



Научная статья

СОВРЕМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ВОЗДУХА НА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОМ СКЛОНЕ БОЛЬШОГО КАВКАЗА

Джамал С. Гусейнов¹ PhD , Наила Н. Исмаилова² 

¹ АО «Азербайджанские авиалинии», Национальная Академия Авиации, Баку, Азербайджан; camal_huseynov_88@mail.ru (ДжСГ),

² Министерство Экологии и Природных Ресурсов, Национальная Гидрометеорологическая Служба, Баку, Азербайджан; naile_ismayilova40@mail.ru (ННИ)

Автор корреспонденции: Джамал С. Гусейнов, camal_huseynov_88@mail.ru

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

температура воздуха, аномалия температуры воздуха, изменение климата, DEM, многолетняя динамика, тренд

АБСТРАКТ

Исследуемый объект – северо-восточный склон Большого Кавказа, который также является северо-западной частью Прикаспийского региона. В исследовании рассматривается влияние изменения климата на многолетний температурный режим прикаспийской части Большого Кавказа. В анализах использованы данные наблюдений 8 гидрометеорологических станций за период с 1961 по 2022 год. Проведен сравнительный анализ изменений температуры воздуха в регионе за 1991...2022 гг. с базовым периодом (1961...1990 гг.). Как известно, здесь рассмотрены современные особенности термического режима: установлено, что наименьшая температура приходится на январь, а наибольшая – на июль. В зимний период средняя месячная температура с нижней части среднего горного пояса (1000...1200 м) и до высокогорья имеет отрицательные значения ниже 0°C. За период 1961...2022 гг. рассмотрены десятилетние изменения температуры воздуха. Установлено, что начиная с 1990 г. в регионе наблюдается резкий рост температуры. По сравнению с базовым периодом, в 1991...2022 гг. среднегодовая температура повысилась на 0,9°C. В равнинных районах среднегодовая температура составляет 12...14 °C, в низкогорных – 10...12°C, в среднегорных – 5...10°C, а в высокогорных – ниже 4°C. В декабре (0,4 °C) с наступлением зимы температура снижается, и от нижних частей среднегорья к высокогорью средняя месячная температура опускается ниже 0°C. В течение года максимальное повышение температуры (на 1,5 °C) отмечается в августе и октябре.

Результаты исследования могут быть использованы при строительстве новой инфраструктуры, развитии промышленности и сельского хозяйства. Определение последствий изменений климата позволит расширить меры по смягчению последствий в регионе.

1. ВВЕДЕНИЕ

Все синоптические процессы на Земле начинаются с того, что солнечная радиация нагревает поверхность планеты. Температура на поверхности передается через воздух, и неравномерное распределение этой температуры обуславливает дальнейшее развитие таких метеорологических элементов и явлений, как испарение, осадки, давление, ветер и другие [1]. С другой стороны, известно, что в последние десятилетия под воздействием климатических изменений, усиливающихся на планете, в отдельных регионах происходят изменения некоторых характеристик традиционного климатического режима. Эти изменения проявляются в виде потепления. Глобальное потепление приводит к таянию ледников, активизации разрушительных природных явлений, таких как наводнения, паводки, засухи, опустынивание, оползни и другие [2...4]. Поэтому в настоящее время изучение современного климатического режима и

По статье:

Получено: 05.03.2025

Пересмотрено: 21.08.2025

Принято: 22.09.2025

Опубликовано: 01.10.2025

Для цитирования:

Гусейнов Дж., Исмаилова Н. Современные характеристики температурного режима воздуха на северо-восточном склоне Большого Кавказа // Гидрометеорология и экология, 118 (3), 2025, 22-33.

разработка мероприятий по адаптации к климатическим изменениям имеют особое значение.

Сложное физико-географическое положение и разнообразный рельеф территории Азербайджанской Республики, расположенной на Южном Кавказе, а также высокая климатическая неоднородность затрудняют проведение комплексных климатических исследований на уровне всей страны. Поэтому более целесообразно проводить детальные исследования в пределах отдельных физико-географических районов [5...6].

Современные исследования в прикаспийских регионах показывают, что под воздействием изменения климата в отдельных регионах с 1990-х годов температура воздуха начала постоянно расти [7]. Быстрые изменения уровня Каспийского моря положительно коррелируют с влиянием современных изменений климата [8]. Кроме того, изменения метеозлементов в этом регионе приводят к изменениям параметров региональной циркуляции [9].

Современные исследования температуры воздуха в прикаспийских регионах Азербайджана немногочисленны. Первую классификацию особенностей распределения температуры воздуха по территории страны, включая северо-восточный склон Большого Кавказского хребта, предоставили Э.М. Шыхлинский и Э.А. Мадатзаде (1968) [10]. В последующие годы Э.Дж. Айюбов, Н.Ш. Гусейнов, Саид Г. Сафаров, Ф.А. Иманов и другие изучали изменения климата и особенности распределения температуры воздуха по поверхности. Однако, со временем влияние климатических изменений в регионе и увеличение статистических данных требуют пересмотра и уточнения данных о температуре воздуха.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование использовало данные наблюдений по температуре воздуха с 1961 по 2022 годы 8 гидрометеорологических станций Национальной службы гидрометеорологии, расположенных в северной части прибрежных территорий Азербайджана (далее – прибрежные территории Каспийского моря) (Таблица 1) [11...13]. С использованием математических, статистических и картографических методов были проведены различные анализы многолетних (1961...2022) временных рядах. В исследовании представлена современная классификация распределения температуры воздуха по территориям и высотным зонам, а общий период был разделен на десятилетия для определения средних математических показателей.

Таблица 1

Основные характеристики гидрометеорологических станций

Станция	Высота, м над уровнем моря	Период наблюдения, используемые в работе, годы	Климатическая норма температуры воздуха (1961-1990), °C
Шахдаг	2712	2010...2020, 2022	-
Крыз	2071	1961...2022	4.6
Хыналыг	2049	1991...2021	-
Халтан	1104	1986...2022	8.3
Алтыгадж	1099	1961...2022	9.0
Губа	550	1961...2022	10.2
Хачмаз	27	1961...2022	12.5
Набран	14	1998...2021	-

Исследована общая тенденция изменений за 62 года. В ходе анализа таблицы, гистограммы и графики были визуализированы с помощью Microsoft Excel, а электронные карты - с помощью программного обеспечения ArcGIS.

