

УДК 551.583

ОЦЕНКА ВЕКОВОЙ И СОВРЕМЕННОЙ ТЕНДЕНЦИЙ ИЗМЕНЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В НАХИЧЕВАНСКОЙ АВТОНОМНОЙ РЕСПУБЛИКЕ АЗЕРБАЙДЖАНА

Г. М. ГУСЕЙНОВ¹⁾

¹⁾Министерство по чрезвычайным ситуациям Азербайджанской Республики,
ул. М. Мушвига, 501, AZ1073, г. Баку, Азербайджан

Рассмотрены некоторые вопросы оценки вековой и современной тенденций выпадения атмосферных осадков на территории Нахичеванской Автономной Республики Азербайджана. Приведены краткие общие сведения об этом регионе. Для оценки вековой тенденции изменения количества атмосферных осадков использованы данные о годовой сумме осадков за 1891–2015 гг. по гидрометеорологической станции Нахичевань. Представлен график динамики годового количества атмосферных осадков за указанный период, а также прямолинейный и криволинейный тренды в рядах этого элемента, которые характеризуют особенности рассматриваемой динамики. Приведена оценка возможных изменений годового количества атмосферных осадков по гидрометеорологической станции Нахичевань за различные климатические периоды (1891–1910, 1911–1940, 1941–1971, 1972–2015). С учетом того что годовое количество осадков изменяется в широком диапазоне, рассчитана повторяемость разных градаций этого показателя за 1891–2015 гг. Так как территория рассматриваемого региона имеет сложный рельеф, были вычислены вертикальные градиенты атмосферных осадков по месяцам. С использованием уравнений связи рассчитано годовое количество атмосферных осадков для различных высот и выполнено сравнение полученных результатов с соответствующими величинами, представленными в других исследованиях.

Ключевые слова: атмосферные осадки; глобальные и региональные изменения климата; вековые и современные изменения; вертикальный градиент; градация; Нахичевань.

Образец цитирования:

Гусейнов ГМ. Оценка вековой и современной тенденций изменения количества атмосферных осадков в Нахичеванской Автономной Республике Азербайджана. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2022;1:3–14.
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2022-1-3-14>

For citation:

Huseynov QM. Assessment of the century-long and current trends in the change in the amount of precipitation in the Nakhichevan Autonomous Republic of Azerbaijan. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2022;1:3–14. Russian.
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2022-1-3-14>

Автор:

Габил Мамед Гусейнов – инженер-метеоролог метеорологического отдела авиационного отряда.

Author:

Qabil M. Huseynov, engineer-meteorologist at the meteorological department, aviation team.
gabilhuseyn@mail.ru

ASSESSMENT OF THE CENTURY-LONG AND CURRENT TRENDS IN THE CHANGE IN THE AMOUNT OF PRECIPITATION IN THE NAKHICHEVAN AUTONOMOUS REPUBLIC OF AZERBAIJAN

Q. M. HUSEYNOV^a

^a*Ministry of Emergency Situations of the Republic of Azerbaijan,
501 M. Mushviq Street, Baku AZ1073, Azerbaijan*

Some issues of assessing the century-long and current state of the amount of atmospheric precipitation in the territory of the Nakhichevan Autonomous Republic of Azerbaijan are considered. Brief general information about this area is given. To assess the century-long tendency in the amount of atmospheric precipitation in the Nakhichevan hydrometeorological station, used the annual amount of atmospheric precipitation for the period 1891–2015. A graph of the dynamics of the annual amount of atmospheric precipitation, as well as the straight-line and curved-line trends in the series of this element, which characterise the features of the considered dynamics for 1891–2015, is presented. An assessment of possible changes in the annual amount of atmospheric precipitation for different climatic periods (1891–1910, 1911–1940, 1941–1971, 1972–2015) in the Nakhichevan hydrometeorological station is also presented. Taking into account the variability of annual precipitation in a large range, the frequency of occurrence of various gradations of this indicator for 1891–2015 was calculated. Due to the fact that the territory of the region under consideration has a complex relief, the values of the vertical gradients of atmospheric precipitation by months were calculated. Using the equations of relationship, the calculations of the annual amount of atmospheric precipitation for different heights are carried out and a comparison with the corresponding values is carried out. The results of calculations and assessment of the corresponding changes are presented.

