021_Natural_Capital_ELD_Policy_Brief_EN.pdf (accessed: 05.09.2023).
- Andreeva O.V., Kust G.S., Lobkovsky V.A. Sustainable Land Management and Land Degradation Neutrality. *Her. Russ. Acad. Sci.*, 2022, no. 92, pp. 285–296.
<https://doi.org/10.1134/S1019331622030066>
- Andreeva O.V., Lobkovsky V.A., Kust G.S., Zonn I.S. The Concept of Sustainable Land Management: Modern State, Models and Typology Development. *Arid Ecosyst.*, 2021, no. 11, pp. 1–10.
<https://doi.org/10.1134/S2079096121010029>
- Crewett W. Improving the Sustainability of Pasture Use in Kyrgyzstan, The Impact of Pasture Governance Reforms on Livestock Migration. *Mt. Res. Dev.*, 2012, vol. 32, no. 3, pp. 267–274.
- Denisov V.V., Batykova A.Zh., Rasheva A.T., Raskel’bekova G.T., Bazarbaeva I.D. Effective management of pastures in the Kyrgyz Republic. *Vestn. Kyrgyz. Nats. Agrar. Univ. Skryabina*, 2020, pp. 132–136. (In Russ.).
- Devis D., Herrera P., Ruis Mirazo H., Mohamed-Katerere D., Hannam Ya., Nuesri E. *Sovershenstvovanie sistemy regulirovaniya pastbishchnykh zemel* [Improving the Regulation of Rangelands]. Rome, 2018. 172 p.

- Gerber P.J., Hakobyan A., Urazov T. *Sustainable Pasture Management and Fodder Production in Kazakhstan: Good Practices for Household and Family Beef Farms – Advanced Basic Guidelines*. Washington: World Bank Group, 2022. 80 p.
- Kerven K., Shtaiman B., Eshli L., Dier Ch., ur-Rahim I. *Pastoralizm i fermerstvo v gorakh Tsentral'noi Azii: issledovatel'skii obzor. Vspomogatel'nyi dokument, №1* [Pastoralism and Farming in the Mountains of Central Asia: Research Review. Supporting Document. No. 1], 2011. 60 p.
- Kilyazova N.V., Semenova T.V. Dynamics of natural and economic condition and vegetation of summer pastures Son – Kul. *Vestn. Kyrgyz. Nats. Agrar. Univ. Skryabina*, 2022, vol. 60, no. 1, pp. 10–15. (In Russ.).
- Kilyazova N.V., Semenova T.V. Assessment of grazing grass – as one of the indicators of the ecological state of spring–autumn pastures Cholpon JSC Kochkorsky district. *Vestn. Osh. Gos. Univ.*, 2020, vol. 2, no. 2, pp. 92–97. (In Russ.).
- Kust G.S., Sampat T.V., Dzhaïn N., Mott G., Andreeva O.V., Armstrong A., Childress M., Rakhimov R.N., Kholov N.S. Sustainable land use and related environmental problems: examples of solutions through international projects in Tajikistan. In *Zemel'nye resursy i prodovol'stvennaya bezopasnost' Tsentral'noi Azii i Zakavkaz'ya* [Land Resources and Food Security in Central Asia and Transcaucasia]. Rome, FAO, 2016, pp. 155–194. (In Russ.).
- Liniger H., Mekdaschi R., Moll P., Zander U. *Making sense of research for sustainable land management*. Bern: CDE; Leipzig: Helmholtz-Centre for Environmental Research, 2017. 304 p.
- Lobkovskiy V.A., Kust G.S., Andreeva O.V. Methodological approaches to establishing a baseline for monitoring indicators of land degradation neutrality of land condition in Russia. *Probl. Reg. Ekol.*, 2019, no. 4, pp. 30–36. (In Russ.).
<http://doi.org/10.24411/1728-323X-2019-14030>
- Ludi E. Sustainable Pasture Management in Kyrgyzstan and Tajikistan: Development Needs and Recommendations. *Mt. Res. Dev.*, 2003, vol. 23, no. 2, pp. 119–123.
[http://doi.org/10.1659/0276-4741\(2003\)023\[0119:SP-MIKA\]2.0.CO;2](http://doi.org/10.1659/0276-4741(2003)023[0119:SP-MIKA]2.0.CO;2)
- Robinson S. *Upravlenie pastbishchami v Tsentral'noi Azii: Rezul'taty pervoi Prakticheskoi konferentsii po prodvizheniyu ustoichivogo upravleniya pastbishchami v Tsentral'noi Azii. g. Bishkek, 17-19 Noyabrya 2014* [Rangeland Management in Central Asia: Results of the First Practical Conf. on Advancing Sustainable Rangeland Management in Central Asia. Bishkek, November 17–19, 2014]. Bishkek, 2015. 56 p.
- Sanz M.J., de Vente J., Chotte J.-L., Bernoux M., Kust G., Ruiz I., Almagro M., Alloza J.-A., Vallejo R., Castillo V., Hebel A., Akhtar-Schuster M. Sustainable Land Management contribution to successful land-based climate change adaptation and mitigation. In *A Report of the Science-Policy Interface. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD)*. Bonn, 2017. 170 p.
- Terminal evaluation of the project “Participatory assessment of land degradation and sustainable land management in grassland and pastoral systems”*. Rome: FAO, 2022. 78 p.
- Wolfgramm B., Gareyeva A., Shokirov Q., Liniger H.P. *Adapting to climate change through sustainable land management. Evidence for Policy Series, Regional edition Central Asia, No. 7*. Arynova M., Ed. Bishkek: NCCR North-South, 2013. 4 p.
- Zhaparov A.Z. Use of seasonal pastures in Kyrgyzstan and environmental problems. *Mir Bol'shogo Altaya*, 2015, vol. 3, no. 1, pp. 237–242. (In Russ.).

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ УСТОЙЧИВОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ГОРНЫХ ПАСТБИЩНЫХ СИСТЕМ

УДК 633.2.033.3:58.056

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПАСТБИЩНОЙ ДЕГРАДАЦИИ СЕМИАРИДНЫХ ГОРНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА

© 2023 г. Ф. А. Темботова^а, В. А. Чадаева^{а, *}, О. Н. Горобцова^а, Р. Х. Пшегусов^а, Н. Л. Цепкова^а,
Р. Х. Темботов^а, З. М. Ханов^а, Ф. В. Гедгафова^а, А. Ж. Жашуев^а, Т. С. Улигова^а, Е. М. Хакунова^а

^аИнститут экологии горных территорий им. А.К. Темботова РАН, Нальчик, Россия

*e-mail: v_chadayeva@mail.ru

Поступила в редакцию 06.02.2023 г.

После доработки 26.04.2023 г.

Принята к публикации 25.08.2023 г.

Пастбищная деградация и эрозия почв являются проблемами для управления животноводством в горных семиаридных районах Центрального Кавказа. Субальпийские остепненные луга и горные луговые степи, расположенные на южных склонах Бокового хребта (1600–2100 м над ур. м.) с мало-мощными каменистыми почвами, испытывают дефицит влаги (менее 250 мм осадков летом) и подвержены аридизации на фоне климатических изменений. Перевыпас скота на присельских лугах также способствует ксерофитизации растительности. Исследования посвящены выявлению почвенных и растительных индикаторов стадий деградации семиаридных горных пастбищ и сравнительному анализу закономерностей динамики выявленных параметров с таковыми в равнинных экосистемах. Знание надежных и легко определяемых индикаторов и их пороговых значений для каждой стадии деградации пастбищ поможет землеустроителям принимать решения по устойчивому управлению в сфере животноводства. Выделены четыре стадии деградации пастбищ, основными индикаторами которых являются высота и общее проективное покрытие травостоя, индекс разнообразия Шеннона, содержание гумуса и влажность почвы. Высота и покрытие травостоя снижаются в дигрессионном ряду соответственно с 25.4 ± 3.2 до 3.6 ± 1.2 см и с 93 ± 5 до $41 \pm 7\%$, влажность почвы сокращается на 58%. На основе выделенных параметров для каждой стадии рассчитаны значения интегрального индекса деградации. Определены показатели нормы выпаса, соблюдение которых позволит длительно поддерживать рабочее состояние пастбищ. Соотношение фактической и допустимой нагрузок на крайних третьей и четвертой стадиях деградации составило 189 и 23 раз. Общей закономерностью динамики семиаридных горных пастбищ является совмещение ареалов субальпийских остепненных лугов и горных луговых степей, распространение петрофитных кустарниковых сообществ. Тенденции данного процесса во многом совпадают с закономерностями деградации равнинных степных пастбищ Забайкалья, Прикаспия, Монголии и др. полусухих регионов, что позволяет использовать выявленные индикаторы при изучении семиаридных пастбищ равнинных территорий.

Ключевые слова: горные семиаридные экосистемы, равнинные степи, пастбищная деградация, модельные площадки, растительные и почвенные индикаторы, нормы выпаса

DOI: 10.31857/S2587556623070142, **EDN:** IFWZKN

ВВЕДЕНИЕ

Семиаридные луга имеют большое значение для горных территорий, обеспечивая разнообразные экосистемные услуги, такие как сохранение биоразнообразия, поглощение углерода, кормопроизводство, борьба с эрозией, регулирование водных ресурсов, рекреация и т.д. На Центральном Кавказе, как и в засушливых горных районах Турции, Китая (Cipriotti et al., 2019; Koç et al., 2020; Zhang et al., 2019), Азербайджана, Грузии и Армении (Christen, 2020; Gasanova, 2014; Neudert, 2021; Peper et al., 2010; Teranosyan et al., 2017), эти семиаридные экосистемы подвержены деграда-

ции и опустыниванию из-за чрезмерного выпаса скота в сочетании с недостаточным количеством и/или нестабильным характером осадков.

Отток финансирования и ликвидация колхозной системы в начале 1990-х годов, передача части пастбищных угодий в ведение муниципалитетов привели к резкому сокращению поголовья скота в государственных предприятиях и регионе в целом при увеличении его доли в частном секторе (Грачева, Белоновская, 2010; Пшегусов, Чадаева, 2020). Так, в 1995 г. на долю личных подсобных хозяйств Кабардино-Балкарии приходилось 52% крупного рогатого скота и 73% овец (Районы ..., 2019). Преобладание мелкого рогато-

го скота в структуре стада связано с традиционным для высокогорных районов мясошерстным направлением животноводства, производством войлочных и шерстяных изделий. При этом животные круглогодично бессистемно выпасались на одних и тех же наиболее доступных участках склонов в окрестностях населенных пунктов в отсутствие каких-либо форм отгонного животноводства и мероприятий по уходу за пастбищами (Грачева, Белоновская, 2010). Кризисная обстановка в стране в конце XX — начале XXI в. и связанные с ней слабая господдержка животноводства, невысокие закупочные цены на мясо и молоко, низкая рентабельность сельхозпроизводства в целом способствовали дальнейшему сокращению поголовья скота, особенно в госорганизациях. Доля крупного рогатого скота и овец в личных подсобных хозяйствах населения Кабардино-Балкарии составила к 2005 г. — 84 и 90%, к 2010 г. — 77 и 67%, в 2016 г. — 71 и 54% соответственно (Районы ..., 2019). Общим итогом отмеченных тенденций стала смена традиционной системы отгонного животноводства с использованием летне-осенних субальпийских и альпийских пастбищ примитивным отгонно-пригонным типом выпаса на ограниченных по площади присельских лугах.

Известно, что длительный перевыпас скота изменяет состав доминирующих видов, соотношение ценных кормовых и ядовитых растений (Chadaeva et al., 2021; Christen, 2020; Koç et al., 2020; Leu et al., 2014; Zhang et al., 2018), параметры почвы (Gasanova, 2014; Leu et al., 2014; Liu et al., 2021; Neudert, 2021). Такие процессы очевидны в семиаридных экосистемах Центрального Кавказа, где пастбищная деградация достигла своей крайней степени, превратив присельские луга в кустарниковые ландшафты (Грачева, Белоновская, 2010). Подобно другим засушливым ландшафтам (Cipriotti et al., 2019), семиаридные горные луга на расположенных в дождевой тени южных склонах с маломощными каменистыми почвами и слабопроницаемым слоем подстилающих пород испытывают дефицит влаги и подвержены современным климатогенным изменениям. Горный рельеф также способствует развитию здесь эрозии почв и оползневых процессов.