Длинные ряды случайных величин в мгновенной временной фазе (отдельные годы) могут вводить в заблуждение из-за резких выбросов, поэтому для сглаживания графика кривой используется скользящее среднее. Этот метод учитывает мгновенные скачки случайных величин на графиках и обеспечивает сглаживание для различных лет (5, 10 и т.д.). Это позволяет определить динамику рассматриваемой случайной величины в любой временной фазе [10, 14]. Скользящее среднее рассчитывается по следующей формуле (1):

$$X_{1i} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_{10}}{10}, \quad X_{2i} = \frac{X_2 + X_3 + X_4 + \dots + X_{11}}{10} \quad \dots \quad (1)$$

здесь X_{1i} , X_{2i} ... и т.д. – это скользящая средняя температура (случайная величина) за десятилетний период. X_1 , X_2 и т.д. являются членами ряда среднегодовых температур для рассматриваемого года и последующих 9 лет (всего 10 лет). Коэффициент скользящей средней для данного года равен математическому среднему показателей за 10 лет, включая данный год. Следующий член скользящей средней снова состоит из показателей этого года и последующих 9 лет. Таким образом, ряды завершаются по этому правилу до конца. Последние 9 чисел в ряду, так как дополнительные цифры отсутствуют, рассчитываются для уменьшающегося количества рядов (9, 8, 7, ...). Последний показатель равен значению температуры в этом году. Расчет десятилетних средних показателей для каждого члена ряда по годам позволяет сгладить резкие отклонения на графике и отражает общую тенденцию динамики.

Основная цель исследования - изучение современных особенностей распределения температуры воздуха, изменения климата и долгосрочной тенденции (1961...2022 гг.) в прикаспийском регионе Большого Кавказа на территории Азербайджанской Республики. Поэтому современный температурный режим за 1991...2022 гг., изменения средних месячных, сезонных и годовых значений температуры воздуха были сопоставлены с базовым периодом (1961...1990 гг.) Всемирной метеорологической организации (ВМО) [12].

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Физико-географическое положение, гипсометрические особенности и близость к морю северо-восточного склона Большого Кавказского хребта обуславливают разнообразие климатического режима [5, 6]. Таким образом, контраст высот в регионе от прибрежных равнин (-43 м) до высокогорья на западе (4440 м) составляет примерно 4450 м. Поэтому из 11 типов климата, выделенных Э.А.Мадатзаде для страны, здесь встречаются 6. В регионе встречаются следующие типы климата, зависящие от указанных характеристик: полупустынный и сухо-степной (0...100 м), умеренно-тёплый с примерно равномерным распределением осадков в течение всех сезонов, умеренно-тёплый с сухим летом, умеренно-тёплый с сухой зимой (600...1500 м), холодный с сухой зимой (1400...2700 м), горно-тундровый (выше 2700 м) [4,6].

Климат региона формируется под влиянием холодных воздушных масс, приходящих с севера. На северо-востоке высоких горных хребтов Большого Кавказа происходит конвергенция воздушных масс, которые затем быстро движутся в южном направлении. Иногда такие ветры могут превращаться в сильные штормы со скоростью 20...25 м/с. Эти ветры, проходя над Апшеронским полуостровом и далее над морем, трансформируются и ослабевают [1].

С начала осени до конца весны в регионе теплые и влажные воздушные массы, испаряющиеся с моря, поднимаются вдоль горных склонов и подвергаются конвекции, что создает условия для выпадения осадков во второй половине дня [1, 15, 16].

На территории региона многолетние данные гидрометеорологических станций о распределении среднемесячных температур в течение года представляют особый интерес

(Таблица 2). В северной части прикаспийских территорий самыми холодными месяцами года можно считать январь (-1.8°C) и февраль (-1.3°C). Хотя в эти месяцы среднемесячная температура воздуха на прибрежных равнинах и низкогорных территориях находится в интервале $0-3^{\circ}\text{C}$, начиная с нижних частей среднегорья ($1000\ldots1200$ м), этот показатель становится отрицательным, а в нижних частях высокогорья (2700 м) наблюдается около $-6\ldots-7^{\circ}\text{C}$. В регионе, начиная с марта (1.9°C), общая среднемесячная температура принимает положительные значения, однако в верхних частях среднегорья и в высокогорье она всё ещё остается ниже 0°C . В высокогорных районах региона, начиная с апреля (7.1°C), среднемесячная температура воздуха поднимается выше 0°C . С мая (12.2°C) начинается потепление, и более высокие показатели температуры воздуха наблюдаются в июне (16.6°C). Здесь самыми теплыми месяцами считаются июль (19.2°C) и август (18.9°C), когда регистрируются максимальные показатели температуры воздуха. В отдельные годы на равнинных территориях (Хачмаз) в июне (2018) среднемесячная температура может достигать 28.0°C , а в августе (2021) – 27.2°C . В регионе, начиная с сентября (14.8°C), температура воздуха начинает снижаться, и в октябре она составляет 9.6°C , а в ноябре – 4.1°C . В декабре (0.4°C) с приходом зимнего сезона воздух снова охлаждается, и среднемесячная температура опускается ниже 0°C , начиная с нижних частей среднегорья и до высокогорья. Учитывая вышесказанное, территория региона, расположенная выше $1000\ldots1200$ м, переживает морозный период в декабре, январе, феврале и частично в марте. На территориях, расположенных ближе к прибрежным равнинам, зимой проявляется смягчающее влияние моря, и среднемесячная температура держится в пределах $1\ldots5^{\circ}\text{C}$.

Таблица 2

Распределение температуры воздуха по месяцам на северо-восточном склоне Большого Кавказа (1961-2022)

Станция	Месяцы												И
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Шахдаг	-7.1	-6.3	-3.6	0.9	6.3	10.2	12.8	12.2	9.1	3.9	-1.9	-5.3	2.6
Крыз	-4.4	-3.8	-0.9	4.4	8.5	12.2	14.3	14.1	10.7	6.2	1.8	-2.1	5.1
Хыналыг	-3.9	-3.2	0.2	4.9	9.4	13.1	15.2	15.3	11.5	7.5	1.4	-1.8	5.8
Халтан	-2.1	-1.0	3.0	8.4	13.1	17.5	19.9	19.8	15.1	10.0	3.9	-0.2	9.0
Алтыгадж	-1.1	-0.6	2.6	8.2	13.0	17.0	19.7	19.2	15.0	9.9	4.9	1.4	9.1
Губа	-0.4	0.2	3.5	9.9	15.3	19.9	22.7	22.0	17.3	11.4	6.0	1.9	10.8
Хачмаз	2.2	2.5	5.4	10.8	16.7	22.0	24.8	24.3	19.7	13.7	8.4	4.4	12.9
Набран	2.5	2.3	5.3	9.6	15.7	20.9	23.9	24.3	20.1	14.2	8.6	5.0	12.7
Регион	-1.8	-1.3	1.9	7.1	12.2	16.6	19.2	18.9	14.8	9.6	4.1	0.4	8.5

Среднемесячные экстремальные показатели температуры воздуха на северо-восточном склоне Большого Кавказа в течение года отличаются различными особенностями (Таблица 3). Максимальное значение средней температуры месяца на данном участке достигает наименьших значений в январе (2.8°C) и феврале (2.7°C). Максимальное значение средней температуры региона наблюдается в марте (6.6°C), в апреле – 11.2°C , в мае – 15.3°C , в июне – 20.9°C . Это значение достигает своего максимума в июле (23.0°C) и августе (22.6°C). Сентябрь (18.6°C) становится первым месяцем, когда температура начинает снижаться, достигая 14.1°C в октябре, 8.4°C в ноябре и 5.7°C в декабре. Максимальная среднегодовая температура в регионе составляет около 10.3°C . Согласно расположению станций, максимальные среднегодовые температуры на уровне моря имеют следующие значения: Хачмаз (14.5°C) и Набран (13.6°C), в то время как на высокогорьях Шахдаг температура составляет наименьшие значения – 3.7°C .

