

Научная статья / Research Article

УДК 551.324.2+ 551.582

DOI: 10.14258/SSI(2023)3-02

## **Междисциплинарный анализ климатообусловленных ландшафтных изменений в высокогорье Алтая: естественно-научные и социологические данные**

Светлана Геннадьевна Максимова<sup>1</sup>

Дмитрий Анатольевич Ганюшкин<sup>2</sup>

Дарья Алексеевна Омельченко<sup>3</sup>

Оксана Евгеньевна Ноянзина<sup>4</sup>

Галина Валентиновна Пряхина<sup>5</sup>

Дмитрий Вадимович Банцев<sup>6</sup>

Валерия Алексеевна Распутина<sup>7</sup>

---

<sup>1,3</sup>Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия

<sup>2,5-7</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

<sup>4</sup>Главный информационно-вычислительный центр Министерства культуры Российской Федерации, Москва, Россия

<sup>1</sup> svet-maximova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4613-4966>

<sup>2</sup> d.ganyushkin@spbu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6109-8652>

<sup>3</sup> daria.omelchenko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2839-5070>

<sup>4</sup> noe@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1252-6021>

<sup>5</sup> g.pryahina@spbu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3684-4638>

<sup>6</sup> d.bantsev@spbu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4411-1998>

<sup>7</sup> lerasputina88@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9562-2950>

**Аннотация.** Горные территории являются объектом пристального внимания ученых в связи с происходящими изменениями в криосфере. Алтай — один из мировых центров оледенения, в котором климатические изменения протекают наиболее интенсивно. В статье представлены результаты междисциплинарного географо-социологического исследования климатических изменений в высокогорных районах Республики Алтай, проведенного в 2022 г. учеными Алтайского и Санкт-Петербургского государственных университетов. На основе геолого-ландшафтных изысканий по реконструкции и каталогизации ледников малого ледникового периода и прогноза опасных экзогенных процессов, изменений ландшафта и социально-экономических параметров отобраны населенные пункты, в которых были проведены социологические исследования (шесть населенных пунктов Кош-Агачского и Улаганского районов,  $n = 347$ ). Исследования показывают, что ледники Северо-Чуйского хребта потеряли с малого ледникового периода 61% площади, при этом 7% площади сократилось в последние 20 лет. Произошли качественные измене-

ния таяния ледников — в настоящее время наибольшую деградацию испытывают крупные ледники. Население высокогорных районов воспринимает климатические изменения как существенные, оказывающие влияние на его повседневную и хозяйственную жизнь. Проживание вблизи изменяющихся ледников ассоциируется со сложностями и дополнительными затратами на сельское хозяйство, разрушением коммуникационной и инженерной инфраструктуры. Между тем климатическая повестка не является слишком артикулированной в общественном сознании, население высокогорных районов демонстрирует высокий потенциал адаптации, в том числе благодаря традиционным знаниям в области природопользования и проживания в условиях сурового климата.

**Ключевые слова:** изменения климата, таяние ледников, высокогорные районы Алтая, адаптация населения к климатическим изменениям, опасные природные явления, восприятие климатических рисков

**Финансирование:** публикация подготовлена в рамках проекта РФФ № 22-67-00020 «Изменения климата, ледников и ландшафтов Алтая в прошлом, настоящем и будущем как основа модели адаптации населения внутриконтинентальных горных районов Евразии к климатообусловленным изменениям среды» (2022–2025 гг.).

**Для цитирования:** Максимова С. Г., Ганюшкин Д. А., Омельченко Д. А., Ноянзина О. Е., Пряхина Г. В., Банцев Д. В., Распутина В. А. Междисциплинарный анализ климатообусловленных ландшафтных изменений в высокогорье Алтая: естественно-научные и социологические данные // *Society and Security Insights*. 2023. Т.6, № 3. С. 30–62. doi: 10.14258/ssi(2023)3-02.

## Interdisciplinary Analysis Of climate-Forced Landscape Changes in the Highlands of Altai: Natural Scientific and Sociological Evidence

Svetlana G. Maximova<sup>1</sup>

Dmitry A. Ganyushkin<sup>2</sup>

Daria A. Omelchenko<sup>3</sup>

Oksana E. Noyanzina<sup>4</sup>

Galina V. Pryakhina<sup>5</sup>

Dmitry V. Bantcev<sup>6</sup>

Valeria A. Rasputina<sup>7</sup>

---

<sup>1,3</sup>Altai State University, Barnaul, Russia

<sup>2,5-7</sup>Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia

<sup>4</sup>Main Computing Center of the Ministry of Culture of the Russian Federation, Moscow, Russia

<sup>1</sup>svet-maximova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4613-4966>

<sup>2</sup>d.ganyushkin@spbu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6109-8652>

<sup>3</sup>daria.omelchenko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2839-5070>

<sup>4</sup> noe@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1252-6021>

<sup>5</sup> g.pryakhina@spbu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3684-4638>

<sup>6</sup> d.bantsev@spbu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4411-1998>

<sup>7</sup> lerasputina88@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9562-2950>

**Abstract.** Mountain territories are the object of close attention of scientists due to the ongoing changes in the cryosphere. Altai is one of the world centers of glaciation, where climatic changes occur most intensively. The article presents the results of an interdisciplinary geographical and sociological study of climatic changes in the highlands of the Altai Republic, conducted in 2022 by scientists from Altai State University and St. Petersburg State University. On the basis of geological-landscape study on the reconstruction and cataloging of glaciers of the Little Ice Age and the forecast of dangerous exogenous processes, landscape changes and socio-economic parameters, settlements for sociological surveys were selected (six settlements of Kosh-Agach and Ulagan districts, n = 347). The research showed that glaciers of the North Chuysky Ridge have lost 61% of their area since the Little Ice Age, with 7% of the area reduced in the last 20 years. There have been qualitative changes in glacier melting — currently, large glaciers are experiencing the greatest degradation. The population of high-mountainous areas perceive climate change as significant, affecting their daily and economic life. Living near changing glaciers is associated with difficulties and additional costs for agriculture, destruction of communication and engineering infrastructure. Meanwhile, the climate agenda is not overly actualized, the population of high-mountainous areas demonstrates a high potential for adaptation, including due to traditional knowledge of nature management and living in harsh climates.

**Keywords:** climate change, glacier degradation, Altai highlands, population adaptation to climate change, natural hazards, climate risk perception

**Financing:** the publication was prepared within the framework of the RNF project No. 22-67-00020 “Changes in climate, glaciers and landscapes of Altai in the past, present and future as a basis for a model of adaptation of the population of intra-continental mountainous areas of Eurasia to climate-induced environmental changes” (2022–2025).

**For citation:** Maximova, S. G., Ganyushkin, D. A., Omelchenko, D. A., Noyanzina, O. E., Pryakhina G. V., Bantsev D. V., Rasputina V. A. (2023). Interdisciplinary Analysis of Climate-Forced Landscape Changes in the Highlands of Altai: Natural Scientific and Sociological Evidence. *Society and Security Insights*, 6(3), 30–62. doi: 10.14258/ssi(2023)3-02.

## Введение

Глобальный климатический кризис формирует новые условия, в которых будут развиваться российские регионы в ближайшие десятилетия. Рассматривая социальные и экономические последствия глобального потепления, нужно отметить их значительную вариабельность и неоднозначность оценки международными и российскими экспертами. Большая площадь и протяженность территории России, разнообразие ее природно-климатических условий приводят к тому, что изменения климата в разных регионах проявляются по-разному и имеют как положительные, так и отрицательные последствия (Яшалова, Рубан, 2018). Масштаб, трудности контроля и нелинейное развитие климатических изменений позволяет их рассматривать в качестве основных угроз национальной безопас-

ности, что закреплено не только в Климатической доктрине, но и в Стратегии национальной безопасности России, в которой указывается на рост антропогенной нагрузки на окружающую среду, ухудшение состояния экосистем, негативное влияние на хозяйственную деятельность населения России, акцентируется важность формирования низкоуглеродной экономики в условиях усиления международной конкуренции за энергетические ресурсы, реализации целей по обеспечению экологической безопасности и рационального природопользования<sup>1</sup>.

Отрицательные последствия изменения климата для России проявляются в недостаточной влажности и увеличении засух и пожароопасности во многих регионах, особенно находящихся в южной части страны, снижении урожайности сельскохозяйственных культур, снижении водообеспеченности населения. В качестве особо важной отмечается тенденция к повышению повторяемости опасных гидрометеорологических явлений (высоких паводков, наводнений, снежных лавин, селей, ураганов и т.п.) и увеличение неблагоприятных резких изменений погоды, приводящих к серьезному социально-экономическому ущербу. Более 80% территории страны подвержено увеличению осадков и сопутствующим гидрологическим явлениям. Кроме сельского хозяйства и проблем с продовольственной безопасностью эти последствия могут стать критическими для энергетики, системы водопользования, судоходства, жилищно-коммунального хозяйства (Оганесян, 2019; Максимова и др., 2018; Максимова, Омельченко, Ноянзина, 2022). Суммарная доля погодозависимых отраслей экономики России превышает 40–42% от производства ВВП, а оцениваемый российскими экспертами ущерб от четырех ключевых неблагоприятных явлений — сильного ветра и ветра с порывами, осадков теплого и холодного периодов, сильных морозов — составляет более 208,6 млрд руб. (Оганесян, Стернин, Воробьева, 2021). В Концепции долгосрочного социально-экономического развития РФ отмечается, что примерно к 2030 г. могут возникнуть климатические барьеры, которые способны затормозить экономический рост. Некоторые из этих барьеров проявляются уже сейчас (Порфирьев, 2010).

Кроме косвенных рисков, связанных с ущербом, наносимым имуществу и инфраструктуре, изменения климата оказывают прямое воздействие на жизнь и здоровье граждан: показатели смертности и заболеваемости изменяются в результате реакции организма на резкое изменение погоды, волны экстремальной жары или холода, распространения многих инфекционных и паразитарных заболеваний (Стрельникова, 2020). Первыми сталкиваются с неблагоприятными последствиями изменения климата коренные народы, проживающие в зонах наиболее интенсивных климатических изменений (Жожиков, Погодаев, Матисен, 2018).

Среди положительных изменений эксперты указывают на сокращение отопительного сезона и снижение затрат на тепловую и электроэнергию, рост площадей сельскохозяйственных угодий и возможных урожаев зерновых, увеличение перио-

---

<sup>1</sup> О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации : Указ Президента РФ от 02.07.2021 № 400. Пп. 78–83 // Консультант Плюс. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_389271/11f9b19337c1414c493bfd768cedffe7ff2cae88/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271/11f9b19337c1414c493bfd768cedffe7ff2cae88/)

да навигации на северных арктических направлениях, что позволит более активно осваивать нефтегазовые месторождения на шельфе, выгоды от возможной миграции населения из регионов с критическими изменениями. Низкая плотность населения в регионах наибольшего климатического риска также открывает дополнительные возможности адаптации к климатическим изменениям (Русакова, 2015). Россию принято считать одним из главных мировых бенефициаров климатического кризиса, однако, с учетом того, что в России находится несколько глобальных полюсов потепления, а климатические изменения протекают более интенсивно по сравнению с мировыми тенденциями, перспективы извлечения данных выгод довольно туманны и воспринимаются в научном и профессиональном обществе неоднозначно. Климатическая политика России строится, с одной стороны, на признании ведущей роли антропогенного фактора, с другой стороны — сопряженных выгод, связанных с повышением энергобезопасности и внедрением энергоэффективных технологий, улучшением экологии и здоровья населения, созданием новых рабочих мест в климатически ориентированной экономике (Кокорин, 2016).