Таким образом, перевыпас скота и слабый мониторинг землепользования в сочетании с особенностями водного режима, почв и рельефа, современными климатическими изменениями представляют доминирующую гипотезу, объясняющую деградацию высокогорных семиаридных пастбищ Центрального Кавказа. С другой стороны, длительное исключение выпаса также негативно влияет на состояние лугов, вызывая закатаренность, увеличение количества растительного опада и ветоши, проективного покрытия ядовитыми видами и кустарниками (Navarro

and Pereira, 2012). Поэтому определение оптимальной интенсивности выпаса имеет большое значение для устойчивого управления пастбищами. При этом нормы выпаса трудно определить из-за отсутствия часто требуемых растительных и почвенных показателей стадий деградации лугов. На практике выделены различные растительные, почвенные и ландшафтные параметры оценки состояния пастбищ в зависимости от их типа, а также климата и рельефа (Gasanova, 2014; Koç et al., 2020; Lee et al., 2020; Zhang et al., 2018; и др.). Но работы, посвященные влиянию интенсивности выпаса скота на почвенный и растительный покров горных лугов Кавказа немногочисленны (Авессаломова и др., 2002; Грачева, Белоновская, 2010; Chadaeva et al., 2021; Christen, 2020; Gasanova, 2014; Neudert, 2021; Peper et al., 2010; Tepanosyan et al., 2017). Соответственно, существует неопределенность в параметрах оценки состояния горных лугов Кавказа, в то время как надежные индикаторы стадий деградации могут помочь оптимизировать нормы выпаса и управление пастбищами. Такие индикаторы должны отражать состояние растительного и почвенного покровов и быть легко определяемыми не только специалистами в области луговедения, но и менеджерами, принимающими решения по управлению пастбищами.

Отдельным вопросом является сопоставимость закономерностей пастбищной деградации семиаридных горных и равнинных экосистем. Основные тенденции деградации равнинных пастбищ достаточно широко изучены на примере степных районов Калмыкии, Южного Урала и Предуралья, Забайкалья, Монголии, Прикаспия, Крыма и юга европейской части России (Бадикова и др., 2018; Борликов и др., 2006; Гунин и др., 2003; Имескенова, Бутуханов, 2013; Микляева и др., 2004; Миркин, Наумова, 2014; Миронычева-Токарева, 2009; Сидоров и др., 2013; Уртнасан, Любарский, 2013; Lebedeva et al., 2011; и др.). Обсуждение основных тенденций динамики горных и равнинных пастбищ под влиянием перевыпаса скота позволит использовать результаты, полученные на примере горных территорий, для анализа пастбищной деградации семиаридных экосистем в более широком географическом аспекте.

Цели данного исследования — выявить надежные и легко определяемые растительные и почвенные индикаторы состояния (стадий деградации) полусухих горных пастбищ и провести сравнительный анализ основных закономерностей динамики данных параметров в горных и равнинных экосистемах. Результаты исследований дополняют теоретическую базу знаний о закономерностях деградации семиаридных экосистем, которые важны для принятия решений по устойчивому управлению пастбищами в других засушливых горных районах.

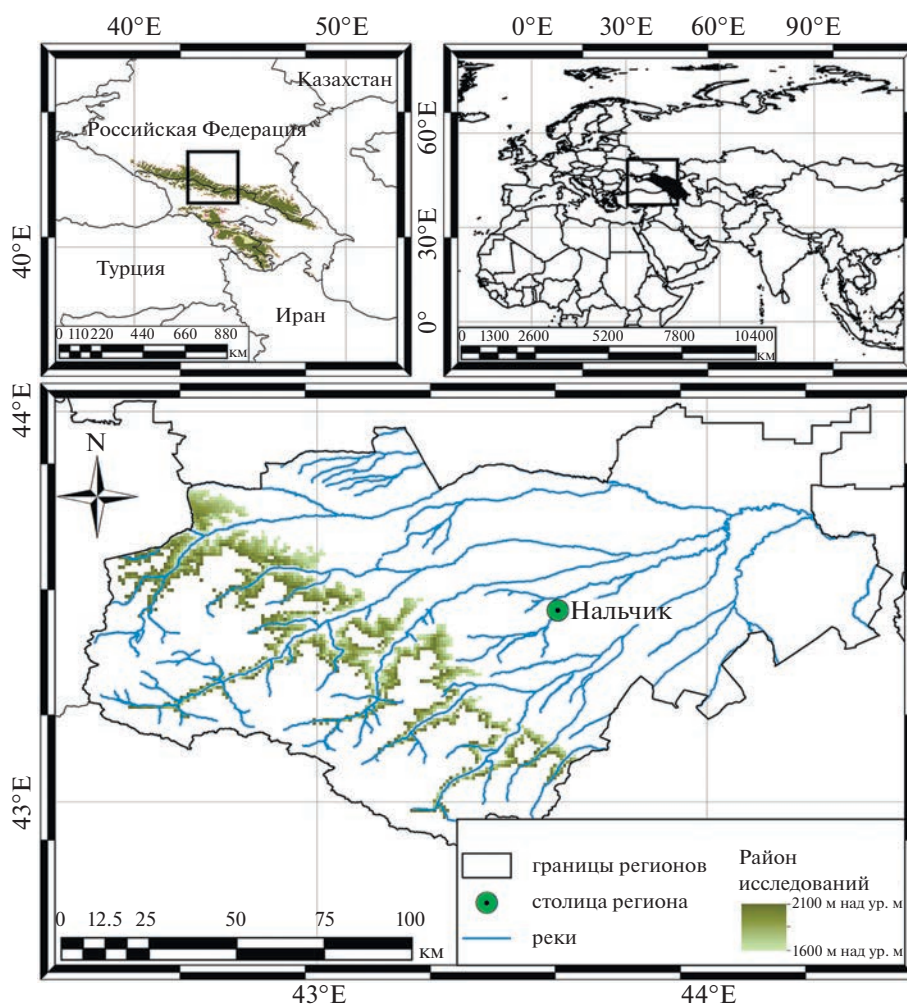


Рис. 1. Картосхема района исследований.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили в границах Кабардино-Балкарской Республики, занимающей центральную часть северного макросклона Большого Кавказа (рис. 1). Климатические особенности Центрального Кавказа в целом определяются выраженным высокогорным рельефом, большими перепадами высот и поступлением западных воздушных масс со стороны Атлантики. Климат умеренно континентальный, сравнительно холодный и влажный (типы климата Dfb, Dfc и ET по Кеппен-Гейгеру), однако в субальпийском поясе заметно нарастание его сухости и континентальности (Разумов и др., 2003). Семиаридные луга района исследований (субальпийские остепненные луга и горные луговые степи) распространены на южных склонах Бокового хребта на высоте 1600–2100 м над ур. м., где среднегодовое количество осадков из-за эффекта дождевой тени всего 500–600 мм, а в летние месяцы выпадает менее 250 мм осадков (Авессаломова и др., 2002). Сред-

несуточная температура колеблется от 12.6°C в июле до –6.7°C в декабре (Разумов и др., 2003). По данным метеостанции “Терскол” ФГБУ “Северо-Кавказская военизированная служба” (2100 м над ур. м.), диапазон среднегодовых температур за 1999–2019 гг. в период активной вегетации (май–сентябрь) составил 9.1–11.6°C. Наиболее распространены горные луговые и луго-степные субальпийские почвы – Rendzic Leptosols и Phaeozems согласно Мировой реферативной базе почвенных ресурсов WRB (IUSS ..., 2022).

Исследованы верховья Малкинского (урочище Джилы-Су), Баксанского, Чегемского (Башиль и Гара-Аузусу), Черекского [Черек Балкарский (урочище Уштулу) и Черек Безенгийский], Суканского и Хазнидонского ущелий. Биополитоны Сукан, Хазнидон, Уштулу, Безенги, Башиль, Гара-Аузусу входят в состав Кабардино-Балкарского высокогорного государственного заповедника и сопредельных территорий. Общая

площадь заповедника в настоящее время составляет 82,6 тыс. га, из которых 60% — площадь оледенения. С момента образования в 1976 г. (на площади более 53 тыс. га) границы заповедника неоднократно менялись, в результате чего из его состава были выведены основания долин в верховьях крупных рек (Чегем, Черек Балкарский, Черек Безенгийский, Псыгансу и Хазнидон). Соответственно, несмотря на ограничение хозяйственной деятельности, на землях заповедника и сопредельных территориях проводится выпас домашнего скота, сенокосение, работа турбаз и альплагерей, кордонов лесников и погранпостов, строительные работы. Биополігоны Джилы-Су и Баксан входят в состав национального парка “Приэльбрусье”, созданного в 1986 г. на площади 101,2 тыс. га на южных и северных отрогах г. Эльбрус. В районе Южного Приэльбрусья расположены шесть селений, многочисленные гостиницы и отели, частные предприятия торговли и общественного питания, канатно-кресельные дороги. В Северном Приэльбрусье находится знаменитый бальнеологический курорт “Джилы-Су”. Для национального парка характерны интенсивная нерегламентированная антропогенная нагрузка на природные экосистемы и отсутствие четкого функционального зонирования.

Субальпийские остепненные луга района исследований в основном представлены сообществами с доминированием *Bromus variegatus*, *B. riparius*, *Carex humilis* и *Agrostis capillaris*. Это наименее нарушенные семиаридные луга, сохранившиеся в границах особо охраняемых природных территорий и огороженных участков. На Центральном Кавказе субальпийские остепненные луга с доминированием *B. variegatus* распространены по пологим платообразным возвышенностям, на пологих, реже крутых склонах южной экспозиции на высоте 1400–2400 м над ур. м. Характерными видами являются *Phleum phleoides*, *Festuca varia*, *Koeleria macrantha*, *Betonica macrantha*, *Galium verum*, *Primula veris*, *Veronica gentianoides*, *Geranium sylvaticum*, *Myosotis suaveolens*, *Trifolium canescens*, *Alchemilla caucasica*, *A. retinervis*. Сообщества с доминированием *B. riparius* встречаются на пологих речных террасах, конусах выноса, в нижней части и у подножия южных склонов в субальпийском поясе и поясе остепненных лугов (1200–2100 м над ур. м.). Часто формируют среднетравные многовидовые луга с участием *K. macrantha*, *Ph. phleoides*, *Helictotrichon pubescens*, *H. adzhagicum*, *T. canescens*, *T. repens* L., *Amoria ambigua*, *Anthyllis vulneraria*, *Lotus corniculatus*. Разнотравно-злаковые остепненные луга с доминированием *Agrostis capillaris* встречаются в основном у подножия и на пологих участках южных склонов в наиболее влагообеспеченных Сулганском и Хазнидонском ущельях Кабардино-Балкарии на высоте 1700–2400 м над ур. м. Характерен обедненный видовой состав сообществ с

участием *Festuca valesiaca* (или *F. ovina*), *Carex humilis*, *Trifolium ambiguum*, *Alchemilla retinervis*, *Ranunculus oreophilus*, *Plantago atrata*, *Potentilla bifurca* и др. Среднетравные луга с высоким покрытием *Carex humilis* распространены на более-менее крутых склонах южной экспозиции, реже по пологим участкам склонов. *Carex humilis* — многолетнее короткокорневищное растение, препятствующее росту других видов, в частности корневищных и рыхлокустовых злаков, за счет формирования плотной дерновины. Остепненные луга с *C. humilis* обычно включают *F. valesiaca*, *T. canescens*, *A. retinervis*, *P. atrata*, *Salvia verticillata*, *Psephellus salviifolius*, *Rhinanthus minor*.

