

МЕТЕОРОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 551.58

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-3-116-126

EDN: GUXYMQ

ИЗМЕНЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА
НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

Борис Азреталиевич Ашабоков, Наталия Вячеславовна Теунова ✉, Алла Амарбиевна Ташилова, Лара Асировна Кешева
Высокогорный геофизический институт, г. Нальчик, Россия

✉ nata0770@yandex.ru, Scopus Author ID: 57191571952, ResearcherID: K-4312-2015, РИНЦ Author ID: 00048831

Аннотация. Современное изменение климата, как на всей планете, так и в отдельных регионах, является одной из самых острых и важных проблем, стоящих перед всем миром.

Целью данного исследования является анализ многолетних изменений относительной влажности воздуха в степной (Прохладная), предгорной (Нальчик) и горной (Ахты, Теберда) климатических зонах Северо-Кавказского региона за длительный период (1961–2024 гг.). Изменение влажности воздуха оценивалось по разности средних значений за сравниваемые периоды: 1961–1992 и 1993–2024 гг. Для оценки скорости изменения метеопараметра были построены линейные тренды за весь период 1961–2024 гг. и два подпериода 1961–1992 и 1993–2024 гг.

Получено, что наибольшие среднегодовые значения относительной влажности воздуха для всех периодов наблюдались на станциях равнинной и предгорной зон и имели когерентное внутрисезонное распределение. На метеостанциях горной зоны общей закономерности в годовом и сезонном распределении относительной влажности не прослеживалось.

Анализ разности относительной влажности воздуха за два подпериода (1961–1992 и 1993–2024 гг.) показал уменьшение ее значений во втором временном интервале на метеостанциях Прохладная, Нальчик, Ахты во все сезоны, тогда как в Теберде – лишь в весенний и летний сезоны.

Во временном интервале 1961–1992 годов наблюдались статистически незначимые тенденции к росту, а в 1993–2024 гг. тренды поменяли свое направление, став статистически значимыми. В целом за период 1961–2024 годов расчет линейных трендов выявил статистически значимое уменьшение среднегодовой относительной влажности воздуха на метеостанциях Прохладная и Нальчик. На метеостанциях горной зоны (Ахты, Теберда) тенденции разнонаправлены: в Ахты имело место уменьшение относительной влажности воздуха во все периоды на статистически значимом уровне, а в Теберде отмечался ее рост, но статистически незначимый.

Ключевые слова: относительная влажность воздуха, Северо-Кавказский регион, климатические зоны, линейный тренд, статистическая значимость

Для цитирования: Ашабоков Б. А., Теунова Н. В., Ташилова А. А., Кешева Л. А. Изменение относительной влажности воздуха на территории Северного Кавказа // Географический вестник = Geographical bulletin. 2026. № 3(78). С. 116–126. EDN: GUXYMQ DOI: 10.17072/2079-7877-2026-3-116-126

METEOROLOGY

Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-3-116-126

EDN: GUXYMQ

CHANGES IN RELATIVE HUMIDITY IN THE NORTH CAUCASUS

Boris A. Ashabokov, Nataliya V. Teunova ✉, Alla A. Tashilova, Lara A. Kesheva

High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Russia

✉ nata0770@yandex.ru, Scopus Author ID: 57191571952, ResearcherID: K-4312-2015, eLibrary Author ID: 00048831

Abstract. Modern climate change, both globally and in specific regions, is one of the most pressing and important issues facing the world.

The objective of this study is to analyze long-term changes in relative air humidity in the steppe (Prokhladnaya), foothill (Nalchik), and mountain (Akhty, Teberda) climate zones of the North Caucasus region over a long period

© Ашабоков Б. А., Теунова Н. В., Ташилова А. А., Кешева Л. А., 2026



Лицензировано под CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, посетите <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

(1961–2024). Air humidity changes were estimated based on the difference in average values for the compared periods: 1961–1992 and 1993–2024. To assess the rate of change in meteorological parameters, linear trends were constructed for the entire period 1961–2024 and two subperiods: 1961–1992 and 1993–2024. It has been found that the highest average annual relative humidity values for all periods were observed at stations in the lowland and foothill zones, and they had a coherent intraseasonal distribution. At weather stations in the mountain zone, no general pattern in the annual and seasonal distribution of relative humidity was observed.

An analysis of the difference in relative humidity over the two subperiods (1961–1992 and 1993–2024) revealed a decrease in relative humidity values in the second time interval at the Prokhladnaya, Nalchik, and Akhty weather stations in all seasons, while at Teberda, this decrease occurred only in the spring and summer.

In the 1961–1992 period, statistically insignificant upward trends were observed, while in 1993–2024, the trends reversed, becoming statistically significant. Overall, for the period 1961–2024, linear trend calculations revealed a statistically significant decrease in average annual relative humidity at the Prokhladnaya and Nalchik weather stations. At the mountainous weather stations (Akhty and Teberda), the trends were mixed: at Akhty, relative humidity decreased statistically significantly in all periods, while at Teberda, it increased, but not statistically significantly.

Keywords: relative air humidity, North Caucasus region, climatic zones, linear trend, statistical significance

For citation: Ashabokov B. A., Teunova N. V., Tashilova A. A., Kesheva L. A. Changes in relative humidity in the North Caucasus. *Geographical Bulletin*, 2026, no. 3(78), pp. 116–126. EDN: GUXYMQ DOI: 10.17072/2079-7877-2026-3-116-126

Введение

С середины прошлого века наша планета претерпела значительные изменения, они касаются самой основы нашей планеты – ее климата. Климатическая система, которая веками казалась стабильной, начала меняться с невиданной скоростью. Изменяются привычные нам объемы осадков, сокращаются запасы снега и льда, что напрямую влияет на водные ресурсы. Уровень Мирового океана постепенно повышается, а экстремальные погодные явления, такие как засухи, наводнения или ураганы, становятся все более частыми и интенсивными. Но самое очевидное и тревожное изменение – это повсеместное повышение температуры и уменьшение количества осадков. Все эти процессы, подробно описанные во многих научных работах, и указывают на то, что мы живем в эпоху беспрецедентных климатических сдвигов [1; 5; 11; 16; 17; 23].

Климат на всей планете продолжает меняться, и Россия не исключение. Этому вопросу посвящено большое количество работ, описывающих как глобальные, так и региональные изменения климата [4; 8; 12; 13; 14; 20].

Исследования показывают, что с 1976 по 2024 г. средняя температура на территории Российской Федерации увеличивалась примерно на 0,5 °C/10 лет. Это довольно значительный показатель, и он более чем в 2,5 раза больше скорости роста глобальной температуры [6].

При анализе изменений климата чаще всего используются такие характеристики, как температура и количество осадков. Однако на фоне интенсивного глобального потепления интерес представляют и изменения других климатических характеристик региона, в том числе относительной влажности воздуха. На сегодняшний день не так много исследований посвящено оценке изменения относительной влажности воздуха у поверхности земли в условиях меняющегося климата. Проведенные исследования по изменению относительной влажности воздуха показали, что оно не однородно в пространстве и во времени [9; 10; 18; 22; 24; 25].

В работе [24], посвященной исследованию пространственно-временных изменений тренда экстремальных температурно-влажностных переменных в северных районах Ирана с 1986 по 2016 г., показано, что экстремальные значения относительной влажности снизились в большинстве регионов. Максимальный наклон отрицательного линейного тренда относительной влажности был зафиксирован на южных побережьях Каспийского моря весной и зимой.

По результатам исследования [25], проведенного в засушливых регионах Северного Китая в период 1951–2018 гг., получено, что годовая относительная влажность уменьшалась на 90 % станций, 77,8 % из которых – на статистически значимом уровне.

