

УДК 334.02

СОВРЕМЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА В ГОРНЫХ СТРАНАХ
(на примере Алтае-Саянской горной страны и Кавказа)

В. В. СЕВАСТЬЯНОВ^{1,2*}, А. Д. САМБУУ^{1**}, В. Г. МАРГАРЯН^{3***}

¹ Центр биосферных исследований, Кызыл, Россия

² Томский государственный университет, Томск, Россия

³ Кафедра общей географии ЕГУ, Армения

Представлен анализ изменения температурного режима в Алтае-Саянской горной стране и на Кавказе в Республике Армения. Получены значения коэффициентов наклона линейных трендов температуры воздуха в горных котловинах и широких долинах. Исследованы тренды температуры на самых высокогорных станциях, приближенных к свободной атмосферы. Используются стандартные 30-летние климатические периоды, рекомендованные Всемирной метеорологической организацией. Рассмотрены черты сходства и различия тенденций изменения температуры до 2020 г. Показано, что для прогностических климатических моделей важно учитывать факторы антропогенного воздействия, а также циркуляционные процессы в атмосфере.

<https://doi.org/10.46991/PYSUC.2025.59.2.531>

Keywords: climate, Altai, Sayan Mountains, Caucasus, Republic of Armenia, temperature, orography, atmospheric circulation.

Введение. В современный период изменения климата оценка его современного состояния и возможных будущих изменений является актуальной и важной научной и практической проблемой. Известно, что климат всегда оказывал и оказывает большое влияние на все стороны жизни на Земле, но в настоящее время в связи с огромным ростом масштабов хозяйственной деятельности резко возросла зависимость общества от климата и его изменений. Рост интереса к проблеме климата и его изменениям связан с рядом достаточно крупных климатических аномалий за последние десятилетия. Другим важным фактором, влияющим на повышенный интерес к изменениям климата, является понимание того факта, что в результате все возрастающей хозяйственной деятельности человечество само непреднамеренно стало влиять на климат.

Следующим важным фактором, повышающим интерес к проблеме изменения климата, оказалось отсутствие научной базы для возможности

* E-mail: vvs187@mail.ru

** E-mail: sambuu@mail.ru

*** E-mail: vmargaryan@ysu.am

оценки влияния климата на экономику, геоэкологические и социальные аспекты дальнейшего развития общества.

Главная причина такого положения заключается в том, что проблема климата оказалась весьма сложной. Она относится к числу комплексных междисциплинарных научных проблем, и для ее решения в прошлом не было создано необходимой научной и материально-производственной базы.

Проблема изменений в климатической системе носит глобальный характер. Изучение изменений климата не может быть решено ни частично, ни полностью на региональном или глобальном уровне. В настоящий период ведется мониторинг за изменением климата по сети метеорологических станций (МС) разных государств. Выполнены оценки изменения климата и роли антропогенных факторов Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК) публикуются отчеты об оценках, опубликованы оценочные доклады об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации (РФ), являющихся итоговыми обобщениями российских ученых в этой области.

Во многих обобщающих материалах утверждается о значительно более высоких темпах повышения приземной температуры из-за антропогенного фактора в пределах РФ по сравнению с другими территориями и с глобальными показателями. Такой вывод представляется весьма сомнительным так как экономическое развитие восточных регионов быстро не происходило, плотность населения крайне низкая на большей части территории.

Как следует из Третьего оценочного доклада Росгидромета, на территории России в последние десятилетия теплеет почти вдвое быстрее, чем в Северном полушарии: на 0,51°C за десятилетие, при этом каждое десятилетие с 1981–1991 гг. теплее предыдущего [1–3]. В связи с этим в работе [4] были рассмотрены пространственно-временные особенности приземного температурного режима в РФ с использованием данных реанализа ERA5 за 1950–2020 гг. В результате исследования авторами для всей континентальной территории России были выделены девять квазиоднородных климатических регионов:

- 1 – север европейской части России (ЕЧР) и Западной Сибири;
- 2 – северная часть Восточной Сибири и Якутии;
- 3 – Чукотка и север Камчатки;
- 4 – центр ЕЧР;
- 5 – центр и юг Западной Сибири;
- 6 – центр и юг Восточной Сибири;
- 7 – Дальний Восток;
- 8 – Алтай и Саяны;
- 9 – юг ЕЧР.