Доминирующие виды горных луговых степей разной степени нарушенности — травянистые многолетники *F. valesiaca*, *F. ovina*, *C. humilis* и полукустарники *Artemisia chamaemelifolia*, *A. austriaca*, *Astracantha aurea*. Низкоосоково-типчачковые и типчачково-низкоосоковые горные луговые степи — низкотравные сообщества с доминированием конкурентоспособных плотнoderнинных видов *F. valesiaca* (или *F. ovina*) и/или *C. humilis*, устойчивых к вытаптыванию и стравливанию. Маловидовые сообщества, широко распространенные на южных ровных или выпуклых склонах разной крутизны во всех горных ущельях района исследований на высоте 1100–2400 м над ур. м. Среди характерных видов представлены *S. verticillata*, *P. atrata*, виды полыней *Artemisia chamaemelifolia* и *A. austriaca* — плохо поедаемые в зеленом виде полукустарники, занимающие гребни террас и троп склонах, в связи с чем длительно противостоят вытаптыванию. Сообщества с доминированием полыней при высоком участии *F. valesiaca* и *C. humilis* распространены преимущественно на сухих щебнистых южных склонах крутизной 20°–35° и выпуклых формах рельефа. Разнотравье представлено *S. verticillata*, *P. salviifolius*, *Rh. minor*, *P. atrata*, *Medicago falcata* и др. Фриганоидные сообщества с доминированием колючего подушковидного полукустарника *Astracantha aurea* (трагакантники) встречаются на крутых участках в средних и нижних частях южных щебнистых склонов Баксанского и Чегемского ущелий на высоте 1200–2400 м над ур. м. Представляют собой сомкнутые заросли полукустарника с небольшим участием сопутствующих видов: *F. valesiaca*, *Ph. phleoides*, *K. macrantha*, *Stipa caragana*, *C. humilis*, *S. verticillata*, *S. canescens*, *Alyssum turkestanicum* и др.

Эффективным методом изучения пространственной динамики луговых экосистем являются исследования на постоянных модельных площадках. Сложность данного метода связана не только с организацией периодических исследований в определенный период вегетации, желательной одними и теми же исследователями, но и с необходимостью правильного выбора мест закладки

площадок. В противоположном случае возрастает риск необъективной оценки пространственных изменений экосистем, неопределенности в трактовке полученных результатов. Одним из решений данной проблемы является применение метода пространственных аналогов. Данный метод предусматривает выбор экосистем в сходных условиях по высоте местности, экспозиции, микрорельефу, крутизне склонов и характеру почвенного покрова, принадлежащих бассейнам водотоков одного порядка. Это позволяет снизить “информационный шум” со стороны перечисленных факторов при сравнении растительных и почвенных параметров луговых экосистем. Соответственно, в июле 2021 г. нами было заложено 186 модельных площадок размером 900 м² на ровных участках южных склонов Бокowego хребта крутизной 20°–40°. Площадки заложены в диапазоне высот 1600–2100 м над ур. м., наиболее характерном для распространения остепненных субальпийских лугов на Центральном Кавказе. Находясь в прямой зависимости от абиотической среды, данные растительные формации во многом отражают схожесть экологических условий, в которых формируются (500–600 мм осадков в год, диапазон среднегодовых температур в период активной вегетации с мая по сентябрь 9–12°C, лугово-степные субальпийские почвы и т.д.).

Визуально оценивали общее проективное покрытие травостоя (травянистые растения и полукустарники) и покрытие каждого вида (%). Высоту травостоя (см) регистрировали по средней высоте листьев злаков, видовое богатство — по числу видов на площадках. Определяли долю синантропных и редких видов (%), альфа-разнообразие (индекс Шеннона) и степень доминирования (индекс Симпсона) в сообществах. Для оценки запасов сырой фитомассы (10² кг га⁻¹) срезали надземную часть растений на трех квадрантах площадью 0.25 м², помещали в бумажные пакеты и взвешивали. С целью выявления кормовой ценности лугов и их устойчивости к выпасу все виды растений были разделены на три функциональные группы, для каждой из которых определены суммарное проективное покрытие и доля видов в сообществе. F-группа (*forage species*) включает кормовые чувствительные к выпасу виды из числа злаков, осок, бобовых, реже разнотравья (табл. 1). GRF-группа (*grazing-resistant forage species*) представлена кормовыми устойчивыми к выпасу видами с плотно-дерновинной или розеточной жизненной формой, стелющимися или быстро отрастающими побегами. LPI-группа (*less palatable/inedible species*) — ядовитые, колючие, жестколистные, грубостебельные, грубоопушенные, резко пахнущие и неприятные на вкус виды. Номенклатура видов дана в соответствии с базой The Plant List¹.

Фактическую пастбищную нагрузку оценивали в условных головах на гектар во время экспедиционных выездов 2021 г. путем прямого подсчета на протяжении одной–двух недель и опроса чабанов, арендаторов пастбищных земель. Недостающую информацию получили на основе анализа имеющихся по региону сельскохозяйственных статистических сводок (Районы ..., 2019). В качестве эквивалента пастбищных животных приняты овцы с коэффициентами перевода стада в условное поголовье согласно Приказу Министерства сельского хозяйства Российской Федерации № 62 от 13 января 2020 г.: коровы и быки — 1; яки — 1; лошади — 1.5; овцы — 0.1. Однако, учитывая, что на горных пастбищах Кабардино-Балкарской Республики в настоящее время поголовье выпасаемых овец значительно превалирует над поголовьем крупнорогатого скота (Районы ..., 2019), в данной работе мы использовали показатели условного поголовья овец с соответствующими коэффициентами перевода: овцы — 1, коровы и быки — 10; яки — 10; лошади — 15.

Допустимую пастбищную нагрузку (овец га⁻¹ день⁻¹) на каждой модельной площадке рассчитывали по формуле $U/(P \times T)$, где U — урожайность с гектара пастбищ (запас сырой надземной фитомассы, 10² кг га⁻¹); P — суточная потребность одной овцы в пастбищном корме [в среднем составляет 2.5 кг (Борликов и др., 2006)]; T — продолжительность пастбищного сезона (на Центральном Кавказе в среднем с мая по октябрь — около 180 дней).

Для определения физико-химических показателей почв на каждой площадке методом конверта отбирали пять образцов верхнего почвенного слоя (0–20 см) с использованием почвенного бура (диаметр 70 мм), затем тщательно перемешали в один составной образец. Влажность (%) и плотность (г см³) почвы определяли гравиметрически (Казеев и др., 2003). Свежую массу измеряли в полевых условиях, затем образцы сушили в печи при 115°C в течение 4 ч, охлаждали в эксикаторе в течение 60 мин и повторно взвешивали. Для определения содержания (%) и запаса (10³ кг га⁻¹) гумуса использовали метод Тюрина в модификации Никитина (Казеев и др., 2003) и плотность почвы соответственно. pH почвы (почвенно-водная суспензия 1 : 2.5) измеряли потенциометрически с использованием pH-метра. Аналитическое переопределение — 3–6-кратное.

Для определения растительных и почвенных индикаторов стадий деградации (*degradation stage*, DS) использовали линейный дискриминантный анализ LDA для независимых групп модельных площадок (Statistica 10.0). Для установления различий между стадиями деградации

¹ <http://www.theplantlist.org/> (дата обращения 18.09.2022).

Таблица 1. Основные виды функциональных групп растений семиаридных лугов

Вид	Группа	Вид	Группа
<i>Agrostis capillaris</i> L.	F	<i>Achillea millefolium</i> L.	LPI
<i>Bromus variegatus</i> M. Bieb.	F	<i>Artemisia austriaca</i> Jacq.	LPI
<i>Bromus riparius</i> Rehmman	F	<i>Artemisia chamaemelifolia</i> Vill.	LPI
<i>Helictotrichon adzharicum</i> (Albov) Grossh.	F	<i>Astracantha aurea</i> (Willd.) Podlech	LPI
<i>Helictotrichon pubescens</i> (Huds.) Schult. & Schult.f.	F	<i>Carduus nutans</i> L.	LPI
<i>Koeleria macrantha</i> (Ledeb.) Schult.	F	<i>Cirsium rhizocephalum</i> C.A. Mey.	LPI
<i>Phleum phleoides</i> (L.) H. Karst.	F	<i>Euphorbia seguieriana</i> Neck.	LPI
<i>Trifolium pratense</i> L.	F	<i>Phlomis tuberosa</i> (L.) Moench	LPI
<i>Onobrychis biebersteinii</i> Sirj.	F	<i>Pilosella officinarum</i> Vaill.	LPI
<i>Onobrychis ruprechtii</i> Grossh.	F	<i>Plantago atrata</i> Hoppe	LPI
<i>Carex humilis</i> Leyss.	GRF	<i>Salvia verticillata</i> L.	LPI
<i>Festuca ovina</i> L.	GRF	<i>Teucrium chamaedrys</i> L.	LPI
<i>Festuca pratensis</i> Huds.	GRF	<i>Teucrium polium</i> L.	LPI
<i>Festuca valesiaca</i> Schleich. ex Gaudin	GRF	<i>Teucrium orientale</i> L.	LPI
<i>Poa angustifolia</i> L.	GRF	<i>Thymus collinus</i> M. Bieb.	LPI
<i>Trifolium ambiguum</i> M. Bieb.	GRF	<i>Thymus marschallianus</i> Willd.	LPI
<i>Trifolium repens</i> L.	GRF	<i>Veronica gentianoides</i> Vahl	LPI

Примечание. F (forage species) — кормовые чувствительные к выпасу виды; GRF (grazing-resistant forage species) — кормовые устойчивые к выпасу виды; LPI (less palatable/inedible species) — плохо поедаемые и непоедаемые виды.

пастбищ использовали однофакторный дисперсионный анализ (one-way ANOVA) и попарное апостериорное сравнение по критерию Фишера (Fisher LSD). На основе выделенных растительных и почвенных индикаторов с использованием регрессионного анализа вычислены значения индекса деградации пастбищ (degradation index, DI). Индексы Шеннона и Симпсона рассчитаны с использованием Past 4.0 (Хаммер и др., 2001).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Определение растительных и почвенных индикаторов стадий деградации. Для проведения дискриминантного анализа, в полевых условиях были выделены четыре группы модельных площадок по результатам оценки фактической пастбищной нагрузки: DS1 — до 10 овец га⁻¹ день⁻¹, DS2 — 15–30 овец га⁻¹ день⁻¹, DS3 — 20–100 овец га⁻¹ день⁻¹, DS4 — любая численность поголовья, выпасаемого на деградированных кустарниковых ландшафтах с эродированными песчаными почвами (рис. 2). Результаты LDA (Wilks' Lambda = 0.00169, approx. F (57.489) = 64.478, $P < 0.0000$) для четырех независимых групп модельных площадок по 19 параметрам растительности и почвы выявили кластеризацию, поддерживающую DS1, DS2, DS3, DS4 как четыре отдельные стадии деградации пастбищ (рис. 3). На первые два канонических корня (Root 1 и Root 2) приходится около 97% общей изменчивости переменных. Пер-

вый корень сформирован большинством изученных параметров, за исключением плотности почв и проективного покрытия GRF-группы (факторные нагрузки на второй корень — 0.61 и 0.64 соответственно). Ассоциации модельных площадок, соответствующие DS1, DS2 и DS3, имеют тенденцию к последовательному смещению от положительно-отрицательной к отрицательно-положительной четверти на диаграмме рассеяния первых двух канонических корней. Площадки DS4 отличаются вертикальным смещением в область отрицательных значений второго корня, которая соответствует местоположению площадок DS1.