Высокогорные территории являются объектом пристального внимания ученых прежде всего в связи с происходящими изменениями в криосфере (Лурье, 2019). За последние десятилетия глобальное потепление привело к значительной потере массы ледников, сокращению снежного покрова и толщины льда, а также увеличению температуры слоя вечной мерзлоты в рекордных значениях: в среднем по полярным и высокогорным регионам мира на  $0,29 \pm 0,12$  °C в период с 2007 по 2016 г. (Pörtner et al., 2019). Эти процессы являются длительными и будут продолжаться в ближайшие десятилетия, что с высокой вероятностью приведет к неизбежным последствиям в виде изменения речного стока и росту опасных явлений на местности. Уже сейчас во многих высокогорных областях мира отступающие ледники и таяние мерзлоты привело к дестабилизации горных склонов, увеличению количества ледниковых озер и их площадей (Распутина и соавт., 2021). Прогнозы показывают рост пожаров в бореальной зоне, тундре и горных районах, а также рост наводнений, вызванных прорывами ледовых озер и осадками, провоцирующими таяние снежной массы, селями и лавинами, их большую географическую и сезонную распространенность. Большая опасность изменений криосферы кроется и в оказываемом влиянии на экосистемы полярных и высокогорных территорий, сдвиге и значительных потерях уникальных биологических видов, в том числе из-за высушивания почвы вследствие исчезновения источников влаги в виде снежных и ледяных покровов. Существенная трансформация ожидает и систему водных ресурсов, пополнение которых в значительной степени зависит от функционирования ледников (Pörtner et al., 2019).

Климатические изменения оказывают существенное воздействие на качество и образ жизни населения горных территорий, что обуславливает необходимость проведения не только естественно-научных, но и социологических исследований, позволяющих изучить мнения, представления, адаптивные поведенческие стратегии людей, проживающих в местностях с повышенной природной опасностью. Социологическая перспектива открывает возможность, во-первых, исследовать

микроуровень антропогенного воздействия на природу, поскольку от осознания важности проблемы, от уровня информированности населения зависит степень вовлеченности в процесс противодействия климатическому кризису. Во-вторых, индивидуальные оценки позволяют понять, как происходящие изменения природных ландшафтов, температурного режима, влажности, осадков и другие явления влияют на хозяйственно-экономическую деятельность людей, какие стратегии используют граждане, чтобы адаптироваться и противодействовать существующим и возникающим рискам. В-третьих, анализ мнений людей, находящихся в уязвимом положении и проживающих на территориях с повышенной природной опасностью, выступает важным способом коммуникации между населением и лицами, принимающими политические решения, позволяет корректировать климатическую повестку на основе общественного запроса и сформированных потребностей граждан в средствах защиты и ресурсах, необходимых для снижения негативных эффектов от потепления и ассоциированных с ним явлений.

В статье приводятся результаты междисциплинарного научного проекта по исследованию климатических изменений во внутриконтинентальных горных районах Евразии, реализуемого коллективами Санкт-Петербургского и Алтайского государственных университетов. Результаты гляциологических и социологических исследований, полученные в 2022 г. в Республике Алтай, позволили уточнить масштабы и характеристики изменений ледников Северо-Чуйского хребта, выявить особенности восприятия климатических рисков и уровня защищенности населения, проживающего в высокогорных районах республики.

### **Методы исследования**

Среди внутриконтинентальных горных территорий Евразии особое положение занимает Алтайская горная страна (АГС), относящаяся по своим эколого-климатическим характеристикам к наиболее привлекательным, но и одновременно проблемным территориям Сибири (Сухова, 2009). Горная система Алтая расположена на границе России, Монголии, Китая и Казахстана, выступая водоразделом между бассейном Северного Ледовитого океана и бессточной областью Центральной Азии. В административном отношении на территории Алтая целиком или частично размещаются три субъекта Российской Федерации: Алтайский край, республики Алтай и Тыва. Территории горных районов Русского и Монгольского Алтая включены в список экорегионов мира, нуждающихся в разработке единой природоохранной стратегии для сохранения уникальных природных комплексов и защиты коренных народов и, с учетом тенденций последних десятилетий — охраны от изменений климата (Черных, 2011).

Республика Алтай расположена в пределах горной системы Алтая и имеет резко континентальный климат с длительным зимним периодом и коротким летним. При этом среднегодовые температуры в разных районах региона могут существенно отличаться, особенно сильно заметна разница в зимний период. Кроме того, годовое количество осадков сильно варьирует, возрастая от 180–200 мм на юго-востоке до более 1000 мм на западе и северо-западе, при этом про-

странственная мозаичность распределения годовой суммы осадков находится в сильной зависимости от рельефа территории. Исследование проводилось в районах многолетней мерзлоты (Улаганский район, Кош-Агачский район), в которых зимние температуры могут опускаться ниже  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Несмотря на такие суровые условия на территории Улаганского района проживает 11 798 чел., на территории Кош-Агачского района — 18 512 чел., что составляет 14,4% от общей численности населения в Республике Алтай (5,6% и 8,8% соответственно)<sup>1</sup>.

В 2022 г. на территории Республики Алтай были проведены полевые и дистанционные работы по исследованию современного состояния ледников Северо-Чуйского хребта и его эволюции с середины XIX в. (максимум малой ледниковой эпохи (МЛП)) (Ganyushkin et al. 2022). При исследовании современных ледников использовались полевые наблюдения ледника Большой Маашей и его предполий в сентябре 2022 г., при этом изучение динамики ледника опиралось на результаты других авторов, исследовавших ледник начиная с его открытия в 1924 г. Полевые наблюдения включали GPS-трекинг ледникового языка, привязку репера ТГУ 1980 г., установку и привязку нового репера и измерения двумя способами (рулеткой и GPS) расстояния от реперов до ледника. Также проводились полевые геоморфологические наблюдения, включавшие GPS-маркирование морен в предполях современного ледника.

Дистанционные исследования проводились на основе анализа и дешифрирования 17 разновозрастных снимков (GeoEye-1, World View 02, Sentinel-2, Landsat-7, Landsat-5, Landsat-3, Corona) для интервала времени с 1962 по 2021 гг. Помимо дешифрирования в ручном режиме границ ледников для различных временных точек проводилась реконструкция контуров ледников в максимум МЛП на основе эталонов дешифрирования морен малого ледникового периода (Ганюшкин и др., 2018), ранее применяющихся для реконструкции оледенения южной части Алтая (Ganyushkin и др., 2022).

Была проведена оценка многолетнего изменения абляции на языке ледника Большой Маашей, при этом рассчитывалась средняя летняя температура  $t_l$  на соответствующей высоте  $z_l$ , полученная с помощью вертикального температурного градиента, высоты расположения метеостанции  $z_m$ , средняя летняя температура на метеостанции  $t_m$  и высоты точки, для которой осуществляется расчет  $z_l$ , температурный скачок  $\Delta t$  при переходе на ледниковую поверхность был принят равным  $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Для расчетов нами использовались данные по метеостанции Кара-Тюрек, расположенной приблизительно в 82 км к западу от ледника на высоте 2600 м. Вычисление вертикального температурного градиента проводилось по паре метеостанций Аккем — Кара-Тюрек. В качестве высоты расчета использовалась высота нижней точки ледника с учетом ее смещения по высоте с годами. Для расчета абляции  $A_b$  мы использовали формулу по уточненной формуле А.Н. Кренке и В.Г. Ходакова, дополненную региональным экспозиционным коэффициентом  $K$  (Галахов, Мухаметов, 1999):

<sup>1</sup> Численность населения по муниципальным образованиям. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282>

$$A_b = K1,33(t(Z_\phi) + 9,66)2,85. \quad (1)$$

Для ледников северной экспозиции этот коэффициент равен 0,82.

Кроме исследования динамики ледников на территории Северо-Чуйского хребта проводились полевые и дистанционные гидрологические, геоморфологические и ландшафтные исследования. Для дистанционного мониторинга состояния высокогорных озер Северо-Чуйского хребта и оценки их динамики за последние 22 года был составлен каталог на основе визуального дешифрирования спутниковых снимков для двух временных разрезов: 1998–2001 гг. (Landsat 7 за июль 2000 г.) и 2020–2022 гг. (Sentinel 2-L2A за июль 2022 г.). Полевые гидрологические исследования включали тахеометрическую съемку котловины бывшего озера Маашей (в 2012 г. произошел прорыв озера, ранее подпруженного каменным глетчером), оценку доли ледниковой составляющей в стоке р. Маашей. Последнее проводилось на основе отбора и геохимического анализа проб воды. Вклад компонентов в сток можно оценить с помощью уравнения изотопного баланса, которое в общем виде имеет вид:

$$R^{18}O_1f_1 + R^{18}O_2f_2 = R^{18}O, \quad (2)$$

где  $R^{18}O_1$  — изотопный состав первого компонента,  $f_1$  — доля первого компонента,  $R^{18}O_2$  — изотопный состав второго компонента,  $f_2$  — доля второго компонента,  $R^{18}O$  — результирующий изотопный состав (Чижова и соавт., 2016).

Проведен анализ разновозрастных космических снимков с целью определения многолетней и сезонной динамики озера Маашей до его прорыва.

На основе дешифрирования космических снимков проведен анализ многолетней изменчивости верхней границы зарастания морен и верхней границы леса.

С учетом прогноза опасных экзогенных процессов, изменений высотных поясов, ландшафтных характеристик, уменьшения ледников, сокращения стока, а также социально-экономических параметров — территориального расположения, ВВП на душу населения, распределения демографических показателей, индекса человеческого развития, особенностей миграционной нагрузки — в высокогорных районах Республики Алтай отобраны населенные пункты с наличием различных очагов опасных экзогенных процессов (камнепадов, каменных лавин, селей, обвалов, оползней), в которых были проведены социологические исследования.

В рамках социологического опроса изучены показатели, направленные на оценку защищенности и мер борьбы с последствиями изменения климата. Была проведена оценка выраженности риска в населенных пунктах с разными типами природных ландшафтов и разной степенью проявлений опасных экзогенных процессов. Были выделены следующие группы населенных пунктов: Курай, Кызыл-Таш — первая группа риска, Новый Бельтир — вторая, Чаган-Узун, Акташ и Чибит — третья, Кош-Агач — четвертая группа риска. Общая выбороч-



ная совокупность составила 347 чел. в возрасте от 22 до 80 лет (61% опрошенных составили женщины, 39% — мужчины). Параллельно с опросами были проведены глубинные интервью, беседы и включенное наблюдение, позволившие дополнить количественные данные «качественным» социологическим материалом, описанием местных особенностей и этнокультурных аспектов осуществления хозяйственно-экономической деятельности.

