

УДК 551.585.9

АНАЛИЗ МЕСЯЧНЫХ ЭКСТРЕМУМОВ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА
В ЮЖНОЙ ЧАСТИ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА
ПО ДАННЫМ РЕАНАЛИЗА ERA5

Х. Б. КУУЛАР *, А. Ф. ЧУЛЬДУМ **

*Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов,
Сибирское отделение РАН, Кызыл, Россия*

В статье анализируется динамика температурных экстремумов в южной части Республики Тыва на основе ежедневных данных реанализа ERA5. Исследование проводится на горных экосистемах республики, обладающих высокой чувствительностью к климатическим изменениям. Проанализированы тенденции месячных экстремальных показателей (минимальные и максимальные значения минимумов и максимумов температур), а также средних температур (средние значения минимумов и максимумов температур). Сравнительный анализ проведен для двух периодов: 1961–1990 и 1996–2025 гг. Изучены тренды месячных показателей. Установлено, что наиболее интенсивное потепление характерно для минимальной температуры апреля ($1,2^{\circ}\text{C}/10$ лет) и максимальной температуры октября ($0,8^{\circ}\text{C}/10$ лет). Полученные результаты важны для прогнозирования состояния уязвимых природных комплексов и разработки мер по их сохранению.

<https://doi.org/10.46991/PYSUC.2026.60.2.281>

Keywords: extreme temperatures, ERA5 reanalysis, Republic of Tuva, mountain systems, Southern part, climate trends.

Введение. Глобальное потепление привело к закономерным изменениям экстремальных температур: волны жары стали чаще, интенсивнее и длиннее, а холодные экстремумы – слабее и реже. Эти сдвиги фиксируются во всех регионах мира и, как подчеркивается в отчетах МГЭИК, не могут быть объяснены одной лишь естественной изменчивостью климата [1].

На региональном уровне аналогичные тенденции подтверждаются историческими и инструментальными данными. Для Центральной Европы по документальным источникам реконструированы экстремальные температурные эпизоды за тысячу лет, что позволило оценить долгосрочную повторяемость волн жары [2]. Глобальные инструментальные данные (1901–2022 гг.) показывают, что 2022 г. относится к самым теплым: положительные аномалии охватили более 70% поверхности суши. Наиболее быстро температура растёт

* E-mail: khk1062022@gmail.com

** E-mail: tajkinol@gmail.com

в Арктике ($0,57^{\circ}\text{C}/10$ лет) и Европе ($0,49^{\circ}\text{C}/10$ лет), а период после 1995 г., особенно после 2000 г., характеризуется как устойчиво экстремально теплый [3]. Эта тенденция продолжилась в 2023 г., который стал рекордно теплым: аномалия составила $+0,72^{\circ}\text{C}$ в Северном полушарии и $+1,09^{\circ}\text{C}$ в Арктике (относительно 1991–2020 гг.), превзойдя показатели 2016 г. [4].

На территории России за последние 60 лет число дней с экстремально высокими летними температурами выросло в 1,5 раза, рекордные максимумы превышали $+39^{\circ}\text{C}$, а аномально жаркие годы стали беспрецедентными по величине и продолжительности. При этом выявлена пространственно-временная неоднородность: в высокогорных районах наблюдается похолодание, а в южных – потепление [5].

В Восточной Азии также фиксируются выраженные изменения температурных экстремумов [6]. Два типа волн жары на севере статистически значимо связаны с температурными аномалиями в Восточной Европе, что доказывает роль крупномасштабных динамических процессов.

Горные регионы выступают наиболее чувствительными индикаторами изменения экстремального температурного режима. Реконструкция по годичным кольцам для Центрального Алтая показала беспрецедентное ускорение потепления в новейший период и усиление межгодовой изменчивости экстремумов [7]. Для Кавказа установлен устойчивый положительный тренд экстремальных температур во все сезоны [8–10]. Для Хакасии и Республики Тыва по данным MODIS (2019–2022 гг.) созданы карты температурных полей почв, что важно для выделения зон с разной экстремальностью [11].

На юге европейской России и в Западной Сибири проанализирована сезонная повторяемость волн тепла и холода с середины XX в., выявлены различия в их интенсивности и продолжительности между регионами [12, 13]. В районе Байкала (май–сентябрь 1966–2022 гг.) впервые выявлена динамика тропических ночей и жарких дней: их повторяемость растет после 1990 г. с пиком в июле, что связано с глобальным потеплением и сдвигами циркуляции [14].