Анализ изменения относительной влажности воздуха, проведенный на территории Абхазии, показал, что она колеблется в широких пределах [22]. Самые высокие показатели наблюдались в прибрежных районах Черного моря, где среднегодовое значение составило 80–85 %. При этом за последние 20 лет на фоне стабильного повышения температуры наблюдалось снижение относительной влажности.

В публикациях, посвященных исследованию изменений относительной влажности воздуха на территории России, сделан вывод, что в степных и лесостепных районах, а также на тихоокеанском побережье азиатской территории России [10], практически во все сезоны наблюдалось уменьшение относительной влажности, тогда как в субарктическом районе, который занимает обширную часть территории, прослеживалась четкая картина увеличения влажности. Остальные районы азиатской части России демонстрировали неоднородный характер изменения влажности.

Исследования изменения влажности на европейской территории России [9] показали, что в степных и лесостепных районах также наблюдалось уменьшение относительной влажности, в районе льдов и ледяной тундры прослеживалась четкая картина увеличения влажности, а в районе тайги изменения влажности носили неоднородный характер.

Метеорология

Ашабоков Б. А., Теунова Н. В., Ташилова А. А., Кешева Л. А.

Анализ изменения режима влажности воздуха на территории Брянской области [18] показал неодинаковый характер изменения влажности воздуха на разных станциях. При оценке изменений относительной влажности воздуха по месяцам выявлено, что наиболее интенсивный рост отмечался в январе и феврале, значительное уменьшение – в марте и апреле.

Исследования изменения климата, проведенные на территории юга европейской территории России, куда входит и Северо-Кавказский регион, показали, что динамика изменения температуры воздуха отражала положительные тенденции, и эти изменения являлись синхронными во времени для всех климатических зон в отличие от осадков (рис. 1 а, б) [2; 15; 19; 21].

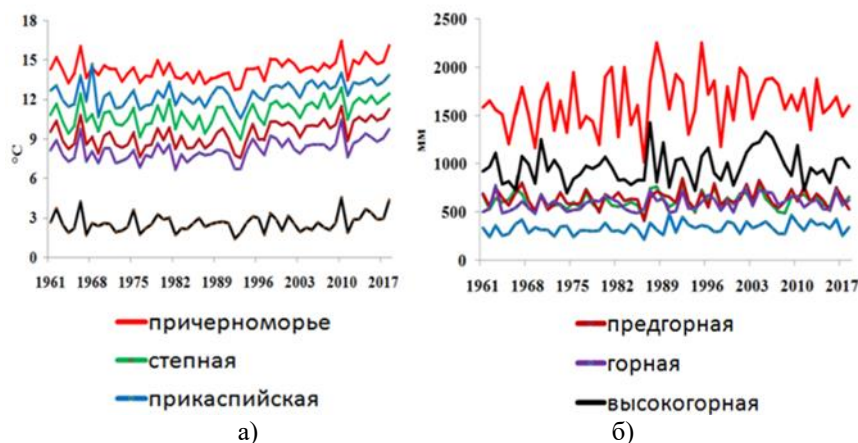


Рис. 1. Годовой ход средней температуры (а) и суммы осадков (б) в различных климатических зонах юга европейской территории России [4]

Fig. 1. Annual course of average temperature (a) and precipitation (b) in different climatic zones in the south of the European part of Russia [4]

Исследование изменения относительной влажности воздуха является не менее важной задачей, чем исследование температурного режима и режима осадков, поскольку точная оценка тенденции трансформации данной характеристики полезна для понимания региональных изменений климата.

Материалы и методы

На основе инструментальных данных, предоставленных ФГБУ «Северо-Кавказская УГМС», были проведены исследования изменений относительной влажности воздуха f (%) на четырех метеостанциях Северо-Кавказского региона, расположенных в различных климатических зонах (равнинная, предгорная, горная, рис. 2) за 1961–2024 гг. Метеостанция Прохладная (индекс ВМО 37144) расположена в равнинной зоне (<500 м н.у.м.) на северо-востоке Кабардино-Балкарской республики (КБР) на высоте 198 м н.у.м. Климат там умеренно-континентальный, с чертами семиаридного (засушливого) климата. Метеостанция Нальчик (индекс ВМО 37212) расположена в предгорной зоне (500–1000 м н.у.м.) КБР на высоте 500 м н.у.м. Местный климат умеренно-континентальный, формирующийся под защитой гор.

Метеостанция Ахты (индекс ВМО 37663) расположена в горной зоне (1000–2000 м н.у.м.) Дагестана на высоте 1054 м н.у.м., в долине р. Самур в зоне субальпийских ландшафтов, характеризующейся умеренно-континентальным климатом. Метеостанция Теберда (индекс ВМО 37193) находится в горной долине Карачаево-Черкесии на высоте 1280 м н.у.м. Климат там умеренный горный.

Расчет климатических норм производился путем осреднения среднегодовых/среднесезонных значений относительной влажности воздуха за 30-тилетний период. Была рассчитана базовая климатическая норма (1961–1990 гг.) и современная (1991–2020 гг.). Аномалии рассчитывались как отклонение текущих значений относительной влажности f каждого года за период 1961–2024 гг. применимо к двум климатическим нормам и усреднялись за весь период.

Для выявления тенденций изменения климатических переменных наиболее распространенным методом является линейный регрессионный анализ. Оценка коэффициентов линейных трендов влажности воздуха проводилась согласно стандартной теории линейной регрессии (методом наименьших квадратов) [7]. Коэффициент линейного тренда a показывает изменение относительной влажности воздуха (% за год). Удобно оценивать это изменение за десятилетие (b , %/10 лет). Тенденция изменения параметра считалась статистически значимой, если ее уровень достоверности был равен или меньше 5 % ($p \leq 0,05$) и входил в 95 %-ный доверенный интервал. При оценке тренда важно установить силу тренда, его значимость, которая определяется величиной коэффициента детерминации R^2 или вкладом тренда в объясненную дисперсию ($D = R^2/100$ %).

Метеорология

Ашабоков Б. А., Теунова Н. В., Ташилова А. А., Кешева Л. А.

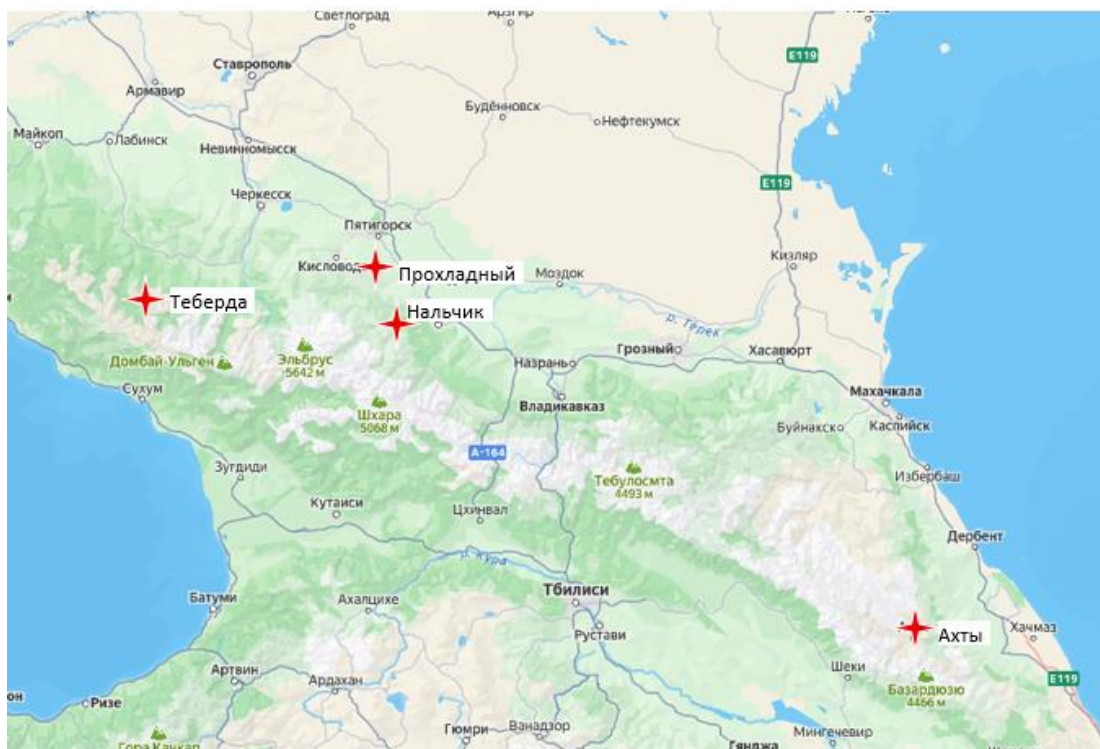


Рис. 2. Физико-географическое расположение метеостанций
 Fig. 2. Physical and geographical location of meteorological stations