### **Сопоставление первичного анализа естественно-научных данных и результатов социологических опросов населения**

#### *Результаты гляциологических и метеорологических измерений*

Алтай является одним из мировых центров оледенения, испытывающим серьезное влияние современного потепления. Количество ледников на Алтае и их площадь значительно сократились с середины XIX в. Наблюдаемые изменения сопровождаются большим экосистемным откликом, изменениями биопродуктивности и направленности геоэкологических процессов (Гармс, Сухова, 2012).

Криосфера Алтая сильно трансформируется, наблюдается продвижение вверх по склонам верхней границы леса и редин, возникают риски сокращения водных ресурсов, биоразнообразия и другие негативные явления в экосистемах: страдают альпийские тундры и луга, леса, степи и пустыни, что в сочетании со сложностью рельефа получает отклик в богатстве биологического разнообразия (Ротанова, Харламова, Останин, 2012).

Результаты метеорологических измерений указывают на повышение сезонных и годовых температур приземного воздуха, расширение диапазона экстремальных температур, уменьшение осадков зимнего периода, увеличение интенсивности летних осадков, уменьшение числа дней с устойчивым снежным покровом, учащение поздних и ранних заморозков. Таким образом, современное потепление здесь протекает более интенсивно, оценка динамики температур указывает на повышение средней летней температуры воздуха (в среднем на 2–3 °C за последние 30 лет), особенно страдают ледники, площадь которых по результатам исследований 2022 г. сократилась для Северо-Чуйского хребта Алтая больше, чем в среднем по другим центрам Алтая, по которым проводилась подобная реконструкция (Ganyushkin и др., 2022).

Было установлено, что площадь ледников сократилась с  $304,9 \pm 23,49$  км<sup>2</sup> в максимум МЛП до  $140,24 \pm 16,19$  км<sup>2</sup> в 2000 г. и  $120,02 \pm 16,19$  км<sup>2</sup> в 2021 г. Суммарный объем ледников снизился с 16,5 км<sup>3</sup> в максимум МЛП до 5,6–5,8 км<sup>3</sup> к 2021. До 2000 г. происходила деградация и исчезновение малых ледников, наибольшее относительное сокращение и исчезновение (более 60 ледников) испытали ледники сниженной периферии хребта (бассейны р. Юнгур, Карагем и Тете), где преобладают малые ледники. После 2000 г. ускорилось отступление более крупных ледников (ледник Большой Маашей), а Юнгур и Карагем теперь являются бассейнами с самым медленным сокращением ледников. Высота границы питания для ледников хребта в среднем поднялась на 207 м.

Примером ускорения отступления относительно больших ледников служит крупнейший ледник Северо-Чуйского хребта Большой Маашей. После максиму-

ма МЛП он распался, площадь данной ледниковой системы с максимума МЛП уменьшилась с 17,49 до 13,21 км<sup>2</sup>. Нижняя точка ледника поднялась на 65 м при одновременном отступании языка примерно на 1 км. При этом скорость отступления ледника возросла в 2010–2022 гг. примерно в 2 раза по отношению к предшествовавшему периоду 1989–2010 гг.

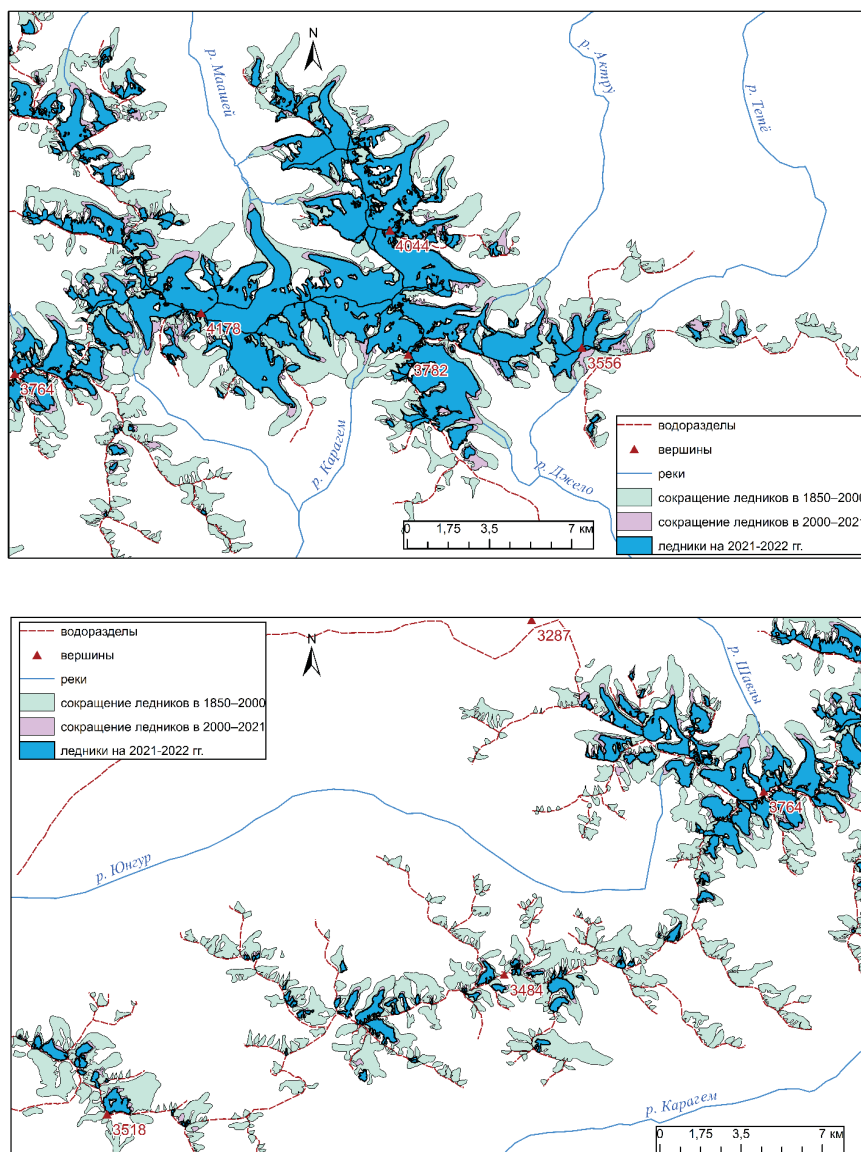


Рисунок 1 — Сокращение ледников Северо-Чуйского хребта с максимума малого ледникового периода. Верхняя половина рисунка — восточная часть, нижняя — западная часть.

Figure 1 — Reduction of glaciers in the North Chu Range from the smallest possible ice age. The top half of the picture is the eastern part, the bottom half is the western part.

Таким образом, для Северо-Чуйского хребта можно констатировать сокращение площади гляциального пояса более чем в 2 раза с максимума МЛП, причем в последние два десятилетия этот процесс ускорился.

Установлено, что за период с 1968 по 2021 г. залесенность верховьев долины р. Маашей возросла на 30%, верхняя граница леса поднялась на 200 м и достигла 2500 м н.у.м. Максимальное увеличение площади распространения лиственницы приурочено к выположенным участкам склонов долины восточной экспозиции. На морене МЛП местами сформировались сомкнутые древостои. Данное явление отражает общий тренд к подъему лесного высотного пояса. Отмечено также зарастание пионерной растительностью участков, освобождающихся от ледников, всего за 1–2 года.

Существенная перестройка имеет место и в высокогорной гидросети. Повышенное таяние ледников приводит к возникновению новых приледниковых озер, росту ранее существовавших озер, а в некоторых случаях — к переполнению и прорыву подпруды.

Наибольший интерес представляли молодые приледниковые и моренные озера, формирующиеся на современных моренах и моренах «малого ледникового периода», отличающиеся от морен исторической стадии отсутствием устойчивости. Водоемы, образовавшиеся на молодых моренах в результате отступления ледников и не потерявшие с ними связь, имеют активную временную динамику и соответственно являются нестабильными и прорывоопасными (быстрое увеличение площадей озер может привести к ослаблению подпруживающей перемычки, ее разрушению и последующему прорыву). В таблице 1 приведены сведения о высокогорных озерах, которые вошли в каталог.

Таблица 1.

Table 1.

Основные характеристики высокогорных озер, вошедших в каталог

The main characteristics of the high mountain lakes included in the catalogue

№ п/п	№ озера	Высота, м	Площадь озера в 2000 г.	Площадь озера в 2022 г.	Изменение площади за 20 лет, %
1	2	2277	17 025	10 729	-37,0
2	3	2295	19 197	17 610	-8,3
3	4	2465	2548	10 341	305,9
4	5	2565	2017	2437	20,8
5	9	2934	4529	2975	-34,3
6	12	2926	2533	1830	-27,7
7	14	2412	4365	3460	-20,7
8	15	2406	5107	5201	1,8
9	17	2547	9361	9423	0,7
10	22	2832	8805	15 228	72,9

№ п/п	№ озера	Высота, м	Площадь озера в 2000 г.	Площадь озера в 2022 г.	Изменение площади за 20 лет, %
11	28	2589	2772	724	-73,9
12	29	2768	12 548	35 503	182,9
13	30	2710	4396	7042	60,2
14	31	2711	2700	4292	59,0
15	32	2727	669	832	24,3
16	36	2790	2380	2594	9,0
17	37	2886	30 522	34 601	13,4
18	41	2910	5261	6491	23,4
19	42	2646	3481	7938	128,0
20	44	2843	2736	50 579	1748,4
21	48	2773	2725	4707	72,7
22	49	2652	38 095	67 410	77,0
23	53	2943	9847	18231	85,1
24	54	2910	6649	8250	24,1
25	55	2872	6375	12 325	93,3
26	56	2870	2676	3674	37,3
27	60	2742	3293	-	-
28	61	2717	299	-	-
29	1	2687	-	14 757	-
30	6	2570	-	822	-
31	7	2979	-	10 380	-
32	8	2474	-	14 350	-
33	10	2967	-	9571	-
34	11	2987	-	1756	-
35	13	2492	-	7336	-
36	16	2745	-	11 694	-
37	18	2863	-	1433	-
38	19	2907	-	2300	-
39	20	2911	-	506	-
40	21	2906	-	1648	-
41	23	2705	-	1510	-
42	24	2608	-	2953	-

№ п/п	№ озера	Высота, м	Площадь озера в 2000 г.	Площадь озера в 2022 г.	Изменение площади за 20 лет, %
43	25	2960	–	14 843	–
44	26	2982	–	14 471	–
45	27	2711	–	3666	–
46	33	2714	–	836	–
47	34	2853	–	1087	–
48	35	2907	–	383	–
49	38	2898	–	3070	–
50	39	2887	–	10 668	–
51	40	2827	–	674	–
52	43	2726	–	4134	–
53	45	2867	–	902	–
54	46	2862	–	531	–
55	47	2796	–	5045	–
56	50	2715	–	1781	–
57	51	2690	–	319	–
58	52	2692	–	884	–
59	57	2547	–	1496	–
60	58	2547	–	550	–

Анализ спутниковых снимков показал, что за последние 22 года количество высокогорных приледниковых и моренных озер, расположенных на молодых моренах, увеличилось на 114% (с 28 до 60 озер, т.е. в 2 раза). Рост числа озер является результатом деградации оледенения территории вследствие потепления климата. Практически все новые водоемы формируются на территориях, высвобождающихся от ледника, в его приязыковой части. Для большинства характерно увеличение площадей зеркала (от 0,7% до 1748%), обусловленное быстрым таянием ледников и поступлением в водоемы повышенного талого ледникового стока. Лишь у некоторых водоемов происходит сокращение площади водной поверхности, вероятнее всего, связанное с уменьшением поступления талых ледниковых вод вследствие критического сокращения оледенения водосбора. При дальнейшем отступании ледников следует ожидать увеличения количества возникающих приледниковых и моренных озер, а также увеличения площадей и объемов уже существующих.