Если рассмотреть максимальные показатели среднемесячной температуры воздуха по станциям за отдельные годы в период с 1961 по 2022 годы, то экстремальные значения были зафиксированы следующим образом: в январе 5.6°C (1966, Алтыгадж), в феврале 5.6°C (2022, Хачмаз), в марте 9.3°C (2008, Алтыгадж), в апреле 14.9°C (2012, Губа), в мае 19.6°C (2018, Хачмаз), в июне 25.6°C (2019, Хачмаз), в июле 28.0°C (2018, Хачмаз),

в августе 27.2°C (2021, Хачмаз), в сентябре 24.3°C (1979, Хачмаз), в октябре 20.8°C (1979, Хачмаз), в ноябре 13.6°C (1979, Хачмаз) и в декабре 9.0°C (1979, Агстафа).

Таблица 3

Максимальное и минимальное распределение температуры воздуха по месяцам (1961-2022)

Т, °C	Станция	Месяцы												n
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Т _{макс}	Шахдаг	-4.9	-3.6	-0.3	3.4	7.8	12.1	16.4	15.7	12.7	6.6	1.5	-2.1	3.7
	Крыз	2.4	6.2	5.4	9.2	12.1	22.7	19.0	18.9	16.6	10.2	8.8	5.5	7.5
	Хыналыг	1.3	0.9	6.1	10.6	13.0	17.6	20.3	20.0	14.7	11.8	6.1	5.2	8.5
	Халтан	3.9	3.2	8.1	12.6	16.2	21.4	24.0	23.5	17.6	12.8	6.8	5.4	10.6
	Алтыгадж	5.6	5.5	9.3	12.4	16.7	20.6	24.8	23.5	21.0	17.4	9.2	7.5	11.2
	Губа	2.9	4.3	7.8	14.9	19.0	23.9	26.0	26.0	20.7	15.4	10.0	6.9	12.8
	Хачмаз	5.5	5.6	9.1	14.0	19.6	25.6	28.0	27.2	24.3	20.8	13.6	9.0	14.5
	Набран	5.4	5.0	7.2	12.2	17.8	23.0	25.3	26.0	21.4	17.7	11.0	8.1	13.6
	Регион	2.8	2.7	6.6	11.2	15.3	20.9	23.0	22.6	18.6	14.1	8.4	5.7	10.4
Т _{мин}	Шахдаг	-8.6	-10.1	-8.0	-1.1	4.8	8.2	9.8	8.2	6.8	1.5	-8.8	-8.4	1.0
	Крыз	-11.4	-11.3	-5.0	0.2	3.6	7.1	11.0	10.9	7.4	1.5	-5.7	-8.3	3.5
	Хыналыг	-9.8	-8.0	-4.7	0.4	5.2	9.5	11.0	10.5	8.0	4.1	-6.0	-8.9	2.4
	Халтан	-9.2	-6.0	-1.6	4.0	9.4	14.7	17.1	12.1	12.0	5.3	-2.7	-5.8	7.0
	Алтыгадж	-8.8	-7.4	-1.9	4.2	7.8	12.9	14.9	14.9	11.8	5.2	-4.9	-4.1	7.4
	Губа	-7.4	-5.3	-1.2	5.4	6.5	13.9	19.8	19.1	14.0	7.1	0.0	-2.9	9.1
	Хачмаз	-4.2	-2.3	1.6	4.8	10.0	17.5	20.3	22.0	16.7	4.6	2.9	-0.3	11.4
	Набран	-3.8	-4.8	0.5	6.5	13.3	17.0	22.0	21.5	18.2	7.8	4.4	-0.7	11.7
	Регион	-7.9	-6.9	-2.5	3.1	7.6	12.8	15.7	14.9	11.8	4.6	-2.6	-4.9	6.7

В северной части прибрежного региона Каспийского моря были проанализированы минимальные значения средних температур (Таблица 3). В этом районе за многолетний период (1961-2022) нижний предел минимальных средних месячных температур наблюдается в январе (-7.9°C) и феврале (-6.9°C), при этом все метеостанции зафиксировали отрицательные значения. Минимальная температура в марте составила (-2.5°C). В этом месяце только в станциях, расположенных в прибрежных низменностях, температура была ниже 0°C. Этот показатель постепенно повышается с апреля (3.1°C), мая (7.6°C) и июня (12.8°C). Минимальная средняя температура достигает своего максимума в июле (15.7°C) и августе (14.9°C). Сентябрь (11.8°C) - это месяц, когда минимальная средняя температура начинает снижаться, а в октябре она уменьшается до 4.6°C. В ноябре этот показатель падает ниже 0°C (-2.6°C), а в декабре достигает -4.9°C. В ноябре низкогорьях и в декабре на прибрежных низменностях фиксируются отрицательные температуры. Среднегодовая минимальная температура на северо-востоке Большого Кавказа составляет 6.7°C, однако на отдельных метеостанциях этот показатель варьируется в пределах от 1.0°C до 11.7°C.

В регионе были рассмотрены минимальные экстремумы, наблюдаемые в отдельные месяцы за многолетний период на метеорологических станциях. Этот показатель составил в январе -11.4°C (1972, Кырыз), в феврале -11.3°C (1976, Кырыз), в марте -8.0°C (2012, Шахдаг), в апреле -1.1°C (2019, Шахдаг), в мае 3.6°C (1990, Кырыз), в июне 8.2°C (2013, Шахдаг), в июле 9.8°C (2013, Шахдаг), в августе 8.2°C (2020, Шахдаг), в сентябре 6.8°C (2019, Шахдаг), в октябре 1.5°C (1977, Кырыз; 2011, Шахдаг), в ноябре -8.8°C (2011, Шахдаг), в декабре -8.9°C (2002, Хыналыг). Экстремумы более высоких температур чаще всего фиксировались на станциях Шахдаг и Кырыз, так как они расположены на больших высотах.

