

Метеорология

Бибаева А.Ю.

Научная статья

УДК: 911.52:911.9:502.2.05:551.50 (571.53)

doi: 10.17072/2079-7877-2023-4-110-126

**ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ВЕРХНИХ ЛАНДШАФТНЫХ ПОЯСОВ
СЕВЕРА ПРИМОРСКОГО ХРЕБТА (ПРИБАЙКАЛЬЕ) В 2021-2022 ГГ.****Анна Юрьевна Бибаева**

Институт географии им. В.Б.Сочавы СО РАН, г. Иркутск, Россия

pav_a86@mail.ru, Author ID: 771734

Аннотация. Вопрос мониторинга термического режима приземного слоя атмосферы в условиях горного рельефа Прибайкалья был и остается актуальным на протяжении многих десятилетий. В 2015 г. в Западном Прибайкалье прошли сплошные пожары катастрофического характера. В результате сильно нарушена коренная растительность, значительно изменены или ослаблены ее средоформирующие и средозащитные функции. В 2021 г. с целью изучения восстановительной динамики геосистем на фоне климатических изменений организован мониторинг термического режима верхних ландшафтных поясов Приморского хребта. Период наблюдений охватывает 2021–2022 гг. Мониторинговые площадки заложены в подгольцовом (1280 м над у.м.) и горнотаежном (1040 м над у.м.) поясах юго-восточного макросклона Приморского хребта. Наблюдения за термическим режимом приземного слоя воздуха осуществлялись при помощи автономных регистраторов температуры Thermochron iButton DS1925L-F5, установленных на высоте 2 м. Регистрация температуры производилась восемь раз в сутки синхронно с измерениями станций метеорологической сети. Получены сравнительные данные по динамике температуры подгольцового и горнотаежного поясов севера Приморского хребта, включая участки, подверженные пирогенному воздействию. Определены суммы положительных и активных температур, длительность вегетационного и холодного периодов; проведен анализ годового хода и суточной динамики температуры приземного слоя воздуха по сезонам года; установлено влияние высоты местности и типа растительного покрова на термический режим высотных поясов. Выявлены особенности термического режима участков пирогенного воздействия в горнотаежном поясе, обусловленные изменением отражательной способности подстилающей поверхности в результате сведения растительного покрова. Дальнейшие исследования позволят выявить длительность периода постпирогенного восстановления микроклиматических показателей до фоновых значений для разных топогеосистем северной части Приморского хребта; полученные данные совместно с материалами полевых физико-географических исследований могут быть использованы в качестве научной основы планирования хозяйственной деятельности (в т.ч. природоохранной) на территории с особыми условиями природопользования.

Ключевые слова: Прибайкалье, температура воздуха, Приморский хребет, оз.Байкал, горный район, пожары, гарь, даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха, подгольцовый пояс, горнотаежный пояс, геосистемы

Благодарность. Исследование выполнено в рамках темы государственного задания ИГ СО РАН № АААА-А21-121012190056-4.

Для цитирования: Бибаева А. Ю. Термический режим верхних ландшафтных поясов севера Приморского хребта (Прибайкалье) в 2021–2022 гг. // Географический вестник=Geographical bulletin. 2023. № 4(67). С.110–126. DOI:10.17072/2079-7877-2023-4-110-126

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2023-4-110-126

**THERMAL REGIME OF THE UPPER LANDSCAPE BELTS IN THE NORTH OF THE
PRIMORSKY RIDGE (PRIBAIKALYE) IN 2021-2022****Anna Yu. Bibaeva**

V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia

pav_a86@mail.ru, Author ID: 771734

Abstract. Monitoring of the thermal regime of the atmospheric surface layer in the conditions of the mountainous relief of the Baikal region has been a relevant issue for many years. In 2015, catastrophic fires occurred in the Western Pribaikalye. As a result, the native vegetation was strongly disturbed, its environment-forming and environment-protective functions changed or weakened significantly. In 2021, monitoring of the thermal regime of the upper landscape belts of the Primorsky Ridge was organized in order to study the restoration dynamics of the geosystems against the background of climatic changes. The observation period covered 2021-2022. Monitoring sites were organized in the podgoltsovyi (1280 m ASL) and mountain taiga (1040 m ASL) belts of the southeastern macroslope of the Primorsky Ridge. The thermal regime of the surface air layer was monitored using autonomous temperature recorders Thermochron iButton DS1925L-F5 installed at a height of 2 m. The temperature was recorded eight times a day synchronously with the measurements of meteorological network stations. There were obtained comparative data on the temperature



*Метеорология**Бибеева А.Ю.*

dynamics of the podgoltsovyi and mountain taiga belts in the north of the Primorsky Ridge, including areas subjected to pyrogenic effects. The sums of positive and active temperatures, the duration of the vegetation and cold periods were determined; the annual variability and the seasonal daily dynamics of the atmospheric surface layer temperature were analyzed; the influence of the terrain height and the type of vegetation cover on the thermal regime of high-altitude belts was established. The study revealed the features of the thermal regime of pyrogenic impact areas in the mountain taiga belt, which are caused by a change in the reflectivity of the underlying surface due to destruction of the vegetation cover. Further studies will make it possible to identify the duration of the post-pyrogenic recovery of microclimatic parameters to background values for different topogeosystems in the northern part of the Primorsky Ridge. The obtained data, together with the materials of field physical-geographical studies, can be used as a scientific basis for planning economic activities (including environmental protection) in areas with special conditions of natural resource management.

Keywords: Baikal region, air temperature, Primorsky Ridge, Lake Baikal, mountainous region, fires, burnt areas, dates of stable transition of average daily air temperature, podgoltsovyi belt, mountain taiga belt, geosystems

Acknowledgments: The study was carried out under the topic of state assignment of the IG SB RAS No. AAAA-A21-121012190056-4

For citation: Bibeeva, A.N. (2023). Thermal regime of the upper landscape belts in the north of the Primorsky Ridge (Pribaikalye) in 2021-2022. *Geographical Bulletin*. No. 4(67). Pp.110–126. DOI:10.17072/2079-7877-2023-4-110-126

Постановка проблемы

Геосистемы северной части Приморского хребта (Прибайкалье) испытывают в последние десятилетия возрастающее деструктивное воздействие, вызванное пирогенным фактором. В 2015 г. в Западном Прибайкалье прошли сплошные пожары катастрофического характера, также затронувшие территории с особым природоохранным статусом [2]. Сведение и уничтожение растительного покрова, главным образом древесного яруса, обуславливают изменение микроклиматических показателей топогеосистем в процессе их восстановительной динамики. На фоне фиксирующейся тенденции потепления климата бореальной зоны нарушение отдельных компонентов геосистем может привести к преобразованию их коренной структуры.

В сохранении озера Байкал, как резервуара чистой воды и объекта всемирного природного наследия ЮНЕСКО, определяющее значение имеет состояние горных геосистем его бассейна, выполняющих важнейшие экологические функции (средообразующую, водорегулирующую, водоохранную, почвозащитную и др.). Исходя из этого необходимо проведение систематических комплексных физико-географических исследований и мониторинга процессов и явлений с целью выявления современного состояния геосистем, направленности и потенциала их восстановительной динамики. Одним из аспектов таких исследований является изучение микроклиматического режима геосистем.

Проблеме исследования микроклиматических изменений как первоосновы для понимания отклика географических систем на глобальные и региональные климатические изменения в последние годы вновь стало уделяться большое внимание в мировой литературе [25; 26].

Разработка мониторинговых станций и датчиков, способных работать в автономном режиме, способствовала широкому развитию микроклиматических исследований труднодоступных районов как в России [10–12; 16], так и за рубежом [17; 24; 27].

Микроклиматические исследования горных территорий Байкальского региона проводят сотрудники Института географии им.В.Б.Сочавы СО РАН [5; 28], в том числе в аспекте изучения динамики нивально-гляциальных систем [13–15; 19], анализа условий почвообразования [7–9]. С 1992 г. Байкальский биосферный заповедник ведет мониторинг температуры и влажности приземного слоя воздуха по маршруту «Чум» с целью анализа изменения биоразнообразия лишайников в разных микроклиматических и высотных условиях.

Тем не менее горные районы Прибайкалья практически не охвачены микроклиматическими исследованиями, а данные проводимых мониторинговых исследований публикуются в единичных работах. Что касается метеорологических станций, то абсолютное большинство из них расположены на побережье оз.Байкал, что не позволяет характеризовать климатические особенности склонов горных хребтов и их водоразделов. Между тем суровость климатических условий горных районов обуславливает уязвимость растительного компонента геосистем к внешним воздействиям (особенно это касается видов с узкой эколого-ценотической

Метеорология

Бибаева А.Ю.

амплитудой), что усиливает отклик на климатические изменения.

Отсутствие необходимых данных по микроклиматическим исследованиям при изучении восстановительной динамики геосистем Приморского хребта побудило в 2021 г. организовать мониторинговые наблюдения термического режима приземного слоя атмосферы в горнотаежном и подгольцовом поясах.

В статье представлены первые результаты мониторинга и сравнительного анализа особенностей термического режима верхних высотных поясов Приморского хребта, включая территории, подверженные пирогенному воздействию.

Территория исследования

Исследуемая территория расположена в средней части западного побережья оз. Байкал; включает северную часть Приморского хребта. Территория исследования представлена низкогорным слаборасчлененным эрозионным рельефом. Абсолютные высоты варьируют от 450 м на побережье до 1350 м вглубь территории, отдельные вершины достигают 1500 м.