Причиной изменений, происходящих в высокогорной зоне, являются изменения климата, в первую очередь повышение летней температуры. К сожалению, наиболее длиннорядные высокогорные метеостанции в регионе охватывают только период с 1960-х по настоящее время (рис. 2).

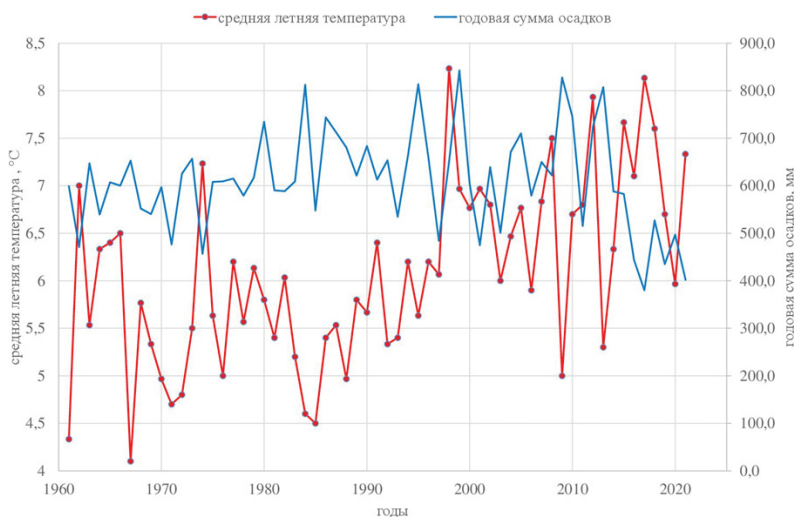


Рисунок 2 — Изменение средней летней температуры и годового количества осадков, метеостанция Кара-Тюрек.

Figure 2 — Variation in average summer temperature and annual rainfall, Kara-Turkek weather station.

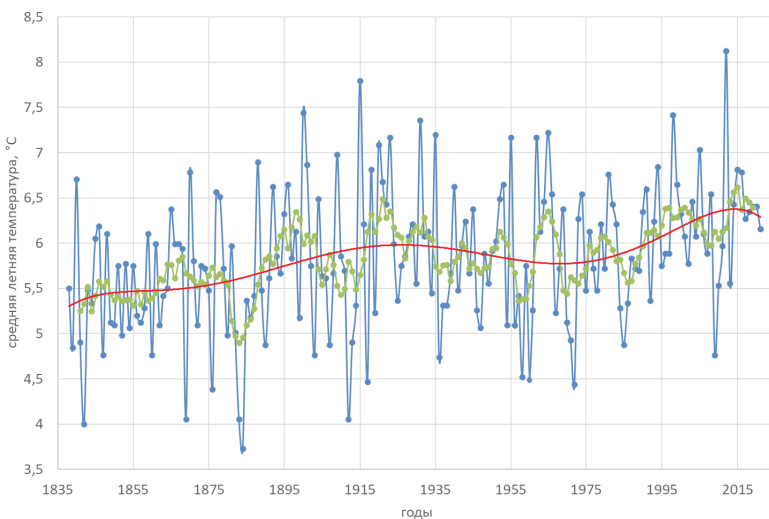


Рисунок 3 — Продленный до 1838 г. ряд средних летних температур по метеостанции Кара-Тюрек. Зеленая кривая — пятилетнее сглаживание, красная — полиномиальная аппроксимация.

Figure 3 — Extended until 1838 a range of summer temperatures at the Kara-Turkek weather station. Green curve — 5-year smoothing, red — polynomial approximation.

Ближайшая метеостанция с рядом наблюдений, частично охватывающим МЛП, — мст. Барнаул. Проведенный статистический анализ показал высокую корреляцию (коэффициент корреляции более 0,7) значений средних летних температур метеостанций Барнаул и Кара-Тюрек за период с 1961 по 2021 г., по полученной между этими данными зависимости ряды данных по средним летним температурам мст. Кара-Тюрек были продлены до 1838 г. (рис. 3). На основе анализа этого ряда, а также ближайших метеостанций (Кош-Агач, Аккем) выявлены следующие тренды: рост средних летних температур до начала 1920-х, снижение с начала 1920-х по 1970-е гг., затем кратковременная стабилизация и резкий рост (на 1,5–3 °С) в 1990-е гг., стабилизация в последние 20 лет. Потепление 1990-х и последующая стабилизация температур на высоком уровне является событием, оказавшим наиболее мощное воздействие на природную среду высокогорий, еще не вполне успевшее отразиться в изменении его структуры, которое имеет в значительной мере отложенный эффект.

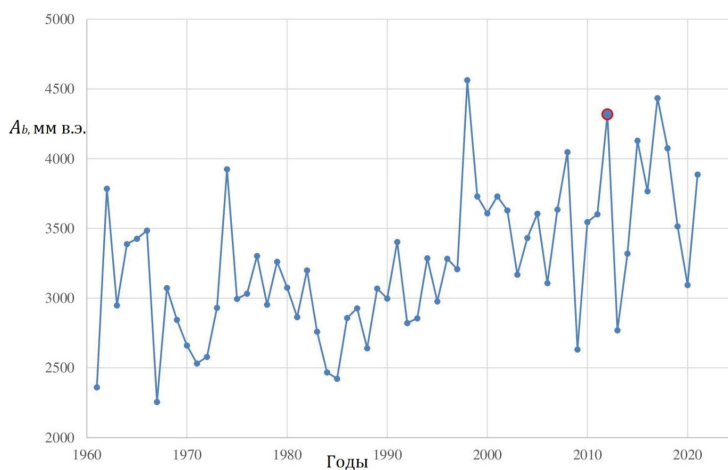


Рисунок 4 — Расчетные многолетние изменения абляции  $A_b$  на нижней точке ледника Большой Маашей.

Figure 4 — Estimated multi-year ablation changes  $A_b$  at the bottom of the Greater Maashay Glacier.

Таким образом, можно констатировать, что в последние 150 лет происходит быстрое климатообусловленное изменение характера высотной поясности региона, причем в последние два десятилетия оно протекает ускоренным образом, фактически изменения высокогорных ландшафтов происходят у нас на глазах. При этом в изменении ландшафтов сочетаются сравнительно медленные процессы, вызванные постепенным накоплением изменений на фоне потепления, и катастрофические, на первый взгляд кажущиеся не связанными с климатическими изменениями напрямую. Последние в основном вызываются интенсивными и сравнительно кратковременными внешними воздействиями: экстремальными

синоптическими событиями (например, интенсивными осадками), землетрясениями. В то же время сами подобные события являются триггерными, т.е. запускают катастрофические процессы, подготовленные до того эволюционными изменениями, вызывающими накопление потенциальной энергии события.

Примером подобного события может служить прорыв озера Маашей в 2012 г., вызванный интенсивными ливнями. Анализ спутниковых снимков за разные годы показал ежегодное увеличение площади озера к концу периода абляции, что обусловлено большим притоком воды в результате повышенного таяния ледника Большой Маашей в условиях нестационарной климатической ситуации. Последнее подтверждается расчетами абляции ледника Большой Маашей (рис. 4).

Другое подтверждение высокой степени влияния ледникового стока на гидрологический режим бывшего озера получено при проведении геохимических исследований. В сентябре 2022 г. во время полевых работ в районе бывшего озера Маашей были отобраны четыре пробы воды из р. Маашей с целью определения доли талых ледниковых вод в питании реки для исследуемой части бассейна.

Таблица 2.

Table 2.

#### Результат изотопного анализа проб воды из р. Маашей

#### Isotopic analysis of water samples from river Maashey

Номер	Место отбора	Дата и время	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)
1	Место прорыва оз. Маашей	24.09 13:30	16,19
2	Край ледника Маашей	24.09 14:00	17,29
3	Место прорыва оз. Маашей	25.09 12:30	16,37
4	Место прорыва оз. Маашей	25.09 16:00	16,34

Отбор проб речной воды осуществлялся на месте прорыва озера Маашей и у края ледника Маашей. Результат определения  $\delta^{18}\text{O}$  показан в таблице 2.

Видно, что  $\delta^{18}\text{O}$  талой воды у края ледника меньше ( $-17,29$  ‰) значений в реке ниже по течению.

Для выделения доли ледниковой составляющей в стоке р. Маашей, помимо значения  $\delta^{18}\text{O}$  талых ледниковых вод ( $-17,29$  ‰), необходимо значение  $\delta^{18}\text{O}$  неледниковых вод. Из-за недостатка данных об изотопном составе грунтовых вод в данном районе было использовано допущение, что изотопный состав подземных вод в период 24–25 сентября приблизительно равен среднему изотопному составу атмосферных осадков за сентябрь.

Средние значения  $\delta^{18}\text{O}$  атмосферных осадков можно получить с помощью интерполированных данных по метеостанциям сети GNIP за период 1960–2010 гг., которые представлены на портале IsoMAP — Isoscapes Modeling, Analysis and Prediction<sup>1</sup>. Использование связанного с данным порталом онлайн-калькулятора

<sup>1</sup> URL: <http://www.waterisotopes.org>; URL: <https://nucleus.iaea.org/wiser>



OIPС позволяет с помощью ввода географических координат рассчитывать средние значения изотопного состава осадков по месяцам для различных территорий (Bowen, 2018). Для территории Алтая была показана в целом высокая согласованность результатов изотопного анализа событийных с результатами интерполяции IsoMAP. (Малыгина и др, 2017).

Так, согласно калькулятору OIPС, для широты 50° с.ш., долготы 87° в.д. и высоты 2960 м (средняя высота исследуемой части бассейна р. Маашей)  $\delta^{18}\text{O}$  осадков в сентябре составляет 12,30 ‰.

Используя это значение, а также среднее  $\delta^{18}\text{O}$  по пробам 1, 3, 4 (-16,30 ‰) и  $\delta^{18}\text{O}$  у края ледника Маашей (-17,29 ‰), по уравнению изотопного баланса можно определить долю талых ледниковых вод в стоке реки Маашей в конце сентября 2022 г. Доля талых ледниковых вод составила 80%. Стоит отметить, что в летний период, когда наблюдается максимальная абляция, эта доля будет еще больше.

Наиболее интенсивное увеличение размеров озера наблюдалось с конца 1980-х по начало 2000-х гг. и в начале 2010-х гг. Именно в этот период (в конце 1980-х гг.) увеличились темпы таяния и отступления ледника Большой Маашей. Таким образом, прорыв озера был подготовлен его предшествовавшим ростом и дополнительной нагрузкой на плотину, размыв и разрушение которой были лишь вопросом времени и могли бы запуститься различными триггерными событиями (интенсивными осадками, катастрофическим таянием ледника на фоне аномально жаркой погоды, землетрясением), что в итоге и произошло.