Распределение средней месячной температуры воздуха в регионе в течение года вызывает различные сезонные показатели. Сезонные средние значения изменяются в зависимости от расположения гидрометеорологических станций в пределах высотных поясов. Для всех сезонов соответствующие показатели уменьшаются от прибрежных равнин к высоким горным районам.

В северной части прикаспийского региона самым тёплым временем года является лето. Средняя температура летом в прибрежных низменных районах (Набран, Хачмаз) и в низкогорьях на высоте 500...600 м (Губа) составляет около 22...24°C (рисунок 1).

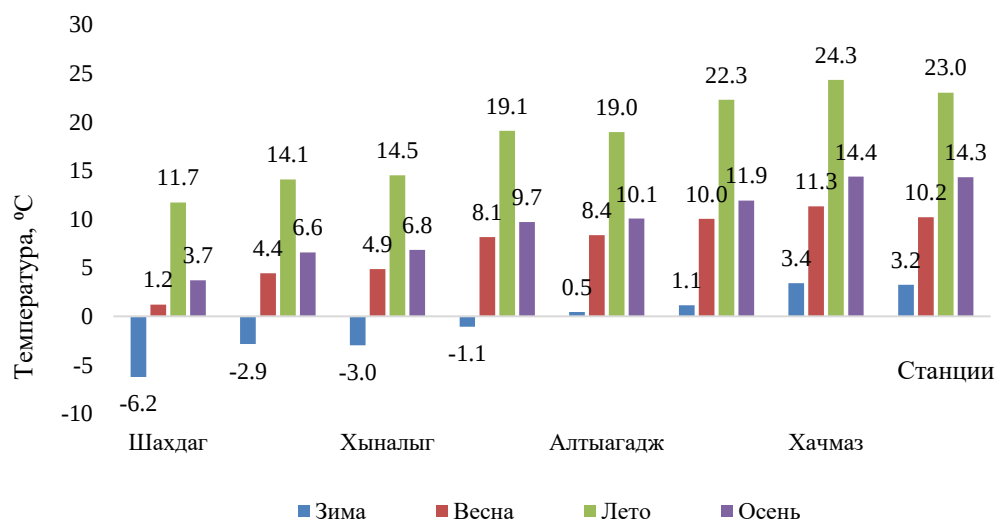


Рисунок 1. Сезонное распределение температуры воздуха на северо-восточном склоне Большого Кавказа

В верхней части средней горной зоны (1000...1200 м) этот показатель падает до 19°C. В нижней части высокогорных районов на высоте 2700 м (Шахдаг) средняя температура летом составляет 11...12°C.

Весна и осень характеризуются меньшей температурной изменчивостью. В зависимости от местоположения, средняя температура в сезоны варьируется от 1 до 11°C весной и от 3 до 14°C осенью, начиная от прибрежных территорий и до низкогорных районов. Зима несколько жестче: в нижней части средней горной зоны температура составляет от 0 до 3°C, в нижней части высокогорных районов - от -1°C до -6°C.

Средняя зимняя температура становится более жесткой с увеличением высоты. Среднегодовые показатели температуры воздуха на северо-восточных склонах Большого Кавказа были отображены на карте с использованием технологий ГИС. Карта была смоделирована на основе 3D-модели реального пространства, преобразованного из спутниковых снимков в формат DEM (Цифровая модель рельефа). В 3D-файле, разделенном на реальные высоты, отображены соответствующие температурные показатели. На карте также указаны важные природные и антропогенные объекты. Как видно из карты, большая часть территории покрыта низкогорными и равнинными районами. Эти территории являются самыми теплыми в регионе. Среднегодовая температура воздуха, начиная с 3000 м, становится отрицательной, что, вероятно, указывает на начало линии снегового покрова на этой высоте (рисунок 2).

ГИС-анализ показал, что в северной части прибрежного региона Хазар, который охватывает Конагкенд и Самур-Девечинскую физическую области Большого Кавказа, территория с абсолютной высотой до 500 м составляет 42.9% общей площади области, а средняя температура воздуха здесь составляет около 12...14°C. Площадь, расположенная на высоте от 501 до 1000 м, составляет 19.9%, средняя температура воздуха в этом районе колеблется от 10 до 12°C. 13.6% региона находится на высоте от 1001 до 1500 м, где температура составляет от 8 до 10°C. 8.7% территории расположено на высоте от 1501 до 2000 м, средняя температура воздуха здесь составляет от 6 до 8°C. 6.4% территории находится на высоте от 2001 до 2500 м, температура здесь варьируется от 4 до 6°C. Высокогорная часть региона, расположенная на высоте от 2501 до 3000 м, составляет 4.4% общей площади области (температура от 2 до 4°C), территория на высоте от 3001

до 3500 м составляет 3% (температура от 0 до 2°C), а территория выше 3501 м составляет 1.1% общей площади, где температура воздуха ниже 0°C. На равнинных территориях средняя годовая температура воздуха составляет 12...14°C, на низкогорных – 10...12°C, на средней высоте - от 4 до 8°C, а на высокогорных территориях температура ниже 4°C.

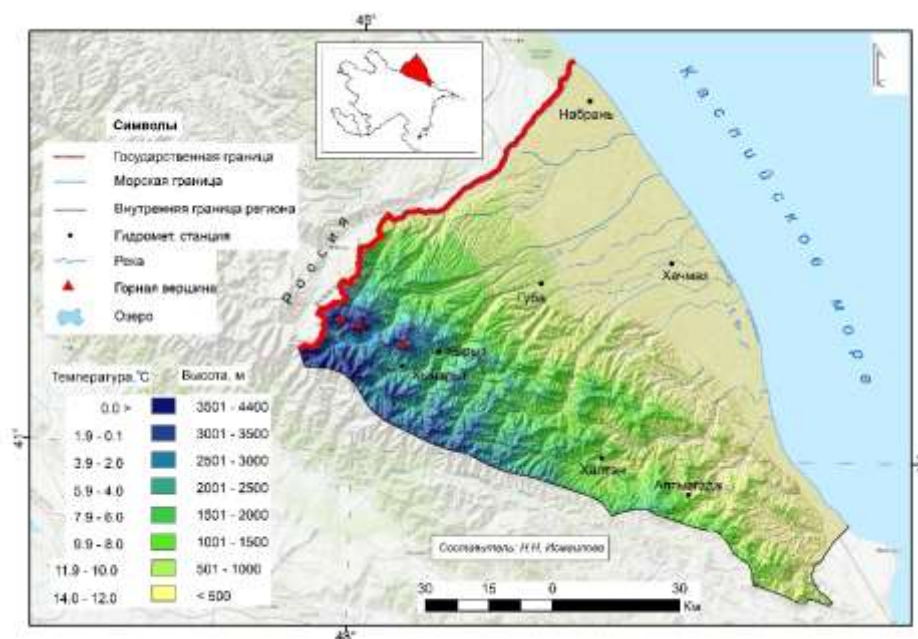


Рисунок 2. Среднегодовые показатели температуры воздуха (1991...2022)

Известно, что эта территория является одной из тех, где широко распространены зеленые ландшафты (леса, лесостепные и другие). Наличие высокой температуры на прибрежных территориях способствует ускорению испарения, началу адвекционных движений в более высокие районы и формированию процессов конвекции в среднегорьях в течение всего года.