Keywords: atmospheric precipitation; global and regional climate changes; secular and modern changes; vertical gradient; gradation; Nakhichevan.

Введение

Нахичеванская Автономная Республика (АР), входящая в состав Азербайджанской Республики, является горным регионом (32,9 % площади находится на высоте 600–1000 м, 30,5 % – 1000–1500 м, 19,5 % – 1500–2000 м, 9,5 % – 2000–2500 м, 6,1 % – 2500–3000 м, 1,5 % – более 3000 м), часть территории располагается в межгорной котловине и на юго-западе Малого Кавказа (рис. 1).



Рис. 1. Месторасположение метеорологических станций
в Нахичеванской АР

Fig. 1. Location of meteorological stations
in the Nakhichevan Autonomous Republic

Гипсометрическое различие равнинной части и окружающих ее гор достигает 3300 м. Эта особенность имеет существенное значение для объяснения специфического пространственно-временного распределения приземной температуры воздуха на территории республики. В сочетании с циркуляционными особенностями региона формируются своеобразное поле средних годовых и сезонных температур воздуха и, соответственно, климатические условия территории [1; 2].

Постановка проблемы

Почвенно-климатические условия на равнинной и предгорной частях территории Нахичеванской АР позволяют получать высокие урожаи сельскохозяйственных культур. Например, можно отметить, что по новым климатическим нормам (1961–1990) средняя годовая температура воздуха в этом регионе варьирует в пределах 11,5–14,3 °С, максимальная температура составляет 17,5–20,5 °С, минимальная – 6,0–9,1 °С. Среднегодовая относительная влажность воздуха колеблется в диапазоне 55,8–61,0 %. Годовая сумма атмосферных осадков варьирует от 207 мм (Джульфа) до 386 мм (Шахбуз) [3].

Однако для территории Нахичеванской АР с ее ярко выраженным континентальным климатом, приводящим, в частности, к значительным перепадам температур и количества атмосферных осадков, важную роль играют характеристики изменчивости приземной температуры воздуха и количества осадков. Неустойчивость погоды (например, смена влажных лет засушливыми, теплых зим суровыми) приводит к значительной изменчивости урожая сельскохозяйственных культур. В климатическом отношении рассматриваемая территория отличается весьма высокими ресурсами тепла. Теплообеспеченность уменьшается от равнинных районов в сторону горных зон. Однако параллельно с этими особенностями отчетливо проявляется нарастание дефицита и неустойчивости атмосферного увлажнения, особенно в период вегетации, что в значительной степени лимитирует величину урожая. Поэтому интенсификация земледелия в этом регионе реальна лишь при условии широкомасштабного систематического орошения земель с учетом пространственно-временного распределения количества атмосферных осадков.

Следует отметить, что недостаточность метеорологической информации, особенно в начале XXI в., сложный рельеф, почти полная изолированность территории от соседних регионов окружающими ее горными хребтами являются основными проблемами климатического исследования данной местности.

Основная цель исследований – оценить вековую и современную тенденции изменения количества атмосферных осадков на территории Нахичеванской АР, что позволит более рационально учитывать полученные результаты при планировании проведения сельскохозяйственных, мелиоративных, гидроэнергетических и других мероприятий.

Материалы и методы исследования

Прежде всего следует провести анализ некоторых научных подходов к рассматриваемой проблеме. Многочисленные фундаментальные исследования климатических изменений подтверждают факт глобального потепления климата в результате антропогенных выбросов парниковых газов в приземную атмосферу в последние десятилетия XX в. В настоящее время в целях обнаружения изменения элементов климата и исследования особенностей их пространственно-временного распределения с использованием материалов инструментальных наблюдений, а также для предсказания поведения климатической системы в будущем и ее влияния на различные отрасли народного хозяйства применяются метод трендового анализа, метод разности этих элементов между двумя конкретными климатическими периодами [4–7] и методы математического моделирования, в частности модели общей циркуляции атмосферы (ОЦА) [8–11], палеоклиматические аналоги будущего, основанные на изменении климата в прошлом [12–14].