*Результаты социологических опросов населения в Кош-Агачском и Улаганском районах Республики Алтай*

Результаты социологических опросов показали, что население высокогорных районов воспринимает климатические изменения как существенные, хотя и оценивает их довольно противоречиво, в смешении с оценками общих климатических условий, сезонных и циклических колебаний температуры.

Почти половина опрошенных жителей шести населенных пунктов (49,1%) отметили, что по их ощущениям за последние несколько лет среднегодовая температура стала ниже, около 20,0% указали на повышение температуры и почти столько же (22,7%) не замечали каких-либо изменений. Открытые ответы респондентов подтвердили противоречивость оценок жителей, что можно объяснить их длительностью и реальной изменчивостью погоды, а также межсезонными колебаниями температур. Так, некоторые опрошенные утверждали, что «зимой стало теплее, а летом холоднее», что климат «изменчивый, каждый год по-разному», «нельзя отследить, приметы не работают». Очевидно, что жителям сложно разграничить погодные (краткосрочные) и климатические (длительные) явления.

Чаще на общее снижение температуры указывали ответы жителей Курая и Кызыл-Таша (71,4%), тогда как в Кош-Агаче аналогичные оценки составили только 46,4%. Мнение о повышении среднегодовой температуры было более характерно для Кош-Агача (25,0% ответов), в других населенных пунктах не выше 19,6% (рис. 5).

Кроме температурных режимов важную роль в субъективной оценке климатических изменений играла оценка опасных природных явлений, свидетельству-

ющих об усилении негативных последствий изменений климата в высокогорных районах. Описывая зимний период, 67% респондентов указали на увеличение затяжных морозов, периодов аномального холода, 55,9% — на усиление ветра, метели и снежные заносы, 50,9% — на резкие перепады температур (от холода к теплу и наоборот). Почти 40% участников исследования отметили учащение обильных снегопадов и в целом увеличение снежного покрова, 35,4% — испытывали дискомфорт от пасмурной погоды, снижения уровня зимней инсоляции. Около 14% жителей высокогорных районов отметили также частые оттепели, более 10% — учащение сходов снежных лавин, 9,9% — увеличение ледовых зажоров и наледи на реках, 7,5% — раннее таяние и более позднее образование речного льда. Довольно значительное количество опрошенных (8,7%) дали дополнительно «свой» вариант ответа: уточняли, что «весной вода из-под земли выходит» (тает мерзлота и выходят грунтовые воды), отмечают сильные ветры («вихри»), 2,5% отметили уменьшение количества осадков («стало меньше снега»), некоторые отмечали, что ничего не изменилось или что снег, напротив, тает дольше, чем раньше. Допускаем, что помимо реальных процессов на ответы респондентов значительное влияние оказывали индивидуальный опыт и местные особенности. О затяжных морозах и увеличении периодов аномального холода чаще говорили жители Кош-Агача и Нового Бельтира (72,9% и 81,5%). Увеличение количества пасмурных дней, нехватка солнца также достоверно чаще встречалось в ответах кош-агачцев и бельтирцев (39,0% и 41,0%) по сравнению с ответами жителей Курая и Кызыл-Таша (8,7%) (рис. 6).

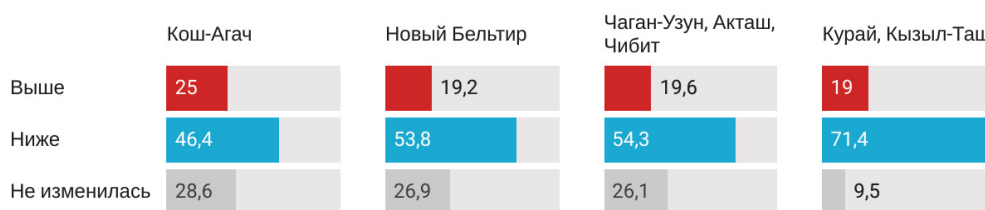


Рисунок 5 — Распределение ответов на вопрос: «За последние несколько лет там, где Вы живете, по Вашим ощущениям, среднегодовая температура стала выше, ниже или не изменилась?», в зависимости от места проживания респондента, %.

Figure 5 — Distribution of answers to the question: «In the last few years where you live, according to your feelings, the average annual temperature has become higher, lower or has not changed?» depending on the place of residence of the respondent, %.

Жители также отмечали увеличение количества опасных метеорологических явлений в летний период, в особенности сильных ветров, штормов (59,9% ответов, в группе населенных пунктов Акташ — Чаган-Узун — Чибит — 66%). Почти треть опрошенных жителей (28,7%) указали на увеличение периодов аномальной жары (особенно в Новом Бельтире — 40,7%), 52,2% — на увеличение количества

засушливых дней, без осадков (в Новом Бельтире — 63,0%). Одновременно с этим значительное количество респондентов (47,1%) отметили, что летом стало выпадать больше осадков, а дожди стали более сильными и длительными (всего 47,1% ответов, минимум — 34,8% — в Курае и Кызыл-Таше, максимум 56,9% — в Акташе, Чибите и Чаган-Узуне). Близки значения по противоположным явлениям — засухе и обильным осадкам.



Рисунок 6 — Мнения респондентов об увеличении частоты опасных природных явлений в зимний период в зависимости от места проживания респондента, % (множественные ответы).

Figure 6 — Respondents' opinions on the increase in the frequency of natural hazards in winter depending on the place of residence of the respondent, % (multiple responses).

Около пятой части опрошенных также указали на усиление паводка, разливы рек, затопление мест, которые раньше не затапливались, столько же — на таяние вечной мерзлоты, выход грунтовых вод на поверхность, 12,7% — на увеличение количества камнепадов и оползней в горах. В Кош-Агаче проблема вытаивания подземного льда была отмечена почти третью (28,6%) респондентов. В открытых ответах (7,4%) жители указывали на резкие перепады температуры («погода меняется резко») либо на то, что «лето сместилось», «сроки лета сместились, уменьшилось», на увеличение количества осадков («мелкий дождь неделями» — м., 1985 г. р., с. Кызыл-Таш).

В ходе опроса участникам также задавались вопросы о том, случались ли за последние 5–10 лет в местности, где они проживают, опасные природные явления. Список включал различные последствия изменения климата, типичные для

высокогорных территорий. Если такие явления имели место, то спрашивалось, затронули ли они лично респондента или его семью, а также как часто эти явления происходят.



Рисунок 7 — Мнения респондентов о повышении частоты опасных природных явлений в летний период, % (множественные ответы).

Figure 7 — Respondents' opinions on the increasing frequency of natural hazards in summer, % (multiple responses).

Чаще всего жители Республики Алтай называли землетрясения (75% ответов), однако многие, отмечая период, уточняли, что имели в виду Чуйское землетрясение 2003 г. Крупнейшее с 1991 г. на континентальной территории России, землетрясение по магнитуде превысило 7 баллов по шкале Рихтера, в результате практически полностью был разрушен поселок Бельтир и более 1800 жилых домов<sup>1</sup>. Сейсмологи отмечают, что сейсмическая активность Алтае-Саянской горной области резко возросла с начала 2000-х гг., что связывается с влиянием активной Байкальской сейсмической зоны. На границе между Сибирской и Забайкальской плитами до сих пор происходит формирование новых трещин, и землетрясения

<sup>1</sup> Алтайское (Чуйское) землетрясение: прогнозы, характеристики, последствия: <https://web.archive.org/web/20090130042031/http://e-lib.gasu.ru/konf/zemletr04/>

в южной части российского Алтая имеют тяготение к разрывным структурам, разделяющим блоки земной коры<sup>1</sup>. Именно землетрясения в большей степени затрагивали лично респондентов и их семьи: почти треть (28%) указали, что им лично или членам их семей был нанесен ущерб, среди положительно ответивших на вопрос о землетрясениях — 37,7%.

Пожары также являются, по мнению жителей, частым явлением в их местности: 47% отметили, что пожары случаются по меньшей мере один раз в год, 39,4% — с периодичностью от одного раза в год до нескольких раз за 2–3 года. Около 6% опрошенных указали, что их семьи пострадали от пожаров (например, жители отмечали, что у них сгорел покос и им пришлось либо занимать сено в долг, либо покупать его).

Третьим по частоте упоминания опасным метеорологическим явлением являлись сильные ветры: 35% опрошенных вспомнили по крайней мере об одном случае сильного разрушительного ветра в их местности за последние 5–10 лет. Около 30,9% опрошенных из числа тех, кто отметил такого рода явления, уточнили, что от штормового ветра пострадало их имущество (всего по выборке — 10,4%), что же касается частоты подобных явлений, то они носят всепогодный характер и большинством граждан (56,3%) отмечаются как постоянные, происходящие несколько раз в год.

Среди природных стихийных явлений, отмечаемых на территориях Республики Алтай, особое место отводится наводнениям из-за внушительного масштаба и материального ущерба, которые они наносят жителям и инфраструктуре региона. Их причины разнообразны и включают как интенсивное таяние снега, выпадение большого количества осадков, так и подъем уровня, связанный с заторами и зажорами льда на реках (Сухова, Кочеева, Журавлева, Бакулин, Никольченко, 2015). В Республике Алтай крупнейшее наводнение произошло в 2014 г., когда под водой оказались более 15 тысяч домов, а пострадавшими признали порядка 33 тыс. чел.<sup>2</sup> Около трети участников исследования (28%) сообщили о наводнениях, вызванных обильными осадками и паводком, при этом пострадали от подобных явлений 6% жителей из числа положительно ответивших на соответствующий вопрос. По сравнению с другими явлениями, обильные паводки случаются реже, чем другие бедствия, наиболее типичный ответ (40,5%) — от одного раза в год до одного раза в 2–3 года. Тем не менее каждый пятый опрошенный из группы отметил, что наводнения случаются несколько раз в год, 13,5% — примерно раз в 5 лет, 24,3% — реже чем раз в 5 лет.

Около пятой части опрошенных (22,0%) отметили, что для их местности характерны сильные снегопады и метели, 72,2% из них подтвердили вред, нанесенный имуществу и здоровью. Ущерб мог заключаться в разрыве проводов, невозможности получения услуг, изолированности от значимых социальных

<sup>1</sup> Оценка гидрогеодинамического состояния сейсмоактивных регионов Российской Федерации: [http://geomonitoring.ru/endogen\\_svodki.html](http://geomonitoring.ru/endogen_svodki.html)

<sup>2</sup> Под водой: пять лет назад в Республике Алтай случилось наводнение: <https://www.gorno-altaisk.info/news/104040>

объектов. Из-за обильного снега повышались и животноводческие риски, поскольку животные оказывались заперты из-за сильного снега на стоянках, под толстым слоем снега не могли найти корм, и фермеры вынуждены нести дополнительные затраты на его доставку.