Если посмотреть на график многолетней динамики температуры воздуха в северной части прикаспийского региона, можно заметить, что среднегодовые показатели температуры воздуха на всех станциях региона со временем увеличиваются (рисунок 3).

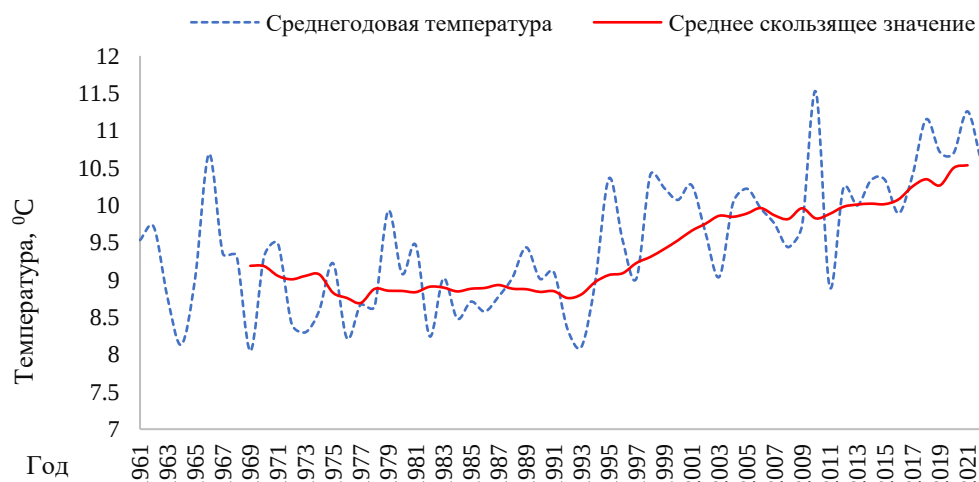


Рисунок 3. Динамика среднегодовой температуры воздуха в северной части Прикаспийского региона

На графике показаны усреднённые показатели станций региона с полными временными рядами. С помощью этого метода отслеживалась среднегодовая динамика температуры воздуха в регионе. Как видно из графика, на линии тренда наблюдается положительный наклон, и в течение всего периода отмечается повышение температуры. Коэффициент детерминации показывает, что 40% среднегодовых температурных показателей находятся выше линии тренда.

Анализ тенденций, хотя и отражают изменения за общий период, не могут выразить колебания в небольших фазах многолетнего периода. С этой целью на график добавлена линия скользящего среднего для сглаживания резких выбросов в отдельные годы на протяжении многолетнего периода. График скользящего среднего показывает, что многолетняя температура воздуха начала расти более резко с 1994 года ($v = 0.6^\circ\text{C}/\text{год}$) по сравнению с периодом 1961...1993 годов ($v = -0.4^\circ\text{C}/\text{год}$). В регионе в 1961-1983 годах значительных колебаний температуры воздуха не наблюдалось.

В исследовании методом выборки (филтрации) были выделены холодные и тёплые годы на основе среднегодовых температурных показателей гидрометеорологических станций с полными временными рядами за 1961...2022 гг. Результаты показывают, что самые тёплые годы в регионе - 1966, 1995, 1998, 2010, 2017...2022 гг., а самые холодные годы - 1964, 1969, 1972, 1973, 1976, 1982, 1984, 1986, 1992, 1993 гг. Изучая многолетние данные, можно заметить, что 90 % тёплых лет пришлись на период после 1995 года, а все холодные годы были до 1993 года. Это указывает на усиление современного потепления в регионе, начавшееся после 1993 года. Если не учитывать отдельные годы, то динамика всех станций изменялась с положительным трендом.

В последние годы вызывает интерес исследование воздействия изменения климата на северо-восточные склоны Большого Кавказа. В исследовании по сравнению с базовым периодом в 1991...2022 гг. определено влияние климатических изменений в горном регионе (рисунок 4).

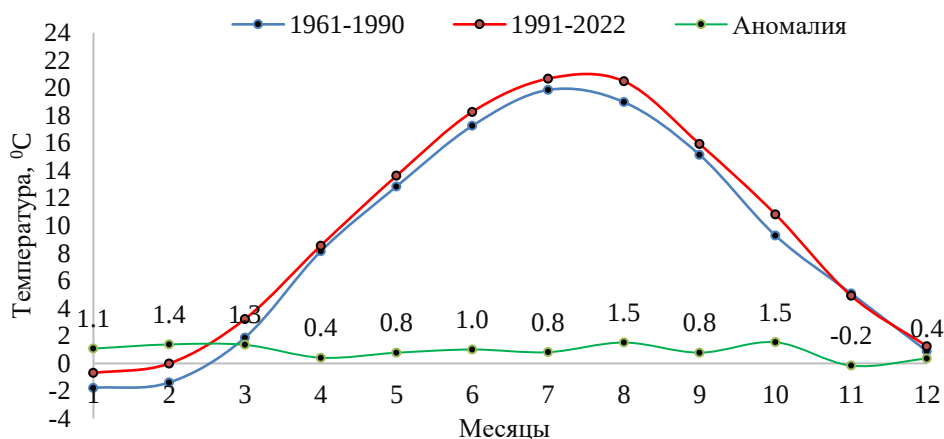


Рисунок 4. Колебания температуры воздуха в 1991...2022 гг. по сравнению с базовым периодом

Анализы показывают, что в последние годы повышение температуры воздуха в январе, феврале, марте, июне, августе и ноябре находится на высоком уровне, в диапазоне $1...1.5^\circ\text{C}$. В регионе в апреле, мае, июле, сентябре и декабре наблюдались колебания температуры в пределах $0.4...0.8^\circ\text{C}$. В ноябре изменения температуры были незначительными. За многолетний период с 1961 по 2022 год повышение температуры воздуха в регионе составило 0.9°C . На территории региона максимальное повышение температуры воздуха достигло в июне и августе. Если рассмотреть отдельные станции, то наибольшее повышение температуры наблюдалось в Губе (2.0°C в августе; 1.8°C в ноябре), в Халтане (1.8°C в ноябре) и в Хачмазе (1.8°C в августе).