Особый интерес представляет южная часть Республики Тыва, расположенная в центре Азиатского континента и состоящая из горных систем (массив Монгун-Тайга, хр. Цаган-Шибэту, Западный и Восточный Танну-Ола и нагорье Сангилен), которая представляет собой уникальный природный полигон для изучения климатических изменений в условиях резко континентального горного климата.

Актуальность исследования определяется необходимостью детального анализа пространственно-временной изменчивости экстремальных температурных характеристик в условиях быстро меняющегося климата. Несмотря на наличие глобальных климатических моделей, сохраняется дефицит знаний о специфике проявления экстремумов температуры на региональном уровне, особенно в малоизученных горных регионах России, где наблюдаются наиболее выраженные климатические изменения.

Объект и методы исследования. Для вычисления климатических показателей использование данных реанализа высокого разрешения становится эффективным инструментом исследования горного климата. Реанализ

ERA5-Daily, разработанный Европейским центром среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF), предоставляет почасовые данные с пространственным разрешением ~ 30 км [15]. Используются месячные данные температуры воздуха на высоте 2 м, агрегированные в суточные, месячные и годовые значения. Пространственное разрешение сетки – $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ (~ 30 км), временной ряд охватывает период январь 1961 г.–декабрь 2025 г. Обработка данных выполнена в среде Google Earth Engine.

Объектом исследования выбрана южная часть республики, включающая четыре горные системы (хр. Цагаан-Шибэту вместе с массивом Монгун-Тайга, хр. Западный Танну-Ола, хр. Восточный Танну-Ола, нагорье Сангилен). С использованием платформы Google Earth Engine реализован алгоритм обработки данных, включающий выделение полигона исследуемой территории и расчет экстремальных значений месячных температур (TN_n , TN_x – минимальное и максимальное значения минимумов температур соответственно, $^\circ\text{C}$; TX_n , TX_x – минимальное и максимальное значения максимумов температур соответственно, $^\circ\text{C}$) и средних температур точек внутри полигона (T_x – максимумы температур, $^\circ\text{C}$; T_n – минимумы температур, $^\circ\text{C}$). Крутизну хода временных рядов рассчитывали методом линейной регрессии, значимость трендов оценивали с помощью непараметрического теста Манна-Кендалла. Сравнительный анализ проведен для двух периодов: 1961–1990 гг. и 1996–2025 гг. Изучены тренды месячных показателей, что соответствует климатическому стандарту Всемирной метеорологической организации и позволяет выделить долгосрочные тренды на фоне естественной межгодовой изменчивости, характерной для резко континентального климата Южной Сибири.

Результаты и их обсуждение. Анализ данных реанализа ERA5 за период 1961–2025 гг. позволил выявить распределение экстремальных температур воздуха. Согласно статистике за два периода, температурные экстремумы распределились следующим образом. В период 1961–1990 гг. абсолютный минимальный показатель составил $-50,4^\circ\text{C}$ (декабрь 1968 г.), абсолютная максимальная температура достигла $36,3^\circ\text{C}$ (июль 1974 г.). В период 1996–2025 гг. абсолютный минимум опустился до $-50,8^\circ\text{C}$ (январь 2000 г.), абсолютный максимум составил $39,2^\circ\text{C}$ (июль 2002 г.).

Таблица 1

Характеристики экстремальных температур по месяцам за два климатических периода южной части республики

Экстремальные температуры, $^\circ\text{C}$	Месяцы											
	1961–1990 гг.											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
TX_x	–4,4	0,6	10,4	20,9	28,2	32,5	32,0	31,3	25,0	17,8	5,2	–2,1
TX_n	–15,6	–10,3	–3,6	2,1	9,3	14,6	15,2	15,0	9,6	2,4	–7,4	–13,7
TN_x	–27,8	–27,6	–21,5	–9,9	–2,4	4,9	8,9	6,4	–0,2	–8,9	–21,7	–27,2
TN_n	–41,6	–41,3	–35,5	–29,5	–19,4	–9,5	–4,4	–7,2	–17,6	–31,3	–38,1	–42,2
	1996–2025 гг.											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
TX_x	–3,9	2,4	11,9	22,9	29,1	33,6	34,8	32,7	27,6	18,0	7,1	–2,2
TX_n	–15,0	–9,1	–1,9	4,2	10,8	15,8	16,9	15,4	11,7	3,0	–5,8	–14,2
TN_x	–27,9	–25,3	–18,7	–7,8	–1,7	6,1	10,8	7,5	–0,5	–6,9	–19,6	–24,9
TN_n	–42,5	–39,9	–34,8	–27,8	–19,0	–7,9	–3,0	–6,7	–18,4	–30,5	–38,8	–41,7