Почти столько же респондентов (20%) отметили, что в их местности происходят камнепады, снежные лавины, оползни, 4% опрошенных (из общей совокупности) лично пострадали от таких явлений. Результаты геологических наблюдений фиксируют распространенность опасных экзогенных процессов. Так, в феврале 2021 г. в результате выхода на поверхность криогенно-напорных подземных вод подтоплению на площади 6 тыс. м<sup>2</sup> были подвержены приусадебные территории, подъезды к усадьбам, жилые дома, надворные постройки центральной части с. Кош-Агач (четвертая категория риска). На юго-западе с. Бельтир (третья категория риска) в 2021 г. отмечалась активизация оползневых процессов на крупном сейсмогенном оползне длиной более километра. Оползень разрушил земли сельскохозяйственного назначения. В июле 2020 г. оползень длиной 412 м образовался вблизи поселения Чаган-Узун (вторая категория риска). В зоне негативного воздействия также оказались земли сельскохозяйственного назначения площадью 35 245 м<sup>2</sup>, риску подвергались животноводческие стоянки и туристические кемпинги. В самом селе Чаган-Узун в 2020 г. действовали активные оползни, спускавшиеся в сторону Чуйского тракта, сельхозугодий. С декабря 2020 г. в селе Кызыл-Таш фиксировались проявления подтопления криогенно-напорными подземными водами стока р. Курайка. В селе Курай (первая категория риска) в мае 2020 г. отмечались обвалы, осыпи, оползания на протяженности 780 м, в зоне негативного воздействия оказались земли сельскохозяйственного назначения (пастбища), а также руслорегулирующие дамбы и валы<sup>1</sup>. Указанные процессы еще не завершены. По мнению большинства жителей, давших ответ на вопрос о распространенности камнепадов, снежных лавин, оползней и селей (59,3%), такие явления происходят в их местности регулярно, несколько раз в год, еще 22,2% отмечают их по меньшей мере один раз в 2–3 года и только 18,5% — примерно раз в 5 лет или реже.

Сравнительный анализ оценок жителей в зависимости от места проживания показал, что, несмотря на относительную близость населенных пунктов, воспринимаемые риски существенно различались, что согласовывалось с актуальными данными об опасных природных явлениях. По поводу степных и лесных пожаров большее беспокойство высказывали жители Курая и Кызыл-Таша (78,3%), а также Чаган-Узуна, Акташа и Чибита (66,0% в объединенной группе населенных пунктов), чем Бельтира (7,4%) или Кош-Агача (30,0). Наводнения, вызванные обильными осадками и паводком, напротив, достоверно чаще упоминались в Кош-Агаче (38,3%), чем в группе поселений Чаган-Узун, Акташ и Чибит (13,2%). В Курае и Кызыл-Таше уровень выраженности также был очень высок (34,8% ответов), но их статистическая значимость не подтвердилась. Информация о сильных метелях, снегопадах чаще происходила от жителей Курая и Кызыл-Таша (52,2%), тогда

<sup>1</sup> Проявления опасных экзогенных геологических процессов на территории Российской Федерации: результаты мониторинга. <https://egpmapold.geomonitoring.ru/>

как в других населенных пунктах данная проблема была менее выражена (минимальные ответы были получены в селе Новый Бельтир — 3,7% и в группе сел Акташ, Чаган-Узун и Чибит — 18,9%, в Кош-Агаче были получены промежуточные значения — 21,7%). Камнепады, оползни и сели ожидаемо чаще отмечались жителями Чаган-Узуна, Акташа и Чибита (35,8%), где, как уже было отмечено выше, в последние годы отмечались оползневые процессы (таблица 3).

Таблица 3.

Table 3.

Сравнение ответов об опасных природных явлениях в зависимости от населенного пункта опроса, % (цветом выделены ячейки, доля ответов по которым статистически значимо отличается по крайней мере от одного из оставшихся ответов, z-критерий,  $p < 0,05$ ).

Comparison of the responses on natural hazards depending on the locality of the survey, % (the color of the cells where the response rate differs significantly from at least one of the remaining answers, z-criterion,  $p < 0.05$ ).

	Кош-Агач	Новый Бельтир	Чаган-Узун, Акташ, Чибит	Курай, Кызыл-Таш
Степные и лесные пожары	30,0	7,4	66,0	78,3
Наводнения, вызванные обильными осадками, паводком в летний период	38,3	25,9	13,2	34,8
Зимние наводнения из-за наледи, заторов и зажоров на реках, выхода грунтовых вод	16,7	0,0	13,2	17,4
Землетрясения	75,0	74,1	75,5	82,6
Камнепады, снежные лавины, оползни, сели	11,7	11,1	35,8	13,0
Ураганы, штормы, разрушительный ветер	45,0	33,3	26,4	30,4
Гибель растений или животных, пчел, исчезновение рыбы в реках и озерах	28,3	7,4	18,9	30,4
Сильные снегопады и метели, которые привели к перебоям с электричеством, водой, продуктами питания, непроходимости дорог	21,7	3,7	18,9	52,2

В особом фокусе исследования находились проблемы безопасности, связанные с трансформациями ледников и ландшафтов высокогорий и рассматриваемые прежде всего в контексте изменения образа жизни и хозяйственной деятельности людей под влиянием климатических изменений, ассоциируемых с ледниковыми феноменами.

Результаты социологических опросов показали, что жители, безусловно, замечают, что ледники меняются. В личных беседах и глубинных интервью они

описывали изменение внешнего вида ледников (типичный ответ — *«приезжаешь и видишь, что шапка ледника стала меньше»*) и исчезновение водных источников в зоне пастбищ и стоянок, имеющих для них огромное значение. Однако эти изменения не воспринимаются как катастрофические, это очень медленные изменения, последствия которых наступают постепенно и принимаются как естественный ход вещей. Значительная часть опрошенных (41,7%) полагали, что проживание вблизи ледников, в зоне вечной мерзлоты, представляет серьезную опасность. При этом наблюдалась значительная вариабельность ответов в зависимости от населенных пунктов опроса. Так, в поселке Новый Бельтир риски проживания вблизи ледников отмечали только 29,6% жителей (в беседах они прямо говорили о том, что ледник далеко, они живут на равнине, где ледник на них повлиять не может), тогда как в Кош-Агаче доля таких ответов достигала 48,3%. Много опасющихся проживать рядом с ледником было и в Чаган-Узуне, Акташе и Чибите (43,4%), тогда как в Курае и Кызыл-Таше на такую опасность указывали 39,1% опрошенных жителей.

Далее в группе тех, кто считал, что жить возле ледников или в условиях вечной мерзлоты опасно, уточнялось, какие именно риски несут в себе климатические изменения, происходящие в ледовой системе, и ассоциированные с ними природные явления. Это прежде всего высокий риск падежа скота из-за холода, нехватки кормов и других причин (67,2% ответов), риски, связанные со сложностями ведения сельскохозяйственной деятельности (плохо растут растения, сложно возделывать землю — 50,0%), засухой, высыханием рек, озер, пожарами (43,8%). Более трети жителей также отметили, что из-за таяния вечной мерзлоты разрушаются дома, здания и инженерные сооружения (35,9%). Четверть опрошенных выразили свою обеспокоенность по поводу сложностей прокладывания коммуникаций (26,6% ответов). Большинство домохозяйств не имеют централизованного, а многие — и местного (через скважину) водопровода и канализации, нет газового и централизованного отопления, отмечаются серьезные проблемы с доступом к источникам питьевой воды. Около пятой части (21,9%) акцентировали внимание на риске наводнений и паводка, вызванных интенсивным таянием ледников.

Разрушение криозоны определяет ряд вызовов палеобиотического характера. При таянии мерзлоты особую опасность представляют патогенные организмы, ранее находившиеся в изоляции и сохранившие свои функции, способные привести к биозагрязнению почв и послужить причиной новых вспышек эпидемий среди животных и потенциально — человека (Васильев, 2022). Почти треть опрошенных жителей опасаются инфекционных заболеваний, вспышки которых могут быть ассоциированными с таянием ледников. Дополнительно почти 10% опрошенных дали свой вариант ответа, где уточняли, что *«стало сложно организовывать быт»*, *«стало плохо с пастбищами, нет травы»*, *«стало значительно холоднее»*.

Анализ ответов респондентов в разрезе поселений показал отсутствие статистически достоверных различий. Однако визуально заметны некоторые тенденции, которые мы считаем важным подчеркнуть. Так, почти по всем позициям более выраженными были позиции жителей Кош-Агача, тогда как самыми мало-



численными были ответы жителей Нового Бельтира. В целом результаты показывают, что оценка ситуации в значительной степени сходна, однако чем менее разнообразна хозяйственная деятельность, тем более высоко оцениваются риски для животноводства, риски, связанные с возможным наступлением ледников и похолоданием климата, эпидемиологическими последствиями (особенно в Кош-Агаче).

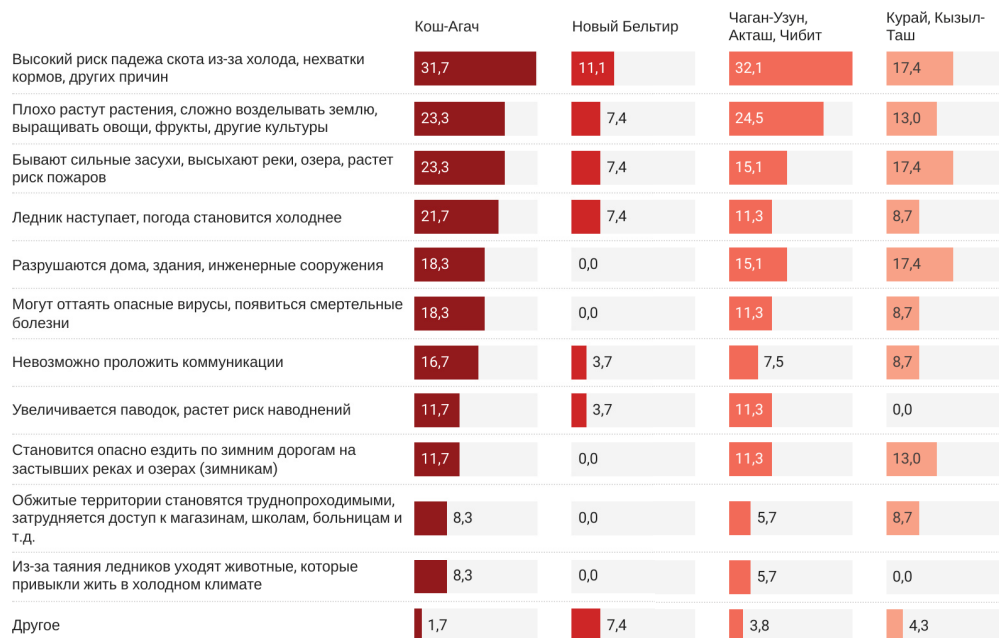


Рисунок 8 — Риски проживания вблизи ледника, в зоне вечной мерзлоты, в зависимости от места проживания опрошенных, % (множественные ответы).

Figure 8 — Risks of living near glacier, in the zone of permafrost, depending on the respondents' place of residence, % (multiple response)

## Обсуждение результатов

Проживание в высокогорных районах требует от жителей выдержки и характера, жизненной стойкости и высокой адаптивности. Экстремально низкие температуры, недоступность многих благ и услуг, слабо развитая социальная инфраструктура определяют специфические модели социального, экономического, культурного поведения, в которых значительную роль играют этнокультурные компоненты, народные и семейные традиции, обеспечивающие трансляцию важных знаний, опыта, ценности, от принятия которых зависит успех выживания, продолжение рода, нахождение смыслов и идентичности, позволяющих органично существовать в сложных природно-экономических условиях. Сложные природно-климатические условия Улаганского и Кош-Агачского районов, приравненные к районам Крайнего Севера, уязвимость традиционного образа жизни

и малочисленность народа обуславливают необходимость формирования особой государственной политики в отношении их устойчивого развития, предусматривающей системные меры по сохранению самобытной культуры, традиционного образа жизни и исконной среды обитания коренного народа (Мердешева, Банникова, Черемисин, 2022). Хорошо известно, что коренные народы являются особо уязвимыми перед лицом климатических изменений. В отношении народов Севера, проживающих в Арктике, уже накоплен достаточный арсенал исследований, однако влияние климата на образ жизни и адаптивные стратегии коренных народов Алтая изучены явно недостаточно, часто работы носят обзорный характер и рассматривают все коренные народы сразу (Ревич, 2021).