Исследования динамики температуры воздуха в регионе за период с 1961 по 2022 годы был проведен по десятилетиям (рисунок 5). Если взглянуть на график, можно увидеть, что температура в регионе уменьшалась до 1990 года, однако с 1991 года она стабильно увеличивалась. Более низкие температуры воздуха были зафиксированы в период с 1971 по 1990 годы.

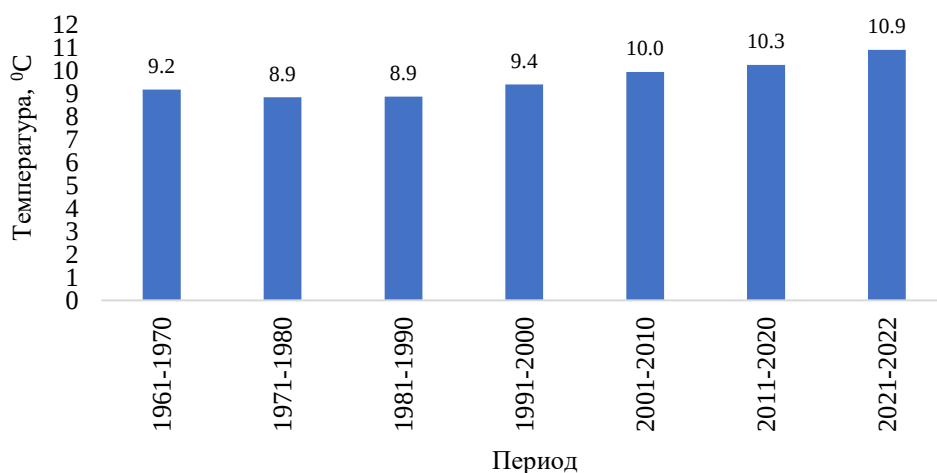


Рисунок 5. Динамика температуры воздуха в северной части Прикаспийского региона

Если сравнивать эти десятилетия, начиная с 1961...1970 годов, то температура воздуха в 1971...1980 годах снизилась на 0.3°C , в 1981...1990 годах осталась неизменной, в 1991...2000 годах увеличилась на 0.5°C , в 2001...2010 годах - на 0.6°C , в 2011...2020 годах - на 0.3°C , а в 2021...2022 годах - на 0.6°C . Этот показатель, по сравнению с самым холодным периодом (1971...1990 годы), в 2010...2020 годах увеличился на 1.4°C . Это свидетельствует о резком усилении изменений климата в последние годы.

Полученные результаты, в сравнении с результатами предыдущих исследований, подтверждают их и доказывают наличие многолетних колебаний температурного режима воздуха в регионе, заметных изменений и усиление воздействий климатических изменений [11, 17].

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе анализа данных наблюдений за температурой воздуха на северо-восточном склоне Большого Кавказского хребта за период с 1961 по 2022 годы были выявлены следующие выводы.

1. В регионе самый холодный месяц - январь (-1.8°C), самый тёплый - июль (19.2°C). Разница температуры между самым холодным и самым тёплым месяцем составляет 21°C .
2. В равнинных районах среднегодовая температура воздуха составляет $12...14^{\circ}\text{C}$, в низкогорьях – $10...12^{\circ}\text{C}$, в среднегорьях – $5...10^{\circ}\text{C}$, а в высокогорьях температура ниже 4°C .
3. Среднегодовые показатели температуры воздуха во всем регионе увеличились в период с 1961 по 2022 год. Основной рост показателей начался с 1990 года.
4. Сравнительно с 1961...1990 годами, средняя годовая температура в период с 1991 по 2022 год увеличилась в среднем на 0.9°C . За год наибольшее повышение температуры составило 1.5°C в августе и октябре.

Региональные климатические изменения, особенно резкое увеличение в теплый период года, приведут к смещению климатической снеговой линии вверх, эволюции лесов, частым и резким наводнениям в реках, а также расширению территорий полупустынного и сухо-степного климата в низкогорных и равнинных районах. Учитывая, что каналы, снабжающие питьевой водой Апшеронский полуостров, где расположена крупная агломерация страны, питаются из подземных и поверхностных водных ресурсов этого региона, ожидается увеличение дефицита воды, что является

одним из ожидаемых экологических бедствий. Результаты этого исследования могут сыграть роль в изучении современного температурного режима в регионе, пересмотре температурных карт, а также в развитии туризма и сельского хозяйства. Исследование воздействий климатических изменений позволит реализовать адаптационные и митигационные меры в этом регионе.