К тому же в климатических исследованиях характеристики климата рассматриваются за достаточно продолжительный период (обычно около 25–30 лет). Их оценки также можно получить путем осреднения данных за эти же временные промежутки. Кроме того, имеет место подход, представленный в работе [15], где использован метод разности за близкие климатические периоды – 1958–1977 и 1978–1997 гг.

Следует отметить, что линейный тренд слабо отражает закономерности межгодовой изменчивости в рядах климатических элементов. Более существенную роль играют колебания от десятилетий к десятилетиям. Эти особенности хорошо отражаются с помощью сглаженной линии. Традиционным методом сглаживания или фильтрации в целях исключения случайных колебаний и выявления закономерностей временного хода аномалии рассматриваемого климатического элемента является метод скользящего осреднения. При этом в зависимости от длины ряда период осреднения обычно выбирается в интервале от 5 до 11 лет [16]. В работе [17] осуществлена аппроксимация временных рядов количества атмосферных осадков полиномом шестой степени. В настоящем исследовании был выбран период осреднения 11 лет, что обусловлено отсутствием корреляции между смежными членами ряда. Аналогичные сглаживания будут использованы и в дальнейших расчетах.

Таким образом, можно отметить, что одной из теоретических основ оценки вековой и современной тенденций изменения количества атмосферных осадков являются широко применяемые в климатических исследованиях методы линейного тренда и разности.

В настоящей работе были использованы средние многолетние данные за 1891–2015 гг. по гидрометеорологической станции Нахичевань, а также данные за 1961–2015 гг. [18] по пяти гидрометеорологическим станциям (см. рис. 1): Ордубад (861 м), Джульфа (736 м), Нахичевань (885 м), Шахбуз (1205 м) и Шарур (812 м). Видно, что существующая сеть гидрометеорологических станций редка, горные районы слабо освещены в метеорологическом отношении.

Краткая характеристика глобальных и региональных тенденций изменения количества атмосферных осадков

Исследование многолетних колебаний в режиме атмосферного увлажнения является одной из важнейших задач, так как наряду с другими климатическими элементами количество атмосферных осадков подвергается значительному пространственно-временному изменению. Средние и аномальные значения данного показателя зависят от особенностей общей циркуляции атмосферы, физико-географических условий территории, а также времени года. Все эти факторы в тесной взаимосвязи определяют пространственно-временное и межгодовое изменение количества осадков [5].

Результаты некоторых исследований показывают, что в XX в. в средних и высоких широтах Северного полушария (за исключением Восточной Азии) годовое количество атмосферных осадков увеличивалось со скоростью 0,5–1,0 % за 10 лет, а на суше субтропиков (10–30° с. ш.) уменьшалось со скоростью около 0,3 % за 10 лет. Вместе с тем к северу от широты 30° количество осадков увеличилось, а в тропиках уменьшилось [19]. Во второй половине XX в. увеличилась повторяемость сильных осадков, а площадь снежного покрова уменьшилась примерно на 10 % [20–22]. Наблюдаемую тенденцию изменения количества атмосферных осадков по материкам кратко можно охарактеризовать следующим образом. В Африке на южном берегу Средиземного моря годовое количество осадков уменьшилось, а на восточном берегу увеличилось [23]. На большей части Азии годовая сумма осадков увеличилась, в Центральной Азии уменьшились летние осадки, в отдельных регионах Южной и Восточной Азии возросла повторяемость интенсивности осадков [23]. По данным 52 гидрометеорологических станций, на территории Турции за период 1950–2004 гг. годовое количество осадков увеличилось в восточной части и уменьшилось в западной [24]. В центральных районах Европы, на юге Альпийских гор и в средиземноморской части годовое количество осадков уменьшилось, в юго-восточной части увеличилось. На территории США за период 1901–2015 гг. годовое количество осадков возрастало со скоростью 41,5 мм за 100 лет¹. В регионе Британской Колумбии Канады также происходило увеличение годового количества осадков со скоростью 12 % за 100 лет².