Исследование тенденций изменения относительной влажности воздуха проводилось как для всего периода наблюдения 1961–1992 гг., так и для двух равных подпериодов 1961–1992 гг. и 1993–2024 гг. При объеме выборки с количеством элементов $N=64$ тренд является значимым при $D \geq 7,0\%$, а с $N=32$ значимый при $D \geq 11,0\%$.

Результаты и их обсуждение

Для выявления особенностей изменения относительной влажности воздуха в различных климатических зонах Северо-Кавказского региона расчет и анализ проводились по среднемесячным, среднесезонным значениям и за год в целом для всего периода и двух подпериодов. В таблице 1 приведены статистические характеристики изменения относительной влажности воздуха на метеостанциях различных климатических зон региона за 1961–2024 гг.

Из таблицы 1 видно, что наибольшие среднегодовые значения наблюдались на станциях равнинной и предгорной зон со значениями 77,2 и 76,8 % соответственно. На обеих метеостанциях (м/с) наибольшая относительная влажность f наблюдалась в зимний период, а наименьшая – в летний. На м/с горной зоны среднегодовые значения составляли 70,9 % в Ахты и 70,2 % в Теберде, при этом внутрисезонное распределение не одинаково. На м/с Ахты максимальное значение наблюдалось в осенний сезон (72,7 %), а минимальное – зимой (69,3 %), тогда как на м/с Теберда максимум относительной влажности отмечался в летний сезон (74,8 %), а минимум – весной (66,5 %). Осредненные значения аномалий относительной влажности воздуха f по сезонам и в году позволили выявить ее превышение относительно современной климатической нормы (1991–2020 гг.) преимущественно во всех климатических зонах на фоне снижения относительной влажности за весь исследуемый период (1961–2024 гг.). Выявленные положительные аномалии являются следствием уменьшения значений современной климатической нормы по сравнению с базовой (1961–1990 гг.).

На рисунке 3 представлены гистограммы распределения относительной влажности по месяцам на метеостанциях различных климатических зон за 1961–2024 гг. Как видно из рисунка 3 а, б, наименьшая относительная влажность имела место в июле со значением 65,3 % на м/с Прохладная и 67,2 % на м/с Нальчике. Наибольшие значения наблюдались с октября по март с максимумом в декабре (86,0 % на м/с Нальчик и 88,9 % на м/с Прохладная). На метеостанциях горной зоны общей закономерности не прослеживалось. На м/с Ахты наименьшая относительная влажность наблюдалась в декабре (68,3 и 68,9 % соответственно), а максимум в сентябре и октябре (73,6 и 74,2 %), тогда как на м/с Теберда максимальные значения отмечались с июня по сентябрь (июнь – 73,9 %, июль – 75,2 %, август – 75,5 %, сентябрь – 75,7 %), а минимальные – с января по апрель (январь – 66,7 %, февраль – 65,2 %, март – 65,3 %, апрель – 64,6 %).

Метеорология

Ашабоков Б. А., Теунова Н. В., Ташилова А. А., Кешева Л. А.

Таблица 1
Table 1

Статистические характеристики изменения относительной влажности воздуха f
в различных климатических зонах Северного Кавказа за 1961–2024 гг.
Statistical characteristics of changes in relative air humidity f
in various climatic zones of the North Caucasus for 1961–2024

Характеристики f (%)	год	зима	весна	лето	осень
Прохладная (равнинная зона)					
Средняя относительная влажность (1961–2024 гг.)	77,2	86,9	74,2	66,8	80,7
Стандартное отклонение (1961–2024 гг.)	2,3	3,3	3,2	4,8	3,3
Базовая норма (среднее за 1961–1990 гг.)	78,7	87,3	75,0	68,9	80,9
Средняя аномалия (1961–2024 гг.) отн. базовой нормы	–0,9	–0,4	–0,8	–2,2	–0,2
Современная норма (среднее за 1991–2020 гг.)	76,6	86,4	73,8	65,6	80,6
Средняя аномалия (1961–2024 гг.) отн. современной нормы	0,2	0,9	0,2	0,6	–0,3
Угловой коэф-т тренда (1961–2024 гг.) b, f (%) / 10 лет ($D, \%$)	–0,7 (31,0)	–0,2 (1,4)	–0,6 (10,0)	–1,4 (30,3)	–0,4 (4,2)
Нальчик (предгорная зона)					
Средняя относительная влажность (1961–2024 гг.)	76,8	84,6	74,9	68,4	79,3
Стандартное отклонение (1961–2024 гг.)	2,5	3,6	3,7	4,5	3,4
Базовая норма (среднее за 1961–1990 гг.)	78,1	85,5	76,3	70,4	80,1
Средняя аномалия (1961–2024 гг.) отн. базовой нормы	–1,3	–0,8	–1,4	–2,0	–0,9
Современная норма (среднее за 1991–2020 гг.)	76,0	84,2	74,9	68,4	79,3
Средняя аномалия (1961–2024 гг.) отн. современной нормы	0,8	0,6	0,9	1,4	0,3
Угловой коэф-т тренда (1961–2024 гг.) b, f (%) / 10 лет ($D, \%$)	–0,7 (29,0)	–0,4 (5,0)	–0,8 (15,0)	–1,1 (24,0)	–0,6 (9,5)
Ахты (горная зона)					
Средняя относительная влажность (1961–2024 гг.)	70,9	69,3	71,0	70,6	72,7
Стандартное отклонение (1961–2024 гг.)	4,2	5,3	5,1	5,3	4,6
Базовая норма (среднее за 1961–1990 гг.)	72,1	70,2	72,5	72,7	73,1
Средняя аномалия (1961–2024 гг.) отн. базовой нормы	–1,0	–0,9	–1,6	–2,1	–0,4
Современная норма (среднее за 1991–2020 гг.)	70,4	69,3	70,0	69,4	72,6
Средняя аномалия (1961–2024 гг.) отн. современной нормы	0,5	0,0	1,0	1,2	0,1
Угловой коэф-т тренда (1961–2024 гг.) b, f (%) / 10 лет ($D, \%$)	–1,1 (20,0)	–0,9 (8,0)	–1,3 (24,0)	–1,7 (35,0)	–0,6 (5,0)
Теберда (горная зона)					
Средняя относительная влажность (1961–2024 гг.)	70,2	67,1	66,5	74,8	72,3
Стандартное отклонение (1961–2024 гг.)	1,5	3,1	2,4	2,5	3,1
Базовая норма (среднее за 1961–1990 гг.)	69,9	66,2	66,5	75,4	71,6
Средняя аномалия (1961–2024 гг.) отн. базовой нормы	0,3	0,9	0,0	–0,6	0,8
Современная норма (среднее за 1991–2020 гг.)	70,4	68,0	66,3	74,3	72,9
Средняя аномалия (1961–2024 гг.) отн. современной нормы	–0,2	–0,9	0,2	0,5	–0,6
Угловой коэф-т тренда (1961–2024 гг.) b, f (%) / 10 лет ($D, \%$)	0,2 (6,0)	0,5 (12,0)	0,04 (0,0)	–0,3 (4,0)	0,5 (6,0)

Примечание: *статистически значимые тренды выделены жирным (5 %-ный уровень, $D > 7 \%$)Note: *statistically significant trends are highlighted in bold (5 % level, $D > 7 \%$)

Метеорология

Ашабоков Б. А., Теунова Н. В., Ташилова А. А., Кешева Л. А.