В выделенных климатических районах заметны существенные различия в темпах изменения температурного режима.

В предлагаемой работе более подробно рассматриваются изменения температурного режима в горных районах Южной Сибири (Алтай, Саяны) в сравнении с горными районами Кавказа (Армения).

Интерес к влиянию горных систем связан с очень сильным влиянием на термический режим абсолютной высоты местности, орографических условий

и циркуляции атмосферы. В горных районах МС располагаются главным образом в широких горных долинах или котловинах, где созданы наиболее благоприятные условия проживания людей. В восточных регионах РФ в условиях формирования Азиатского антициклона в холодный период и возникновения температурных инверсий может возникать своеобразный эффект изменения приземной температуры.

В работе рассмотрены особенности современного изменения температуры в горных условиях Южной Сибири и Республики Армения.

Материалы и методы исследования. Проанализированы литературные обзоры [5–9], использованы данные об изменении температуры воздуха на МС, расположенных в пределах Алтае-Саянской горной страны и Кавказа. В разных формах рельефа, в том числе в межгорных котловинах, долинах.

В пределах Алтае-Саянской горной страны для характеристики температурного режима в верхнем поясе гор приведены данные МС “Кара-Тюрек”, расположенной на высоте 2600 м над у.м. Станция расположена на широте 50° с.ш. на открытом водораздельном участке отрога Катунского хребта. Это самая высокогорная станция РФ. Станция работает непрерывно с 1940 г.

Для сравнения изменения температурных условий в горах по сравнению с равнинными районами приведены данные по МС “Барнаул”, расположенной на юге Западно-Сибирской равнины в Алтайском крае. Эта станция имеет самый продолжительный непрерывный период наблюдений с 1838 г. Она является опорной для изучения изменений климата в условиях юга Западной Сибири.

В Республике Армения выбраны МС “Ереван агро” и самая высокогорная станция “Арагац”. Географическое положение выбранных МС приведено в табл. 1.

Таблица 1

Географическое положение метеорологических станций

Метеорологические станции	Координаты		Высота, м	Физико-географический район
	°с. ш.	°в. д.		
Барнаул	53,4	83,4	196	Западно-Сибирская равнина, Алтай
Кызыл	51,7	94,5	628	Тувинская горная область, котловина
Кош-Агач	50,0	88,7	1757	Горный Алтай, Чуйская котловина
Кара-Тюрек	50,0	86,4	2600	Катунский хребет
Ереван агро	40,1	44,2	907	Армения, Араратская долина
Арагац в/г	40,3	44,1	3229	Армянское нагорье

Выбранные станции располагаются в различных орографических условиях. “Кызыл”, “Кош-Агач”, “Ереван” находятся в межгорных котловинах, станция “Ереван” располагается на территории Араратской равнины в долине р. Раздан. Станция “Кара-Тюрек” и “Арагац высокогорный” находятся на больших высотах, в условиях открытой местности, где температурный режим приближен к показателям температуры в свободной атмосфере на этом уровне. Показатели температуры использованы из официальных источников [10, 11].

Результаты исследований и их обсуждение. Ближайшей к Алтае-Саянской горной стране МС, имеющей наибольший период наблюдений, является “Барнаул”. Наблюдения на станции продолжаются с 1838 г. В табл. 2 приведены

данные о годовом ходе многолетних средних месячных и годовых температур в “Барнауле”, рассчитанных для шести стандартных 30-летних периодов, которые Всемирная метеорологическая организация (ВМО) рекомендует использовать в качестве стандартных при климатических описаниях. Здесь же приведены значения наименьших и наибольших средних месячных температур [12, 13].