Анализ современной тенденции изменения количества атмосферных осадков в некоторых странах СНГ представлен ниже.

Одно из фундаментальных исследований причин и следствий глобального и регионального изменения климата проведено В. Ф. Логиновым [25]. В указанной монографии среди прочих рассмотрены вопросы изменения климата на территории России, Украины, Молдовы и Беларуси. Как отмечает В. Ф. Логинов, на протяжении более чем 100-летнего периода изменение осадков на территории Беларуси отличается большей пространственно-временной изменчивостью по сравнению с температурой. Так, в послевоенное время наблюдалось снижение количества осадков относительно довоенного уровня, тогда как в последние 15–20 лет на большей части страны происходит рост этого климатического показателя. По другим данным³, за последние 20–25 лет на территории Беларуси зафиксировано уменьшение количества атмосферных осадков в апреле (91 % нормы), июне (93 % нормы) и августе (93 % нормы), а незначительные увеличения отмечены в феврале, марте и октябре. На территории Молдовы в 1950–2001 гг. количество осадков почти не изменилось⁴.

За последние 50 лет в целом на всей территории России и в ее восточных регионах годовое и сезонное количество осадков уменьшилось, а в европейской части незначительно увеличилось [20; 21]. В работе [7] показано, что наблюдаются колебания количества осадков в Сибири с наибольшим ростом на севере региона, достигающим 30 мм за 10 лет. Такое увеличение в большей степени обусловлено ростом количества осадков в холодный период (ноябрь – апрель) до 27,3 мм за 10 лет и во второй половине теплого периода (август – октябрь) до 15 мм за 10 лет. На территории Сибири не прослеживается динамика числа дней с осадками (более 1 мм), за исключением северного региона, где наблюдается рост данного показателя (5 дней каждые 10 лет). Особенности формирования изменений атмосферных осадков на Восточно-Европейской равнине под влиянием долгопериодных колебаний температуры поверхности океана в Северной Атлантике и связанных с ними изменений крупномасштабной атмосферной циркуляции в Атлантико-Европейском секторе рассмотрены в работе [26]. Для оценки изменений атмосферных

¹EPA's report on the environment (ROE) [Electronic resource]. URL: <https://www.epa.gov/roe/> (date of access: 21.03.2021).

²Indicators of climate change for British Columbia: 2016 update [Electronic resource]. URL: https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/research-monitoring-and-reporting/reporting/envreportbc/archived-reports/climate-change/climatechangeindicators-13sept2016_final.pdf (date of access: 21.03.2021).

³Изменение климата и безопасность в Восточной Европе. Республика Беларусь, Республика Молдова, Украина: региональная оценка [Электронный ресурс]. URL: https://zoinet.org/wp-content/uploads/2018/02/climsec_EE_report_RU.pdf (дата обращения: 21.03.2021).

⁴Там же.

осадков (в том числе их жидкой и твердой фракций) использованы данные наземных наблюдений на метеорологических станциях России (месячные суммы осадков), спутниковые данные, а также данные реанализов, архивов сеточных данных, индексы телеконнекции и климатические индексы. Как отмечает автор указанной работы, при решении поставленных задач были получены новые оригинальные результаты. В частности, выявлена и исследована пространственная структура отклика сезонных осадков на Восточно-Европейской равнине на долгопериодные изменения температуры поверхности океана в Северной Атлантике. Отмечено, что наиболее чувствительные к этому влиянию регионы расположены на юго-востоке равнины. Во все сезоны года выявлена тесная связь ведущего режима осадков с индексом атлантической мультидекадной осцилляции. Установлено, что изменениями атмосферной циркуляции объясняется до 72 % изменчивости осадков зимой, до 69 % весной, до 64 % летом.