На территории исследования выделяются три растительных пояса: горностепной, горнотаежный и подгольцовый; гольцовый – встречается фрагментарно. Большая часть горнотаежной зоны представлена восстановительными сериями коренных геосистем, периодически подвергавшихся пирогенному воздействию.

Особенности циркуляции атмосферы над югом Восточной Сибири обусловлены значительной удаленностью территории от океанов (Тихого, Атлантического, Северного Ледовитого), сложным расчлененным рельефом. Условия климатообразования и сезонных метеорологических процессов в Прибайкалье довольно подробно представлены в коллективной монографии 1977 г. «Структура и ресурсы климата Байкала и сопредельных пространств». Отразим основные сведения об особенностях сезонной циркуляции атмосферы региона согласно [23].

Местные свойства климата и погоды формируются на фоне основных синоптических процессов – западного переноса воздушных масс и его сезонных возмущений (обуславливающих появление довольно устойчивых и значительных меридиональных составляющих воздушных течений), процессов циклогенеза и антициклогенеза у поверхности земли. В течение зимы преобладает приземный антициклогенез в массах устойчивого сухого и холодного воздуха, здесь большую часть зимы господствует северо-восточная часть зимнего азиатского антициклона. Циклоны, выходящие с запада и северо-запада, обычно заполняются над Восточной Сибирью и вызывают здесь непродолжительное ухудшение погоды.

Весной начинают преобладать зональные формы циркуляции атмосферы, характеризующиеся переносом приземных барических образований с запада на восток. При этом западные антициклоны движутся по южным широтам с Казахстана и Средней Азии на территорию Монголии и Китая. Циклоны же проходят с запада на восток в зоне между 45° - 65° с.ш. и сопровождаются тыловыми антициклоническими вторжениями, происходящими по довольно разнообразным траекториям.

В летний период характерно блокирование зонального потока воздушных масс, в район Байкала происходит выход южных циклонов из Монголии. В случаях, когда воздушные течения приобретают зональный характер, по югу Сибири движутся антициклоны. Для лета и осени характерны также синоптические процессы, которые можно назвать смешанной формой циркуляции. При этом с северо-запада на Прибайкалье и далее в Монголию происходит вторжение антициклонов. Осенью преобладают зональные формы циркуляции; усиливаются вторжения в тыловых частях западных циклонов, наблюдается развитие азиатского зимнего антициклона и переход к зимним формам циркуляции.

В условиях горного рельефа Прибайкалья характер размещения орографических структур определяет не только пространственное распределение климатических показателей, но и сами процессы климатообразования – формирование горно-долинной, внутридолинной, бри-

*Метеорология**Бибаева А.Ю.*

зовой циркуляции и т.д. Как видим, первостепенную роль в климатообразовании на региональном уровне начинает играть радиационный фактор, способствуя дифференциации микроклимата геосистем в зависимости от инсоляционной экспозиции, высоты, формы рельефа, типа подстилающей поверхности (вид растительности, выходы коренных пород и др.). Посредством рельефа, в свою очередь, происходит дифференциация растительного покрова.

Таким образом, радиационные условия и циркуляция атмосферы создают общий фон метеорологических элементов, а все микро- и мезомасштабные климатические различия в значительной мере обусловлены воздействием подстилающей поверхности и регулируется ею.

Согласно данным ВНИИГМИ-МЦД [3], в годовом ходе температуры воздуха на территории Предбайкалья максимум отмечается в июле, минимум – в январе; в котловине озера Байкал в годовом ходе наблюдается сдвиг минимальной температуры на февраль. В зимний период антициклональный режим погоды (Сибирский антициклон) обуславливает малооблачную погоду со слабыми ветрами и низкими температурами воздуха. Для Иркутской обсерватории средняя многолетняя температура января составляет $-17,6^{\circ}$; продолжительность зимнего сезона – 174 дня [21]. Горизонтальные барические градиенты в этот период направлены с суши на озеро [4]. В горных районах на возвышенных участках теплее, чем в низинных и котловинных благодаря широкому развитию температурных инверсий.

В теплый период года на фоне малоградиентного фона пониженного атмосферного давления в Сибири над Байкалом образуется локальный барический максимум, связанный с охлаждающим влиянием водных масс озера. Горизонтальные барические градиенты в этот период направлены с озера на сушу [4]; увеличивается повторяемость циклонов и выпадает 65–85 % суммы осадков [18]. В горных районах часть осадков имеет локальный характер вследствие интенсивно развивающейся здесь внутримассовой конвективной облачности [4].

Данных о высотных градиентах температуры для территории Западного Прибайкалья в научной литературе не представлено ввиду отсутствия пунктов метеорологических наблюдений в горных местоположениях. В работе [23] приведены некоторые данные для горных районов Западного Забайкалья, описывается изменчивость градиента температур по высотным поясам. В нижнем поясе гор (до 700 м) вследствие инверсий практически весь год сохраняется отрицательный градиент температур. Также он характерен и для высотного пояса 1400–1600 м. Положительные значения ($0,36-0,9^{\circ}\text{C}/100\text{м}$) градиент приобретает на высотах 700–1200 м [23].

Термическое влияние оз. Байкал обуславливает особый тип климата на его побережьях, приближенного к морскому: уменьшение годовых амплитуд температуры воздуха, снижение континентальности климата. Воздействие Байкала распространяется по долинам крупных рек (Ангара, Верхняя Ангара, Селенга, Баргузин) в глубь суши на 30–40 км [23]. Горные хребты препятствуют теплообмену котловины озера с окружающей сушей.

В центральной части западного побережья Байкала выделены две зоны: зона, где влияние Байкала распространяется на все элементы климата (побережье, о. Ольхон и восточные склоны Приморского хребта до 1000 м над у.м.), и зона, где такое влияние практически отсутствует [4]. Термический режим первой зоны находится под воздействием формирующихся над озером воздушных масс, вследствие чего средняя месячная температура воздуха здесь осенью и зимой выше, а летом ниже, чем на окружающей суше; абсолютная годовая амплитуда температуры воздуха на $10-15^{\circ}\text{C}$ ниже по сравнению с верхними поясами гор [4]. В зоне влияния Байкала продолжительность безморозного периода составляет 4–4,5 месяца; это на 1–1,5 месяца больше по сравнению с горными районами. Годовое количество осадков в прибрежной степной зоне составляет 200–300 мм, в горной части – 500 мм [4].

Метеорология

Бибаева А.Ю.

Материалы и методы

Температура воздуха и ее изменения в значительной степени определяют условия распространения различных растительных сообществ. В условиях потепления и аридизации климата Восточной Сибири особый интерес представляет изучение термических характеристик геосистем различных высотных поясов гор, а также микроклиматических условий восстановления геосистем, подверженных пирогенному воздействию. С этой целью в 2021 г. организованы мониторинговые площадки в верхних поясах севера Приморского хребта на трех точках (рис. 1):

1) в подгольцовом поясе на выположенной приводораздельной поверхности на высоте 1280 м над у.м.; на удалении от Байкала 9,8 км;

2) в горнотаежном поясе на гари (после прохождения низового устойчивого пожара в 2015 г.) на высоте 1041 м на у.м., в 150 м от кромки пожара, на пологом склоне юго-восточной экспозиции с уклоном 2–3°; на удалении от Байкала 6,7 км;

3) в горнотаежном поясе (контрольный участок) в лиственнично-сосновом с подростом из кедра, пихты и ели с подлеском из ольхи кустарниковой (*dushecia fruticosa*), кустарничково-зеленомошном с баданом лесу на высоте 1039 м на у.м., в 150 м от кромки пожара, на пологом склоне ю-в экспозиции с уклоном 2-3°; на удалении от Байкала 6,7 км.

Согласно работе [4] влияние Байкала на элементы микроклимата заложенных нами мониторинговых площадок минимально, так как они расположены на высотах более 1000 м над у.м.

Наблюдения за термическим режимом приземного слоя воздуха осуществлялись при помощи автономных регистраторов температуры Thermochron iButton DS1925L-F5 с диапазоном измерения температуры от -40 до +85°C (погрешность измерения $\pm 0,5$ °C). Термографы установлены на высоте 2 м над подстилающей поверхностью на стволах деревьев с северной стороны (рис. 2, а) или на деревянном штативе (рис. 2, б). Во избежание искажений в измерениях при попадании прямых солнечных лучей датчики регистраторов температуры защищены природными материалами (береста, сухие веточки), имеющими низкий коэффициент теплопроводности.

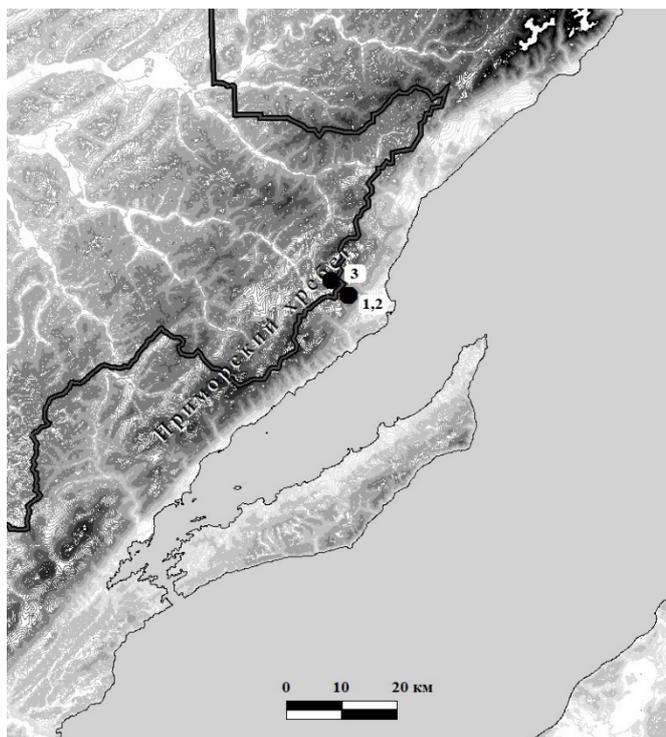


Рис. 1. Размещение мониторинговых площадок в верхнем поясе Приморского хребта. Линией показаны границы Прибайкальского национального парка: 1–3 – мониторинговые площадки
 Fig. 1. Location of monitoring sites in the upper belt of the Primorsky Ridge. The line shows the boundaries of the Pribaikalsky National Park. 1–3 – monitoring sites

Метеорология

Бибаева А.Ю.