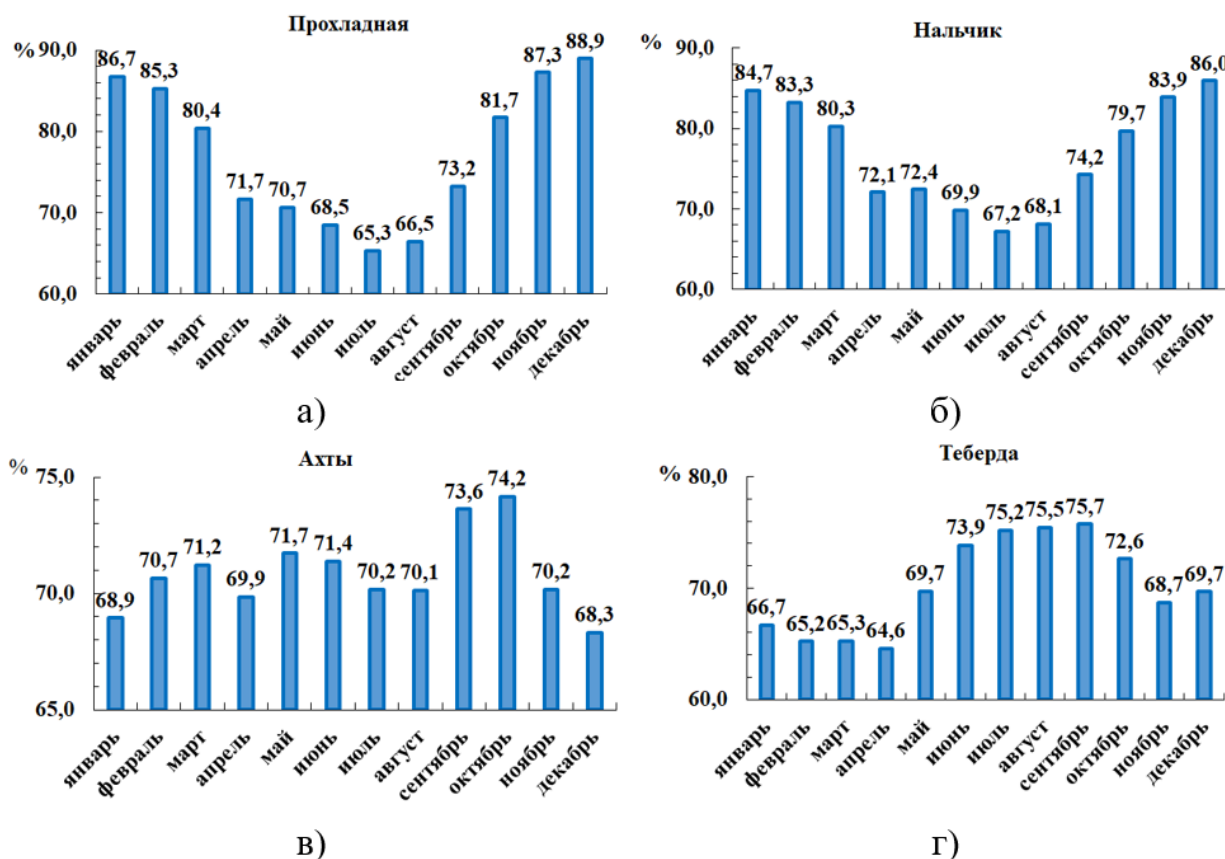


Рис. 3. Гистограммы внутригодового распределения относительной влажности воздуха по месяцам за период 1961–2024 гг. в Северо-Кавказском регионе

Fig. 3. Histograms of the intra-annual distribution of relative air humidity by month for the period 1961–2024 in the North Caucasus region

Одной из задач анализа рядов является выявление изменения средних значений метеопараметров на коротких временных интервалах. Для оценки происходящих изменений относительной влажности воздуха f исходный временной ряд значений делился на два ряда, которые соответствуют первому (1961–1992 гг.) и второму (1993–2024 гг.) подпериодам, далее проводился анализ разности между средними характеристиками второго и первого подпериодов (табл. 2). Анализ временных рядов по такой схеме позволяет исследовать более детально динамические свойства метеопараметра.

Таблица 2

Table 2

Разность значений относительной влажности воздуха (Δf)
за сравниваемые подпериоды: 1961–1992 и 1993–2024 гг.

The difference in relative air humidity values (Δf) for the compared subperiods: 1961–1992 and 1993–2024

Станция	Период	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Прохладная	1961–1992	86,1	86,5	82,7	72,7	70,3	69,9	68,0	69,3	74,2	81,6	87,4	89,8
	1993–2024	87,3	84,0	78,1	70,7	71,0	67,1	62,6	63,7	72,3	81,8	87,1	88,1
	Δf	1,2	-2,5	-4,6	-2,0	0,7	-2,8	-5,4	-5,6	-1,9	0,2	-0,3	-1,7
Нальчик	1961–1992	84,7	84,9	83,0	73,6	72,8	71,3	69,6	70,8	75,3	80,7	84,8	86,8
	1993–2024	84,8	81,6	77,5	70,6	72,0	68,5	64,8	65,4	73,2	78,6	83,0	85,2
	Δf	0,1	-3,3	-5,5	-3,0	-0,8	-2,8	-4,8	-5,4	-2,1	-2,1	-1,8	-1,6
Ахты	1961–1992	69,3	72,6	73,3	71,5	72,5	73,2	71,6	72,3	74,2	74,4	69,7	68,6
	1993–2024	68,6	68,7	69,2	68,2	70,9	69,6	68,8	68,0	73,1	73,9	70,7	68,1
	Δf	-0,7	-3,9	-4,1	-3,3	-1,6	-3,6	-2,8	-4,3	-1,1	-0,5	1,0	-0,5
Теберда	1961–1992	65,0	65,0	64,9	64,8	69,8	73,4	76,2	76,6	75,7	71,7	67,7	69,3
	1993–2024	68,4	65,4	65,6	64,3	69,7	74,3	74,2	74,3	75,7	73,6	69,7	70,1
	Δf	3,4	0,4	0,7	-0,5	-0,1	0,9	-2,0	-2,3	0,0	1,9	2,0	0,8

Анализ разности значений относительной влажности воздуха (Δf) за сравниваемые подпериоды выявил снижение ее значений во второй период на м/с Прохладная, Нальчик, Ахты почти во все месяцы. Исключение

Метеорология

Ашабоков Б. А., Теунова Н. В., Ташилова А. А., Кешева Л. А.

составил ноябрь на м/с Ахты, январь на м/с Нальчик, а также январь, май, октябрь на м/с Прохладная. Можно отметить, что на горной м/с Теберда имело место увеличение среднемесячных значений относительной влажности в зимний и осенний период во втором временном интервале (1993–2024 гг.) по сравнению с первым (1961–1992 гг.) (табл. 2).

Анализ трендов показал, что скорость изменения среднегодовой относительной влажности в период 1961–2024 гг. на метеостанциях Прохладная и Нальчик (табл. 1, рис. 4 а, б) отрицательная и статистически значимая: $b = -0,7 \text{ \%}/10 \text{ лет}$, с вкладом тренда в объясненную дисперсию $D = 31,0 \text{ \%}$ и $D = 29,0 \text{ \%}$ соответственно. Что касается среднесезонной влажности воздуха в исследуемый период, то угловые коэффициенты тренда также имели отрицательные значения и являлись статистически значимыми (за исключением зимнего сезона на обеих метеостанциях и осеннего сезона на м/с Прохладная) (табл. 1).