Только 16 из 19 параметров влияют на идентификацию стадий деградации (табл. 2). Разница между четырьмя стадиями значима ($P < 0.05$) по 10 переменным (рис. 4). Высота и общее проективное покрытие травостоя, два наиболее легко измеряемых параметра в полевых условиях, линейно уменьшаются в ряду DS1–DS4 соответственно с 25.4 ± 3.2 до 3.6 ± 1.2 см и с 93 ± 5 до $41 \pm 7\%$. Сокращение проективного покрытия видов F-группы определяет снижение кормовой ценности лугов с усилением деградации. Индекс Шеннона проявляет тенденцию к снижению от DS1 к DS4, в то время как тенденция индекса Симпсона противоположна. Влажность почвы на DS1 составляет $25.7 \pm 6\%$, что на 25% выше, чем на DS2 и на 47 и 58% выше, чем на DS3 и DS4. Плотность почвы возрастает от DS1 к DS3, затем снижается. Учитывая высокую факторную нагрузку параметра на

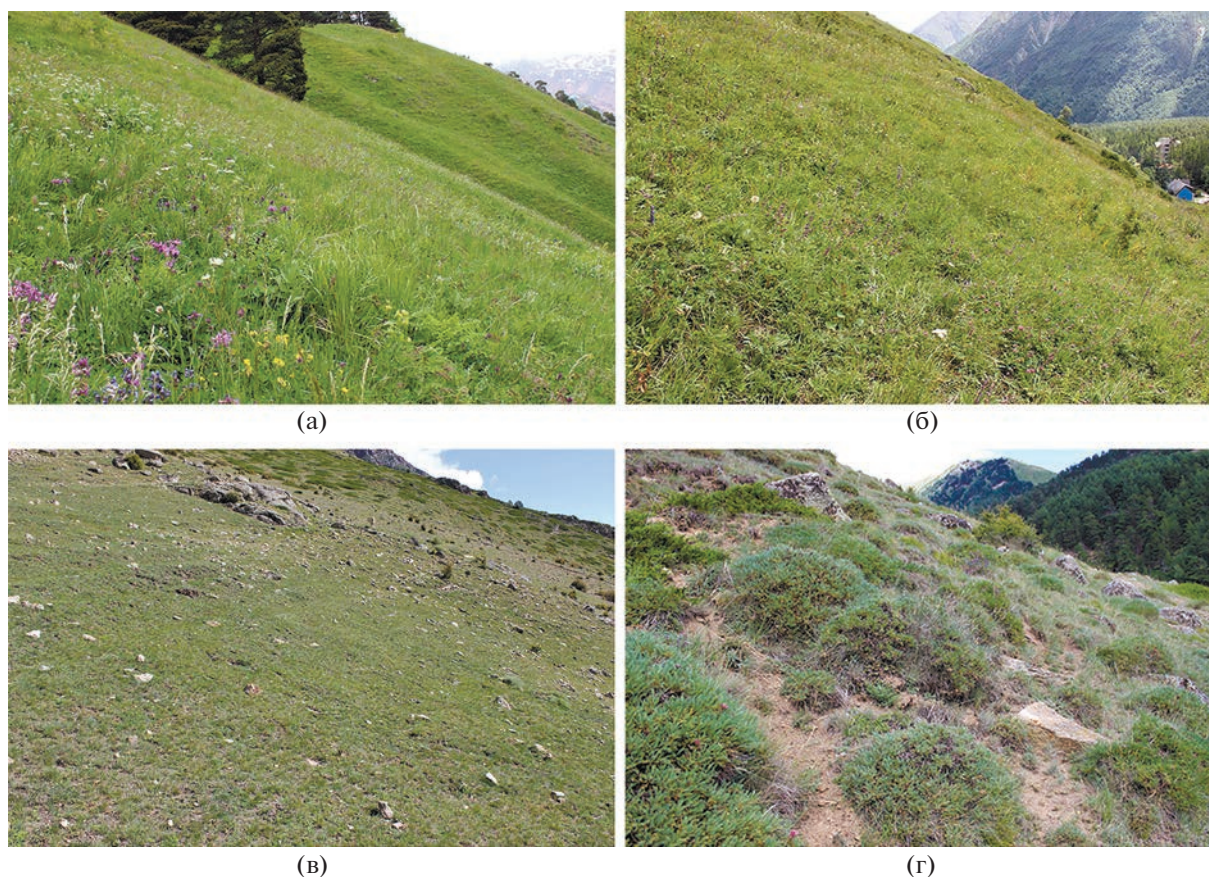


Рис. 2. Стадии пастбищной деградации лугов. (а) — наименее деградированные; (б) — умеренно деградированные; (в) — сильно деградированные; (г) — крайне деградированные.

второй корень, это в основном объясняет аналогичное расположение площадок DS1 и DS4 на диаграмме рассеяния (см. рис. 3). Кислотность почвы повышается по мере усиления деградации пастбищ, однако чрезмерная изменчивость этого параметра затрудняет его использование в анализе. Содержание и запасы гумуса снижаются в ряду деградации, вероятно, из-за уменьшения количества органики, поступающей с растительным опадом.

Три из четырех стадий деградации отличаются ($P < 0.05$) по шести растительным параметрам (рис. 5). Запасы сырой фитомассы ниже на DS3, чем на DS2 и DS1, но схожи с таковыми на DS4. Разница между средними показателями доли и покрытия видов LPI-группы и доли видов GRF-группы незначительна в паре DS2 и DS3 ($P > 0.05$). Покрытие видов GRF-группы возрастает на DS2, затем снижается на DS3 и DS4, что свидетельствует о наибольшей устойчивости к выпасу и кормовой ценности лугов второй стадии деградации. Эта тенденция также объясняет сходное расположение площадок DS1 и DS4 на оси второго корня диаграммы рассеяния (см. рис. 3). Доля синантропных видов уменьшается с ростом ин-

тенсивности деградации. Тенденция более выражена между DS1 и DS4, в то время как DS1 и DS2 не различаются ($P > 0.05$) по этому параметру.

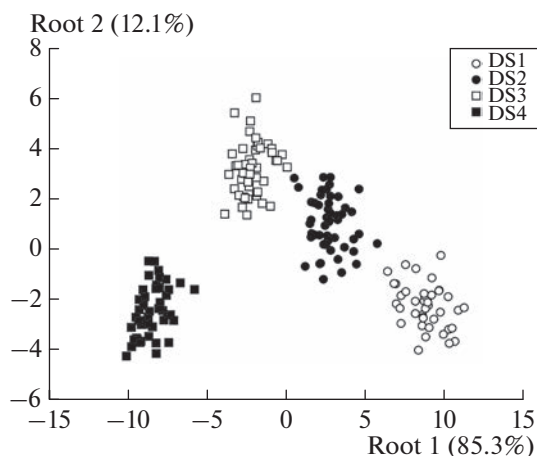


Рис. 3. Диаграммы рассеяния 186 модельных площадок по данным дискриминантного анализа стадий деградации семиаридных лугов (DS1–DS4).

Таблица 2. Данные линейного дискриминантного анализа с уровнями значимости параметров растительности и почвы при определении стадий деградации горных лугов

Параметр	Partial Lambda	F-test	Параметр	Partial Lambda	F-test
Покрытие травостоя, %	0.815	***	Доля видов F-группы, %	0.979	ns
Высота травостоя, см	0.763	***	Покрытие GRF-группы, %	0.619	***
Видовое богатство	0.967	ns	Proportion of GRF-группы, %	0.917	**
Индекс Шеннона	0.902	***	Покрытие LPI-группы, %	0.858	***
Индекс Симпсона	0.954	*	Доля видов LPI-группы, %	0.780	***
Влажность почвы, %	0.951	*	Доля редких видов, %	0.987	ns
Плотность почвы, г см ⁻³	0.815	***	Запас сырой фитомассы, 10 ² кг га ⁻¹	0.899	***
pH почвенного раствора	0.952	*	Доля синантропных видов, %	0.877	***
Содержание гумуса, %	0.856	***	Запас гумуса, 10 ³ кг га ⁻¹	0.915	***
Покрытие F-группы, %	0.802	***	—	—	—

Примечание. ns — нет статистических различий при $P < 0.05$; * статистически отличаются при $P < 0.05$; ** статистически отличаются при $P < 0.01$; *** статистически отличаются при $P < 0.001$; $n = 186$.

Вклад видового богатства и доли редких видов в дифференциацию стадий деградации незначителен ($P > 0.05$). Тем не менее эти параметры линейно уменьшаются соответственно с 45 ± 11 до 19 ± 5 и с 2 ± 1.6 до $0.05 \pm 0.02\%$ в ряду DS1–DS4.

Вычисление и шкалирование индекса деградации пастбищ. Для расчета индекса деградации DI с помощью множественного регрессионного анализа (Backward stepwise, F to enter = 11, F to remove = 10) были использованы девять показателей, диффе-

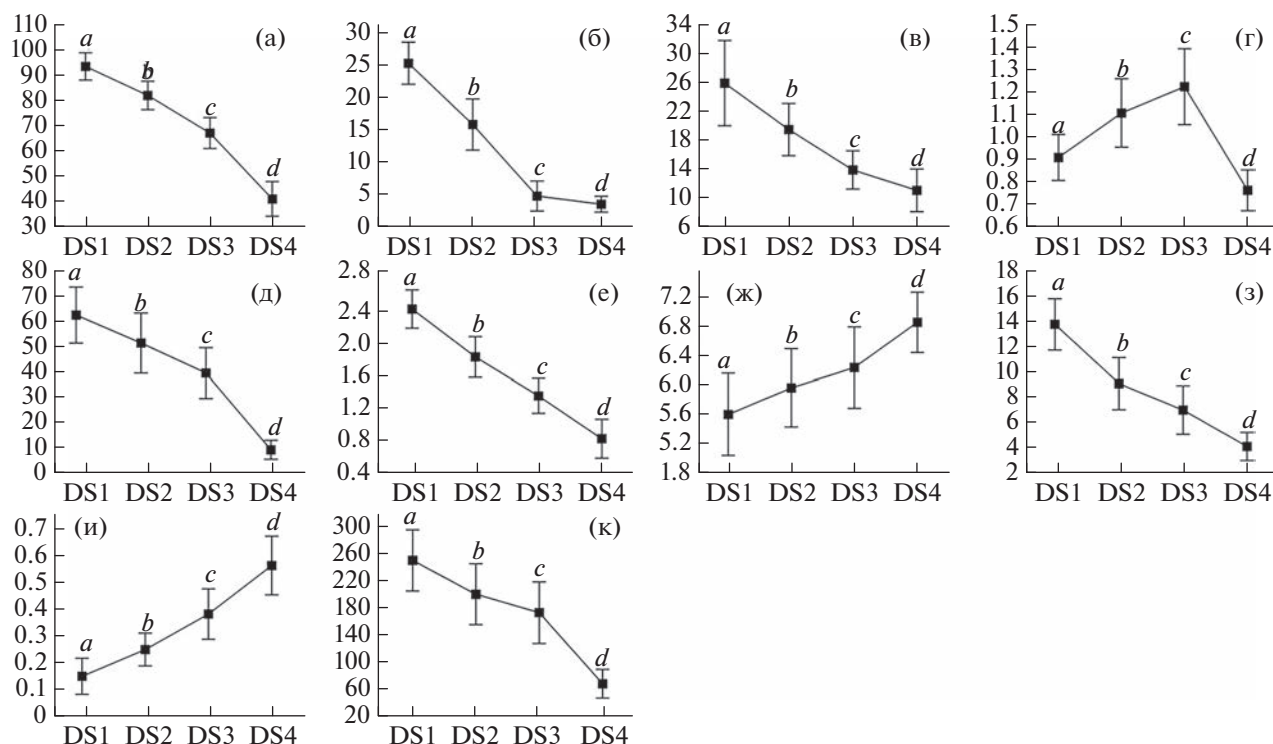


Рис. 4. Значимость различий параметров растительности и почвы, дифференцирующих четыре стадии деградации лугов (DS1–DS4). Представлены усредненные по модельным площадкам значения параметров $\pm$ стандартное отклонение ($n = 186$). Значения с разными буквами над столбиками для каждого исследуемого параметра различаются согласно тесту LSD при $P < 0.05$. (а) — покрытие травостоя, %; (б) — высота травостоя, см; (в) — влажность почвы, %; (г) — плотность почвы, г см⁻³; (д) — покрытие видов F-группы, %; (е) — индекс Шеннона; (ж) — pH почвенного раствора; (з) — содержание гумуса, %; (и) — индекс Симпсона; (к) — запас гумуса, 10³ кг га⁻¹.