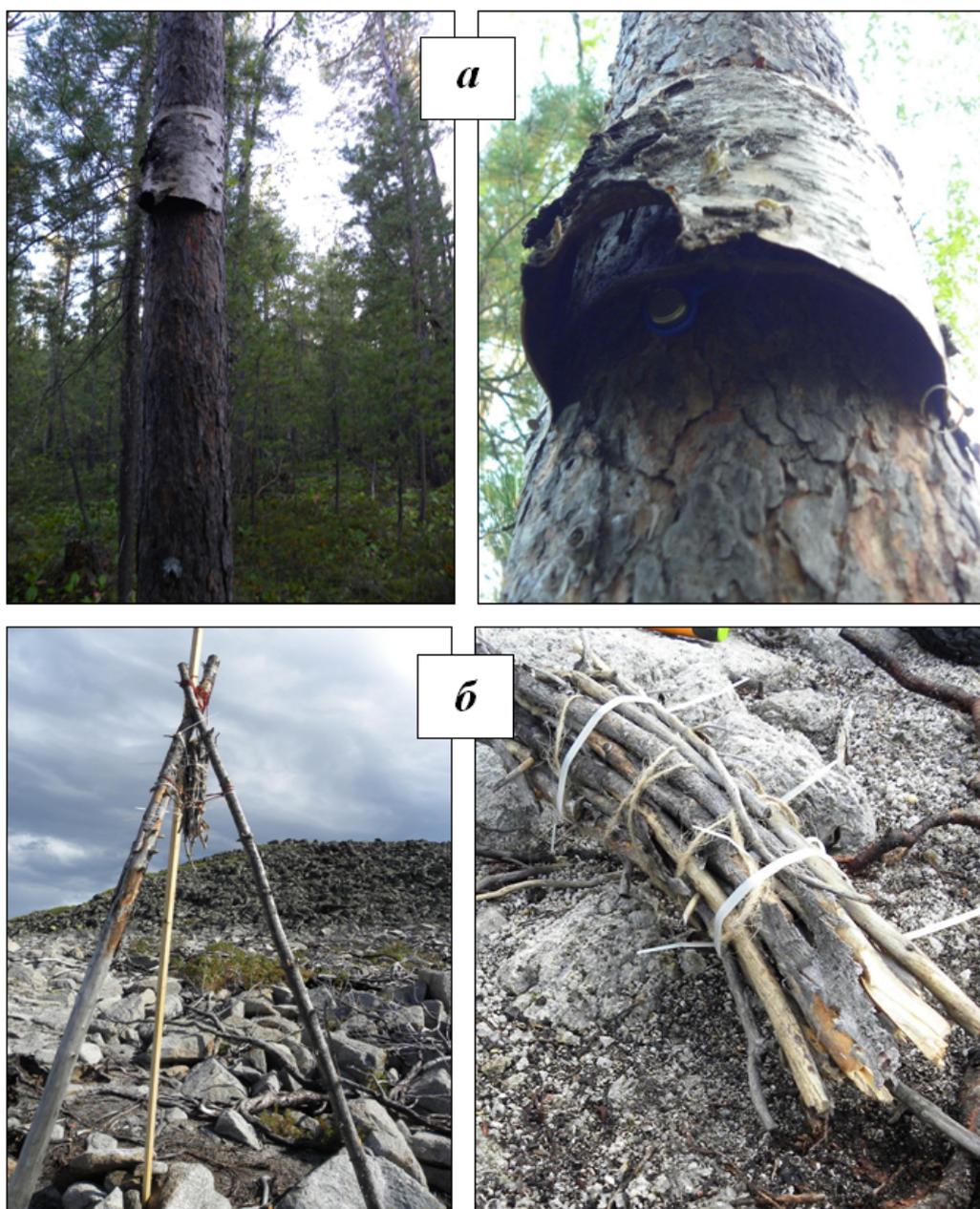


Рис. 2. Установка термографа Thermochron iButton DS1925L-F5:
a – в горнотаежном поясе (1039 м над у.м.) и *б* – подгольцовом поясе (1280 м)
 Fig. 2. Installation of Thermochron iButton DS1925L-F5 thermograph in
a) mountain taiga belt (1039 m above sea level) and *b*) podgoltsovyi belt (1280 m)

Регистрация метеопараметров производилась восемь раз в сутки синхронно с измерениями станций метеорологической сети. Установленная на приборах учета периодичность измерений позволяет выявить годовой ход температуры приземного слоя воздуха, внутрисуточную динамику, установить даты перехода среднесуточных температур через заданные значения, оценить длительность вегетационного периода. Ряд данных охватывает период наблюдений с августа 2021 г. по июль 2022 г. (период последнего извлечения информации с автономных регистраторов). Корректность использования данных термографов Thermochron iButton серии DS для комплексных ландшафтных исследований подтверждена в работе [6].

Даты устойчивого перехода температуры воздуха через заданные значения определялись по методике Д.А.Педея [20].

Метеорология

Бибаева А.Ю.

Сравнительные данные по станциям Баяндай, Узур и Качуг приведены на основе анализа базы данных сайта «Расписание погоды» gr5.ru за 2021–2022 гг.

Полевые физико-географические исследования проводились в 2020–2022 гг., т.е. по прошествии 5–7 лет с начала самовосстановления геосистем после пирогенного воздействия.

В тексте использован термин «апериодическая амплитуда», т.е. «разность между средними максимальными и средними минимальными температурами», которые в том числе обусловлены адвективными процессами [23, с.85].

Коэффициент теплообеспеченности рассчитывался по формуле:

$$K_T = \frac{\sum t_+}{\sum t_-} \times 100,$$

где K_T – коэффициент теплообеспеченности, %; $\frac{\sum t_+}{\sum t_-}$ – отношение суммы положительных к сумме отрицательных температур воздуха.

Результаты исследования и обсуждение

Внутригодовая динамика температуры приземного слоя воздуха в подгольцовом и горнотаежном поясах севера Приморского хребта (Прибайкалье) представлена в табл. 1.

Таблица 1
Динамика среднемесячной температуры (°С) приземного слоя воздуха в верхних ландшафтных поясах севера Приморского хребта (Западное Прибайкалье) в 2021–2022 гг.
Dynamics of the average monthly temperature (°C) of the surface air layer in the upper landscape belts in the north of the Primorsky Ridge (Western Pribaikalye) in 2021–2022

Период		Подгольцовый пояс 1280 м над у.м.	Горнотаежный пояс 1040 м над у.м.	
			Лесной участок	Горельник
2021	Август	12,1	13,1	14,0
	Сентябрь	3,6	5,0	5,5
	Октябрь	-2,2	-1,1	-1,0
	Ноябрь	-10,1	-8,6	-8,6
	Декабрь	-16,4	-15,3	-15,3
2022	Январь	-17,6	-17,2	-17,1
	Февраль	-17,2	-16,9	-16,6
	Март	-11,1	-10,1	-9,4
	Апрель	-2,3	-0,4	0,2
	Май	6,7	7,8	8,4
	Июнь	13,6	14,0	15,0
	Июль	13,3	14,8	15,3
Среднегодовая температура воздуха		-2,3	-1,3	-0,8
Амплитуда периодическая		31,2	32,0	32,5
Амплитуда апериодическая		37,7	39,0	39,7
Коэффициент теплообеспеченности		0,64	0,78	0,86

Среднегодовая температура воздуха в верхних ландшафтных поясах Приморского хребта в 2021–2022 гг. на всех точках наблюдения имеет отрицательные значения: от -2,3° в подгольцовом поясе до -1,3° в горнотаежном поясе на контрольном участке и -0,8° в горельнике 2015 г. Для сравнения в предгорьях (Предбайкальская впадина) она составила -0,3 °С, а на побережье оз.Байкал, имеющего черты морского климата, в этот период отмечена положительная среднегодовая температура воздуха – на ст. Узур +0,1°С.

Метеорология

Бибаева А.Ю.

Резкая континентальность климата территории проявляется в больших годовых амплитудах температур воздуха: в 2021–2022 гг. в верхних поясах севера Приморского хребта она составляла 31–32,5° (см. табл. 1), в пределах Предбайкальской впадины на ст. Баяндай – 35°, ст. Качуг – 40°; в прибрежной зоне оз. Байкал на ст. Узур – 36°C. Согласно [22] снижение годовой амплитуды температуры воздуха в верхних поясах гор обусловлено своеобразной стратификацией атмосферы благодаря инверсиям температур в зимний период и снижению температуры с высотой летом.