Таблица 2

Многолетние средние месячные и годовые значения температур воздуха (°C) на МС “Барнаул” (климатические нормы), а также их наименьшие и наибольшие значения по климатическим периодам

Месяц	Значения	Климатические периоды, годы					
		1841–1870	1871–1900	1901–1930	1931–1960	1961–1990	1991–2020
Январь	среднее	–19,1	–19,0	–17,1	–18,1	–15,8	–16,2
	наименьшее	–27,4	–28,2	–26,0	–24,6	–29,4	–25,8
	наибольшее	–13,6	–10,2	–9,4	–11,9	–9,4	–6,4
Февраль	среднее	–16,8	–17,2	–15,8	–16,5	–15,1	–13,6
	наименьшее	–22,9	–24,4	–21,9	–25,7	–25,5	–23,1
	наибольшее	–8,7	–11,1	–8,1	–8,7	–9,2	–6,7
Март	среднее	–10,6	–9,5	–9,6	–9,4	–7,3	–5,7
	Наименьшее	–18,9	–17,7	–15,9	–13,9	–12,3	–15,1
	Наибольшее	–5,8	–3,9	–4,0	–2,4	–2,6	–0,7
Апрель	среднее	0,9	0,5	1,5	2,5	3,0	5,0
	наименьшее	–5,5	–5,1	–2,6	–3,3	–2,5	–0,9
	наибольшее	5,6	8,4	5,4	6,7	6,3	–8
Май	среднее	10,6	10,6	11,4	11,3	11,8	12,9
	наименьшее	7,4	6,0	7,6	7,6	8,7	9,3
	наибольшее	13,5	14,8	15,2	15,4	15,6	16,8
Июнь	среднее	16,7	16,9	17,7	17,6	17,7	18,2
	наименьшее	13,3	13,3	14,3	14,3	14,8	14,5
	наибольшее	20,7	20,9	21,1	20,3	20,6	22,1
Июль	среднее	19,4	19,7	19,7	19,5	19,9	19,9
	наименьшее	17,6	15,7	16,8	16,5	16,4	17,4
	наибольшее	21,2	23,0	23,3	22,1	23,8	22,6
Август	среднее	16,7	16,8	17,1	16,7	16,7	17,6
	наименьшее	14,3	14,0	12,7	14,1	14,2	15,2
	наибольшее	18,8	18,5	19,1	20,0	18,8	19,9
Сентябрь	среднее	10,0	10,8	10,6	10,7	11,0	11,0
	наименьшее	7,5	7,7	8,7	7,0	7,0	7,5
	наибольшее	12,4	13,6	12,5	13,4	15,5	13,7
Октябрь	среднее	1,6	2,2	2,1	3,1	2,4	4,0
	наименьшее	–3,3	–3,3	–2,8	0,3	–2,6	–1,5
	наибольшее	6,0	4,7	7,0	6,6	5,5	7,0
Ноябрь	среднее	–8,7	–8,5	–7,0	–9,0	–6,9	–6,2
	наименьшее	–13,3	–17,7	–12,6	–17,7	–13,9	–14,9
	наибольшее	–1,1	–1,0	–2,4	–3,4	–1,5	–0,7
Декабрь	среднее	–15,5	–15,5	–14,8	–15,6	–13,6	–13,1
	наименьшее	–24,7	–27,4	–24,7	–23,7	–25,8	–24,3
	наибольшее	–8,7	–7,4	–8,3	–7,7	–8,1	–5,5
Год	среднее	0,4	0,7	1,33	1,1	2,0	2,8
	наименьшее	–2,0	–1,0	–0,3	–1,6	–0,7	0,6
	наибольшее	2,7	1,9	2,8	3,1	3,9	4,8

Анализ 30-летних средних годовых температур приземного воздуха в целом повторяет указанные выше закономерности ее изменения. Так, в первоначальный период 1840–1870 гг. наблюдалась самая низкая средняя годовая температура воздуха 0,4°C (климатическая норма этого периода). Целый ряд климатологов считают, что потепление началось еще в более ранний период, после окончания малого ледникового периода с начала или с середины XIX в. [12, 13]. До конца 30-х годов XX в. температуры повышались в увеличивающемся темпе. Прирост значений средних годовых температур к периоду 1871–1900 гг. составил 0,3°C.