ВКЛАД АВТОРОВ

Концептуализация – ДжСГ.; Управление данными – ННИ.; Формальный анализ – ДжСГ, ННИ; Методология – ДжСГ; Программное обеспечение – ДжСГ, ННИ; Отслеживание – ДжСГ, ННИ; Визуализация – ННИ; Написание исходного проекта – ДжСГ, ННИ; Написание и редактирование – ННИ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусейнов, Н.Ш. Синоптическая метеорология / Н.Ш. Гусейнов. Баку: Сэда, 2011. 316 с. [на азербайджанском]
2. Гусейнов, Дж.С. Современные особенности изменения климата в северо-восточной части Большого Кавказа // Материалы международной научной конференции на тему «Актуальные проблемы современных природных и экономических наук», Гянджа: 13-14 июня 2022 года. С. 33-37. [на азербайджанском]
3. Махмудов, Р.Н. Современные изменения климата и опасные гидрометеорологические явления / Р.Н. Махмудов. Баку: Национальная академия авиации, 2018. 232 с. [на азербайджанском]
4. Гусейнов, Дж.С. Особенности распределения многолетнего температурного режима на территории Азербайджана // Москва: Гидрометеорологические исследования и прогнозы, 2020. № 4, с. 110-116.
5. Национальный Атлас Азербайджанской Республики [Атлас] / Баку: Государственный Комитет по Земле и Картографии, 2014. 444 с. [на азербайджанском]
6. География Азербайджанской Республики. Физическая география [Том I] / Х.К. Танрывердиев, Г.А. Халилов, М.Ю. Халилов [и др.]. Баку: Европа, 2015. 530 с. [на азербайджанском]
7. Хошахлах, Ф., Катигари, А. Ш., Сабури, Ш. Х., Моджатеи, Н. Ф., Пур, Ф. М., & Оскуйе, Э. А. (2016). Тенденция изменений температуры поверхности Каспийского моря. Изменения природной среды, 2(1), 57–66. [на английском]
8. Молави-Арабшахи, М., Арпе, К., Леруа, С. А. Г. (2016). Осадки и температура в юго-западном регионе Каспийского моря за последние 55 лет: их тенденции и теле-связи с крупномасштабными атмосферными явлениями. Международный журнал климатологии, 36, 2156–2172. <https://doi.org/10.1002/joc.4483>. [на английском]
9. Кутель, Х. (2010). Обзор влияния Северного море – Каспийского паттерна (NCP) на режимы температуры и осадков на Ближнем Востоке. В: Гёкчекус, Х., Тюркер, У., ЛаМоро, Дж. (ред.) Выживание и устойчивость. Шпрингер, Берлин, Гейдельберг. https://doi.org/10.1007/978-3-540-95991-5_122. [на английском]
10. Климат Азербайджана / Э.М.Шихлинский [и др.]. Баку: изд. Академии Наук Азерб. ССР, 1968. 360 с.
11. Huseynov, N.Sh., Huseynov, J.S. Distribution of the Contemporary Precipitation Regime and the Impact of Climate Change on it within the Territory of Azerbaijan // Barcelona: Journal of Geography & Natural Disasters, 2022. Vol. 12, Is. 4, №:1000254, p.1-7.
12. Халилов, С.Г. Месячные и годовые нормы температуры воздуха и атмосферных осадков в Азербайджанской Республике (1691-1990 гг.) / С.Г. Халилов, С.Г. Сафаров – Баку: Ширваннешр, 2001. 29 с. [на азербайджанском]
13. Махмудов, Р.Н., Дадашова, Ф.С., Расулов, З.Р. Анализ метеорологических условий высокогорной территории Шахдаг // Труды Азербайджанского географического общества, География и природные ресурсы, №2 (17), Баку, 2022, с.3-9. [на азербайджанском]
14. Иманов, Ф.А. Статистические методы в гидрометеорологии / Ф.А. Иманов. Баку: MBM, – 2011, 272 с. [на азербайджанском]
15. Хюсейли, Ш.С., Джанмамедова, Р.Р., Садыгова, Т.Р., Аббасова, К.А. Оценка влияния изменения климата на температуру поверхностных вод западного побережья Среднего Каспийского моря // Материалы научно-практической конференции на тему «Развитие водного хозяйства Азербайджана связано с именем общенационального лидера Гейдара Алиева», Баку, 5 мая 2023, с. 456-460. [на азербайджанском]
16. Магеррамова, М.М. Оценка современного состояния тепловых ресурсов в экономическом районе Куба-Хачмаз на фоне региональных климатических изменений //Труды Азербайджанского географического общества, XVI том, Баку, 2011, с. 231-233. [на азербайджанском]
17. Сафаров, С.Х., Магеррамова, М.М. Оценка многолетних тенденций изменения средних и экстремальных температур в Куба-Хачмазском экономическом районе // Проблемы обеспечения экологической безопасности природно-хозяйственных систем в рамках географических исследований. Труды Азербайджанского географического общества. XIV том, Баку, 2009, с. 394-400. [на азербайджанском]

REFERENCES

1. Huseynov, N.Sh. Sinopticheskaya meteorologiya. Baku: Seda, 2011. 316 p. [In Azerbaijani].
2. Huseynov, J.S. Sovremennye osobennosti izmeneniya klimata v severo-vostochnoy chasti Bol'shogo Kavkaza // Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii «Aktual'nye problemy sovremennykh prirodnikh i ekonomicheskikh nauk». Ganja, June 13–14, 2022. P. 33-37. [In Azerbaijani].
3. Makhmudov, R.N. Sovremennye izmeneniya klimata i opasnye gidrometeorologicheskie yavleniya. Baku: Natsional'naya akademiya aviatsii, 2018. 232 p. [In Azerbaijani].
4. Huseynov, J.S. Osobennosti raspredeleniya mnogoletnego temperaturnogo rezhima na territorii Azerbaidzhana // Gidrometeorologicheskie issledovaniya i prognozy. Moscow, 2020. No. 4. P. 110-116. [In Russian].

5. Natsional'nyi Atlas Azerbaidzhanskoy Respubliki [Atlas]. Baku: Gosudarstvennyi Komitet po Zemle i Kartografii, 2014. 444 p. [In Azerbaijani].
6. Geografiya Azerbaidzhanskoy Respubliki. Fizicheskaya geografiya [Vol. I] / Tanryverdiev Kh.K., Khalilov G.A., Khalilov M.Yu. et al. Baku: Evropa, 2015. 530 p. [In Azerbaijani].
7. Khoshahlakh, F., Katigari, A.Sh., Sabouri, Sh.H., Modjatedi, N.F., Pour, F.M., Oskouyeh, E.A. (2016). Trend of sea surface temperature changes in the Caspian Sea. *Environmental Change*, 2(1), 57–66.
8. Molavi-Arabshahi, M., Arpe, K., Leroy, S.A.G. (2016). Precipitation and temperature in the south-western Caspian Sea region over the last 55 years: their trends and teleconnections with large-scale atmospheric phenomena. *International Journal of Climatology*, 36, 2156–2172. <https://doi.org/10.1002/joc.4483>.
9. Kutiel, H. (2010). Review of the impact of the North Sea–Caspian Pattern (NCP) on temperature and precipitation regimes in the Middle East. In: Gökçekus, H., Türker, U., LaMoreaux, J. (eds.) *Survival and Sustainability*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-95991-5_122.
10. Klimat Azerbaidzhana / Shikhliniskii E.M. et al. Baku: Akademiya Nauk AzSSR, 1968. 360 p. [In Russian].
11. Huseynov, N.Sh., Huseynov, J.S. Distribution of the Contemporary Precipitation Regime and the Impact of Climate Change on it within the Territory of Azerbaijan. *Journal of Geography & Natural Disasters*, 2022, Vol. 12, Is. 4, No. 1000254, P. 1-7.
12. Khalilov, S.G., Safarov, S.G. Mesyachnye i godovye normy temperatury vozdukh i atmosferykh osadkov v Azerbaidzhanskoy Respublike (1691–1990 gg.). Baku: Shirvanneshr, 2001. 29 p. [In Azerbaijani].
13. Makhmudov, R.N., Dadashova, F.S., Rasulov, Z.R. Analiz meteorologicheskikh uslovii vysokogomoi territorii Shakhdag. *Trudy Azerbaidzhanskogo geograficheskogo obshchestva. Geografiya i prirodnye resursy*, 2022, No. 2(17), P. 3-9. [In Azerbaijani].
14. Imanov, F.A. Statisticheskie metody v gidrometeorologii. Baku: MBM, 2011. 272 p. [In Azerbaijani].
15. Huseynli, Sh.S., Dzhannamedova, R.R., Sadygova, T.R., Abbasova, K.A. Otsenka vliyaniya izmeneniya klimata na temperaturu poverkhnostnykh vod zapadnogo poberezh'ya Srednego Kaspiya. *Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Razvitie vodnogo khozyaystva Azerbaidzhana svyazano s imenem obshchenatsional'nogo lidera Geidara Alieva»*. Baku, May 5, 2023. P. 456-460. [In Azerbaijani].
16. Magerramova, M.M. Otsenka sovremennogo sostoyaniya teplovykh resursov v ekonomicheskom raione Kuba-Khachmaz na fone regional'nykh klimaticheskikh izmenenii. *Trudy Azerbaidzhanskogo geograficheskogo obshchestva*, Vol. XVI. Baku, 2011. P. 231-233. [In Azerbaijani].
17. Safarov, S.Kh., Magerramova, M.M. Otsenka mnogoletnikh tendentsii izmeneniya srednikh i ekstremal'nykh temperatur v Kuba-Khachmazskom ekonomicheskom raione. *Trudy Azerbaidzhanskogo geograficheskogo obshchestva*, Vol. XIV. Baku, 2009. P. 394-400. [In Azerbaijani].