Горный рельеф обуславливает резкую дифференциацию термического режима по местоположениям. В годовом ходе температуры воздуха в верхних ландшафтных поясах минимум отмечается в январе; в горнотаежном поясе максимум приходится на июль, в подгольцовом он смещен на июнь (см. табл.1). Это обусловлено менее интенсивным локальным развитием внутримассовой конвективной облачности в подгольцовом поясе гор в июне и, следовательно, большим поступлением солнечной радиации к земной поверхности.

В зимний период на возвышенных участках теплее, чем в более низких, долинных или котловинных. Так, по данным сайта r5.ru средняя температура января в 2022 г. в пределах Предбайкальской впадины составила (ст. Баяндай) -18,7°; на водоразделах Приморского хребта -17,6 °С, в горнотаежном поясе -17,1÷-17,2 °С.

Различия в условиях термического режима особенно велики в декабре перед ледоставом [23]. В 2021 году на берегах Байкала (ст. Узур) было на 8,7 °С теплее (по среднемесячным значениям), а в верхних ландшафтных поясах Приморского хребта на 1,8–2,8 °С теплее, чем на окружающих материковых пространствах региона (ст. Баяндай).

Абсолютные годовые минимумы температур распределяются следующим образом: -29,5° в горнотаежном поясе и -31,3°C в подгольцовом. Абсолютные годовые максимумы температур увеличиваются с уменьшением высоты над уровнем моря и увеличением прихода солнечной радиации к земной поверхности: +26,9° в подгольцовом поясе, +28,6° в горнотаежном поясе и +29,3 °С в горельнике. Таким образом, аperiodическая амплитуда температуры воздуха составляет 37° для подгольцового пояса, 39° – для горнотаежного пояса и 39,7°C – для горельника. Разница в периодической амплитуде температуры воздуха между ландшафтными поясами составляет 0,8–1,3°, аperiodической – 1,3–2°C, увеличиваясь с высотой. Дефицит теплообеспеченности также возрастает с высотой (см. табл.1).

В годовом ходе приземной температуры воздуха центрального Прибайкалья прослеживается две смены термического режима, обусловленные формированием и разрушением ледового покрова оз. Байкал. Первый переходный период длительностью 13–14 дней зарегистрирован с 14 по 26 января 2022 г. и хорошо индицируется на графике (рис. 3, а). Данные дистанционного зондирования Земли (Landsat 8) подтверждают, что установление ледового покрова в 2022 г. в центральной части оз. Байкал происходило с 12 по 19 января. В этот период среднесуточные температуры воздуха на побережье Байкала выше, чем в горах. После установления ледового покрова на прибрежной станции температуры снижаются. Как сообщается в работе [23], в этот период в условиях мощного Сибирского антициклона с незначительной повторяемостью адвективных процессов в нижних слоях атмосферы возрастает повторяемость зимних инверсий, представляющих собой сочетание радиационных и антициклональных инверсий. Обратная смена термического режима (рис. 3, б) имеет более плавный и более длительный переходный период (с 29 апреля по 13 мая 2022 г.), связанный с освобождением холодных водных масс Байкала от ледового покрова. По данным космических снимков Landsat 8 разрушение ледового покрова в 2022 г. 4–11 мая.

Отмечается [1], что средней многолетней датой замерзания Байкала на ст. Узур является 7 января, вскрытия – 23 мая, однако по годам наблюдаются значительные колебания. По данным Иркутского гидрометцентра, в 2022 г. ледяной покров на оз. Байкал установился на 9–12 дней позже средних многолетних сроков.

Метеорология
Бибеева А.Ю.

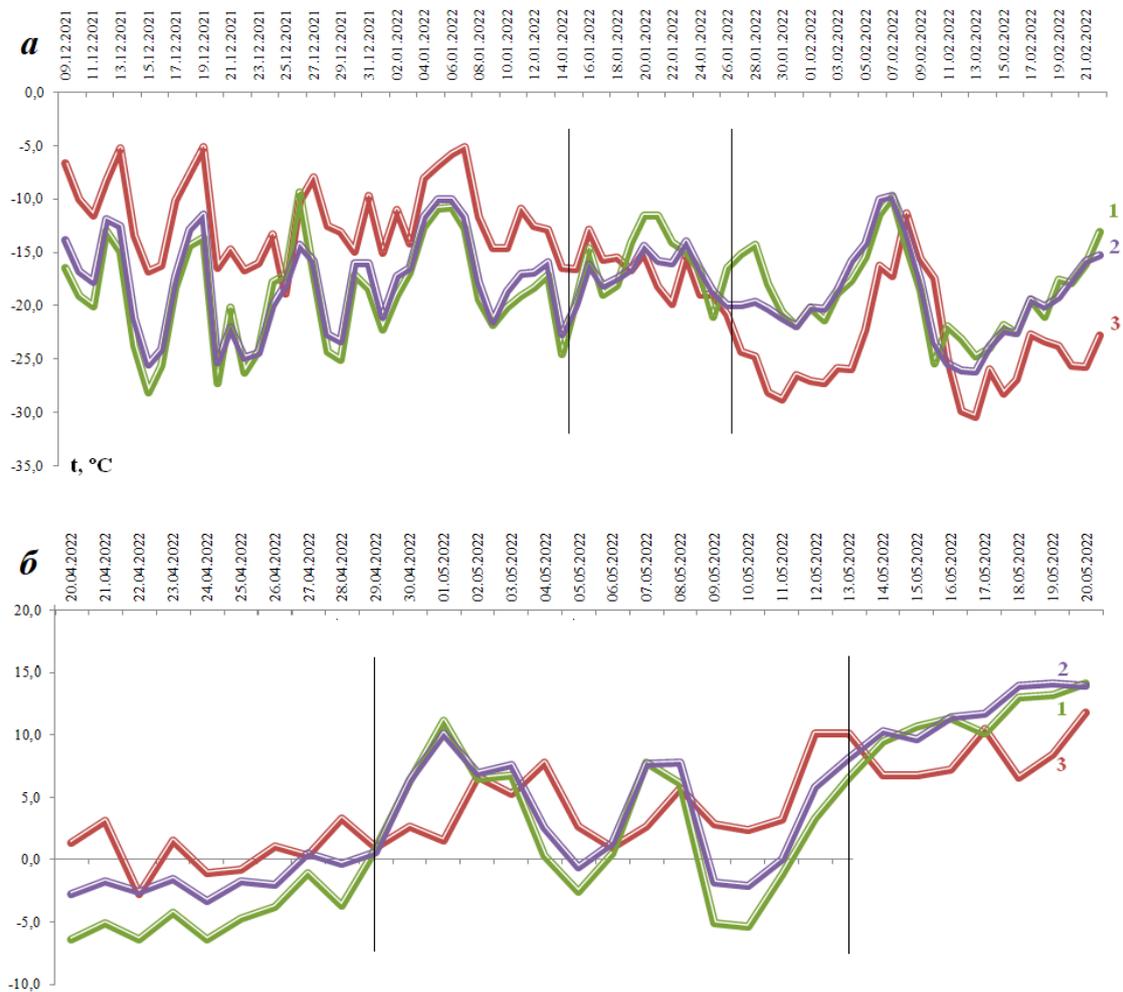


Рис. 3. Термический режим центрального Прибайкалья: *а* – в зимний период 2022 г.; *б* – в весенний период 2022 г. Приморский хребет: 1- подгольцовый пояс (1280 м над у.м.); 2-горнотаежный пояс (1040 м); 3 - побережье оз.Байкал – ст. Узур (456 м)

Fig. 3. Thermal regime of the central Pribaikalye a) in the winter period of 2022; b) in the spring of 2022. Primorsky Ridge: 1 – podgoltsovyi belt (1280 m above sea level); 2 – mountain-taiga belt (1040 m); 3 – coast of Lake Baikal - station Uzur (456 m)

В годовом ходе температуры воздуха наибольшее ее повышение происходит в марте – мае на 7–10 °С в горнотаежном поясе и на 6–9 °С в подгольцовом (см. табл. 1). Наибольшая скорость снижения среднемесячной температуры воздуха характерна для конца августа – сентября на 8–8,5 °С.

Летом различие по температуре воздуха между подгольцовым и лесным поясом составляет 1,5–2 °С, в межсезонье 2–2,5 °С (при перепаде высот в 240 м); в пределах горнотаежного пояса средние месячные температуры воздуха на горах в среднем выше на 0,6–0,9 °С, чем под пологом леса (в зимний период разница составляет 0,1–0,3 °С).

С увеличением высоты местности прослеживается закономерность убывания сумм положительных температур воздуха. По данным сайта «Расписание погоды» gr5.ru в 2022 г., сумма активных температур выше +10 °С составила на предгорных станциях 1716° (ст. Баяндай), 1236° – на ст. Узур; в северной части Приморского хребта: 1100° С – в подгольцовом поясе на высоте 1280 м над у.м.; 1235° – в горнотаежном поясе на высоте 1040 м над у.м. на участке без пирогенного воздействия и 1300° – в горельнике. Таким образом, в котловине оз.Байкал значения сумм активных температур выше +10°С сопоставимы с таковыми в верхней части горнотаежного пояса Приморского хребта, образующего западный борт котловины озера.

Метеорология

Бибаева А.Ю.