Среднегодовая относительная влажность воздуха на м/с Ахты уменьшалась со скоростью $1,1 \text{ \%}/10 \text{ лет}$ на статистически значимом уровне ($D = 20,0 \text{ \%}$) (табл. 1, рис. 4 в). Угловые коэффициенты тренда среднесезонной относительной влажности f на м/с Ахты также отрицательные и статистически значимые (кроме осеннего сезона, где тренд незначим).

М/с Теберда является единственной станцией, где тренд положительный и статистически незначимый ($b = 0,2 \text{ \%}/10 \text{ лет}$; $D = 6,0 \text{ \%}$) (табл. 1, рис. 4 г). Здесь, в отличие от других станций, тренды среднесезонной относительной влажности воздуха положительны во все сезоны, кроме летнего, но значимым тренд является только зимой ($b = 0,5 \text{ \%}/10 \text{ лет}$, $D = 12,0 \text{ \%}$) (табл. 1).

Из рисунка 4 видно, что тенденции годовой относительной влажности воздуха существенно различаются между двумя периодами и представляют три комбинации трендов в течение двух периодов: возрастающие и убывающие тренды в течение первого и второго периодов соответственно; возрастающие тренды для первого и второго периодов; убывающие тренды в течение обоих периодов.

Изменения годовой относительной влажности воздуха на м/с Нальчик и Прохладная демонстрировали статистически незначимые тенденции к росту в течение первого периода ($b_1 = 0,5 \text{ \%}/10 \text{ лет}$ и $b_1 = 0,11 \text{ \%}/10 \text{ лет}$ соответственно). Однако тенденции во второй период имели противоположные направления относительно тенденций первого периода, при этом тренды усилились до статистически значимых ($b_2 = -1,3 \text{ \%}/10 \text{ лет}$, $D = 26,5 \text{ \%}$ на м/с Нальчик и $b_2 = -1,7 \text{ \%}/10 \text{ лет}$, $D = 47,8 \text{ \%}$ на м/с Прохладная) (рис. 4 а, б). Таким образом, последний период внес существенный вклад в тенденцию изменения относительной влажности воздуха на этих станциях.

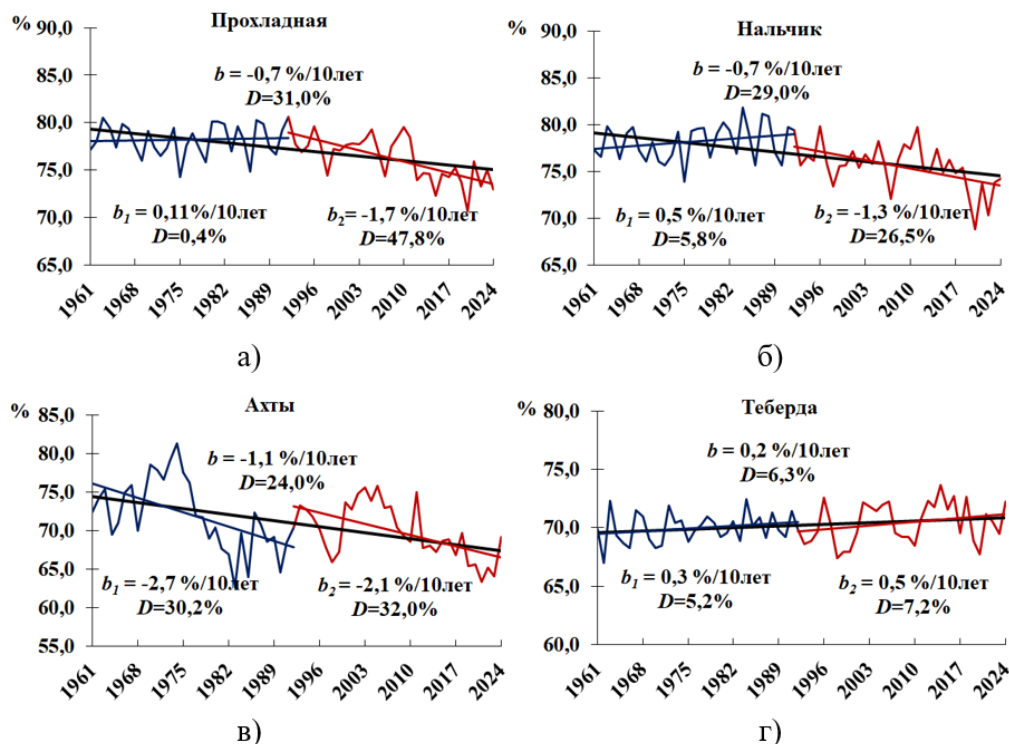


Рис. 4. Изменения среднегодовой относительной влажности воздуха с трендом в Северо-Кавказском регионе

Fig. 4. Changes in average annual relative air humidity with a trend in the North Caucasus region

На м/с Ахты уменьшение относительной влажности происходило в оба периода на статистически значимом уровне ($b_1 = -2,7 \text{ \%}/10 \text{ лет}$, $D = 30,2 \text{ \%}$ и $b_2 = -2,1 \text{ \%}/10 \text{ лет}$, $D = 32,0 \text{ \%}$) (рис. 4 в). На м/с Теберда наблюдался рост влажности, но тренд был незначим как в первом, так и во втором периоде ($b_1 = 0,3 \text{ \%}/10 \text{ лет}$, $D = 5,2 \text{ \%}$ и $b_2 = 0,5 \text{ \%}/10 \text{ лет}$, $D = 7,2 \text{ \%}$) (рис. 4 г).

Метеорология

Ашабоков Б. А., Теунова Н. В., Ташилова А. А., Кешева Л. А.

Для более детального анализа тенденций изменения среднемесячных значений относительной влажности были рассчитаны угловые коэффициенты линейных трендов на рассматриваемых метеостанциях для 1961–1992 и 1993–2024 гг. и всего периода в целом. Результаты расчета приведены в табл. 3.

Анализ изменений относительной влажности воздуха по месяцам не выявил четкой закономерности. На м/с Прохладная наблюдались преимущественно отрицательные тенденции, а значимые только в апреле и июне-сентябре второго подпериода.

На м/с Нальчик в 1961–2024 годы все тенденции изменения среднемесячных значений отрицательные, значимые весной (март, апрель), летом (июль, август) и в начале осени (сентябрь). В подпериоды имелись как положительные, так и отрицательные тенденции, в основном незначимые, за исключением июня-сентября 1993–2024 гг.

На м/с Ахты во всех рассматриваемых периодах наблюдались исключительно отрицательные тенденции, при этом более 50 % из них являлись статистически значимыми.