В начале XX в. (1901–1930 гг.) климатическая норма температуры повысилась еще на 0,6°C и составила 1,3°C. За период 1931–1960 гг. средняя годовая температура понизилась на 0,2°C. За следующие 30 лет до 1990 г. температура повысилась на 0,9°C, а затем до 2020 г. еще возросла на 0,8°C и достигла максимальной величины за весь многолетний период наблюдений 2,8°C.

В этот же период наблюдались самые высокие за 180 лет наименьшие и наибольшие значения средних годовых температур воздуха. Самые низкие за этот период значения наименьших температур отмечался в период 1841–1870 гг., а наибольших – в 1871–1900 гг. Такие изменения можно проследить для каждого месяца в отдельности. Заметим, что в зимние месяцы потепление было более значительным, чем в летние месяцы.

На МС “Барнаул” показатели изменчивости средних годовых и средних месячных температур за 180 летний период показали относительно небольшую степень изменчивости (табл. 3)

Таблица 3

Стандартные отклонения (σ) средних годовых и месячных температур воздуха (°C) в различные климатические периоды на МС “Барнаул”

Стандартные отклонения, °C	Годы					
	1841–1870	1871–1900	1901–1930	1931–1960	1961–1990	1991–2020
Год	1,1	0,8	0,7	0,9	1,1	1,0
Январь	4,1	4,2	3,2	3,3	4,2	5,0
Июль	1,0	1,4	1,6	1,5	1,4	1,4

В зимний период отмечается максимальная изменчивость температурного режима по сравнению с летним периодом. Зимой в умеренные широты могут приходить как холодные арктические воздушные массы, так и теплый воздух из субтропических широт.

Изменение средних годовых температур воздуха. Средние годовые температуры на юге Западной Сибири (МС “Барнаул”) в целом повышались на протяжении всего периода наблюдений (табл. 2).

Исключением стал период 1931–1960 гг., когда после весьма существенного потепления в начале XX в. наступил период похолодания. В тот период средняя годовая температура понизилась на 0,2°C. В течение следующих 60 лет температура повышалась.

Одним из важнейших показателей климата является средняя годовая температура воздуха. Значения коэффициента наклона линейного тренда средних годовых воздуха на МС “Барнаул” и горных станций в Алтае-Саянской горной стране и на Кавказе представлен в табл. 4. “Барнаул” является самой длиннорядной станцией в Сибири.

В период 1931–1960 гг. средние годовые температуры понижались в “Барнауле”. На станции “Кош-Агач” повышалась. В Тувинской котловине годовые температуры оказались практически постоянными. На МС “Кара-Тюрек” за этот период температуры повысились. На Кавказе в “Ереване” в этот же период наблюдалось сильное понижение температуры, тогда как на “Арагац в/г” температура заметно не изменилась.

Таблица 4

Значения коэффициента наклона линейного тренда средних годовых температур воздуха (°C/10 лет) в различные климатические периоды

Годы					
1841–1870	1871–1900	1901–1930	1931–1960	1961–1990	1991–2020
Барнаул					
0,11	0,11	0,05	– 0,26	0,16	0,13
Кара-Тюрек					
			0,15	0,13	0,19
Кош-Агач					
			0,32	0,56	– 0,02
Кызыл					
			– 0,005	0,85	0,35
Ереван агро					
			– 0,40	– 0,14	0,72
Арагац высокогорный					
			0,02	– 0,01	0,36

В следующий климатический период 1961–1990 гг. на всех выбранных станциях в Сибири наблюдался рост температуры. Максимальные темпы роста наблюдались в межгорных котловинах (“Кош-Агач”, “Кызыл”). В МС “Барнауле” и “Кара-Тюрек” были относительно меньшие темпы роста температуры. На Кавказе в этот период на МС “Арагац” наметилась лишь тенденция понижения температуры, тогда как в “Ереване” продолжается существенное понижение температуры.