Для количественной оценки изменчивости термического режима исследуемой территории был выполнен расчет стандартных индексов экстремальных температур, характеризующих динамику абсолютных максимумов и минимумов значений. Сопоставление результатов за два периода (1961–1990 и 1996–2025 гг.) позволяет зафиксировать общую тенденцию сдвига температурных границ и выявить сезонные особенности. Результаты сравнительного анализа средних месячных значений индексов TX_x , TX_n , TN_x и TN_n представлены в табл. 1.

Сравнительный анализ экстремальных температурных индексов за два периода показывает устойчивую тенденцию к потеплению, проявляющуюся в росте большинства температурных показателей. Анализ индекса TX_n (месячное минимальное значение максимума температуры внутри полигона) подтверждает общую тенденцию: даже “самые холодные дни” становятся теплее. Наиболее заметный рост наблюдается в апреле (+2,1°C), сентябре (+2,1°C) и феврале (+1,2°C), что указывает на смягчение зимних условий и более раннее наступление весеннего тепла. Для температур TN_x и TN_n также характерно потепление: максимальные температуры выросли особенно сильно в феврале (+2,3°C), что свидетельствует о сокращении морозов, а также в июле (+1,9°C). Абсолютные минимумы демонстрируют менее однозначную динамику: в январе зафиксировано небольшое похолодание на –0,9°C (с –41,6 до –42,5°C), тогда как в остальные месяцы наблюдается либо незначительное потепление, либо стабильность.

Анализ выявляет важные изменения, март–май характеризуются ускоренным ростом температур, что обуславливает к более раннему началу вегетационного периода. Летние месяцы (особенно июль) демонстрируют усиление экстремальной жары, что несет риски для здоровья населения и экосистем. Осенние месяцы (сентябрь–ноябрь) показывают сохранение тепла, что удлиняет безморозный период. Зимние месяцы становятся менее суровыми, особенно в феврале и декабре, хотя абсолютные минимумы сохраняют высокую вариабельность.

Получены среднемесячные значения максимальных и минимальных температур, позволяющие оценить общую термическую характеристику двух сравниваемых климатических периодов. Количественные показатели T_x и T_n по месяцам приведены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристики средних температурных максимумов и минимумов по месяцам за два климатических периода южной части республики

Средние температуры, °C	Месяцы											
	1961–1990 гг.											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
T_x	–9,4	–4,5	3,1	11,5	19,7	23,8	23,8	23,2	18,1	10,5	–0,5	–7,6
T_n	–35,2	–34,5	–28,7	–20,7	–9,5	–1,9	2,2	–0,4	–8,2	–20,8	–30,9	–35,0
1996–2025 гг.												
T_x	–9,1	–3,0	4,9	14,1	20,8	24,9	26,1	24,6	19,9	10,8	1,2	–8,0
T_n	–35,4	–32,7	–26,8	–17,4	–8,6	–0,9	3,8	0,4	–7,8	–18,6	–30,2	–33,8

Сравнительный анализ средних температурных максимумов и минимумов за периоды 1961–1990 и 1996–2025 гг. показывает выраженную тенденцию к общему потеплению климата, характерную для регионов с резко континентальным режимом. Наиболее значительные изменения затронули показатели максимальных температур (T_x), которые выросли практически во все месяцы года.

Наиболее выражено это потепление в росте температур весной (апрель: $T_x - +2,6^{\circ}\text{C}$; $T_n - +3,3^{\circ}\text{C}$) и летних максимумов (июль: $T_x - +2,3^{\circ}\text{C}$). В то же время динамика зимних температур неоднородна: в феврале и декабре наблюдается смягчение холодов (рост T_n на 1,8 и 1,2 $^{\circ}\text{C}$, соответственно), тогда как в январе экстремальные минимумы не только сохраняются, но и становятся немного более суровыми (T_n изменилась с $-35,2$ до $-35,4^{\circ}\text{C}$, а абсолютный минимум опустился с $-41,6$ до $-42,5^{\circ}\text{C}$). Это свидетельствует не об однозначном смягчении зимы, а о сохранении и даже усилении резкой континентальности климата в отдельные зимние месяцы при общем потеплении в другие сезоны.