Таблица 3

Table 3

Угловые коэффициенты линейных трендов среднемесячной относительной влажности, $f(\%)/10$ лет
Slope coefficients of linear trends of average monthly relative humidity, $f(\%)/10$ years

Метеостанция	Период, гг.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Ахты	1961–2024	–0,8	–1,4	–1,4	–1,7	–1,0	–1,7	–1,4	–2,0	–0,8	–0,6	–0,3	–0,4
	1961–1992	–0,9	–1,9	–2,0	–4,3	–2,8	–3,6	–3,1	–3,5	–3,6	–3,0	–2,0	–1,3
	1993–2024	–3,4	–1,6	–1,3	–2,5	–1,8	–2,7	–2,9	–4,3	–0,7	–0,3	–2,1	–1,2
Теберда	1961–2024	1,0	0,2	0,3	–0,4	0,2	0,3	–0,4	–0,6	0,01	0,7	0,6	0,5
	1961–1992	0,5	1,2	0,2	–1,0	–0,3	0,1	–0,3	0,3	–0,3	0,9	2,1	0,3
	1993–2024	1,2	–0,2	0,9	–0,8	1,8	0,7	0,8	–1,0	0,2	1,2	–0,8	1,6
Нальчик	1961–2024	–0,2	–0,8	–1,2	–1,0	–0,1	–0,7	–1,2	–1,7	–0,8	–0,6	–0,4	–0,3
	1961–1992	–1,0	–0,2	0,7	0,3	1,0	1,3	1,5	0,5	–0,3	0,7	1,4	0,1
	1993–2024	–0,02	–0,1	–0,5	–2,4	–0,5	–1,9	–2,3	–3,5	–2,0	–1,3	–1,1	0,2
Прохладная	1961–2024	0,3	–0,8	–1,2	–0,8	0,1	–0,9	–1,6	–1,9	–0,9	–0,05	–0,2	–0,4
	1961–1992	0,01	–1,3	–0,3	–0,2	0,8	1,1	0,9	0,7	–0,1	0,2	0,1	–0,7
	1993–2024	0,3	–0,3	–0,8	–2,3	–1,2	–3,1	–3,5	–4,8	–3,7	–0,9	–0,5	0,4

Примечания: *Статистически значимые тенденции выделены жирным

Notes: *Statistically significant trends are highlighted in bold

Теберда является единственной метеостанцией, где 70 % коэффициентов линейного тренда положительные, но в основном статистически незначимы.

Выводы

При анализе изменения относительной влажности воздуха для трех климатических зон (равнинная, предгорная и горная) можно выделить некоторые закономерности. Несмотря на то, что деление метеостанций по зонам имело место в зависимости от высоты над уровнем моря, их физико-географические характеристики (местоположение, близость водных и горных объектов и т.д.) различаются, из чего следует идентичность изменений на м/с Нальчик и Прохладная и различие на горных м/с Ахты и Теберда.

Проведенные исследования в различных климатических зонах Северо-Кавказского региона за период 1961–2024 гг. показали, что наибольшая среднегодовая относительная влажность воздуха наблюдалась на м/с Прохладная (77,2 %) и Нальчик (76,8 %), расположенных в степной и предгорной зонах, при этом самые высокие значения отмечались в зимний сезон, а наименьшие – в летний.

На м/с Ахты и Теберда (горная зона) среднегодовые значения составили 70,9 и 70,2 % соответственно. На м/с Ахты максимальное значение наблюдалось в осенний сезон, а минимальное – в зимний, тогда как на м/с Теберда максимум приходился на летний сезон, а минимум – весной.

Исследование тенденций изменения среднегодовой относительной влажности воздуха показало, что за весь период наблюдения (1961–2024 гг.) только на горной м/с Теберда тренд положительный и статистически незначимый. На остальных станциях тренды отрицательные и статистически значимые.

При рассмотрении двух подпериодов обнаружилось существенное различие среднегодовой относительной влажности воздуха. В подпериод 1961–1992 годов на всех метеостанциях тренды положительные и статистически незначимые, за исключением м/с Ахты, где имеется статистически значимый отрицательный тренд. Во второй подпериод (1993–2024 гг.) тренд поменял свое направление и стал статистически значимым на м/с Нальчик и Прохладная. На м/с Ахты сохранилась значимая отрицательная тенденция, а на м/с Теберда положительная, но статистически незначимая.

Библиографический список

1. Антипина У. И., Самохина О. Ф., Ранькова Э. Я. Сезонные и региональные особенности изменения временных рядов приповерхностной температуры земного шара // Мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды: приземный климат, загрязняющие и климатически активные вещества: Мат. III Всерос. науч. конф. с междунар. участием (Москва, 15–17 ноября 2023 г.). М., 2023. С. 448–452. EDN: XUDRAJ
2. Ашабоков Б. А., Федченко Л. М., Кешева Л. А., Теунова Н. В. Анализ изменения приземной температуры воздуха и количества осадков в предгорной зоне Северо-Кавказского региона за период 1961–2019 гг. // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. 2021. Т. 7(73), № 3. С. 230–240. EDN: WNILNK
3. Ашабоков Б. А., Федченко Л. М., Кешева Л. А., Теунова Н. В. Изменения температурного режима и режима осадков теплого и холодного периодов в различных климатических зонах Северо-Кавказского региона // Наука. Инновации. Технологии. 2021. № 3. С. 55–72. DOI: 10.37493/2308-4758.2021.3.4 EDN: LOMERJ
4. Бардин М. Ю., Самохина О. Ф. Изменения приземного климата (температуры воздуха, атмосферных осадков) на территории России в XXI веке // Метеорология и гидрология. 2025. № 4. С. 10–24. DOI: 10.52002/0130-2906-2025-4-10-24 EDN: RBXEOD
5. Вакуленко Н. В., Нигматулин Р. И., Сонечкин Д. М. К вопросу о глобальном изменении климата // Метеорология и гидрология. 2015. № 9. С. 89–97. EDN: UNOCUV
6. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2024 год. М., 2025. 135 с.
7. Карлберг К. Регрессионный анализ в Microsoft Excel / пер. с англ. СПб: ООО «Диалектика», 2019. 400 с.
8. Коваленко О. Ю., Бардин М. Ю., Воскресенская Е. Н. Изменения характеристик экстремальности температуры воздуха в причерноморском регионе и их изменчивость в связи с крупномасштабными климатическими процессами межгодового масштаба // Фундаментальная и прикладная климатология. 2017. № 2. С. 42–62. DOI: 10.21513/2410-8758-2017-2-42-62 EDN: ZELKAT
9. Кузнецова В. Н., Швець Н. В. Изменения относительной влажности воздуха на европейской территории России за период 1966–2023 гг. // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2024. № 192. С. 188–201. EDN: LAFSMJ
10. Кузнецова В. Н., Швець Н. В. Характеристика климатических изменений относительной влажности воздуха на азиатской территории России за период 1966–2021 гг. // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2023. № 191. С. 56–67. EDN: TRFCVM
11. Мохов И. И. Изменения климата: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования // Вестник РАН. 2022. Т. 92, № 1. С. 3–14. DOI: 10.31857/S0869587322010066 EDN: NTZPAK
12. Переведенцев Ю. П., Исмаилов Н. В., Мирсаева Н. А., Гурьянов В. В., Николаев А. А., Шанталинский К. М. Сезонные перестройки циркуляции в стратосфере и взаимодействие между тропосферой и стратосферой // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. 2023. Т. 59, № 6. С. 720–730. DOI: 10.31857/S000235152306007X EDN: OQUOEQ
13. Переведенцев Ю. П., Мирсаева Н. А., Шанталинский К. М., Николаев А. А., Гледко Ю. А., Лопух П. С. Глобальные и региональные изменения климата в настоящем и будущем и их последствия // Фундаментальные и прикладные исследования в гидрометеорологии: Мат. Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 50-летию кафедры общего земледования и гидрометеорологии Белорусского государственного университета. (Минск, 11–13 октября 2023 г.). Минск, 2023. С. 53–58.
14. Подрезова Ю. А. Современное изменение климата в центральной и южной части лесостепной зоны Русской равнины // Географический вестник. 2025. № 2(73). С. 105–115. DOI: 10.17072/2079-7877-2025-2-105-115 EDN: MNLLOZ
15. Пространственно-временное изменение климата юга европейской территории России, оценка его последствий, методы и модели адаптации АПК: монография / Б. А. Ашабоков, Л. М. Федченко, А. А. Ташилова [и др.]. Нальчик: ООО «Фрегат», 2020. 476 с. ISBN: 978-5-6045060-0-4 EDN: YCVURI
16. Ранькова Э. Я., Самохина О. Ф., Антипина У. И., Смирнов В. Д. Особенности температурного режима у поверхности земного шара в 2022 году // Фундаментальная и прикладная климатология. 2023. Т. 9, № 3. С. 330–368. DOI: 10.21513/2410-8758-2023-3-330-368 EDN: MPEXRH
17. Ранькова Э. Я., Самохина О. Ф., Антипина У. И., Смирнов В. Д. Особенности температурного режима у поверхности земного шара в 2023 году // Фундаментальная и прикладная климатология. 2024. Т. 10, № 2. С. 288–323. DOI: 10.21513/2410-8758-2024-2-288-323 EDN: AFALZS
18. Селютин В. С. Анализ изменения режима влажности воздуха на территории Брянской области в период интенсивного глобального потепления // Вестник Брянского государственного университета. 2012. № 4. С. 219–222.
19. Ташилова А. А., Кешева Л. А., Теунова Н. В., Таубекова З. А. Анализ изменчивости температуры на горной территории Северного Кавказа за 1961–2013 гг. // Метеорология и гидрология. 2016. № 9. С. 16–26. EDN: WKVFGP
20. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. СПб: Научное издание, 2022. 124 с.
21. Федченко Л. М., Ташилова А. А., Кешева Л. А., Теунова Н. В. Изменение основных климатических показателей в предгорной зоне северного Кавказа за период 1961–2022 гг. // Географический вестник. 2024. № 1(68). С. 113–123. DOI: 10.17072/2079-7877-2024-1-113-123 EDN: WSHICC
22. Эмба Я. А., Ахсалба А. К., Хинтуба Л. В. Влажность приземного слоя воздуха как главный фактор формирования основных климатообразующих элементов // Проблемы физики атмосферы, климатологии и мониторинга окружающей среды: Доклады IV Междунар. науч. конф. (Ставрополь, 23–25 мая 2022 г.). Ставрополь: СКФУ, 2022. С. 24–31. EDN: VAJUWZ
23. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani [et al.]; eds.: V. Masson-Delmotte [et al.] // Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 2021. 2391 p. DOI: 10.1017/9781009157896
24. Solaimani K., Ahmadi S. B., Shokrian F. The spatiotemporal trend changes of extreme temperature-humidity variables and their impact on climatic comfort changes // Ecological Indicators. 2024. Vol. 158. P. 1–17. DOI: 10.1016/j.ecolind.2024.111629 EDN: FTNXSG
25. Qi W., Junzeng X., Linxian L., Yanmei Y., Weixuan L., Jing Zh., Yimin D. Indicators for evaluating trends of air humidification in arid regions under circumstance of climate change: Relative humidity (RH) vs. Actual water vapour pressure (ea) // Ecological Indicators. 2021. Vol. 121. P. 1–7.