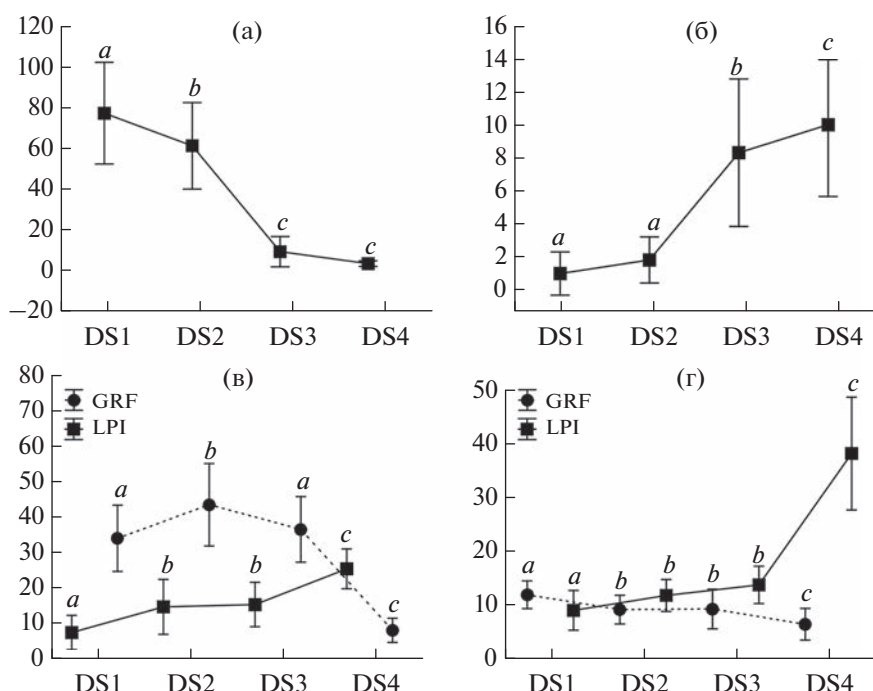


Рис. 5. Значимость различий параметров растительности, дифференцирующих три из четырех стадий деградации лугов (DS1–DS4). Представлены усредненные по модельным площадкам значения параметров $\pm$ стандартное отклонение ($n = 186$). Значения с одинаковыми буквами над столбиками для каждого исследуемого параметра не различаются согласно тесту LSD при $P < 0.05$. (а) – запас сырой фитомассы, 10^2 кг га^{-1} ; (б) – доля синантропных видов, %; (в) – покрытие видов GRF- и LPI-групп, %; (г) – доля видов GRF- и LPI-групп, %.

ренцирующих все четыре стадии деградации пастбищ. Модель объясняет около 96% вариации независимых переменных при уровне значимости $P < 0.00000$, разнице между коэффициентами регрессии R^2 и $\text{Adj. } R^2 - 0.001$ и довольно низкой стандартной ошибке оценки SEE (табл. 3). Эти характеристики подчеркивают высокую прогностическую способность регрессионной модели. Покрытие видов F-группы, индекс Симпсона, плотность и запас гумуса исключены из модели как предикторы с коэффициентами регрессии b , близкими к нулю. Переменной с наибольшим коэффициентом регрессии является индекс Шеннона, за которым следуют высота травостоя, содержание гумуса, проективное покрытие травостоя и влажность почвы. Снижение этих параметров с отрицательными коэффициентами регрессии соответствует увеличению степени деградации пастбищ. Значения индекса DI, рассчитанные для каждой стадии деградации (one-way ANOVA) в соответствии с моделью, представляют собой наглядный ряд: 1 ± 0.3 для DS1, 2 ± 0.2 для DS2, 3 ± 0.2 для DS3, 4 ± 0.2 для DS4 (рис. 6).

Наиболее ценные с позиции длительного выпаса – пастбища DS2 с высоким проективным покрытием видов F- и GRF-групп. Для поддержания семиаридных лугов на стадии DS2 необходимо регулирование пастбищной нагрузки. Фак-

тическая пастбищная нагрузка на лугах стадий DS1 и DS2 (23 и 27% модельных площадок) соответственно не превышает и приемлемо выше допустимой (табл. 4). В то же время 50% модельных площадок представляют сильно и чрезвычайно деградированные пастбища (DS3 и DS4), где фактическая пастбищная нагрузка значительно превышает допустимую.

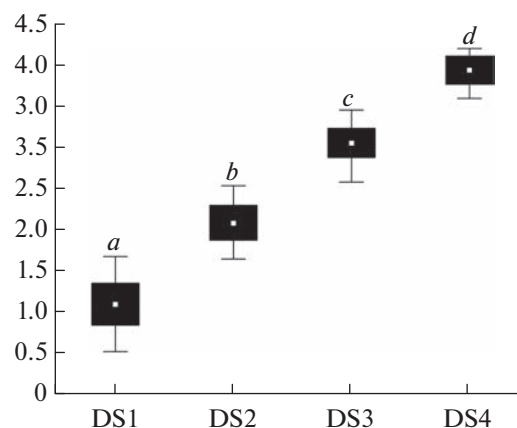


Рис. 6. Значения индекса деградации пастбищ на каждой стадии (DS1–DS4). Значения с разными буквами над столбиками различаются согласно тесту LSD при $P < 0.05$.

Таблица 3. Данные множественного регрессионного анализа, показывающие уровни значимости параметров растительности в определении стадий деградации лугов

Независимые переменные	Код переменной	<i>b</i>	Стандартная ошибка <i>b</i>	<i>t</i> -test
Intercept	—	5.51	0.073	*
Индекс Шеннона	A	−0.36	0.065	*
Высота травостоя, см	B	−0.03	0.004	*
Содержание гумуса, %	C	−0.03	0.008	*
Покрывание травостоя, %	D	−0.02	0.002	*
Влажность почвы, %	E	−0.02	0.004	*
Математическая модель	R^2	Adj. R^2	<i>P</i> -value	SEE
DI = 5.51 − 0.36A − 0.03B − 0.03C − 0.02D − 0.02E	0.963	0.962	< 0.0000	0.213

Примечание. DI (grassland degradation index) — индекс деградации пастбищ; * статистически отличаются при $P < 0.001$; $n = 186$.

Таблица 4. Фактическая и допустимая пастбищные нагрузки на различных стадиях деградации (DS) семиаридных лугов Центрального Кавказа

DS	Фактическая пастбищная нагрузка (овец га ^{−1} день ^{−1})				Допустимая пастбищная нагрузка (овец га ^{−1} день ^{−1})				Соотношение фактической и допустимой нагрузок			
	Mean	Std. dev.	Min	Max	Mean	Std. dev.	Min	Max	Mean	Std. dev.	Min	Max
DS1	3.7	2.8	0	9	23.8	7.7	12.9	41.2	0.2	0.15	0	1
DS2	23.1	4.6	14	30	18.9	6.5	5.5	36.9	1.4	0.7	0.6	5.2
DS3	58.4	18.3	20	90	2.9	1.8	0.3	8.6	41.3	16.8	4.5	189
DS4	5.1	2.9	1	14	1.1	0.1	0.3	1.8	5.4	4.1	0.6	23

Примечание. DS1 — наименее деградированные луга; DS2 — умеренно деградированные луга; DS3 — сильно деградированные луга; DS4 — крайне деградированные луга.

ДИСКУССИЯ

За последнее столетие многие семиаридные экосистемы мира подверглись деградации. В данном процессе задействовано несколько взаимосвязанных факторов, и одной из ключевых детерминант является нерациональное управление выпасом (Cipriotti et al., 2019; Gasanova, 2014; Zhang et al., 2019). На Центральном Кавказе круглогодичный выпас скота на высокогорных семиаридных пастбищах в окрестностях населенных пунктов привел к изменениям параметров растительности и почвы. Среди переменных, различающихся ($P < 0.05$) по всем четырем стадиям деградации, высота и проективное покрытие травостоя и ценных кормовых видов, индексы Шеннона и Симпсона, влажность, плотность и pH почвы, содержание и запас гумуса (см. табл. 2, рис. 4).

В пастбищных экосистемах высота и проективное покрытие травостоя являются основными и ранними индикаторами деградации, вызванной перевыпасом скота (Kemp et al., 2020; Mayel et al., 2021). Травоядные животные откусывают верхушки побегов и вытаптывают растительный покров, что приводит к снижению темпов роста растений и оголению участков почвы. В горах Центрального Кавказа критические значения высоты

и проективного покрытия травостоя для DS2 составляют 16 ± 4 см и $82 \pm 6\%$, для DS3 — 5 ± 2 см и $67 \pm 6\%$ соответственно. Результаты исследований подтверждают снижение этих параметров с увеличением интенсивности деградации как в горных экосистемах мира (Haider et al., 2011; Wei et al., 2011; Kemp et al., 2020; и др.), так и в засушливых степных ландшафтах равнин (Бадикова и др., 2018; Борликов и др., 2006; Миркин, Наумова, 2014; Миронычева-Токарева, 2009). Однако в отдельных случаях, как показано на примере равнинных степей Монголии (Микляева и др., 2004; Уртнасан, Любарский, 2013), на конечных стадиях пастбищной дигрессии при низкой высоте травостоя его проективное покрытие может возрастать до 85–95% за счет разрастания устойчивых к выпасу растений. Вероятно, это возможно в силу особенностей равнинного рельефа, не препятствующего закреплению растений в почве, а также микроклиматическим условиям влагообеспеченности участков.

По мере уменьшения покрытия травостоя усиливается степень эрозии почв, что является обычным явлением в засушливых горных районах (Gasanova, 2014; Koç et al., 2020). Наши результаты показали, что критическое значение проек-

тивного покрытия травостоя, когда растительность больше не удерживает почву, и возрастает сток с голых участков земли (стадия DS4), составляет $40 \pm 7\%$. Этот результат согласуется с тем, что водная эрозия развивается на горных пастбищах с растительным покровом менее 30–40% (Çotaklı et al., 2021). В условиях семиаридных равнинных ландшафтов, например, на черноземельских пастбищах юга европейской части России (Борликов и др., 2006) и в степях Калмыкии (Bananova and Lazareva, 2014), большую роль в развитии деградационных процессов имеет ветровая эрозия, которая обуславливает движение легких почв, сформированных при разрушении дернины и распылении почв копытами овец.

Сток с голых участков склонов и уменьшение массы растительного опада приводят к потере органического вещества почвы в горных экосистемах (Авессаломова и др., 2002; Liu et al., 2011; Mayel et al., 2021), в нашем исследовании особенно заметной на стадии DS4 (см. рис. 4). На равнинных пастбищах основную роль в дегумификации почв при интенсивном выпасе играет снижение количества мертвой растительной массы (Кобечинская, 2018).

Известно, что с увеличением интенсивности выпасывания скотом возрастает степень уплотнения почвы, в том числе в условиях гор (Zhang et al., 2019). В наших площадках плотность почвы увеличилась с интенсивностью выпаса в ряду DS1–DS3, однако затем снизилась на DS4 (см. рис. 5), вероятно, из-за водной эрозии и изменений в почвенной структуре. Сходные процессы отмечены Г.М. Борликовым с соавт. (2006) на равнинных пастбищах Прикаспия, где длительный выпас овец приводит сначала к уплотнению почв, а затем к их распылению и формированию барханного рельефа.