На территории Азербайджана также проводятся разнонаправленные исследования по оценке пространственно-временного изменения количества атмосферных осадков [3; 27]. В работе [27] для оценки изменчивости в многолетних рядах сезонных атмосферных осадков использован метод линейного тренда. В результате за 1971–1997 гг. зимой в целом отмечено статистически незначимое уменьшение количества осадков (–1...–21 мм), небольшое увеличение зафиксировано только в Ленкоранской зоне и на Большом Кавказе (2–10 мм). Весной наблюдалось повсеместное снижение уровня осадков (–11...–71 мм). В летний и осенний сезоны отмечено статистически незначимое изменение количества атмосферных осадков во всех физико-географических зонах. В работе [3] с помощью метода разности за периоды 1991–2005 и 1961–1990 гг. получено, что на территории Азербайджана повсеместно наблюдалось уменьшение количества атмосферных осадков в зимний (–3...–38 %), весенний (–2...–54 %) и летний (–2...–54 %) сезоны. В осенний же сезон на южном и северо-восточном склонах Большого Кавказа отмечено увеличение количества осадков на 3–15 %, а на остальной территории страны – уменьшение на 3–19 %. В работе [28] рассмотрены вопросы сезонного и годового пространственного распределения атмосферных осадков на территории Азербайджана, зависимость количества атмосферных осадков от циркуляционных процессов.

Анализ результатов исследований

Оценка вековой тенденции изменения количества атмосферных осадков по гидрометеорологической станции Нахичевань. Для этого использованы данные о годовой сумме осадков за 1891–2015 гг. На рис. 2 представлен график динамики годового количества атмосферных осадков за указанный период, а также прямолинейный и криволинейный тренды в рядах этого элемента, которые характеризуют особенности рассматриваемой динамики.

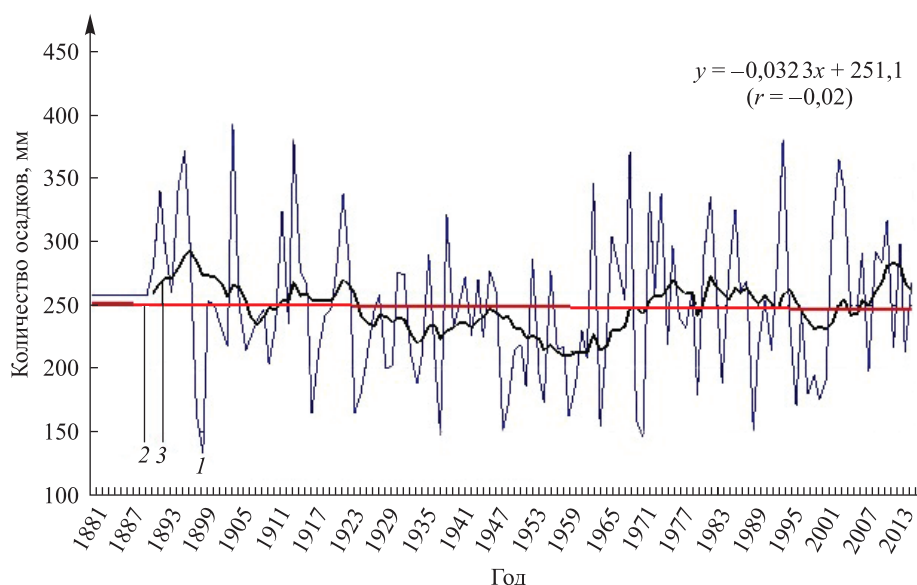


Рис. 2. Многолетняя динамика (1) и тенденция изменения годового количества атмосферных осадков за 1891–2015 гг. с использованием прямолинейного (2) и криволинейного (3) трендов

Fig. 2. Long-term dynamics (1) and the tendency of change of the annual amount of atmospheric precipitation for the 1891–2015 using rectilinear (2) and curvilinear (3) trends

Как видно из рис. 2, за рассматриваемый период отмечено статистически незначимое уменьшение годового количества атмосферных осадков на 4 мм, а также чередование коротко- и длиннопериодного увеличения и уменьшения осадков.

Оценка возможных изменений годового количества атмосферных осадков по гидрометеорологической станции Нахичевань за различные климатические периоды. В современных климатических исследованиях особый научный интерес представляют изменения температуры воздуха в периоды наиболее крупных глобальных климатических изменений, важнейшими из которых являются глобальное потепление 1930-х гг. и потепление последних десятилетий [29].