В заключительный климатический период 1991–2020 гг. почти на всех выбранных станциях наблюдается повышение температуры. Максимальные темпы роста температуры наблюдаются на Кавказе, особенно в “Ереване”. В нижней тропосфере на уровне МС “Арагац” тоже наблюдается относительно резкое повышение температуры. В горных районах Сибири темпы повышения температуры оказались значительно ниже, чем в горах Кавказа. Максимальные темпы повышения температуры были в Тувинской котловине на МС “Кызыл”, в то время как в Чуйской котловине отмечена очень слабая тенденция к понижению средних годовых температур. На МС “Барнаул” темпы роста температуры были даже несколько ниже, чем в предыдущий менее теплый период.

Изменения температуры по сезонам года. Определенный интерес представляет динамика температуры по сезонам года. Были проанализированы изменения температуры за отдельные сезоны года (табл. 5). Были выбраны центральные месяцы сезонов года. Анализ изменений температуры по сезонам года показывает сложную картину.

В Горном Алтае в “Кош-Агаче” в период 1931–1960 гг. наблюдались тенденции похолодания с января по июль, а в октябре – значительные темпы повышения температуры.

Таблица 5

Значения коэффициента наклона линейного тренда ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) средних месячных температур и за год за климатические периоды

Месяц, год	Годы		
	1931–1960	1961–1990	1991–2020
Кош-Агач, 1760 м			
Январь	– 0,14	1,23	– 1,09
Апрель	– 0,50	0,35	1,13
Июль	– 0,17	– 0,03	– 0,14
Октябрь	0,61	0,80	0,10
Год	0,32	0,56	– 0,02
Кара-Тюрек, 2600 м			
Январь	– 0,15	0,04	– 0,03
Апрель	– 1,59	– 0,12	1,26
Июль	– 0,41	– 1,36	– 0,04
Октябрь	– 0,16	0,56	– 0,39
Год	– 0,40	0,004	0,21
Ереван агро, 942 м			
Январь	0,25	– 0,27	0,88
Апрель	– 0,43	– 0,25	0,14
Июль	– 1,22	0,13	0,91
Октябрь	– 0,22	– 0,53	– 0,39
Год	– 0,40	– 0,14	0,72
Арагац, 3229 м			
Январь	0,32	– 0,16	0,02
Апрель	0,25	0,39	– 0,38
Июль	0,25	0,38	0,49
Октябрь	– 0,27	– 0,05	0,20
Год	0,02	– 0,001	0,36

В следующий период 1961–1990 гг. большую часть года повышалась температура, а летом понижалась. В период 1991–2020 гг. температуры понижались в январе и июле, а повышались в апреле и октябре.

По наблюдениям на высокогорной станции “Кара-Тюрек” выяснилось, что в каждый климатический период в различные сезоны года выявляются тренды противоположного направления по сравнению с МС “Кош-Агач”. Так, в октябре за период 1931–1960 гг. расхождения в тенденциях были в октябре. В период 1961–1990 гг. противоположные тенденции наблюдались в апреле. В период 1990–2020 гг. противоположные тенденции отмечены опять в октябре. В итоге следует сказать, что большую часть года тенденции

изменения температуры совпадают на станциях “Кош-Агач” и “Кара-Тюрек”, но в некоторые месяцы наблюдаются противоположные тенденции. Такие случаи известны из литературных источников, когда соседние месяцы могут иметь противоположные знаки тенденций. Возможно, более устойчивые значения тенденций следует рассчитывать, как средние за отдельные сезоны, например, зимний сезон декабрь-февраль и т.д.