В целом, современные климатические условия характеризуются ростом термического стресса в летние месяцы и сокращением продолжительности климатической зимы при сохранении ее экстремальных пиковых значений.

Результаты анализа тренда минимальной температуры апреля за период 1961–2025 гг. с использованием непараметрического теста Манна-Кендалла показали наличие статистически значимого положительного тренда. Коэффициент Кендалла $\tau = 0,3514$. Повышение минимальной температуры в апреле является статистически достоверным. В период 1961–2025 гг. минимальная температура апреля демонстрирует устойчивую тенденцию к повышению, что согласуется с общим потеплением климата в весенние месяцы.

Анализ трендов потепления минимальной температуры за период 1961–2025 гг. показывает интересные закономерности для апреля и октября. Для апреля уравнение регрессии $y=0,1185x-22,698$ указывает на скорость потепления 1,2 $^{\circ}\text{C}/10$ лет, что за 64 года наблюдений составляет $\sim 7,7^{\circ}\text{C}$. Это характеризует довольно быстрое потепление. Для октября уравнение $y=0,0777x-22,091$ показывает более умеренное потепление со скоростью 0,78 $^{\circ}\text{C}/10$ лет, что составляет $\sim 5,0^{\circ}\text{C}$ за весь период наблюдений. Апрель теплеет примерно в полтора раза быстрее октября (соотношение коэффициентов 1,52).

Качество полученных линейных моделей, оцениваемое по коэффициенту детерминации R^2 , существенно различается для месяцев. Для апреля $R^2 = 0,2308$ означает, что 23,1% изменчивости минимальной температуры объясняется линейным временным трендом, что можно считать удовлетворительной связью. Для октября $R^2 = 0,0956$ указывает на слабую связь, так как только 9,6% изменчивости температуры объясняется трендом. Это делает октябрьский тренд менее надежным и предсказуемым.

В целом можно заключить, что апрель демонстрирует более сильное и статистически значимое потепление с более предсказуемым трендом, тогда как февраль характеризуется более слабым потеплением при высокой межгодовой вариабельности. Вероятно, апрель в большей степени подвержен

влиянию других процессов, таких как изменение атмосферной циркуляции и другие климатические индексы. Такая картина характерна для северных широт в условиях глобального потепления, когда весна теплеет быстрее из-за эффекта арктического усиления.

Таким образом, несмотря на сокращение периодов аномального холода в переходные сезоны, в зимние месяцы сохраняется высокая повторяемость температурных инверсий, что подтверждает специфику трансформации резко континентального климата южной части республики.

Заключение. Проведенное исследование экстремальных температур в южной горной части республики на основе данных реанализа ERA5 за период 1961–2025 гг. позволяет сделать следующие выводы.

Зима претерпела изменения, характеризующиеся смягчением температурного фона в феврале и марте, однако средние минимумы сохраняют свою суровость. Показатели января остались практически неизменными, что говорит о сохранении рисков глубоких зимних морозов, несмотря на общую климатическую трансформацию.

Весна показывает существенное потепление, особенно выраженное в апреле, где максимальные дневные температуры выросли на $+2,0^{\circ}\text{C}$, а минимальные дневные – на $+2,1^{\circ}\text{C}$, что указывает на более раннее наступление устойчивого тепла и сокращение переходного периода от зимы к лету.

Лето характеризуется усилением экстремальной жары, особенно в июле, где зафиксирован максимальный рост $T_{\text{Хх}}$ на $+2,8^{\circ}\text{C}$ (с $32,0$ до $34,8^{\circ}\text{C}$), что свидетельствует об увеличении частоты и интенсивности волн жары, создающих риски для здоровья населения и экосистем.

Отмечается сдвиг сроков похолодания: переход среднемесячного максимума ноября в зону положительных значений (с $-0,5^{\circ}\text{C}$ до $+1,2^{\circ}\text{C}$) указывает на более позднее формирование устойчивого снежного покрова.