Для исследования были выбраны следующие климатические периоды, относящиеся к различным глобальным изменениям климата: 1891–1910 гг. (глобальное похолодание); 1911–1940 гг. (глобальное потепление); 1941–1971 гг. (глобальное похолодание); 1972–2015 гг. (глобальное потепление) [29]. Для каждого из них с использованием линейного тренда получены изменения годового количества атмосферных осадков. Некоторые статистические характеристики в рядах годового количества атмосферных осадков за рассматриваемые периоды представлены в табл. 1.

Таблица 1

Некоторые статистические характеристики изменения годового количества осадков в различные климатические периоды

Table 1

Some statistical characteristics of changes in annual precipitation in different climatic periods

Период	Среднее значение, мм	Изменение, мм		Коэффициент вариации (C_v)	Коэффициент корреляции (r)
		За 10 лет	За период в целом		
1891–1910 (похолодание)	260,6	–42,6	–85,2	0,25	–0,381
1911–1940 (потепление)	243,4	–16,9	–50,7	0,23	–0,271
1941–1971 (похолодание)	229,6	+0,2	+0,6	0,25	0,000
1972–2015 (потепление)	256,2	+1,5	+6,6	0,22	0,033

Как следует из табл. 1, в 1891–1910 гг. осредненное годовое количество атмосферных осадков составило 260,6 мм. В этот период наблюдалось статистически незначимое ($r = -0,381$) уменьшение годовых сумм осадков (–85,2 мм) со скоростью –42,6 мм за 10 лет. Из рис. 2 видно, что наибольшее количество осадков выпало в 1904 г. (397 мм), 1896 г. (371 мм), 1895 г. (343 мм) и 1892 г. (340 мм), а наименьшее – в 1899 г. (133 мм) и 1898 г. (165 мм).

За период 1911–1940 гг. средняя величина годового количества атмосферных осадков составила 243,4 мм. Наблюдалось статистически незначимое ($r = -0,271$) уменьшение годовых сумм осадков (–50,7 мм) со скоростью –16,9 мм за 10 лет. Наибольшее количество осадков отмечено в 1914 г. (381 мм), 1922 г. (338 мм), 1912 г. (325 мм) и 1939 г. (321 мм), а наименьшее – в 1938 г. (148 мм), 1924 г. (164 мм), 1917 г. (165 мм), 1925 г. (181 мм) и 1934 г. (188 мм).

В 1941–1971 гг. среднее годовое количество осадков составило 229,6 мм, каких-либо изменений в их рядах не происходило. За этот период наибольшее количество осадков выпало в 1969 г. (372 мм), 1963 г. (346 мм) и 1966 г. (304 мм), а наименьшее – в 1971 г. (146 мм), 1948 г. (151 мм), 1964 г. (154 мм) и 1970 г. (159 мм).

В 1972–2015 гг. (последнее глобальное потепление) осредненное годовое количество осадков составило 256,2 мм. Было отмечено статистически незначимое ($r = 0,033$) увеличение годовых сумм осадков на 6,6 мм. Наибольшее количество атмосферных осадков наблюдалось в 1994 г. (397 мм) и 2004 г. (381 мм), а наименьшее – в 1989 г. (150 мм) и 1997 г. (165 мм).

В заключение этого анализа можно отметить, что как наибольшее (397 мм), так и наименьшее (133 мм) годовое количество атмосферных осадков выпало в годы первого глобального похолодания.

Повторяемость различных градаций годового количества атмосферных осадков. С учетом того что годовое количество осадков изменяется в широком диапазоне, рассчитана повторяемость различных градаций этого показателя за 1891–2015 гг. и построена соответствующая диаграмма (рис. 3).

Как видно из рис. 3, повторяемость экстремально малого количества осадков (101–150 мм) составила 2,4 %, а экстремально большого количества осадков (351–400 мм) – 4,8 %. Наибольшая повторяемость наблюдалась в диапазонах 201–250 мм (32,0 %) и 251–300 мм (29,6 %). Таким образом, в 61,6 % случаев количество осадков менялось в пределах 201–300 мм.