На Кавказе наблюдается такое отсутствие синхронности в тенденциях изменения температуры на станции “Ереван” и “Арагац в/г”. В период по 1960 г. в половине случаев были такие рассогласования в температурном режиме. За период с 1961 по 1990 гг. разнонаправленные тренды наблюдались только в июле. В заключительный климатический период 1991–2020 гг. с самыми высокими темпами потепления в переходные сезоны года (апрель и октябрь) изменения температуры были противоположного направления.

Климатический период 1991–2020 гг. всеми исследователями признается как самый теплый за весь период инструментальных наблюдений. Он был с самыми высокими темпами повышения температуры. Однако даже за относительно короткие периоды времени по отдельным десятилетиям можно заметить разные тенденции поведения температуры. На примере станций Алтае-Саянской горной области и Кавказа в табл. 6 показаны примеры тенденции средних температур по отдельным десятилетиям.

Таблица 6

Коэффициенты наклона линейного тренда по десятилетиям (°C/10 лет) в климатическом периоде 1991–2020 гг.

Станция, высота, м	Годы			Весь период 1991–2020
	1991–2000	2001–2010	2011–2020	
Кара-Тюрек, 2600	0,6	– 0,5	0,5	0,19
Кош-Агач, 1760	0,2	– 1,4	0,8	– 0,02
Кызыл, 626	0,7	– 0,9	1,8	0,35
Арагац, 3229	2,02	0,01	1,7	0,36
Ереван, 942	2,47	1,04	1,75	0,72

Сравнение тенденций изменения температуры по десятилетним периодам в целом показывают общие закономерности изменения температуры со временем. В десятилетие 1991–2000 гг. на всех станциях было согласованное повышение температуры, но особенно высокие темпы ее роста были отмечены на Кавказе по сравнению с Алтаем. Десятилетие 2001–2010 гг. на фоне повышения температуры в предшествующий период имело значительную тенденцию к ее понижению, особенно заметную в крупных межгорных котловинах Тувинской и Чуйской (МС “Кызыл” и “Кош-Агач” соответственно). В этот период в Ереване сохранилась тенденция повышения температуры. В заключительное десятилетие опять произошло синхронное повышение температуры, за исключением МС “Кош-Агач”, где наметилась слабая тенденция похолодания.

С целью оценить роль циркуляционного фактора в формировании термического режима на исследуемых территориях использованы результаты

работ [12, 14], в которых производилась оценка корреляции между колебаниями температуры воздуха и индексами атмосферной циркуляции. Например, арктическая осцилляция (АО) оказывает наибольшее воздействие в холодный период. Высокая корреляция отмечается в регионах Сибири. Следовательно, циркуляционные периоды с таким преобладанием способствуют формированию положительных аномалий температуры воздуха в холодный период года. Наиболее активное влияние на южную часть Западной Сибири оказывает скандинавское колебание. Так, температура воздуха сибирских станций имеет тесные связи с индексом Scand в течение всего года для Барнаула.

Атлантическая мультidesятилетняя осцилляция (АМО), связанная с аномалиями температуры поверхности океана и переносом океанического тепла в Северной Атлантике, формирует аномалии климата в центре и на юге европейского сектора (коэффициент корреляции до 0,61), в том числе в Кавказском регионе.

Результаты представленного анализа региональных климатических изменений в горных районах за последние десятилетия и роли циркуляционного фактора в целом согласуются с выводами ранее выполненных работ [14].