Самая низкая влажность почвы также отмечена на стадии DS4, что согласуется с данными о снижении этого параметра на деградированных лугах из-за уменьшения водоудерживающей способности верхних горизонтов, вызванной потерей органического вещества, изменениями механического состава, высокой скоростью испарения воды и стока с голых участков земли (Guo et al., 2020; Liu et al., 2016; Taboada et al., 2011; и др.). На равнинных пастбищах большее значение в снижении влажности почвы имеет уменьшение ее способности пропускать воду вследствие уплотнения верхних горизонтов при интенсивном выпасе. Так, в опустыненных степях равнинного Крыма общая скважность в уплотненных горизонтах опустилась до 30–40%, являясь ярким индикатором изменения физических свойств почвы вследствие пастбы (Кобечинская, 2018).

Увеличение pH почвенного раствора с интенсивностью выпаса (см. рис. 4) также упоминалось

в связи с приближением карбонатов к поверхности почвы из-за уменьшения глубины верхних горизонтов при выпасывании в горах (Авессаломова и др., 2002; Mayel et al., 2021; Zhang et al., 2019). Подщелачивание верхних горизонтов почвы в целом характерно для семиаридных луговых экосистем (Kudrevatykh et al., 2021). При этом на равнинных пастбищах подщелачивание верхних горизонтов переуплотненных почв при значениях pH = 9 и выше нередко сопровождается их засолением (Кобечинская, 2018).

Видовое разнообразие (индекс Шеннона) линейно уменьшается, а степень доминирования (индекс Симпсона) увеличивается в ряду DS1–DS4 (см. рис. 4). Трансформированные луга имеют меньшее видовое разнообразие из-за возрастания степени доминирования отдельных видов, что характерно как для горных (Gasanova, 2014), так и для равнинных (Бадикова и др., 2018; Гунин и др., 2003; Имескенова, Бутуханов, 2013; Кобечинская, 2018; Миркин, Наумова, 2014; Muller et al., 2021) пастбищ. Примечательно, что показатель видового богатства при этом значительно не снижается (см. табл. 2), т.е. в сообществе сохраняется основной состав видов, в то время как их количественное соотношение по проективному покрытию меняется. Изменение покрытия доминирующих видов является ключевой реакцией растительных сообществ на выпас скота и показателем их устойчивости к нарушениям (Fıncıoğlu et al., 2009). Выборочное потребление растений из числа первичных доминантов приводит к распространению в сообществах сопутствующих или чужеродных видов из-за освобождения от конкуренции (Muller et al., 2021; Nakano et al., 2020). На высокогорных лугах Центрального Кавказа инвазивные растения практически отсутствуют, поэтому изменение иерархии доминирования происходит среди аборигенных видов. Первичные доминанты ненарушенных лугов стадии DS1 из F-группы (*B. riparius*, *B. variegatus*, *A. capillaris*, *H. pubescens*, *F. pratensis*) на стадии DS2 сменяются вторичными доминантами из GRF-группы (*F. valesiaca* (*F. ovina*) и/или *C. humilis*), покрытие которых значительно возрастает (см. рис. 5). Эти виды – ценные кормовые многолетники с плотной дерниной и быстрорастущими побегами. Они определяют высокие кормовые качества пастбищ DS2, их устойчивость к выпасу, приемлемые показатели высоты и покрытия травостоя, запасов фитомассы (см. рис. 4, 5). Известно, что нарушение пастбищ в целом благоприятствует распространению видов семейств Poaceae и Cyperaceae (Fıncıoğlu et al., 2009; Muller et al., 2021). Так, *F. valesiaca* и *F. ovina* доминируют на умеренно деградированных семиаридных горных лугах Турции и Азербайджана (Fıncıoğlu et al., 2009; Gasanova, 2014; Koç et al., 2020). Виды *Festuca* spp. и/или *Carex* spp. являются вторичными доминан-

тами на стадиях умеренной деградации равнинных степных пастбищ на юге европейской части России (Борликов и др., 2006; Lebedeva et al., 2011), Южном Урале (Бадикова и др., 2018; Миркин, Наумова, 2014), в Забайкалье (Гунин и др., 2003; Имескенова, Бутуханов, 2013), Монголии (Микляева и др., 2004; Уртнасан, Любарский, 2013) и Южном Предуралье (Сидоров и др., 2013). Повышение кормовой ценности с усилением пастбищной нагрузки также в целом характерно для семиаридных лугов (Имескенова, Бутуханов, 2013; Bosch, 1989). В таких случаях важно поддерживать пастбища на стадии сукцессии с высокой продуктивностью и оптимальным для выпаса составом травостоя (Karatassiou, 2016).

Несмотря на высокое покрытие *F. valesiaca* и *C. humilis*, кормовая ценность лугов стадии DS3 снижается на фоне сокращения покрытия и высоты травостоя, запасов сырой фитомассы (см. рис. 4, 5). Готовность скотоводов контролировать поголовье скота имеет решающее значение для восстановления этих лугов, где фактическая пастбищная нагрузка местами в 189 раз превышает допустимую.

Дальнейшее ухудшение состояния лугов из-за длительного перевыпаса (стадия DS4) приводит к смене кормовых растений плохо поедаемыми и несъедобными, в том числе синантропными (*Carduus nutans*, *Cirsium rhizocephalum*, *C. ciliatum*, *C. pugnax* и др.), видами, что способствует увеличению покрытия LPI-группы (см. рис. 5). Данная тенденция является общей как для горных лугов, так и для равнинных пастбищ. Так при чрезмерном выпасе скота в степной зоне Монголии доля плохо поедаемого и ядовитого разнотравья составила более 80% наземной фитомассы (Микляева и др., 2004), на степных пастбищах Забайкалья — около 25% проективного покрытия (Имескенова, Бутуханов, 2013).

Одновременно на стадии DS4 возрастает покрытие непоедаемых и плохо поедаемых полукустарников (*A. chamaemelifolia*, *A. austriaca* и *Astracantha aurea*), а также ксерофитных кустарников (*Berberis vulgaris*, *Juniperus* spp., *Rosa* spp.). Виды полыней *Artemisia* spp. с неприятным для животных запахом, а также колючий полукустарник *Astracantha aurea* рассматриваются исследователями как индикаторы деградации семиаридных горных лугов Кавказа и Турции (Koç et al., 2020; Peper et al., 2010). На равнинных степных пастбищах также характерно повышение обилия видов *Artemisia* spp. с усилением выпаса скота. В то же время доминирование полыней отмечается исследователями в основном для умеренных/средних стадий деградации, как это показано для Монголии (Микляева и др., 2004), Прикаспия (Борликов и др., 2006), Забайкалья (Гунин и др., 2003; Имескенова, Бутуханов, 2013), Южного

Урала (Бадикова и др., 2018; Миркин, Наумова, 2014; Миронычева-Токарева, 2009) и Предуралья (Сидоров и др., 2013). Крайние стадии деградации семиаридных равнинных пастбищ чаще всего характеризуются значительным увеличением обилия, во многих случаях доминированием, однолетних видов растений (Бадикова и др., 2018; Борликов и др., 2006; Имескенова, Бутуханов, 2013; Микляева и др., 2004; Миркин, Наумова, 2014; Миронычева-Токарева, 2009; Сидоров и др., 2013; Bananova and Lazareva, 2014), что является существенным отличием закономерностей пастбищной деградации изученных горных лугов Кавказа и равнинных семиаридных пастбищ.

Таким образом, стадия DS4 является крайним случаем деградации пастбищ в высокогорных семиаридных экосистемах Центрального Кавказа. Распространение этой стадии приводит к смене ксерофитными типами кустарниковых ландшафтов более мезофитных типов с гомогенизацией растительности в крупных масштабах, эрозией почвы и гидрологическими изменениями. Распространение кустарниковых сообществ с характерных петрофитных местообитаний на зональные ландшафты в результате интенсивного пастбищного использования горных и равнинных семиаридных экосистем в настоящее время носит глобальный характер (Fıncıoğlu et al., 2009; Koç et al., 2020; Lebedeva et al., 2011; Nakano et al., 2020; Peper et al., 2010). Такое потенциально необратимое ухудшение растительного и почвенного покровов на Центральном Кавказе, вероятно, не может быть устранено только путем исключения выпаса скота. Из-за низкой кормовой ценности пастбищная нагрузка на стадии DS4 в целом не превышает 5.1 ± 2.9 овец га⁻¹ день⁻¹ (см. табл. 4), однако, какие-либо свидетельства восстановления подобных пастбищ отсутствуют.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Длительный перевыпас скота на присельских семиаридных лугах Центрального Кавказа, обусловленный отсутствием рыночных стимулов для аренды отгонных пастбищ и слабым мониторингом землепользования со стороны муниципалитетов, привел к выраженной деградации почвенного и растительного покрова этих горных экосистем. Среди основных индикаторов деградации пастбищ выделены высота и проективное покрытие травостоя, индекс Шеннона, содержание гумуса и влажность почвы, значительно снижающиеся по мере усиления выпаса. На основе данных параметров разработана четырехступенчатая система оценки стадий деградации лугов и выявлены нормы выпаса для каждой стадии. Для поддержания пастбищ на начальных стадиях деградации (DS1 и DS2) достаточно регулировать поголовье скота и проводить мониторинг состояния лугов. Для восстановления

пастбищных угодий на конечных стадиях деградации (DS3 и DS4) сокращение пастбищной нагрузки, вероятнее всего, должно сочетаться с традиционными методами — удобрением почв, дополнительным орошением, подсевом растений, борьбой с закусариванием и т.п. Данная система оценки может быть обобщена на различные типы семиаридных лугов и применяться для управления пастбищными угодьями в других полусухих регионах.

Сравнительный анализ закономерностей пастбищной деградации растительного и почвенного покровов семиаридных горных лугов Центрального Кавказа и равнинных степных пастбищ Урала, Предуралья, Забайкалья, Монголии и др. показал значительную схожесть основных тенденций данного процесса. В целом сходная динамика характерна для проективного покрытия и высоты травостоя, видового разнообразия сообществ, pH и плотности почв. Общими чертами обладают стадии изменения иерархии доминирования видов в сообществах: первичные доминанты (широкий спектр видов) — вторичные пастбищные доминанты с высокой кормовой ценностью и устойчивостью к выпасу (виды *Festuca* spp. и *Carex* spp.) — плохо поедаемые виды полыней *Artemisia* spp. и сорное/ядовитое разнотравье. В то же время, в отличие от горных пастбищ, где важнейшим фактором деградации почв выступает водная эрозия, в равнинных экосистемах большее значение имеет ветровая эрозия. Меньшую роль в деградации и снижении влажности почв равнинных степей играет также сток с оголенных участков. Кроме того, если в горах Центрального Кавказа конечная стадия пастбищной деградации представляет собой устойчивые петрофитные кустарниковые ландшафты, то процесс деградации равнинных степных пастбищ часто приводит к формированию кратковременных фитоценозов с доминированием однолетних видов растений. Общность тенденций пастбищной деградации горных семиаридных лугов Кавказа и равнинных степей Калмыкии, Урала, Предуралья, Забайкалья, Монголии, Прикаспия, Крыма и юга европейской части России позволяет использовать выявленные ключевые параметры почв и растительных сообществ в качестве основных ориентировочных индикаторов при изучении влияния выпаса скота на семиаридные экосистемы в достаточно широком географическом аспекте.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в рамках государственного задания “Закономерности пространственно-временной динамики луговых и лесных экосистем в условиях горных территорий (российский Западный и Центральный Кавказ)”, проект № 075-00347-19-00.