Разработка механизмов эффективной адаптации населения к изменениям климата, прогностических моделей, отражающих взаимозависимость и взаимовлияние климатических изменений, политики и поведения людей, основана на проведении гляциологических и социологических исследований и анализе субъективных оценок, социальных представлений и установок граждан в отношении климата.

Анализ мнений жителей на материалах социологических исследований в 2022 г. выявил высокую актуальность проблематики изменения климата для высокогорных районов Горного Алтая и ее тесную взаимосвязь с социально-экономическими показателями развития данных территорий. Пока климатические изменения не формируют актуальную повестку дня, а воспринимаются комплексно, в совокупности с традиционными проблемами выживания в условиях резко континентального климата и вечной мерзлоты с низкими температурами, скудными осадками, неплодородной почвой.

В отличие от наблюдаемых метеорологами долговременных тенденций к потеплению климата Горного Алтая, жители высокогорных территорий ощущают не повышение, а снижение среднегодовой температуры, особенно в Курае и Кызыл-Таше. Снижение отмечается как в зимние, так и летние месяцы, и такие изменения сопровождаются различными опасными природными аномалиями. Для зим характерны усиление периодов аномального холода, сильные ветра и метели, перепады температуры. Значительная часть жителей отмечает учащение обильных снегопадов и увеличение снежного покрова, что не совсем характерно для этой местности. Одновременно с этим сокращается количество солнечной радиации — более трети отмечают увеличение количества пасмурных дней (указанные явления чаще встречаются в Кош-Агаче и Бельтире). Летом жители отмечают частые ветра, увеличение периодов аномальной жары (почти треть ответов), увеличение количества засушливых дней (особенно в Бельтире). Одновременно усиливаются экстремумы суточных осадков, длительность дождей, рост паводковых явлений, что также не вполне характерно для местного климата и указывает на его изменения, фиксируемые местным населением (увеличение осадков особенно заметно в Акташе, Чаган-Узуне, Чибите). От 10% до 20% жителей отмечают специфические климатические высокогорные явления — таяние вечной мерзлоты, выход грунтовых вод на поверхность, учащение камнепадов и оползней в горах, что отражает недавнюю активизацию экзоген-

ных геологических процессов в данных населенных пунктах, подтверждаемую результатами геологического мониторинга.

Широкий спектр опасных погодных явлений, с которыми сталкиваются граждане (прежде всего, это землетрясения, степные и лесные пожары, ураганы и наводнения), показал, что внутриконтинентальные горные районы являются эпицентром экстремальных явлений, имеющих комплексную детерминацию, в которую климатические факторы вносят существенный вклад, и оказывающих существенное воздействие не только на изменение природной среды, но и на жизнь людей. Чаще всего жители страдают от землетрясений, снегопадов и метелей, гибели растений и животных, вызванных экологическими или природными рисками. В населенных пунктах, располагающихся в зоне вечной мерзлоты (Кош-Агач), более выраженным был риск наводнений, связанный с криогенными процессами, в населенных пунктах, относящихся к прерывистой зоне мерзлоты, актуализированы риски лесных и степных пожаров (особенно в Акташе), в зоне активных оползневых и эрозионных процессов жители в большей степени были обеспокоены проблемой камнепадов, оползней и селей, тогда как обильные зимние осадки имели большую значимость для жителей Курая и Кызыл-Таша.

В силу хорошей приспособленности к местным климатическим условиям жители не считают среду своего проживания опасной. Около 42% отмечают, что проживание в зоне вечной мерзлоты, вблизи ледников накладывает определенный отпечаток и привносит в жизнь трудности. Это сложность и дополнительные затраты, связанные с прокладыванием коммуникаций, трудности земледелия и животноводства, опасные природные явления, разрушение инфраструктуры и инженерных сооружений.

### **Заключение**

Проведенные нами исследования показали, что климат оказывает прямое воздействие на безопасность населения данного региона, прежде всего из-за растущих рисков опасных гидрометеорологических явлений (наводнений, прорывов приледниковых озер), обуславливающих потенциально более высокий уровень рисков для жизни и здоровья граждан. При этом особенно важна информация о происходящей трансформации высокогорий региона, где все изменения происходят с наибольшей скоростью, но уровень информированности об этом остается невысоким ввиду нехватки информации. Так, например, в ходе проведенных исследований установлен подъем верхней границы леса в долине р. Маашей на величину до 200 м всего лишь за последние 50 лет. Значительно обновлена информация о состоянии ледников Северо-Чуйского хребта и опровергнуты появлявшиеся в СМИ сообщения о якобы начавшемся наступании ледника Большой Маашей, напротив, выявлено его ускоренное сокращение в последние годы. Как показали социологические исследования, уровень информированности местного населения о проходящих в регионе современных процессах не всегда высок и их представления порой носят субъективный характер. Между тем последствия климатических изменений приводят к новым рисками, которые

наслаиваются на длительно существующие экономические проблемы. Очевидно, что климатические вызовы будут усугубляться, это требует более глубокого изучения установок и поведения жителей во взаимосвязи с представлениями и стратегиями лиц, принимающих управленческие решения в данной сфере.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Барбаш В. Р. и др. Расчеты некоторых характеристик таяния и его тепловых ресурсов с помощью ЭВМ // *Материалы гляциологических исследований*. 1982. № 43. С. 114–119.

Васильев Т. А. Оценка рисков палеобиозагрязнений ландшафтов при деградации криолитозоны на примере оленьих пастбищ Республики Саха (Якутия) // *Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева*. 2022. № 110 С. 148–166.

Ганюшкин Д. А., Кунаева Е. П., Чистяков К. В., Волков И. В. Дешифрирование гляциогенных комплексов по космическим снимкам горного массива Монгун-Тайга // *География и природные ресурсы*. 2018. Т. 1, № 1. С. 167–177.

Галахов В. П., Мухаметов Р. М. *Ледники Алтая*. Новосибирск : Наука, 1999. 136 с.

Гармс Е. О., Сухова М. Г. Экосистемный отклик горных ландшафтов Алтая на изменения климата // *Мир науки, культуры, образования*. 2012. № 6. С. 500–504.

Жожиков А. В., Погодаев М. А., Матиесен С. Роль и значение традиционных знаний коренных народов Арктики и Крайнего Севера для адаптации к изменениям климата // *Комплексная научно-образовательная экспедиция «Арктический плавающий университет — 2018»*. Архангельск, 2018. С. 85–94.

Кокорин А. Новые факторы и этапы глобальной и российской климатической политики // *Экономическая политика*. 2016. № 11 (1). С. 157–176.

Лурье П. М., Панов В. Д., Панова С. В. Криосфера Большого Кавказа // *Устойчивое развитие горных территорий*. 2019. № 11 (2). С. 182–190.

Малыгина Н. С., Эйрих А. Н., Курепина Н. Ю., Папина Т. С. Изотопный состав зимних атмосферных осадков и снежного покрова в предгорьях Алтая // *Лед и Снег*. 2017. Т. 57, № 1. С. 57–68.

Максимова С. Г., Омельченко Д. А., Ноянзина, О. Е. Вклад человеческого капитала в региональное развитие: экспертные оценки структурных компонентов и институциональных условий в российском приграничье // *Society and Security Insights*, 2022. № 5(2), С. 13–32. [https://doi.org/10.14258/ssi\(2022\)2-01](https://doi.org/10.14258/ssi(2022)2-01)

Максимова С. Г., Акулич М. М., Пить В. В. Социальные настроения населения в регионах размещения атомных электростанций // *Социологические исследования*. 2018. № 4 (408). С. 118–126.

Мердешева Е. В., Банникова О. И., Черемисин А. А. Устойчивое развитие территорий Республики Алтай, приравненных к районам Крайнего Севера // *Культура. Наука. Производство*. 2022. №10. С. 89–94. [http://dx.doi.org/10.52978/26187701\\_2022\\_10\\_89-94](http://dx.doi.org/10.52978/26187701_2022_10_89-94).

Оганесян В. В., Стерин А. М., Воробьева Л. Н. Потенциальные ущербы от опасных и неблагоприятных метеорологических явлений на территории Российской Фе-

дерации: региональные особенности // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2021. № 1. С. 143–156.

Оганесян В. В. Климатические изменения как факторы риска для экономики России // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 3. С. 161–184.

Порфирьев Б. Атмосфера и экономика // Россия в глобальной политике. 2010. № 8(3). С. 170–183.

Распутина В. А., Ганюшкин, Д. А., Банцев Д. В., Пряхина Г. В., Вуглинский В. С., Свирипов С. С., Панютин Н. А., Волкова Д. Д., Николаев М. Р. Сыроежко Е. В. Оценка прорывоопасности малоизученных озер массива Монгун-Тайга // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2021. № 66(3). С. 487–509.

Ревич Б. А. Изменение климата в России — проблемы общественного здоровья // Общественное здоровье. 2021. № 1(4). С. 5–14.

Ротанова И. Н., Харламова Н. Ф., Останин О. В. Изменения климата Алтая за период инструментальных исследований // Известия Алтайского государственного университета. 2012. № 2(3). С. 105–109.

Русакова Ю. А. Климатическая политика Российской Федерации и решение проблем изменения глобального климата // Вестник МГИМО Университета. 2015. № 1 (40). С. 66–72.

Стрельникова Т. Д. Влияние изменения климата на здоровье населения // Россия: тенденции и перспективы развития. 2020. № 15 (2). С. 708–711.

Сухова М. Г., Журавлева О. В. Динамика изменения температуры воздуха и осадков в Чуйской котловине // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2017. № 1 (193). С. 124–129.

Сухова М. Г. Эколого-климатический потенциал ландшафтов Алтае-Саянской горной страны для жизнедеятельности населения и рекреационного природопользования : автореф. дисс. ... д-ра геогр. наук. Томск. 2009.

Сухова М. Г., Кочеева Н. А., Журавлева О. В., Бакулин А. А., Никольченко Ю. Н. Причины возникновения экстремальных гидрологических ситуаций на реках Республики Алтай // Геология, география и глобальная энергия. 2015. № 4. С. 48–59.

Черных Д. В., Золотов Д. В. Алтай-Хангае-Саянская горная страна: позиционно географический подход к районированию // Мир науки, культуры, образования. 2011. № 6 (1). С. 267–272.

Чижова Ю. Н., Рец Е. П., Васильчук Ю. К., Токарев И. В., Буданцева Н. А., Киреева М. Б. Два подхода к расчету расчленения гидрографа стока реки с ледниковым питанием с помощью изотопных методов // Лед и Снег. 2016. Т. 56, № 2. С. 161–168.