Анализ данных подтверждает устойчивый и статистически значимый рост средних температур (коэффициент Кендалла τ для минимальной температуры апреля составил $0,351$, $p < 0,001$).

Таким образом, результаты показывают заметную трансформацию термического режима, проявляющуюся в росте теплообеспеченности вегетационного периода (за счет значительного повышения температур в апреле и октябре) и, предположительно, в более позднем наступлении зимнего сезона – хотя прямое определение дат переходов через 0°C требует отдельного анализа.

В целом, полученные данные указывают на неравномерное потепление климата: наиболее выраженные изменения зафиксированы в экстремальных показателях теплого периода года (рост летних максимумов и весенних минимумов), тогда как зимний режим характеризуется разнонаправленными тенденциями (потепление в феврале и декабре, отсутствие потепления в январе). Эти изменения могут иметь значимые последствия для сельского хозяйства (сдвиг сроков посева и уборки), водных ресурсов (изменение режима таяния снега из-за более теплой весны) и здоровья населения (увеличение теплового стресса в летние месяцы). Однако для количественной оценки этих последствий необходимы дополнительные исследования, включающие анализ осадков, стока и биоклиматических индексов.

Результаты работы имеют практическую значимость для адаптации к происходящим изменениям рекомендуется разработка стратегий управления климатическими рисками для органов управления республикой, организаций, занимающихся охраной природы, и представителей традиционного природопользования.

Работа выполнена за счет средств государственного задания Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, грант № FUF5–2026–0002.

Поступила 05.06.2026

Получена с рецензии 18.06.2026

Утверждена 26.08.2026

ЛИТЕРАТУРА

1. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC. Cambridge and New York, Cambridge University Press (2021).
<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
2. Glaser R., Riemann D. A Thousand-Year Record of Temperature Variations for Germany and Central Europe Based on documentary Data. *Journal of Quaternary Science* **24** (2009), 437–449.
<https://doi.org/10.1002/jqs.1302>
3. Ранькова Э.Я., Самохина О.Ф. и др. Особенности температурного режима у поверхности земного шара в 2022 г. *Фундаментальная и прикладная климатология* **9** (2023), 330–368.
<https://doi.org/10.21513/2410-8758-2023-3-330-368>
4. Фролов Д.М., Ржаницын Г.А. и др. Мониторинг изменения температуры грунта в последние десятилетия. *Процессы в геосредах* **1** (2024), 2374–2379.
5. Vasilev D.Yu., Semenov V.A., Chibilev A.A. Climatic Changes of the Temperature Regime on the Territory of Russia in the 20th–Early 21st Centuries. *Geography and Natural Resources* **44** (2023), 99–106.
<https://doi.org/10.1134/S1875372823020130>
6. Yang X., Zeng G., et al. Relationship between Two Types of Heat Waves in Northern East Asia and Temperature Anomalies in Eastern Europe. *Environmental Research Letters* **16** (2021), 024048.
<https://doi.org/10.1088/1748-9326/abdc8a>
7. Davi N.K., Rao M.P., et al. Accelerated Recent Warming and Temperature Variability over the Past Eight Centuries in the Central Asian Altai from Blue Intensity in Tree Rings. *Geoph. Res. Lett.* **48** (2021), e2021GL092933.
<https://doi.org/10.1029/2021GL092933>
8. Агоева Э.А., Бозиева Ж.Ч., Иттиев А.Б. Параметры объектов окружающей среды Кавказского региона в аспекте глобальных климатических изменений. *Геология, география и глобальная энергия* **2** (2023), 68–78.
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_68
9. Маргарян В.Г., Икрамов И.Г. и др. Об особенностях пространственно-временной изменчивости характеристик волн тепла последних трех десятилетий (Арагатская долина, Армения). *Устойчивое развитие горных территорий* **14** (2022), 36–45.
<https://doi.org/10.21177/1998-4502-2022-14-1-36-45>
10. Маргарян В.Г., Аветисян Г.Д. и др. Закономерности пространственно-временного распределения абсолютных минимальных температур приземного слоя воздуха в бассейне