References

1. Antipina U. I., Samokhina O. F., Rankova E. Ya. Sezonnyye i regional'nyye osobennosti izmeneniya vremennykh ryadov pri poverkhnostnoy temperatury zemnogo shara [Seasonal and regional features of changes in time series of near-surface temperature of the globe]. In *Monitoring sostoyaniya i zagryazneniya okruzhayushchey sredy: prizemnyy klimat, zagryaznyayushchiye i klimaticheski aktivnyye veshchestva: Materialy III Vseros. nauch. konf. s mezhdunar. uchastiyem* (Moscow, 15–17 noyabrya 2023 g.). Moscow, 2023, pp. 448–452. (In Russ.)
2. Ashabakov B. A., Fedchenko L. M., Kesheva L. A., Teunova N. V. Analiz izmeneniya prizemnoy temperatury vozdukha i kolichestva osadkov v predgornoy zone Severo-Kavkazskogo regiona za period 1961–2019 gg. [Analysis of changes in surface air temperature and precipitation in the foothill zone of the North Caucasus region for the period 1961–2019]. *Uchenyye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya*, 2021, vol. 7 (73), no. 3, pp. 230–240. (In Russ.)
3. Ashabakov B. A., Fedchenko L. M., Kesheva L. A., Teunova N. V. Changes in temperature regime and precipitation regime of warm and cold periods in various climatic zones of the North Caucasus region. *Science. Innovations. Technologies*, 2021, no. 3, pp. 55–72. (In Russ.). DOI: 10.37493/2308-4758.2021.3.4
4. Bardin M. Yu., Samokhina O. F. Izmeneniya prizemnogo klimata (temperatury vozdukha, atmosferykh osadkov) na territorii Rossii v XXI veke [Surface Climate Changes (Air Temperature, Atmospheric Precipitation) in Russia in the 21st Century]. *Meteorologiya i gidrologiya*, 2025, no. 4, pp. 10–24. (In Russ.)
5. Vakulenko N. V., Nigmatulin R. I., Sonechkin D. M. K voprosu o global'nom izmenenii klimata [On Global Climate Change]. *Meteorologiya i gidrologiya*, 2015, no. 9, pp. 89–97. (In Russ.)
6. Doklad ob osobennostyakh klimata na territorii Rossiyskoy Federatsii za 2024, Moskva, 2025. 135p. [Report on Climate Features in the Russian Federation for 2024]. Moscow, 2025, 135 p. (In Russ.)
7. Karlberg K. Regressionnyy analiz v Microsoft Excel [Regression Analysis in Microsoft Excel]. Trans. from English. St. Petersburg: Dialectika LLC, 2019. 400 p. (In Russ.)
8. Kovalenko O. Yu., Bardin M. Yu., Voskresenskaya E. N. Changes in the characteristics of air temperature extremes in the Black Sea region and their variability in connection with large-scale interannual climatic processes. *Fundamental and Applied Climatology*, 2017, no. 2, pp. 42–62. (In Russ.). DOI: 10.21513/2410-8758-2017-2-42-62.
9. Kuznetsova V. N., Shvets N. V. Izmeneniya otnositel'noy vlazhnosti vozdukha na yevropeyskoy territorii Rossii za period 1966–2023 gg. [Changes in relative air humidity in the European territory of Russia for the period 1966–2023]. *Trudy VNIIGMI-MTSD*, 2024, no. 192, pp. 188–201. (In Russ.)
10. Kuznetsova V. N., Shvets N. V. Kharakteristika klimaticheskikh izmeneniy otnositel'noy vlazhnosti vozdukha na aziatskoy territorii Rossii za period 1966–2021 gg. [Characteristics of climatic changes in relative air humidity in the Asian territory of Russia for the period 1966–2021]. *Trudy VNIIGMI-MTSD*, 2023, no. 191, pp. 56–67. (In Russ.)
11. Mokhov I. I. Izmeneniya klimata: prichiny, riski, posledstviya, problemy adaptatsii i regulirovaniya. [Climate Change: Causes, Risks, Consequences, Adaptation and Regulation Problems]. *Vestnik RAN*, 2022, vol. 92, no. 1, pp. 3–14. (In Russ.)
12. Perevedentsev Yu. P., Ismagilov N. V., Mirsaeva N. A., Guryanov V. V., Nikolaev A. A., Shantalinsky K. M. Sezonnyye perestroyki tsirkulyatsii v stratosfere i vzaimodeystviye mezhdru troposferoy i stratosferoy. [Seasonal Restructurings of Stratospheric Circulation and Interaction between the Troposphere and the Stratosphere]. *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Fizika atmosfery i okeana*, 2023, vol. 59, no. 6, pp. 720–730. (In Russ.)
13. Perevedentsev Yu. P., Mirsaeva N. A., Shantalinsky K. M., Nikolaev A. A., Gledko Yu. A., Lopukh P. S. Global'nyye i regional'nyye izmeneniya klimata v nastoyashchem i budushchem i ikh posledstviya. [Global and regional climate changes in the present and future and their consequences]. In *Fundamental'nyye i prikladnyye issledovaniya v gidrometeorologii: Materialy mezhdunar. nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 50-letiyu kafedry obshchego zemlevedeniya i gidrometeorologii Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta, (Minsk, 11–13 oktyabrya 2023 g.)*. Minsk, 2023, pp. 53–58. (In Russ.)
14. Podrezova Yu. A. Modern climate change in the central and southern parts of the forest-steppe zone of the Russian Plain. *Geographical Bulletin*, 2025, no. 2(73), pp. 105–115. (In Russ.) DOI: 10.17072/2079-7877-2025-2-105-115
15. Ashabakov B. A., Fedchenko L. M., Tashilova A. A. et al. Prostranstvenno-vremennoye izmeneniye klimata yuga yevropeyskoy territorii Rossii, otsenka yego posledstviy, metody i modeli adaptatsii APK [Spatio-temporal climate change in the south of European Russia, assessment of its consequences, methods and models of adaptation of the agro-industrial complex]. Nalchik: OOO "Fregat", 2020. 476 p. (In Russ.)
16. Rankova E. Ya., Samokhina O. F., Antipina U. I., Smirnov V. D. Osobennosti temperaturnogo rezhima u poverkhnosti zemnogo shara v 2022 godu. [Features of the temperature regime near the earth's surface in 2022]. *Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya*, 2023, vol. 9, no. 3, pp. 330–368. (In Russ.)
17. Rankova E. Ya., Samokhina O. F., Antipina U. I., Smirnov V. D. Osobennosti temperaturnogo rezhima u poverkhnosti zemnogo shara v 2023 godu. [Features of the temperature regime near the earth's surface in 2023]. *Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya*, 2024, vol. 10, no. 2, pp. 288–323. (In Russ.)
18. Selyutin V. S. Analiz izmeneniya rezhima vlazhnosti vozdukha na territorii Bryanskoy oblasti v period intensivnogo global'nogo potepleniya. [Analysis of changes in air humidity in the Bryansk region during the period of intense global warming]. *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2012, no. 4, pp. 219–222. (In Russ.)
19. Tashilova A. A., Kesheva L. A., Teunova N. V., Taubekova Z. A. Analiz izmenchivosti temperatury na gornoy territorii Severnogo Kavkaza za 1961–2013 gg. [Analysis of Temperature Variability in the Mountainous Territory of the North Caucasus for 1961–2013]. *Meteorologiya i gidrologiya*, 2016, no. 9, pp. 16–26. (In Russ.)
20. Tretiy otsenochnyy doklad ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiyskoy Federatsii. Obshcheye rezyum [Third Assessment Report on Climate Change and its Consequences in the Russian Federation. General Summary]. Saint Peterburg: Naukoyemkiye tekhnologii, 2022, 124 p. (In Russ.)
21. Fedchenko L. M., Tashilova A. A., Kesheva L. A., Changes in the main climatic indicators in the foothill zone of the North Caucasus over the period 1961–2022. *Geographical Bulletin*, 2024, no. 1(68), pp. 113–123. (In Russ.) DOI: 10.17072/2079-7877-2024-1-113-123.
22. Ekba Ya. A., Akhsalba A. K., Khintuba L. V. Vlazhnost' prizemnogo sloya vozdukha kak glavnyy faktor formirovaniya osnovnykh klimatobrazuyushchikh elementov. [Humidity of the surface air layer as the main factor in the formation of the main climate-forming elements]. In *Problemy fiziki atmosfery, klimatologii i monitoringa okruzhayushchey sredy: Doklady IV Mezhdunar. nauch. konf. (Stavropol, 23–25 maya 2022 g.)*. Stavropol: Publ.: SKFU, 2022, pp. 24–31. (In Russ.)