За начало осеннего сезона принимается средняя дата первого мороза. В 2021 году первые осенние заморозки в подгольцовом поясе отмечены 7 сентября, в лесном поясе – 26 сентября. При этом в подгольцовом поясе заморозки начались на фоне еще высоких средних суточных температур воздуха 4,5–7,8°C в результате интенсивного радиационного выхолаживания, преимущественно в ночные часы; в горнотаежном же поясе они сопряжены со снижением среднесуточных температур до 3,2–5,8°C.

Устойчивые переходы температуры приземного воздуха через 0, +5, +10, +15 °C. В горных условиях ход среднесуточной температуры воздуха в весенний и осенний периоды имеет волнообразный характер и отличается сложными (многократными) переходами через 0°, +5°; +10°; +15°C. В табл. 2 представлены даты устойчивого перехода температуры воздуха через заданные значения, вычисленные на основе методики Д.А. Педея [20].

Таблица 2

Даты устойчивого перехода температуры воздуха через заданные значения в подгольцовом и горнотаежном поясах севера Приморского хребта
Dates of stable transition of air temperature through the set values in the podgoltsovyi and mountain taiga belts in the north of the Primorsky Ridge

Климатические параметры	Подгольцовый пояс	Горнотаежный пояс		
		Контрольный участок	Горельник	
Даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через заданные значения	<i>вторая половина 2021 г.</i>			
	ниже +10°	2 сентября	3 сентября	3 сентября
	ниже +5°	3 сентября	22 сентября	22 сентября
	ниже 0°	26 сентября	26 сентября	26 сентября
	<i>первая половина 2022 г.</i>			
	выше 0°	29 апреля	29 апреля	29 апреля
	выше +5°	13 мая	12 мая	12 мая
выше +10°	10 июня	10 июня	10 июня	
Сумма положительных температур выше +10°	1100	1235	1300	
Длительность вегетационного периода с температурами выше +10°	84	85	85	
Длительность периода вегетационного периода с температурами +15°, дней*	Эпизодически	Эпизодически	Эпизодически	
Продолжительность холодного периода, дней	215	215	215	

* согласно [3] устойчивый переход температуры воздуха характеризуется интервалом времени длительностью не менее полумесяца, если длительность температурного периода менее 15 дней – период рассматривается как кратковременный, эпизодический.

Даты перехода среднесуточной температуры воздуха через 0, +5 и +10 °C в верхних ландшафтных поясах севера Приморского хребта (1040–1280 м над у.м.) практически не различаются. Первые осенние заморозки в подгольцовом поясе в 2021 г. зарегистрированы 7 сентября (-1 °C); в горнотаежном поясе – на 19 дней позже – 26 сентября (до -1,2 °C, в подгольцовом поясе до -3,2 °C). Устойчивый переход температур приземного слоя воздуха от положительных к отрицательным осуществлялся 26 сентября 2021 г. на всех трех мониторинговых точках. Для сравнения в Предбайкальской впадине (по данным ст. Баяндай) данный переход происходил на 17 дней позже – 13 октября, а на побережье Байкала (ст. Узур) – на 18 дней позже – 14 октября.

В начале весны заморозки сильно задерживают начало вегетации. Они связаны с тем, что в тылу циклонов, проходящих с запада на восток, часто происходит заток холодного воздуха, вызывающего резкое похолодание [22]. Заморозки бывают и в начале лета. В 2022 году крайний заморозок в подгольцовом поясе отмечался 7-8 июня 2022 г. (-0,4 °C), в горнотаежном поясе – 12 мая – (-0,7°C; для сравнения в подгольцовом поясе в этот день регистрировалось до -1,8 °C). Переход к устойчивым положительным температурам в 2022 г. в верхних поясах севера Приморского хребта осуществлялся 29 апреля, в Предбайкальской впадине,

Метеорология
Бибаева А.Ю.

расположенной западнее хребта (ст. Баяндай), – 6 апреля, а на побережье оз. Байкал (ст. Узур, 456 м над у.м.) – 8 апреля, т.е. примерно на три недели раньше, чем в горных местоположениях. Таким образом, холодный период в верхних поясах севера Приморского хребта продолжительнее более чем на месяц (39–40 дней в 2021–2022 гг.) по сравнению с окружающими территориями.

Примечательно, что сроки перехода от устойчивой среднесуточной температуры воздуха $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ в сторону понижения существенно различаются по высотным поясам: в подгольцовом поясе в 2021 г. переход осуществлялся довольно резко (переход через значение $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 2 сентября, а через значение $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 3 сентября); в горнотаежном поясе он отмечен на 19 дней позднее – 22 сентября; в Предбайкальской впадине (ст. Баяндай) – 24 сентября; на побережье оз. Байкал (ст. Узур) – 26 сентября. Обратный переход температуры через $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ к положительным значениям осуществлялся на 1 день раньше в горнотаежном поясе – 12 мая – по сравнению с подгольцовым – 13 мая (см. табл.2); в Предбайкальской впадине (ст. Баяндай) – 30 апреля; на побережье оз. Байкал (ст. Узур) – 12 мая.

Важной характеристикой вегетационного сезона является устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$. В 2022 г. в верхних поясах севера Приморского хребта он проходил 10 июня, в Предбайкальской впадине на ст. Баяндай – 13 мая, на побережье оз. Байкал на ст. Узур – 13 июня. Обратный переход от устойчивой средней суточной температуры воздуха $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ в верхних поясах севера Приморского хребта в 2021 г. отмечен 2 сентября в подгольцовом поясе и 3 сентября – в горнотаежном. В данный сезон в Предбайкальской впадине на ст. Баяндай также переход регистрировался 3 сентября, в прибрежной зоне Байкала – 5 сентября. В результате длительность вегетационного периода в горах и на побережье Байкала сокращена примерно на 1 месяц по сравнению с Предбайкальской впадиной.

Как видно из графика на рис. 4, для верхнего пояса северной части Приморского хребта в 2022 г. устойчивый переход температуры воздуха выше $+15^{\circ}$ не регистрируется; теплый период года характеризуется эпизодическим повышением температуры приземного слоя воздуха длительностью 2–8 дней в подгольцовом поясе, 4–10 дней на фоновом участке в горнотаежном поясе и 9–12 дней – в горельнике.

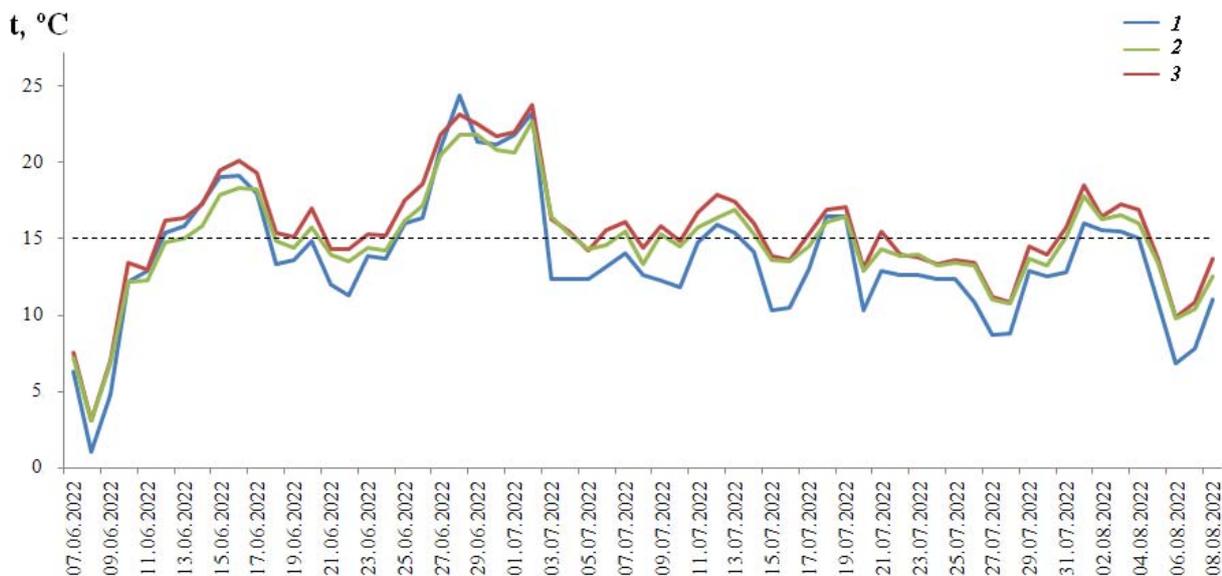


Рис. 4. Переход температуры приземного слоя воздуха через $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ в северной части Приморского хребта:

1 – в подгольцовом; 2 – горнотаежном поясах на контрольном участке; 3 – в горельнике 2015 г.

Fig. 4. The transition of the surface air layer temperature through $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ in the northern part of the Primorsky Ridge in the podgolytsovyy belt (1) and mountain taiga belt in the control area (2) and in the burnt area in 2015 (3)

Метеорология
Бибеева А.Ю.

Суточная динамика температуры воздуха зависит от времени года. На рис. 5 представлены усредненный суточный ход температуры призмического воздуха в январе и июле на трех точках наблюдения. Максимум суточного хода температуры приходится на 14 ч, минимум отмечается в предрассветные часы: летом в 5 ч утра, зимой в 8 ч утра. В пределах горнотаежного пояса древесный покров уменьшает амплитуду суточных колебаний температуры воздуха в январе на $0,9^\circ$, в июле – на $0,6^\circ$ за счет задержки части солнечной радиации в дневное время и излучения с подстилающей поверхности ночью.