ҮЛКЕН ҚАВҚАЗДЫҢ СОЛТҮСТІК-ШЫҒЫС ЖОТАСЫНДАҒЫ АУА ТЕМПЕРАТУРАСЫ РЕЖИМІНІҢ ҚАЗІРГІ СИПАТТАМАЛАРЫ

Джамал С. Гусейнов¹ PhD, Наила Н. Исмаилова²

¹ Ұлттық Авиация Академиясы, Баку, Әзірбайжан; camal_huseynov_88@mail.ru

² Экология және Табиғи Ресурстар Министрлігі, Ұлттық Гидрометеорология Қызметі, Баку, Әзірбайжан; naile_ismayilova40@mail.ru
Автор корреспондент: Джамал С. Гусейнов, camal_huseynov_88@mail.ru

ТҮЙІН СӨЗДЕР

ауа температурасы,
ауа температурасының
аномалиясы,
климаттың өзгеруі,
DEM,
көпжылдық динамика,
тренд

АБСТРАКТ

Зерттелетін нысан – Үлкен Кавказдың солтүстік-шығыс жотасы, ол сондай-ақ Каспий маңы өңірінің солтүстік-батыс бөлігі болып табылады. Зерттеуде климаттың өзгеруінің Үлкен Кавказдың каспий маңы бөлігіндегі көпжылдық температуралық режимге әсері қарастырылады. Талдауларда 1961...2022 жылдар аралығындағы 8 гидрометеорологиялық станцияның бақылау деректері пайдаланылды. 1991...2022 жж. кезеңіндегі ауаның температуралық өзгерістері базалық кезеңмен (1961...1990 жж.) салыстырмалы түрде талданды. Белгілі болғандай, мұнда қазіргі жылу режимінің ерекшеліктері қарастырылған: ең төменгі температура қаңтар айына, ал ең жоғарғысы шілде айына сәйкес келеді. Қысқы кезеңде орташа айлық температура орташа таулы белдеудің төменгі бөлігінен (1000...1200 м) бастап биік таулы аймақтарға дейін 0°C-тан төмен теріс мәндерге ие. 1961...2022 жылдар аралығындағы онжылдық температуралық өзгерістер сарапталды. 1990 жылдан бастап аймақта температураның күрт өсуі байқалды. Базалық кезеңмен салыстырғанда 1991...2022 жылдары жылдық орташа температура 0,9°C-қа көтерілген. Жазық өңірлерде жылдық орташа температура 12...14°C, аласа таулы аймақтарда – 10...12°C, орташа таулы белдеуде – 5...10°C, ал биік таулы өңірлерде – 4°C-тан төмен. Желтоқсан айында (0,4°C) қыс маусымының басталуымен температура төмендеп, орташа таулы белдеудің төменгі бөлігінен биік таулы аймақтарға қарай орташа айлық

Мақала жайында:
Жіберілді: 05.03.2025

Қайта қаралды: 21.08.2025
Қабылданды: 22.09.2025
Жарияланды: 01.10.2025

температура 0°C-тан төмен түседі. Жыл ішінде ең жоғарғы температуралық өсім (1.5°C) тамыз және қазан айларында байқалады. Зерттеу нәтижелері жаңа инфрақұрылым салу, өнеркәсіп пен ауыл шаруашылығын дамыту барысында қолданылуы мүмкін. Климаттық өзгерістердің салдарын анықтау өңірде бейімделу және зардаптарды жұмсарту шараларын кеңейтуге мүмкіндік береді.

MODERN CHARACTERISTICS OF AIR TEMPERATURE REGIME ON THE NORTHEASTERN SLOPE OF THE GREATER CAUCASUS

Jamal Huseynov¹ PhD, Naila Ismayilova²

¹ Azerbaijan Airlines CJSC, National Academy of Aviation, Baku, Azerbaijan; camal_huseynov_88@mail.ru

² Ministry of Ecology and Natural Resources, National Hydrometeorological Service, Baku, Azerbaijan; naila_ismayilova40@mail.ru

Corresponding author: Jamal Huseynov, camal_huseynov_88@mail.ru

KEY WORDS

air temperature,
temperature anomaly,
climate change,
DEM,
long-term dynamics,
trend

ABSTRACT

The studied object is the northeastern slope of the Greater Caucasus, which is also the northwestern part of the Caspian region. The study examines the impact of climate change on the long-term thermal regime of the Caspian part of the Greater Caucasus. The analyses used observational data from eight hydrometeorological stations for the period 1961...2022. A comparative analysis of air temperature changes in the region for 1991...2022 with the baseline period (1961...1990) was carried out. As is known, the contemporary characteristics of the thermal regime are considered here: it has been established that the lowest temperature occurs in January, while the highest occurs in July. During the winter period, the mean monthly temperature from the lower part of the middle mountain belt (1000...1200 m) up to the high mountains has negative values below 0 °C. Decadal changes in air temperature for the period 1961...2022 were examined. It was established that since 1990 a sharp increase in temperature has been observed in the region. Compared to the baseline period, the mean annual temperature increased by 0.9°C in 1991...2022. In the lowland areas, the mean annual temperature is 12-14°C; in the low-mountain areas, 10-12°C; in the middle-mountain areas, 5...10 °C; and in the high-mountain areas, below 4°C. In December (0.4°C), with the onset of winter, the temperature decreases, and from the lower parts of the middle mountains to the high mountains, the mean monthly temperature drops below 0°C. During the year, the maximum temperature increase (1.5°C) is observed in August and October.

The results of the study can be used in the construction of new infrastructure, as well as in the development of industry and agriculture. Determining the consequences of climate change will allow expanding measures to mitigate the impacts in the region.

About article:

Received: 05.03.2025
Revised: 21.08.2025
Accepted: 22.09.2025
Published: 01.10.2025

Примечание издателя: заявления, мнения и данные во всех публикациях принадлежат только автору (авторам), а не журналу "Гидрометеорология и экология" и/или редактору (редакторам).