FUNDING

This work was supported by the state assignment “Patterns of the Spatiotemporal Dynamics of Meadow and Forest Ecosystems in Mountainous Areas (Russian Western and Central Caucasus),” no. 075-00347-19-00.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Авессаломова И.А., Петрушина М.Н., Хорошев А.В. Горные ландшафты: структура и динамика. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2002. 158 с.
- Бадикова А.А., Хусаинова С.А., Ахмадуллин И.И., Хусаинов А.Ф. Влияние выпаса на флору и растительность петрофитных степей на южной границе Природного парка “Кандры-куль” // Тенденции развития науки и образования. 2018. Т. 43. № 7. С. 59–62.
- Борликов Г.М., Бананова В.А., Лазарева В.Г., Бамбышева А.Н. Динамика опустынивания черноземельских пастбищ юга европейской части России // Научная мысль Кавказа. 2006. № 2. С. 63–69.
- Грачева Р.Г., Белоновская Е.А. Современное состояние пасторальных экосистем Центрального Кавказа // Изв. РАН. Сер. геогр. 2010. № 1. С. 90–102.
- Гунин П.Д., Микляева И.М., Бажа С.Н., Слемнев Н.Н., Чердонова В.А. Особенности деградации и опустынивания растительных сообществ лесостепных и степных экосистем Южного Забайкалья // Аридные экосистемы. 2003. Т. 9. № 19–20. С. 7–21.
- Имескенова Э.Г., Бутуханов А.Б. Продукционные возможности пастбищных экосистем тункинского района // Вестн. Бурятской гос. с.-х акад. им. В.Р. Филиппова. 2013. № 1 (30). С. 77–81.
- Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследования. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростов. ун-та, 2003. 204 с.
- Кобечинская В.Г. Постпастбищная демутация в опустыненных степях равнинного Крыма с учетом интенсивности пастбищной нагрузки // Учен. зап. Крмского фед. ун-та им. В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2018. Т. 70. № 4. С. 79–96.
- Микляева И.М., Гунин П.Д., Слемнев Н.Н., Бажа С.Н., Факхире А. Нарушенность растительности степных экосистем // Аридные экосистемы. 2004. Т. 10. № 24–25. С. 35–47.
- Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Изучение состава и динамики растительных сообществ в Республике Башкортостан // Вестн. Акад. наук Республики Башкортостан. 2014. Т. 19. № 2. С. 29–39.
- Миронычева-Токарева Н.П. Эволюция растительного покрова лугов Южного Урала // Гео-Сибирь. 2009. Т. 4. № 2. С. 78–83.
- Пшегусов Р.Х., Чадаева В.А. Исторические аспекты использования пастбищных ресурсов горно-луговых экосистем Кабардино-Балкарской Республики // Докл. Адыгской (Черкесской) Междунар. акад. наук. 2020. Т. 20. № 2. С. 16–23.
- Районы и города Кабардино-Балкарии. Статистический сборник / гл. ред. Н.В. Скоркина. Нальчик: ОП Северо-Кавказстата по КБР, 2019. 151 с.
- Разумов В.В., Курданов Х.А., Разумова Л.А., Крохмаль А.Г., Батырбекова Л.М. Экосистемы гор Центрального Кавказа и здоровье человека. М.—Ставрополь: Илекса, Ставропольсервисшкола, 2003. 448 с.

- Сидоров Ю.Н., Докина Н.Н., Королев В.Л., Маханова Р.С. Погодные и антропогенные условия пастбищной дигрессии в зонах сухих и засушливых степей Южного Предуралья // Вестн. мясного скотоводства. 2013. № 4 (82). С. 111–116.
- Уртнасан М., Любарский Е.Л. Пастбищная дигрессия в степях Центральной Монголии (на примере сомона Батсумбэр Центрального аймака Монголии) // Учен. Зап. Казанского ун-та. Сер.: Естественные науки. 2013. Т. 155. № 1. С. 158–170.
- Bananova V.A., Lazareva V.G. Trends of changes in the botanical diversity under the influence of desertification in the Republic of Kalmykia // *Arid Ecosystems*. 2014. Vol. 4 (2). P. 119–126.
- Bosch O.J.H. Degradation of the semi-arid grasslands of southern Africa // *J. Arid Environ.* 1989. Vol. 16. P. 165–175.
- Chadaeva V., Gorobtsova O., Pshegusov R., Tsepkova N., Tembotov R., Khanov Z., Gedgafova F., Zhashuev A., Uligova T., Khakunova E., Stepanyan E. Stages of grassland degradation in subalpine ecosystems of the Central Caucasus, Russia // *Chil. J. Agr. Res.* 2021. Vol. 81. P. 630–642.
- Cipriotti P.A., Aguiar M.R., Wiegand Th., Paruelo J.M. Combined effects of grazing management and climate on semi-arid steppes: Hysteresis dynamics prevent recovery of degraded rangelands // *J. Appl. Ecol.* 2019. Vol. 56. P. 2155–2165.
- Christen M. Expanding Plant Species in Armenia: A Case Study from Geghadzor and Kuchak in the Aragatsotn Marz. Stuttgart: Acopian Center for the Environment, Univ. Hohenheim, 2020. 44 p.
- Çomaklı E., Güllap M.K., Çomaklı T., Bilgili A. The comparison of botanical composition and the condition and health class of different rangeland sites in forest ecosystem // *Turk. J. Agric. For.* 2021. Vol. 45. P. 349–355.
- Fıncıoğlu H.K., Seefeldt S.S., Sahin B., Vural M. Assessment of grazing effect on sheep fescue (*Festuca valesiaca*) dominated steppe rangelands, in the semi-arid Central Anatolian region of Turkey // *J. Arid Environ.* 2009. Vol. 73. P. 1149–1157.
- Gasanova A.F. Ecological evaluation of rangeland quality in dry subtropics of Azerbaijan // *Eurasian Soil Science*. 2014. Vol. 47 (12). P. 1283–1292.
- Guo X., Dai L., Li Q., et al. Light grazing significantly reduces soil water storage in alpine grasslands on the Qinghai-Tibet plateau // *Sustainability*. 2020. Vol. 12. Art. 2523.
- Haider M., Maclaurin A., Chaudhry A., Mushtaque M., Ullah S. Effect of grazing systems on range condition in Pabbi Hills Reserve Forest, Kharian, Punjab, Pakistan // *Chil. J. Agr. Res.* 2011. Vol. 71. P. 560–565.
- Hammer O., Harper D.A.T., Ryan P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis // *Palaeontol Electron.* 2001. Vol. 4. P. 4.
- IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. Vienna: Int. Union of Soil Sciences (IUSS), 2022. 236 p.
- Karatassiou M. Water use efficiency and net production of two semiarid grasslands in different successional stages // *Appl. Ecol. Env. Res.* 2016. Vol. 14. P. 41–53.
- Kemp D., Behrendt K., Badgery W., et al. Chinese degraded grasslands — pathways for sustainability // *Rangeland J.* 2020. Vol. 42. P. 339–346.
- Koç A., Güllap M.K., Sürmen M., Erkövan H.I. Changes in some vegetation properties of the rangelands of the Palandöken Mountains, Erzurum, over two decades // *Turk. J. Agric. For.* 2020. Vol. 44. P. 589–598.
- Kudrevatykh I.Yu., Kalinin P.I., Mitenko G.V., Alekseev A.O. The role of plant in the formation of the topsoil chemical composition in different climatic conditions of steppe landscape // *Plant Soil*. 2021. Vol. 465. P. 453–472.
- Lebedeva N.V., Ilyina L.P., Ponomareva A.V., Savitsky R.M. The effect of grazing intensity on the transformation of arid steppe ecosystems in the Manych Valley // *Arid Ecosystems*. 2011. Vol. 1. P. 251–259.
- Lee B.H., Kim J.Y., Park H.S., Sung K.I., Kim B.W. Evaluation of grassland grade by grassland vegetation ratio // *J. Korean Soc. Grass. Forage Sci.* 2020. Vol. 40. P. 29–36.
- Leu S., Mussery A.M., Budovsky A. The effects of long time conservation of heavily grazed shrubland: a case study in the Northern Negev, Israel // *Environ. Management*. 2014. Vol. 54. P. 309–319.
- Liu M., Ouyang S., Tian Y., et al. Effects of rotational and continuous overgrazing on newly assimilated C allocation // *Biol. Fert. Soils*. 2021. Vol. 57. P. 193–202.
- Mayel S., Jarrah M., Kuka K. How does grassland management affect physical and biochemical properties of temperate grassland soils? A review study // *Grass. Forage Sci.* 2021. Vol. 76. P. 1–30.
- Muller M., Siebert S., Ntoko B.R., Siebert F. A floristic assessment of grassland diversity loss in South Africa // *Bothalia*. 2021. Vol. 51 (1). Art. 11.
- Nakano T., Bat-Oyun T., Shinoda M. Responses of palatable plants to climate and grazing in semi-arid grasslands of Mongolia // *Glob. Ecol. Conserv.* 2020. Vol. 24. e0121.
- Navarro L.M., Pereira H.M. Rewilding abandoned landscapes in Europe // *Ecosystems*. 2012. Vol. 15. P. 900–912.
- Neudert R. Combating Pasture Degradation in Central Asia and the Caucasus — A Review of Approaches. In *Transitioning to Sustainable Life on Land*. / V. Beckmann (Ed.). Basel: MDPI, 2021. P. 231–273.
- Peper J., Pietzsch D., Manthey M. Semi-arid rangeland vegetation of the Greater Caucasus foothills in Azerbaijan and its driving environmental conditions // *Phytocoenologia*. 2010. Vol. 40. P. 73–90.
- Taboada M.A., Rubio G., Chaneton E.J. Grazing impacts on soil physical, chemical, and ecological properties in forage production systems. In *Soil management: Building a stable base for agriculture* / J.L. Hatfield, Th.J. Sauer (Eds.). USA: American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, 2011. P. 301–320.
- Tepanosyan G.H., Shushanik G.A., Muradyan V.S., Saghatelian A.K. Mapping man-induced soil degradation in Armenia's high mountain pastures through remote sensing methods: A case study // *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. 2017. Vol. 8. P. 105–13.
- Wei L., Huang H.-Z., Zhang Z.-N., Wu G.-L. Effects of grazing on the soil properties and C and N storage in relation to biomass allocation in an alpine meadow // *J. Soil Sci. Plant. Nut.* 2011. Vol. 11. P. 27–39.
- Zhang C., Dong Q., Chu H., et al. Grassland community composition response to grazing intensity under different grazing regimes // *Rangeland Ecol Manag.* 2018. Vol. 71. P. 196–204.
- Zhang B., Beck R., Pan Q., Zhao M., Hao X. Soil physical and chemical properties in response to long-term cattle grazing on sloped rough fescue grassland in the foothills of the Rocky Mountains, Alberta // *Geoderma*. 2019. Vol. 346. P. 75–83.

Assessment of the Grassland Degradation Stages in Highland Semiarid Ecosystems of the Central Caucasus

F. A. Tembotova¹, V. A. Chadaeva¹*, O. N. Gorobtsova¹, R. H. Pshegusov¹, N. L. Tsepkova¹,
R. H. Tembotov¹, Z. M. Khanov¹, F. V. Gedgafova¹, A. J. Zhashuev¹,
T. S. Uligova¹, and E. M. Khakunova¹

¹*Tembotov Institute of Ecology of Mountain Territories of Russian Academy of Sciences, Nalchik, Russia*

*e-mail: v_chadaeva@mail.ru

Overgrazing, grassland degradation, and soil erosion are significant problems in mountain semiarid ecosystems of the Central Caucasus. Semiarid highland grasslands mainly occur on southern slopes with shallow soils covering a rocky impermeable layer. These ecosystems experience more drought than the grasslands on the northern slopes, and like other drylands, they are especially prone to climate change and desertification. Year-round overgrazing in rural semiarid pastures, as a result of the increase in livestock on private farms at the turn of the 20th and 21st century, also contributed to landscape xerophytization and soil erosion. The aim was to define vegetation and soil indicators for the stages of grassland degradation to help land managers make decisions on sustainable grassland management. We identified four stages of grassland degradation and calculated the integral degradation index for each stage. Main indicators of grassland degradation were grass height, vegetation coverage, Shannon index, humus content, and soil moisture. These parameters decreased significantly with each stage of grassland degradation. At the stage of extremely degraded grasslands, there was clear evidence of the spread of drier vegetation types to more mesic types with soil erosion and hydrological change. Regulation of stocking rates at each stage of grassland degradation is recommended to maintain and restore the highland semiarid ecosystems of the Central Caucasus.