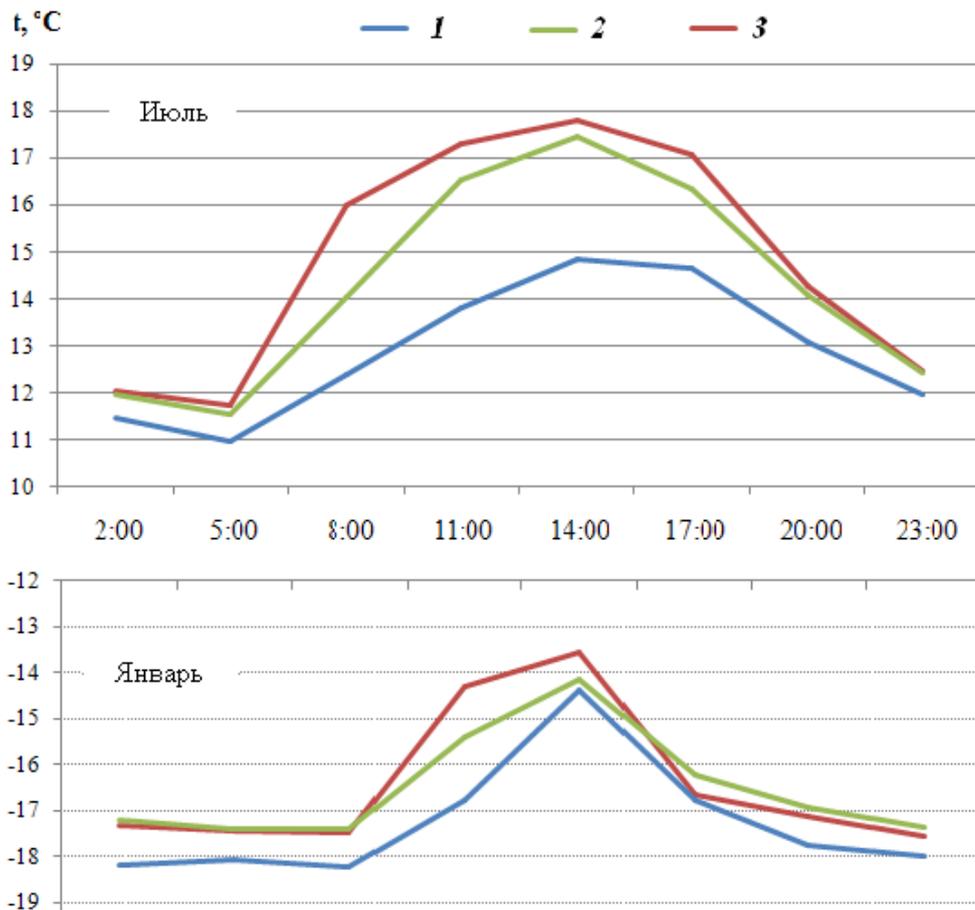


Рис. 5. Средняя суточная динамика температуры воздуха в январе и июле 2022 г.:

1 – подгольцовый пояс, горнотаежный пояс; 2 – контрольный участок, 3 – горельник

Fig. 5. Average daily dynamics of air temperature in January and July 2022:

1 – podgoltsovyi belt, mountain taiga belt; 2 – control area, 3 – burnt area

Для горнотаежного пояса характерны более высокие температуры воздуха по сравнению с подгольцовым: в ночные часы разница составляет $0,6-1,0^\circ$ в зимний период, $0,5-0,6^\circ$ – летом, в дневные часы – $0,2^\circ$ зимой и $2,6^\circ\text{C}$ – летом. В пределах горнотаежного пояса температура воздуха на гари имеет более высокие значения в дневные часы ($0,3-0,8^\circ$ летом; $0,6^\circ$ зимой); ночью в летний период температуры воздуха выравниваются, зимой – на гари температуры снижаются ниже фоновых горнотаежного пояса (см. рис. 5).

Весной разница в дневных и ночных температурах воздуха горнотаежного и подгольцового поясов возрастает: в апреле в дневные часы она достигает $3,3^\circ$, в ночные – $1,0-1,4^\circ$; осенью – в октябре она составляет $1,8^\circ$ и $0,8^\circ$ соответственно. Кроме того, осенний период характеризуется меньшими амплитудами суточных колебаний температур (рис. 6).

Метеорология
Бибаева А.Ю.

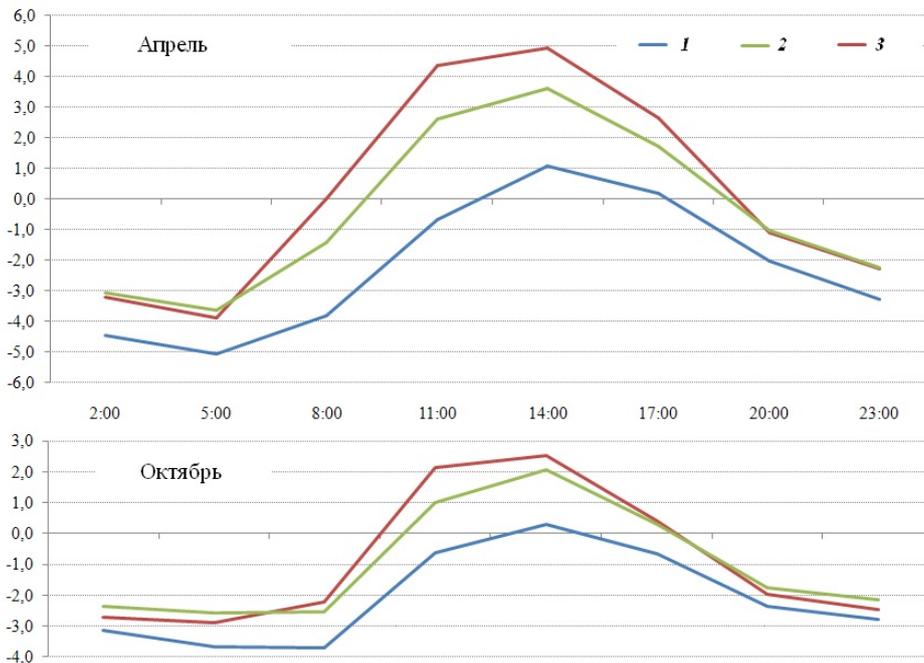


Рис. 6. Средняя суточная динамика температуры воздуха в апреле 2022 г. и октябре 2021 г.:

1 – подгольцовый пояс, горнотаежный пояс; 2 – контрольный участок, 3 – горельник

Fig. 6. Average daily dynamics of air temperature in April 2022 and October 2021:

1 – podgoltsovyi belt, mountain taiga belt; 2 – control area, 3 – burnt area

Изменчивость амплитуды внутрисуточной динамики температуры воздуха по сезонам года представлена на графике (рис. 7). Максимальные значения амплитуды (9,9–11,4°C) характерны для горнотаежного пояса весной, минимальные (4,9–5,7°C) – в ноябре и январе. В подгольцовом поясе амплитуда суточного хода температур изменяется сравнительно плавно от 4,2 до 7,2°C: минимальные значения наблюдаются в сентябре и июле, максимальные регистрируются в феврале.

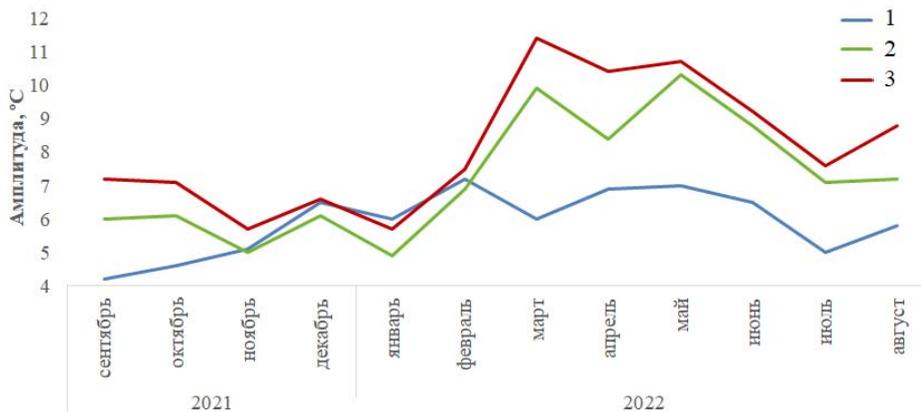


Рис. 7. Динамика суточной амплитуды температуры приземного слоя воздуха в 2021–2022 г.:

1 – подгольцовый пояс; горнотаежный пояс; 2 – контрольный участок, 3 – горельник

Fig. 7. Dynamics of the daily amplitude of the surface air temperature in 2021–2022:

1 – podgoltsovyi belt, mountain taiga belt; 2 – control area, 3 – burnt area

*Метеорология**Бибеева А.Ю.*

Заключение

Восточносибирская тайга относится к категориям земель с ограниченными возможностями интенсивного использования. На значительной части Прибайкалья сформирована расширенная сеть особо охраняемых природных территорий, действует особый природоохранный режим, регламентируемый федеральным законом «Об охране озера Байкал». Именно это обуславливает в качестве основного вида деятельности природоохранную, направленную на сохранение пространственно-временной структуры географических систем, – сохранение разнообразия и контраста геосистем, их коренных и переменных состояний, ландшафтных связей.

В последнее десятилетие в Прибайкалье значительно усилилось влияние пирогенного фактора. В районе исследования наиболее сильные пожары катастрофического характера прошли в 2015 г. В результате чего была сильно нарушена коренная растительность, значительно изменены или ослаблены ее средоформирующие и средозащитные функции.