Метеорология

Ашабоков Б. А., Теунова Н. В., Ташилова А. А., Кешева Л. А.

23. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. / V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani [et al.]; eds.: V. Masson-Delmotte [et al.]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 2021. 2391 p. DOI: 10.1017/9781009157896

24. Solaimani K., Ahmadi S. B., Shokrian F. The spatiotemporal trend changes of extreme temperature-humidity variables and their impact on climatic comfort changes. *Ecological Indicators*, 2024, vol. 158, pp. 1–17.

25. Qi W., Junzeng X., Linxian L., Yanmei Y., Weixuan L., Jing Zh., Yimin D. Indicators for evaluating trends of air humidification in arid regions under circumstance of climate change: Relative humidity (RH) vs. Actual water vapour pressure (ea). *Ecological Indicators*, 2021, vol. 121, pp. 1–7.

Статья поступила в редакцию: 20.02.26, одобрена после рецензирования: 24.04.26, принята к опубликованию: 12.09.26.

The article was submitted: 20 February 2026; approved after review: 24 April 2026; accepted for publication: 12 September 2026.

Информация об авторах

Борис Азреталиевич Ашабоков

Доктор физико-математических наук,
профессор, заведующий отделом физики облаков,
Высокогорный геофизический институт;
360030, г. Нальчик, пр. Ленина, д. 2
Scopus Author ID: 6505916110, ResearcherID: K-4299-
2015, eLibrary AuthorID: 00048830

e-mail: ashabokov.boris@mail.ru

Наталья Вячеславовна Теунова

Кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник,
Высокогорный геофизический институт;
360030, г. Нальчик, пр. Ленина, д. 2
Scopus Author ID: 57191571952, ResearcherID: K-4312-
2015, eLibrary AuthorID: 00048831

e-mail: nata0770@yandex.ru

Алла Амарбиевна Ташилова

Доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник,
Высокогорный геофизический институт;
360030, г. Нальчик, пр. Ленина, д. 2
Scopus Author ID: 57191577384, ResearcherID: K-
4321-2015, eLibrary AuthorID: 00048834

e-mail: tashilovaa@mail.ru

Лара Асировна Кешева

Кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник,
Высокогорный геофизический институт;
360030, г. Нальчик, пр. Ленина, д. 2
Scopus Author ID: 57191577471, ResearcherID: K-
4261-2015, eLibrary AuthorID: 00048827

e-mail: tashilovaa@mail.ru

Information about the authors

Boris A. Ashabokov

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor,
Head of the Department of Cloud Physics,
High-Mountain Geophysical Institute;
2, prospekt Lenina, Nalchik, 360030, Russia
Scopus Author ID: 6505916110,
ResearcherID: K-4299-2015, eLibrary AuthorID: 00048830

Nataliya V. Teunova

Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Senior Researcher, High-Mountain Geophysical Institute;
2, prospekt Lenina, Nalchik, 360030, Russia
Scopus Author ID: 57191571952,
ResearcherID: K-4312-2015, eLibrary AuthorID: 00048831

Alla A. Tashilova

Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Leading Researcher, High-Mountain
Geophysical Institute;
2, prospekt Lenina, Nalchik, 360030, Russia
Scopus Author ID: 57191577384,
ResearcherID: K-4321-2015, eLibrary AuthorID: 00048834

Lara A. Kesheva

Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Senior Researcher, High-Mountain Geophysical Institute;
2, prospekt Lenina, Nalchik, 360030, Russia
Scopus Author ID: 57191577471,
ResearcherID: K-4261-2015, eLibrary AuthorID: 00048827

Вклад авторов

Ашабоков Б. А. – идея, написание статьи, научное редактирование текста.

Теунова Н. В. – идея, сбор и обработка материала, написание статьи, построение рисунков.

Ташилова А. А. – сбор и обработка материала, научное редактирование текста.

Кешева Л. А. – сбор и обработка материала, написание статьи, построение рисунков.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Boris A. Ashabokov – the concept; writing of the article; scientific editing.

Nataliya V. Teunova – the concept; data collection and processing; writing of the article; creation of the figures.

Alla A. Tashilova – data collection and processing; writing of the article; creation of the figures.

Lara A. Kesheva – data collection and processing; scientific editing.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.