- озера Севан. *Известия Российской академии наук. Серия географическая* **86** (2022), 232–242.
<https://doi.org/10.31857/S2587556622020078>
11. Кудряшова С.Я., Чумбаев А.С., Курбатская С.С. Картографические модели температурных полей почв степных котловин Хакасии и Тывы на основе совместного анализа наземных и спутниковых данных. *Почвы и окружающая среда* **7** (2024).
<https://doi.org/10.31251/pos.v7i1.240>
 12. Бардин М.Ю., Платова Т.В., Попов И.О. Изменения статистики экстремумов температурного режима в зернопроизводящих регионах юга Европейской России и Западной Сибири. *Экологический мониторинг и моделирование экосистем* **34** (2023), 17–44.
<https://doi.org/10.21513/0207-2564-2023-3-4-17-44>
 13. Хомутов А.В., Бабкина Е.А. и др. Мониторинг глубины сезонного протаивания и температуры многолетнемерзлых пород на севере Западной Сибири в 2024 г. *Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и северо-запада России* **11** (2024), 606–616.
 14. Potemkina T., Potemkin V. Extreme Phenomena in the Lake Baikal Basin: Tropical Nights and Hot Days as Indicators of Climate Warming (Eastern Siberia, Russia). *Theoretical and Applied Climatology* **155** (2024), 6581–6590.
<https://doi.org/10.1007/s00704-024-05031-4>
 15. Hersbach H., Berrisford P., et al. The ERA5 Global Reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* **146** (2020), 1999–2049.
<https://doi.org/10.1002/qj.3803>

Խ. Բ. ԿՈՒՆԻԱՐ, Ա. Ֆ. ՉՈՒԴՈՒՄ

ՏԻՎԱՅԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ՀԱՐԱՎԱՅԻՆ ՄԱՍՈՒՄ
 ՄԱԿԱԿԱՆ ՕԴԻ ՋԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԻ ԷՔՍՏՐԵՄԱԼ ԱՐԺԵՔՆԵՐԻ
 ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ՝ ՀԻՄՆՎԱԾ ERA5 ՎԵՐԱՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅԱՆ
 ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ՎՐԱ

Ա մ փ ո փ ու մ

Այս հոդվածում վերլուծվում է Տուվայի Հանրապետության հարավային մասում ջերմաստիճանի ծայրահեղությունների դինամիկան՝ հիմնվելով ERA5՝ ամենօրյա վերավերլուծության տվյալների վրա: Ուսումնասիրությունը կատարվում է հանրապետության լեռնային էկոհամակարգերի վրա, որոնք խիստ զգայուն են կլիմայի փոփոխության նկատմամբ: Վերլուծվում են ամսական ծայրահեղ արժեքների (նվազագույն և առավելագույն ջերմաստիճանի նվազագույն և առավելագույն արժեքներ) և միջին ջերմաստիճանների (միջին նվազագույն և առավելագույն ջերմաստիճանի նվազագույն և առավելագույն արժեքներ) միտումները: Համեմատական վերլուծություն է իրականացվում երկու ժամանակահատվածների համար՝ 1961–1990 և 1996–2025: Ուսումնասիրվում են ամսական արժեքների միտումները: Սահմանվել է, որ ամենաինտենսիվ տաքացումը բնորոշ է ապրիլին նվազագույն ջերմաստիճանին ($1.2^{\circ}\text{C}/10$ տարի) և հոկտեմբերին առավելագույն ջերմաստիճանին ($0.8^{\circ}\text{C}/10$ տարի): Ստացված արդյունքները կարևոր են խոցելի բնական համայիրների վիճակի կանխատեսման և դրանց պահպանման միջոցառումների մշակման համար:

H. B. KUULAR, A. F. CHULDUM

ANALYSIS OF MONTHLY AIR TEMPERATURE EXTREMES
IN THE SOUTHERN PART OF THE REPUBLIC OF TUVA
BASED ON ERA5 REANALYSIS DATA

Summary

The article analyzes the dynamics of temperature extremes in the Southern part of the Tuva Republic based on ERA5 – daily reanalysis data. The study focuses on the republic's mountain ecosystems, which are highly sensitive to climate change. Trends in monthly extreme indices (minimum and maximum temperature minimums and maximums) as well as mean temperatures (average minimum and maximum temperature minimums and maximums) are analyzed. A comparative analysis was conducted for two periods: 1961–1990 and 1996–2025. Monthly trends were examined. It was found that the most intensive warming is characteristic of the April minimum temperature (1.2°C per decade) and the October maximum temperature (0.8°C per decade). The obtained results are important for forecasting the state of vulnerable natural systems and developing measures for their conservation.