Микроклиматические мониторинговые исследования в верхних ландшафтных поясах Приморского хребта, начатые в 2021 г., позволили в общих чертах представить термический режим горнотаежного и подгольцового поясов в современных условиях циркуляции атмосферы. Среднегодовая температура воздуха в верхних поясах Приморского хребта имеет отрицательные значения $-0,8 \div -2,3^{\circ}\text{C}$; она ниже, чем в окружающих предгорных ландшафтах: в Предбайкальской впадине $-0,3^{\circ}\text{C}$, на побережье оз. Байкал $+0,1^{\circ}\text{C}$. В годовом ходе температуры воздуха в верхних ландшафтных поясах минимум отмечается в январе; максимум – горнотаежном поясе приходится на июль, в подгольцовом – на июнь, что связано с локальным характером формирования внутримассовой конвективной облачности, наиболее интенсивно развивающейся в июле, и, как следствие, способствующей снижению прихода солнечной радиации к земной поверхности.

Величина годовой амплитуды температуры воздуха снижается с высотой с $35-40^{\circ}$ до $30,5^{\circ}\text{C}$, главным образом, за счет снижения летних температур в верхних поясах гор. Как следствие, с увеличением высоты местности прослеживается убывание сумм активных температур выше $+10^{\circ}\text{C}$ в среднем на $56^{\circ}\text{C}/100$ м подъема на участке без пирогенного воздействия и $83^{\circ}\text{C}/100$ м при сравнении открытых участков подгольцового и горнотаежного (горельник) поясов.

Длительность вегетационного периода в горах и на побережье Байкала сокращена примерно на 1 месяц по сравнению с Предбайкальской впадиной. Сроки устойчивого перехода температур воздуха через 0° и $+10^{\circ}\text{C}$ для подгольцового и горнотаежного поясов Приморского хребта практически не различаются. Однако осенний период 2021 г. в подгольцовом поясе характеризуется более динамичным и ранним (на 19 дней) переходом температуры воздуха ниже $+5^{\circ}\text{C}$ по сравнению с горнолесным поясом вследствие более интенсивного радиационного выхолаживания. Кроме того, для верхнего пояса северной части Приморского хребта устойчивый переход температуры воздуха выше $+15^{\circ}$ не регистрируется; теплый период года характеризуется лишь эпизодическим ее повышением.

Суточная динамика температуры воздуха характеризуется изменчивостью в зависимости от времени года. Максимум суточного хода температуры приходится на 14 ч, минимум отмечается в предрассветные часы: летом в 5 ч утра, зимой в 8 ч утра. Амплитуда суточных температур снижается с высотой примерно на $0,5^{\circ}\text{C}$ на 100 м поднятия. В пределах горнотаежного пояса древесный покров уменьшает амплитуду суточных колебаний температуры воздуха в январе на $0,9^{\circ}$, в июле – на $0,6^{\circ}$ за счет задержки части солнечной радиации в дневное время и излучения с подстилающей поверхности ночью. В зимний период суточные амплитуды температуры подгольцового и горнотаежного поясов различаются на $1-1,5^{\circ}$, летом – около 3° , весной эта разница возрастает до $4-5,5^{\circ}\text{C}$.

Важно, что в результате исследования получены первые микроклиматические данные постпирогенной восстановительной динамики геосистем горнотаежного пояса. Согласно

Метеорология

Бибаева А.Ю.

данным наблюдений гари характеризуются более высокими абсолютными и динамическими показателями температуры воздуха по сравнению с нетронутыми пожаром участками. Их микроклиматические особенности обусловлены изменением отражающей способности подстилающей поверхности в результате уничтожения растительного покрова. Ожидается, что в перспективе мониторинг микроклиматических параметров позволит выявить длительность периода постпирогенного восстановления микроклиматических показателей до фоновых значений для разных топогеосистем северной части Приморского хребта. Полученные данные в дальнейшем позволят понимать направления решения экологических проблем в регионе и подобрать комплекс природоохранных мероприятий, направленных на восстановление коренной растительности Центральной экологической зоны и Зоны атмосферного влияния Байкальской природной территории.

Список литературы

1. Беркин Н.С., Макаров А.А., Русинек О.Т. Байкаловедение: учеб. пособие. Иркутск: Изд-во Ирк. гос. ун-та, 2009. 291 с.
2. Бибаева А.Ю. Пирогенное преобразование геосистем Западного Прибайкалья: факторы, условия, современное состояние // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле». 2021. №1. С.3–18. DOI: <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2021.35.3>
3. Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Александрова Т.М. Описание массива данных суточной температуры воздуха и количества осадков на метеорологических станциях России и бывшего СССР (ТТТР): свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014620942 ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». М., 2023. Режим доступа: URL: <http://meteo.ru> (дата обращения: 02.04.2023)
4. Буфал В.В., Линевич Н.Л., Башалханова Л.Б. Климат Приольхонья // География и природные ресурсы. 2005, № 1. С. 66–73.
5. Василенко О.В., Воропай Н.Н. Особенности формирования климата котловин юго-западного Прибайкалья // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2015. № 2. С. 104–111.
6. Василенко О.В., Воропай Н.Н. Применение автоматических термографов (термогигрографов) для микроклиматического мониторинга // Международная конференция и школа молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды: Envirogis-2018. Томск: Изд-во Том. центра научно-технической информации, 2018. С. 412–415
7. Голубцов В.А., Вантеева Ю.В., Бронникова М.А., Черкашина А.А., Знаменская Т.И. Состав стабильных изотопов углерода органического вещества буроземов предгорий хребта Восточный Саян // Почвоведение. 2023. № 2. С. 184–202.
8. Голубцов В.А., Вантеева Ю.В., Воропай Н.Н., Василенко О.В., Черкашина А.А. Влияние локальных условий почвообразования на состав стабильных изотопов углерода почв Приольхонья // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2022а. № 4. С. 84–96.
9. Голубцов В.А., Вантеева Ю.В., Воропай Н.Н., Василенко О.В., Черкашина А.А., Зазовская Э.П. Состав стабильных изотопов углерода ($\delta^{13}C$) как показатель динамики органического вещества в почвах западного побережья озера Байкал // Почвоведение. 2022б. № 12. С. 1489–1504.
10. Горичев Ю.П., Юсупов И.Р., Давыдычев А.Н., Кулагин А.Ю. Широколиственные насаждения района широколиственно-темнохвойных лесов Южного Урала (некоторые результаты исследований) // Самарский научный вестник. 2018. Т. 7. № 2 (23). С. 16–20.
11. Зенкова И.В. Летняя динамика температуры в горных почвах заповедника "Пасвик" // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. 2013. Т. 16. № 4. С. 715–724.
12. Зенкова И.В., Штабровская И.М. Влияние гидротермических условий на подстилочных беспозвоночных вырубков и гарей Хибин // Лесоведение. 2022. №3. С. 1–17. DOI: 10.31857/S0024114822030123.
13. Иванов Е.Н. Современные методы наземного изучения горных ледников юга Восточной Сибири // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2018. Т. 25. С. 54–65.
14. Иванов Е.Н., Воропай Н.Н. Мониторинг почвенной температуры горных территорий юга Восточной Сибири // Сибирское совещание по климатологическому мониторингу: мат. Всес. к. 2013. С. 60–62.
15. Коваленко С.Н., Китов А.Д., Шушарин П.В. Экспедиции клуба Портулан в район г. Мунку-Сардык в 2019 году // Геология и окружающая среда, 2022. Т.2. № 4. С. 176–195. DOI: 10.26516/2541-9641.2022.4.176.
16. Коркин С., Кайль Е. Постановка режимных наблюдений за температурой пород на территории природного парка «Сибирские Увалы» // МНИЖ. 2013. №5-3 (12).
17. Куприянов А.Н., Абдуова А.А. Методика изучения температуры почвы и воздуха с помощью автономных температурных регистраторов на территории Сырдарья-Туркестанского регионального природного парка // Наука и мир. 2020. № 5-1 (81). С. 29–33.
18. Максютова Е.В., Кичигина Н.В., Воропай Н.Н., Балыбина А.С., Осипова О.П. Тенденции гидроклиматических изменений на Байкальской природной территории // География и природные ресурсы. 2012. № 4. С. 72–80.
19. Осипов Э.Ю., Осипова О.П., Василенко О.В. Метеорологический режим Сыгыктинского ледника (хребет Кодар) в период абляции // Лёд и снег. 2021. Т. 61. №2. С. 179–194.
20. Педь Д. А. Об определении дат устойчивого перехода температуры воздуха через определенные значения // Метеорология и гидрология. 1951. №10. С. 38–39

Метеорология

Бибаева А.Ю.