Keywords: semiarid highland grasslands, grazing, rangeland assessment, vegetation and soil indicators

REFERENCES

- Avessalomova I.A., Petrushina M.N., Khoroshev A.V. *Gornye landshafty: struktura i dinamika* [Mountain Landscapes: Structure and Dynamics]. Moscow: Mosk. Univ. Publ., 2002. 158 p.
- Bananova V.A., Lazareva V.G. Trends of changes in the botanical diversity under the influence of desertification in the Republic of Kalmykia. *Arid Ecosyst.*, 2014, vol. 4, no. 2, pp. 119–126.
- Badikova A.A., Khusainova S.A., Akhmadullin I.I., Khusainov A.F. Effect of grazing on the flora and vegetation of petrophyte steppes on the southern boundary of the Kandry-Kul Nature Park. *Tendents. Razvit. Nauki Obraz.*, 2018, vol. 43, no. 7, pp. 59–62. (In Russ.).
- Borlikov G.M., Bananova V.A., Lazareva V.G., Bambysheva A.N. Dynamics of desertification of black earth pastures in the south of the European part of Russia. *Nauch. Mysl' Kavkaza*, 2006, vol. 2, pp. 63–69. (In Russ.).
- Bosch O.J.H. Degradation of the semi-arid grasslands of southern Africa. *J. Arid Environ.*, 1989, vol. 16, pp. 165–175.
- Chadaeva V., Gorobtsova O., Pshegusov R., Tsepkova N., Tembotov R., Khanov Z., Gedgafova F., Zhashuev A., Uligova T., Khakunova E., Stepanyan E. Stages of grassland degradation in subalpine ecosystems of the Central Caucasus, Russia. *Chil. J. Agr. Res.*, 2021, vol. 81, pp. 630–642.
- Cipriotti P.A., Aguiar M.R., Wiegand Th., Paruelo J.M. Combined effects of grazing management and climate on semi-arid steppes: Hysteresis dynamics prevent recovery of degraded rangelands. *J. Appl. Ecol.*, 2019, vol. 56, pp. 2155–2165.
- Christen M. *Expanding Plant Species in Armenia: A Case Study from Geghadzor and Kuchak in the Aragatsotn Marz*. Stuttgart: Acopian Center for the Environment, University of Hohenheim, 2020. 44 p.
- Çomakli E., Güllap M.K., Çomakli T., Bilgili A. The comparison of botanical composition and the condition and health class of different rangeland sites in forest ecosystem. *Turk. J. Agric. For.*, 2021, vol. 45, pp. 349–355.
- Fırıncıoğlu H.K., Seefeldt S.S., Sahin B., Vural M. Assessment of grazing effect on sheep fescue (*Festuca valesiaca*) dominated steppe rangelands, in the semi-arid Central Anatolian region of Turkey. *J. Arid. Environ.*, 2009, vol. 73, pp. 1149–1157.
- Gasanova A.F. Ecological evaluation of rangeland quality in dry subtropics of Azerbaijan. *Eurasian Soil Sci.*, 2014, vol. 47, no. 12, pp. 1283–1292.
- Gracheva R.G., Belonovskaya E.A. The pastoral ecosystems of the Central Caucasus under impact of the current stock-raising. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2010, no. 1, pp. 90–102. (In Russ.).
- Gunin P.D., Miklyaeva I.M., Bazha S.N., Slemnev N.N., Cherdonova V.A. Features of degradation and desertification of plant communities of forest-steppe and steppe ecosystems of Southern Transbaikalia. *Arid. Ecosyst.*, 2003, vol. 19–20, no. 9, pp. 7–21. (In Russ.).
- Guo X., Dai L., Li Q., et al. Light grazing significantly reduces soil water storage in alpine grasslands on the Qinghai-Tibet plateau. *Sustain.*, 2020, vol. 12, art. 2523.
- Haider M., Maclaurin A., Chaudhry A., Mushtaque M., Ullah S. Effect of grazing systems on range condition in Pabbi Hills Reserve Forest, Kharian, Punjab, Pakistan. *Chil. J. Agr. Res.*, 2011, vol. 71, pp. 560–565.
- Hammer O., Harper D.A.T., Ryan P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol. Electron.*, 2001, vol. 4, no. 4.
- Imeskhenova E.G., Butukhanov A.B. Productive capacity of pasture ecosystems in the Tunkinsky region. *Vestn.*

- Buryat. Gos. Sel'skokhoz. Akad. Filippova, 2013, vol. 30, no. 1, pp. 77–81. (In Russ.).
- IUSS Working Group WRB. *World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition*. Vienna: International Union of Soil Sciences (IUSS), 2022. 236 p.
- Karatassiou M. Water use efficiency and net production of two semiarid grasslands in different successional stages. *Appl. Ecol. Env. Res.*, 2016, vol. 14, pp. 41–53.
- Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., Valkov V.F. *Biologicheskaya diagnostika i indikatsiya pochvy: metodologiya i metody issledovaniya* [Biological Diagnosis and Indication of Soils: Methodology and Research Methods]. Rostov-on-Don: Rostov Univ. Publ., 2003. 204 p.
- Kemp D., Behrendt K., Badgery W., et al. Chinese degraded grasslands – pathways for sustainability. *Rangeland. J.*, 2020, vol. 42, pp. 339–346.
- Koç A., Güllap M.K., Sürmen M., Erkovan H.I. Changes in some vegetation properties of the rangelands of the Palandöken Mountains, Erzurum, over two decades. *Turk. J. Agric. For.*, 2020, vol. 44, pp. 589–598.
- Kobechinskaya V.G. Post-grazing demutation in desertified steppes of plain Crimea considering intensity of pasqual load. *Uchen. Zapisk. Krymsk. Fed. Univ. Vernadskogo*, 2018, vol. 70, no. 4, pp. 79–96. (In Russ.).
- Kudrevatykh I.Yu., Kalinin P.I., Mitenko G.V., Alekseev A.O. The role of plant in the formation of the topsoil chemical composition in different climatic conditions of steppe landscape. *Plant. Soil*, 2021, vol. 465, pp. 453–472.
- Lebedeva N.V., Ilyina L.P., Ponomareva A.V., Savitsky R.M. The effect of grazing intensity on the transformation of arid steppe ecosystems in the Manych Valley. *Arid Ecosyst.*, 2011, vol. 1, pp. 251–259.
- Lee B.H., Kim J.Y., Park H.S., Sung K.I., Kim B.W. Evaluation of grassland grade by grassland vegetation ratio. *J. Korean Soc. Grass. Forage Sci.*, 2020, vol. 40, pp. 29–36.
- Leu S., Musser A.M., Budovsky A. The effects of long-time conservation of heavily grazed shrubland: a case study in the Northern Negev, Israel. *Environ. Manage.*, 2014, vol. 54, pp. 309–319.
- Liu M., Ouyang S., Tian Y., et al. Effects of rotational and continuous overgrazing on newly assimilated C allocation. *Biol. Fert. Soils*, 2021, vol. 57, pp. 193–202.
- Mayel S., Jarrah M., Kuka K. How does grassland management affect physical and biochemical properties of temperate grassland soils? A review study. *Grass Forage Sci.*, 2021, vol. 76, pp. 1–30.
- Miklyaeva I.M., Gunin P.D., Slemnev N.N., Bazha S.N., Fakhire A. Vegetation disturbance of steppe ecosystems. *Arid. Ecosyst.*, 2004, vol. 24–25, no. 10, pp. 35–47. (In Russ.).
- Mirkin B.M., Naumova L.G. Study of the composition and dynamics of plant communities in the Republic of Bashkortostan. *Vestn. Akad. Nauk Respubl. Bashkortostan*, 2014, vol. 19, no. 2, pp. 29–39. (In Russ.).
- Muller M., Siebert S., Ntloko B.R., Siebert F. A floristic assessment of grassland diversity loss in South Africa. *Bo- thalia*, 2021, vol. 51, no. 1, art. 11.
- Myronycheva-Tokareva N.P. Evolution of vegetation cover of meadows of the Southern Urals. *Geo-Sibir*, 2009, vol. 4, no. 2, pp. 78–83. (In Russ.).
- Nakano T., Bat-Oyun T., Shinoda M. Responses of palatable plants to climate and grazing in semi-arid grasslands of Mongolia. *Glob. Ecol. Conserv.*, 2020, vol. 24, art. e0121.
- Navarro L.M., Pereira H.M. Rewilding abandoned landscapes in Europe. *Ecosyst.*, 2012, vol. 15, pp. 900–912.
- Neudert R. Combating Pasture Degradation in Central Asia and the Caucasus – A Review of Approaches. In *Transitioning to Sustainable Life on Land*. Beckmann V., Ed. Basel: MDPi, 2021, pp. 231–273.
- Peper J., Pietzsch D., Manthey M. Semi-arid rangeland vegetation of the Greater Caucasus foothills in Azerbaijan and its driving environmental conditions. *Phytocoenologia*, 2010, vol. 40, pp. 73–90.
- Pshegusov R.H., Chadaeva V.A. Historical aspects of exploitation of mountain pasture resources in the Kabardino-Balkarian Republic. *Dokl. Adygh. (Cherkess.) Mez. Akad. Nauk*, 2020, vol. 20, no. 2, pp. 16–23. (In Russ.).
- Raiony i goroda Kabardino-Balkarii. *Statisticheskii sbornik* [Districts and Towns in Kabardino-Balkaria. Statistical Digest]. Skorkina N.V., Ed. Nalchik: OP Severo-Kavkazstat po KBR, 2019. 151 p.
- Razumov V.V., Kurdanov H.A., Razumova L.A., Krokmal A.G., Batyrbekova L.M. *Ekosistemy gor Tsentral'nogo Kavkaza i zdorov'e cheloveka* [Ecosystems of the Central Caucasus Mountains and Human Health]. Moscow; Stavropol: Ilekxa, Stavropol'servisskola Publ., 2003. 448 p.
- Sidorov Y.N., Dokina N.N., Korolev V.L., Makhanova R.S. Weather and anthropogenic conditions of pasture digression in zones of dry and arid steppes of Southern Pre-Urals. *Vestn. Myasn. Skotovod.*, 2013, vol. 82, no. 4, pp. 111–116. (In Russ.).
- Taboada M.A., Rubio G., Chaneton E.J. Grazing impacts on soil physical, chemical, and ecological properties in forage production systems. In *Soil management: Building a stable base for agriculture*. Hatfield J.L., Sauer Th.J., Eds. USA: American Society of Agronomy; Soil Science Society of America, 2011, pp. 301–320.
- Tepanosyan G.H., Shushanik G.A., Muradyan V.S., Saghatelian A.K. Mapping man-induced soil degradation in Armenia's high mountain pastures through remote sensing methods: A case study. *Remote Sens. Appl.: Soc. Environ.*, 2017, vol. 8, pp. 105–113.
- Urtnasan M., Lubarsky E.L. Pasture digression in the steppes of Central Mongolia (case study of Batsumber Somon of the Central Aimak of Mongolia). *Uchen. Zapisk. Kazan. Univ., Ser. Est. Nauki*, 2013, vol. 155, no. 1, pp. 158–170.
- Wei L., Huang H.-Z., Zhang Z.-N., Wu G.-L. Effects of grazing on the soil properties and C and N storage in relation to biomass allocation in an alpine meadow. *J. Soil Sci. Plant. Nut.*, 2011, vol. 11, pp. 27–39.
- Zhang C., Dong Q., Chu H., et al. Grassland community composition response to grazing intensity under different grazing regimes. *Rangeland Ecol. Manag.*, 2018, vol. 71, pp. 196–204.
- Zhang B., Beck R., Pan Q., Zhao M., Hao X. Soil physical and chemical properties in response to long-term cattle grazing on sloped rough fescue grassland in the foothills of the Rocky Mountains, Alberta. *Geoderma*, 2019, vol. 346, pp. 75–83.