Яшалова Н. Н., Рубан Д. А. Долговременные риски российского растениеводства в условиях глобальных изменений климата в контексте продовольственной безопасности // Региональная экономика: теория и практика. 2018. № 16(6). С. 1127–1140.

Bowen G. J. The Online Isotopes in Precipitation Calculator, version X.X. 2018. URL: <http://www.waterisotopes.org>

Ganyushkin D., Chistyakov K., Derkach E., Bantcev D., Kunaeva E., Terekhov A., Rasputina V. Glacier Recession in the Altai Mountains after the LIA Maximum // *Remote Sensing*. 2022. Vol. 14, No. 6. 1508. <https://doi.org/10.3390/rs14061508>.

Ganyushkin, D., Bantcev, D., Derkach, E., Agatova, A., Nepop, R., Griga, S., Rasputina, V., Ostanin, O., Dyakova, G., Pryakhina, G., et al. Post-Little Ice Age Glacier Recession in the North-Chuya Ridge and Dynamics of the Bolshoi Maashei Glacier, Altai // *Remote Sensing*, 2023. No. 15, 2186. URL: <https://doi.org/10.3390/rs15082186>

Pörtner H. O., Roberts D. C., Masson-Delmotte V., Zhai P., Tignor M., Poloczanska E., Weyer, N. M. IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate // IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change: Geneva, Switzerland. 2019. No. 1(3). 1–755.

## REFERENCES

Barbash, V.R. et al. (1982). Calculations of some characteristics of thawing and its thermal resources by computer. *Materialy glaciologicheskikh issledovaniy*, 43, 114–119. (In Russ.).

Vasiliev, T. A. (2022). Assessment of risks of paleobio-pollution of landscapes at degradation of cryolithozone on the example of reindeer pastures of the Republic of Sakha (Yakutia). *Byulleten' Pochvennogo Instituta im. V.V. Dokuchaeva*, 110, 148–166. (In Russ.).

Ganyushkin, D. A. Kunaeva, E. P., Chistyakov, K. V., & Volkov, I. V. (2018). Interpretation of glaciogenic complexes from space images of the Mongun-Taiga mountain massif. *Geografiya i Prirodnye Resursy*, 1(1), 167–177. (In Russ.).

Galakhov, V. P., Mukhametov, R. M. (1999). *Glaciers of Altai*. Novosibirsk : Nauka. (In Russ.).

Garms, E. O., & Sukhova, M. G. (2012). Ecosystem response of Altai mountain landscapes to climate change. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya*, 6, 500–504. (In Russ.).

Zhozhikov, A. V., Pogodaev M. A., & Mathiesen S. (2018). The role and significance of traditional knowledge of indigenous peoples of the Arctic and the Far North for adaptation to climate change. In: *Kompleksnaya nauchno-obrazovatel'naya ekspeditsiya "Arkticheskij plavuchij universitet — 2018"* (pp. 85–94). (In Russ.).

Kokorin, A. (2016). New factors and stages of global and Russian climate policy. *Ekonomicheskaya Politika*, 11(1), 157–176. (In Russ.).

Lurie, P. M., Panov, V. D., & Panova, S. V. (2019). The cryosphere of the Greater Caucasus. *Ustojchivoe Razvitie Gornyh Territorij*, 11(2), 182–190. (In Russ.).

Merdeshva, E. V., Bannikova, O. I., & Cheremisin, A. A. (2022). Sustainable development of the Altai Republic territories equated to the Far North areas. *Kul'tura. Nauka. Proizvodstvo*, 10, 89–94. [http://dx.doi.org/10.52978/26187701\\_2022\\_10\\_89-94](http://dx.doi.org/10.52978/26187701_2022_10_89-94). (In Russ.).

Malygina, N. S., Eirih, A. N., Kurepina, N. Yu., Papina, T. S. (2017). Isotopic composition of winter precipitation and snow cover in the foothills of Altai. *Ice and Snow*, 57(1), 57–68. (In Russ.).

Maksimova, S. G., Omelchenko, D. A., Noyanzina, O. E. (2022). The contribution of human capital to regional development: expert assessments of structural components and

institutional conditions in the Russian border region. *Society and Security Insights*, 5(2), 13–32. (In Russ.). [https://doi.org/10.14258/ssi\(2022\)2-01](https://doi.org/10.14258/ssi(2022)2-01)

Maksimova, S. G., Akulich, M. M., & Pit, V. V. (2018) Social sentiments of the population in the regions where nuclear power plants are located. *Sociological Research*, 4(408), 118–126. (In Russ.).

Merdeshева, E. V., Bannikova, O. I., Cheremisin, A. A. (2022). Sustainable development of the territories of the Altai Republic, equated to the regions of the Far North. *Culture. The science. Production*, 10, 89–94.

Oganesyan, V. V., Sterin, A. M., Vorobyeva, & L. N. (2021). Potential damages from dangerous and unfavorable meteorological phenomena on the territory of the Russian Federation: regional peculiarities. *Gidrometeorologicheskie issledovaniya i prognozy*, 1, 143–156. (In Russ.).

Oganesyan, V. V. (2019). Climatic changes as risk factors for the Russian economy. *Gidrometeorologicheskie issledovaniya i prognozy*, 3, 161–84. (In Russ.).

Porfiriev, B. (2010). Atmosphere and economy. *Russia in Global Politics*, 8(3), 170–183. (In Russ.).

Rasputina, V. A., Ganyushkin, D. A., Bantsev, D. V., Pryakhina, G. V., Vuglinsky, V. S., Svirepov, S. S., Panyutin, N. A., Volkova, D. D., Nikolaev, M. R. & Syroezhko, E. V. (2021). Assessment of breakthrough hazard of poorly studied lakes of Mongun-Taiga massif. *Bulletin of St. Petersburg University. Earth Sciences*, 66(3), 487–509. (In Russ.).

Revich, B. A. (2021). Climate change in Russia — problems of public health. *Public Health*, 1(4), 5–14. (In Russ.).

Rotanova, I. N., Kharlamova, N. F., & Ostanin, O. V. (2012). Altai climate changes over the period of instrumental studies. *Bulletin of the Altai State University*, 2(3), 105–109. (In Russ.).

Rusakova, Yu. A. (2015). Climate policy of the Russian Federation and addressing the challenges of global climate change. *Bulletin of MGIMO University*, 1(40), 66–72. (In Russ.).

Strelnikova, T. D. (2020). The impact of climate change on the health of the population. *Russia: Trends and Prospects of Development*, 15(2), 708–711. (In Russ.).

Sukhova, M. G., & Zhuravleva, O. V. (2017). Dynamics of changes in air temperature and precipitation in the Chu Basin. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Estestvennye nauki*. 1 (193). C. 124–129. (In Russ.).

Sukhova, M. G. (2009). *Ecological and climatic potential of landscapes of Altai-Sayan mountainous country for population life activity and recreational nature management* (Doctoral Thesis). Tomsk. (In Russ.).

Sukhova, M. G., Kocheeva, N. A., Zhuravleva, O. V., Bakulin, A. A., & Nikolchenko, Yu. N. (2015). Causes of extreme hydrological situations on the rivers of the Altai Republic. *Geology, Geography and Global Energy*, 4, 48–59. (In Russ.).

Chernykh, D. V., Zolotov, D. V. (2011). Altai-Khangai-Sayan mountain country: positional geographical approach to zoning. *Mir Nauki, Kultury, Obrazovaniya*, 6(1), 267–272. (In Russ.).

Chizhova, Y. N., Rets, E. P., Vasilchuk, Yu. K., Tokarev, I. V., Budantseva, N. A., Kireeva, M. B. (2016). Two approaches to the calculation of the dismemberment of the hydrograph of the river with ice-fed by isotope methods. *Ice and Snow*, 56(2), 161–168 (In Russ.).

Yashalova, N. N., Ruban, D. A. (2018). Long-term risks of Russian crop production under global climate change in the context of food security. *Regional economy: theory and practice*, 16(6), 1127–1140. (In Russ.).

Bowen, G. J. (2018) *The Online Isotopes in Precipitation Calculator, version X.X*. URL: <http://www.waterisotopes.org>

Ganyushkin, D., Chistyakov, K., Derkach, E., Bantcev, D., Kunaeva, E., Terekhov, A., Rasputina, V. (2022). Glacier Recession in the Altai Mountains after the LIA Maximum. *Remote Sensing*, 14(6), 1508. URL: <https://doi.org/10.3390/rs14061508>.

Ganyushkin, D.; Bantcev, D.; Derkach, E.; Agatova, A.; Nepop, R.; Griga, S.; Rasputina, V.; Ostanin, O.; Dyakova, G.; Pryakhina, G., et al. (2023). Post-Little Ice Age Glacier Recession in the North-Chuya Ridge and Dynamics of the Bolshoi Maashei Glacier, Altai. *Remote Sensing*, 15, 2186. URL: <https://doi.org/10.3390/rs15082186>

Pörtner, H. O., Roberts, D. C., Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Tignor, M., Poloczanska, E., ... & Weyer, N. M. (2019). IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate. *IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change: Geneva, Switzerland*, 1(3), 1–755.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Светлана Геннадьевна Максимова — д-р социол. наук, профессор, зав. кафедрой социальной и молодежной политики, Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия.

Svetlana G. Maximova — Dr. Sci. (Sociology), Professor, head. Department of Social and Youth Policy, Altai State University, Barnaul, Russia.

Дмитрий Анатольевич Ганюшкин — д-р геогр. наук, профессор кафедры физической географии и ландшафтного планирования, Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия.

Dmitry A. Ganyushkin — Dr. Sci. (Geography), Professor, Department of Physical Geography and Landscape Planning, St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia.

Дарья Алексеевна Омельченко — канд. социол. наук, доцент кафедры социальной и молодежной политики, Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия.

Daria A. Omelchenko — Cand. Sci. (Sociology), Associate Professor at the Department of Social and Youth Policy, Altai State University, Barnaul, Russia.

Оксана Евгеньевна Ноянзина — канд. социол. наук, доцент, начальник информационно-аналитического отдела, Главный информационно-вычислительный центр Министерства культуры Российской Федерации, г. Москва, Россия.

Oksana E. Noyanzina — Cand. Sci. (Sociology), the Head of the Information and Analysis Department of the Main Computing Center of the Ministry of Culture of the Russian Federation, Moscow, Russia.



Галина Валентиновна Пряхина — канд. геогр. наук, доцент с возложенными обязанностями заведующей кафедрой гидрологии суши, Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия.

Galina V. Pryakhina — Cand. Sci. (Geography), Associate Professor with assigned responsibilities as Head of the Department of Land Hydrology of St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia.

Дмитрий Вадимович Банцев — канд. геогр. наук, старший преподаватель кафедры гидрологии суши, Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия.

Dmitry V. Bantcev — Cand. Sci. (Geography), senior lecturer at the Department of Land Hydrology, St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia.

Валерия Алексеевна Распутина — инженер-исследователь, Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия.

Valeria A. Rasputina — Research Engineer, St. Petersburg State University, St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia.

Статья поступила в редакцию 01.09.2023;  
одобрена после рецензирования 15.09.2023;  
принята к публикации 15.09.2023.

The article was submitted 01.09.2023;  
approved after reviewing 15.09.2023;  
accepted for publication 15.09.2023.