Таблица 7

Типы циркуляции атмосферы и число дней с циклонами и антициклонами.
Январь, Томск (тире означает, что данных нет)

Год	W	E	C	Циклон	Антициклон	Температура, °C
аномально холодные месяцы						
1893	2	29	0	–	–	– 29,3
1900	0	31	0	–	–	– 28,9
1933	5	26	0	–	–	– 25,1
1940	4	23	4	–	–	– 27,1
1947	0	21	10	–	–	– 26,4
1969	3	28	0	6	25	– 29,5
1977	0	31	0	7	24	– 25,5
1979	4	25	2	2	29	– 26,0
2006	7	22	2	9	22	– 29,4
2010	0	23	8	5	23	– 26,8
аномально теплые месяцы						
1914	17	0	14	–	–	– 11,6
1925	25	0	6	–	–	– 10,8
1949	23	0	8	27	4	– 12,5
1964	15	0	16	24	7	– 10,2
1975	19	12	0	22	9	– 12,8
1983	15	12	4	23	8	– 10,8
1991	15	0	16	14	17	– 12,4
1992	11	0	20	24	7	– 10,0
2002	21	0	10	18	13	– 8,0
2007	20	0	11	21	10	– 9,4

В качестве примера воздействия циркуляции атмосферы на температурный режим приведем пример аномально холодных и аномально теплых

январей на МС “Томск”. Температурный режим МС “Барнаул” и “Томск” имеет тесные корреляционные связи. Для анализа таких взаимных связей за 128-летний период наблюдений в “Томске” были выбраны по 10 аномально холодных и аномально теплых январей. Критерием выбора январских температур послужили отклонения от средних на 1,5 стандартных отклонений) (табл. 7). Сравнивались аномальные средние месячные температуры воздуха с числом дней с различными типами циркуляции по Вангенгейму-Гирсу [15]. В случаях аномально холодных январей повторяемость восточного типа циркуляции (E) изменяется от 21 до 31 дня за месяц. При этом западный тип циркуляции (W) был редким и не превышал 7 дней. В эти месяцы отмечено большое количество дней с антициклонами. Меридиональный тип циркуляции (C) бывает относительно редко.

В аномально теплые январь преобладает западный тип циркуляции и связанная с ней повторяемость дней с циклонической циркуляцией. Восточный и меридиональный типы циркуляции встречаются реже.

Заключение. Анализ изменений средних годовых температур приземного воздуха (самых интегрированных показателей) позволяет сделать следующие выводы:

– изменения температуры воздуха даже в строго ограниченные по времени климатические периоды нередко носят разнонаправленный характер в пределах одной горной страны. В сходных орографических условиях темпы изменения температуры могут заметно различаться;

– по мере увеличения абсолютной высоты и приближения к условиям свободной атмосферы коэффициенты наклона изменения температуры уменьшаются, но могут достигать в субтропических широтах, например в Армении, повышенных значений.

Анализ изменения температурного режима в горных районах показывает, насколько сложными и противоречивыми являются пространственно-временные его закономерности. На изменение температурного режима влияют общие циркуляционные процессы, а также глобальные антропогенные факторы. Большую роль играют в горных районах местные и микроклиматические факторы, связанные с абсолютной высотой местности и орографическими условиями расположения метеорологических станций.

Необходимо продолжать мониторинг климатических изменений.

Поступила 04.04.2025

Получена с рецензии 01.06.2025

Утверждена 15.08.2025

ЛИТЕРАТУРА

1. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2021 год. Москва, Росгидромет (2022), 110.
2. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Санкт-Петербург, Наукоемкие технологии (2022), 124.

3. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации (под ред. В.М. Катцова). Санкт-Петербург, Научные технологии (2022), 676.
4. Переведенцев Ю.П., Васильев А.А. Изменение климата и его влияние на сельское хозяйство. *Метеорология и гидрология* 9 (2023), 5–13.
5. Маргарян В.Г. Закономерности пространственно-временных изменений температуры воздуха в Республике Армения. *Агронаука научный журнал* 7–8 (2005), 361–367 (на арм. языке).
6. Маргарян В.Г. Особенности термического режима в приземном слое атмосферного воздуха Сюника. *Ученые записки ЕГУ. Геология и география* 49 (2015), 47–54 (на арм. языке). <https://doi.org/10.46991/PYSU:C2015.49.1.047>
7. Маргарян В.Г. Изменчивость зимних экстремальных низких температур приземного слоя воздуха в бассейне оз. Севан (Армения). *Устойчивое развитие горных территорий* 12 (2020), 523–531. <https://doi.org/10.21177/1998-4502-2020-12-4-523-531>
8. Севастьянов В.В., Маргарян В.Г. Поля температуры в нижней тропосфере над Кавказом. *Оптика атмосферы и океана* 37 (2024), 746–753. <https://doi.org/10.15372/AOO20240904>
9. Margaryan V., Sedrakyan A., Reshetchenko S. Possible Determination of Temperature and Space-Time Probable Distribution of Air Temperature in the Territory of the Republic of Armenia. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Geology. Geography. Ecology* 61 (2024), 234–241. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-57-21>
10. ВНИИГМИ-МЦД <http://meteo.ru>
11. Научно-прикладной справочник. <http://pogodaiklimat.ru>
12. Подрезова Ю.А., Подрезов О.А. *Современный климат Бишкека и его изменения (1930–2030 гг.)*. Бишкек, изд-во КРСУ (2021), 122.
13. Рубинштейн Е.С., Полозова Л.Г. *Современное изменение климата*. Ленинград, Гидрометеиздат (1966), 268.
14. Школьник И.М., Мелешко В.П. и др. Ожидаемые изменения климата на территории Российской Федерации в XXI веке. *Труды ГГО* 575 (2014), 67–117.
15. Дмитриев А.А., Дубравин В.Ф., Беязо В.А. *Атмосферные процессы Северного полушария (1891–2018 гг.), их классификация и использование*. Санкт-Петербург, Издательство “СУПЕР” (2018), 306.

Վ. Վ. ՍԵՎԱԾՏԱՆՈՎ, Ա. Դ. ՍԱՄԲՈՒՌԷ, Վ. Գ. ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ

ՎԼԻՄԱՅԻ ԺԱՄԱՆԱԿԱԿԻՑ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆԸ ԼԵՌՆԱՅԻՆ
ԵՐԿՐՆԵՐՈՒՄ
(Ալթայ-Սայան լեռնային երկրի և Կովկասի օրինակով)

Ամփոփում

Ներկայացվում է Ալթայ-Սայան լեռնային երկրում և Կովկասում (Հայաստանի Հանրապետությունում) ջերմաստիճանային ռեժիմի փոփոխության վերլուծություն: Ստացվել են լեռնային զոգավորություններում և ընդարձակ հովիտներում օդի ջերմաստիճանի գծային տրենդների թերթայան գործակիցների արժեքները: Ուսումնասիրվել են ջերմաստիճանի տրենդները

բարձր լեռնային կայաններում, որոնք մոտ են ազատ մթնոլորտին: Օգտագործվել է Համաշխարհային օդերևութաբանական կազմակերպության կողմից առաջարկած ստանդարտ 30-ամյա կլիմայական ժամանակաշրջանը: Դիտարկվում են մինչև 2020 թվականը ջերմաստիճանի փոփոխության միտումների նմանություններն ու տարբերությունները: Ցույց է տրված, որ կլիմայի կանխատեսման մոդելների համար կարևոր է հաշվի առնել մարդածին ազդեցության գործոնը, ինչպես նաև մթնոլորտում շրջանառության գործընթացը:

V. V. SEVASTYANOV, A. D. SAMBUU, V. G. MARGARYAN

MODERN CLIMATE CHANGE IN MOUNTAIN COUNTRIES
(on the example of the Altai-Sayan Mountain country
and the Caucasus)

Summary

The analysis of changes in the temperature regime in the Altai-Sayan Mountain country and in the Caucasus in the Republic of Armenia is presented. The values of slope coefficients of linear air temperature trends in mountain basins and wide valleys were obtained. Temperature trends at the highest mountain stations close to the free atmosphere were studied. Standard 30-year climatic periods recommended by the World Meteorological Organization were used. Features of similarities and differences in temperature trends up to 2020 were considered. It was shown that it is important to take into account anthropogenic factors, as well as circulation processes in the atmosphere for prognostic climate models.