21. Разуваев В.Н., Булыгина О.Н., Коршунова Н.Н., Клещенко Л.К., Кузнецова В.Н., Трофименко Л.Т., Шерстюков А.Б., Швець Н.В., Давлетшин С.Г., Зверева Г.Н. Научно-прикладной справочник «Климат России» ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». М., 2020. Режим доступа: URL: <http://meteo.ru> (дата обращения: 02.04.2023).
22. Средообразующая роль лесов бассейна озера Байкал / под ред. В.В.Протопопова. Новосибирск: Наука, 1979. 256 с.
23. Структура и ресурсы климата Байкала и сопредельных пространств. Новосибирск: Наука. 1977. 271 с.
24. Aalto J., Tuustjärvi V., Niittynen P., Kemppinen J., Rissanen T., Gregow H., Luoto M. Microclimate temperature variations from boreal forests to the tundra // *Agricultural and Forest Meteorology*, 2022. 323. 109037.
25. De Frenne, P., Lenoir, J., Luoto, M., Scheffers, B.R., Zellweger, F., Aalto, J., Ashcroft, M. B., Christiansen, D.M., Decocq, G., Pauw, K.D., Govaert, S., Greiser, C., Gril, E., Hampe, A., Jucker, T., Klings, D.H., Koolemeijer, I.A., Lembrechts, J.J., Marrec, R., Hylander, K. Forest microclimates and climate change: importance, drivers and future research agenda. *Glob. Change Biol.*, 2021. 27 (11), 2279–2297. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.15569>.
26. Potter, K.A., Woods, H.A., Pincebourde, S. Microclimatic challenges in global change biology. *Glob. Change Biol.*, 2013. 19 (10), 2932–2939. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.12257>.
27. Tuustjärvi, V. A., Niittynen, P., Kemppinen, J., Luoto, M., Rissanen, T., and Aalto, J.: Variability and drivers of winter near-surface temperatures over boreal and tundra landscapes, *EGU sphere* [preprint]. <https://doi.org/10.5194/egusphere-2023-576>, 2023.
28. Vasilenko O.V., Voropay N.N. Microclimatic features of landscapes in the territory with a sparse network of meteorological observations. // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Development Factors, Opportunities and Gaps*, 2021. p. 012037.

References

1. Berkin, N.S., Makarov, A.A. and Rusinek, O.T. (2009) *Baikalovedenie: study guide*, Izdatel'stvo Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta, Irkutsk, Russia, 291 p.
2. Bibaeva, A.Yu. (2021) Pyrogenic Transformation of geosystems of the Western Cibaikalia: factors, conditions, current state, *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, vol.35, pp. 3-18. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2021.35.3>.
3. Bulygina O.N., Razuvaev V.N., Aleksandrova T.M. (2023) "Description of the data array of daily air temperature and precipitation at meteorological stations in Russia and the former USSR (TTTR)", *FGBU «VNIIGMI-MCD*, <http://meteo.ru>.
4. Bufal, V.V., Linevich, N.L. and Bashalkhanova, L.B. (2005) Climate of the Olkhon region, *Geography and natural resources*, No. 1, pp. 66-73.
5. Vasilenko, O.V. and Voropay, N.N. (2015) Features of climate formation of depressions in South-Western Baikal Region, *Izvestiya RAN. Seriya Geograficheskaya*, № 2, pp. 104-111.
6. Vasilenko, O.V., Voropay, N.N (2018) Use of automatic thermographs (thermohygrographs) for microclimatic monitoring. *International conference on environmental observations, modeling and information systems: Enviromis'2018*. Izd.Tomsk Center for Scientific and Technical Information, Tomsk, Russia, pp. 412-415.
7. Golubtsov, V.A., Vanteeva, Yu.V., Bronnikov, M.A., Cherkashina, A.A. and Znamenskaya, T.I. (2023) Stable carbon isotopic composition of organic matter in cambisols of Eastern Sayan foothills, *Pochvovedenie*, № 2, pp. 184-202.
8. Golubtsov, V.A., Vanteeva, Yu.V., Voropay, N.N., Vasilenko, O.V. and Cherkashina, A.A. (2022a) Effect of local environmental factors on the stable carbon isotopic composition of soils in Olkhon Region, *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17: Pochvovedenie*, 4, pp. 84-96.
9. Golubtsov, V.A., Vanteeva, Yu.V., Voropay, N.N., Vasilenko, O.V., Cherkashina, A.A. and Zazovskaya, E.P. (2022b). Stable isotopic composition ($\delta^{13}C$) as a proxy of organic carbon dynamics in soils of the western shore of Lake Baikal, *Pochvovedenie*, 12, pp. 1489-1504.
10. Gorichev, Y.P., Yusupov, I.R., Davydychev, A.N. and Kulagin, A.Y. (2018) Broad-leaved plants of the Southern Urals broad-leaved-conifer forests (some results of the studies), *Samarskij nauchnyj vestnik*, T.7, 23 (2), pp. 16-20.
11. Zenkova, I.V. (2013) Summer temperature dynamics in the mountain soils of the Pasvik Nature Reserve, *Vestnik MGTU. Trudy Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 16 (4), pp. 715-724.
12. Zenkova, I.V. and Shtabrovskaya, I.M. (2022) Hydrothermal conditions affecting the forest litter invertebrates in the cuttings and burnt areas of Khibiny Mountains, *Lesovedenie*, 3, pp. 1-17. DOI: 10.31857/S0024114822030123.
13. Ivanov, E.N. (2018) Modern methods of in situ studying for mountain glaciers on Eastern Siberia's south, *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta.Seriya: Nauki o Zemle*, 25 (3), pp. 54-65. DOI: <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.25.54>
14. Ivanov, E.N. and Voropay N.N. (2013) Soil temperature monitoring in mountainous areas in the south of Eastern Siberia, *Sibirskoe soveshchanie po klimato-ekologicheskomu monitoringu. Materialy Vseossijskoj konferencii*, pp. 60-62.
15. Kovalenko S.N., Kitov A.D. and Shusharin P.V. (2022) Expeditions of the Portulan Club to the area of Munku-Sardyk in 2019, *Geologiya i okruzhayushchaya sreda*, 2 (4), pp. 176–195. DOI: 10.26516/2541-9641.2022.4.176.
16. Korkin, S., Kayl, E. (2013) A staging of regime observations for the temperature of rocks in the territory of Natural Park "Siberian Uvaly", *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*, 12 (5-3), pp.17-19.
17. Kupriyanov, A.N. and Abduova, A.A. (2020) Methods for studying soil and air temperature using autonomous temperature recorders on site Syr Darya-Turkestan Regional Nature Park, *Nauka i mir*, 81(5-1), pp. 29-33.
18. Maksyutova E.V., Kichigina N.V., Voropay N.N., Balybina A.S., Osipova O.P. (2012). Tendencies of hydroclimatic changes on the Baikal Natural Territory, *Geography and Natural Resources*, 33(4), pp. 304-311.
19. Osipov, E.Yu., Osipova, O.P. and Vasilenko, O.V. (2021) Meteorological regime of the Sygtytinsky glacier (the Kodar Ridge) during the ablation period, *Lyod i sneg*, 61(2), pp. 179-194.
20. Ped', D.A. (1951) On determining the dates of stable transition of air temperature through certain values. *Meteorology and Hydrology*, №10, pp. 38–39.

Метеорология

Бибаева А.Ю.

21. Razuvaev V.N., Bulygina O.N., Korshunova N.N., Kleshchenko L.K., Kuznetsova V.N., Trofimenko L.T., Sherstyukov A.B., Shvets N.V., Davletshin S.G., Zvereva G. .N. (2020) *Nauchno-prikladnoj spravochnik «Klimat Rossii»*, FGBU «VNIIGMI-MCD», <http://meteo.ru>
22. *Environment-forming role of forests in the Baikal basin* (1979), edited by V.V.Protopopov, Izd.Nauka, Novosibirsk, Russia, 256 p.
23. *The structure and resources of the climate of Baikal and adjacent spaces* (1977), Izd. Nauka, Novosibirsk, Russia, 271 p.
24. Aalto, J., Tyystjarvi, V., Niittynen, P., Kemppinen, J., Rissanen, T.,Gregow, H. and Luoto, M. (2022) Microclimate temperature variations from boreal forests to the tundra, *Agricultural and Forest Meteorology*, 323, 109037.
25. De Frenne, P., Lenoir, J., Luoto, M., Scheffers, B.R., Zellweger, F., Aalto, J., Ashcroft, M. B., Christiansen, D.M., Decocq, G., Pauw, K.D., Govaert, S., Greiser, C., Gril, E., Hampe, A., Jucker, T., Klinges, D.H., Koелеmeijer, I.A., Lembrechts, J.J., Marrec, R., Hylander, K. (2021). Forest microclimates and climate change: importance, drivers and future research agenda, *Glob. Change Biol*, 27 (11), 2279–2297. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.15569>.
26. Potter, K.A., Woods, H.A. and Pincebourde, S. (2013) Microclimatic challenges in global change biology, *Glob. Change Biol*, 19 (10), 2932–2939. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.12257>.
27. Tyystjärvi, V. A., Niittynen, P., Kemppinen, J., Luoto, M., Rissanen, T., and Aalto J. (2023) Variability and drivers of winter near-surface temperatures over boreal and tundra landscapes, *EGUsphere* [preprint]. <https://doi.org/10.5194/egusphere-2023-576>.
28. Vasilenko, O.V. and Voropay, N.N. (2021) Microclimatic features of landscapes in the territory with a sparse network of meteorological observations, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Development Factors, Opportunities and Gaps*, 012037.

Статья поступила в редакцию: 25.04.2023, одобрена после рецензирования: 17.08.2023, принята к опубликованию: 12.12.2023.

The article was submitted: 25 April 2023; approved after review: 17 August 2023; accepted for publication: 12 December 2023.

Информация об авторе

Анна Юрьевна Бибаева

кандидат географических наук, научный сотрудник лаборатории теоретической географии

Институт географии им. В.Б.Сочавы СО РАН;

664033, Россия, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1

Information about the author

Anna Y. Bibaeva

Candidate of Geographical Sciences, Researcher, Laboratory of Theoretical Geography,

V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS;

1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033, Russia

e-mail: pav_a86@mail.ru