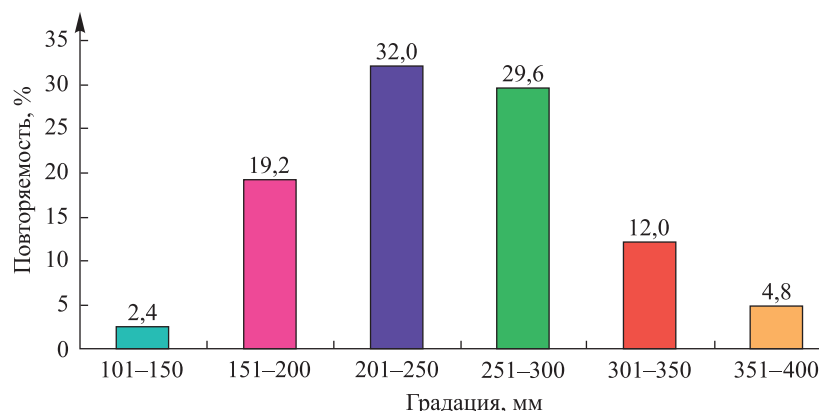


Рис. 3. Повторяемость различных градаций годового количества атмосферных осадков в зоне г. Нахичевани за 1891–2015 гг.

Fig. 3. The frequency of occurrence of various gradations of the annual amount of atmospheric precipitation in the zone of the city of Nakhichevan for 1891–2015

Оценка современной тенденции изменения количества атмосферных осадков на территории Нахичеванской АР. Особенности неравномерного распределения как атмосферных осадков, так и тенденций их изменения во времени можно объяснить рельефом местности, особенностями орографии, различной высотой, экспозицией и крутизной склонов, а также разным взаимодействием преобладающих потоков воздуха, т. е. характерной для данной территории циркуляцией атмосферы [30].

В связи с тем что рассматриваемый регион имеет сложный рельеф, были вычислены вертикальные градиенты атмосферных осадков по месяцам с использованием данных гидрометеорологических станций Нахичевань, Ордубад, Джульфа, Шахбуз, Шарур и Парагачай за 1984–1999 гг. В табл. 2 приведены величины вертикальных градиентов, уравнения связи между количеством осадков и высотой, а также коэффициенты корреляции этой связи.

Таблица 2

Уравнения связи между количеством атмосферных осадков и высотой, коэффициенты корреляции этой связи и вертикальные градиенты

Table 2

Relationship equations between the amount of atmospheric precipitation and altitude, correlation coefficients of this relationship and vertical gradients

Месяц	Уравнение связи	Коэффициент корреляции	Вертикальный градиент, мм на 100 м
Январь	$R = 0,014h + 3,7$	0,95	1,4
Февраль	$R = 0,022h - 2,0$	0,95	2,2
Март	$R = 0,026h + 5,8$	0,91	2,6
Апрель	$R = 0,033h + 9,1$	0,95	3,3
Май	$R = 0,038h + 6,2$	0,99	3,8
Июнь	$R = 0,015h + 12,1$	0,95	1,5
Июль	$R = 0,005h + 4,7$	0,70	0,5
Август	$R = 0,009h - 3,5$	0,98	0,9
Сентябрь	$R = 0,008h + 2,7$	0,80	0,8
Октябрь	$R = 0,016h + 9,0$	0,97	1,6
Ноябрь	$R = 0,016h + 11,1$	0,92	1,6
Декабрь	$R = 0,016h + 7,7$	0,89	1,6
Год	$R = 0,219h + 66,6$	0,96	21,9

Как видно из табл. 2, наибольшая величина вертикального градиента отмечена в мае (3,8 мм на 100 м), а наименьшая – в июле (0,5 мм на 100 м). Для годового количества осадков вертикальный градиент составляет 21,9 мм на 100 м. Коэффициенты корреляции связи между количеством атмосферных осадков и высотой для всех рассматриваемых месяцев и года в целом оказались высокими и очень высокими, поэтому вышеприведенные уравнения можно с успехом использовать для определения количества атмосферных осадков на различных высотах.

С использованием уравнений связи из табл. 2 рассчитаны годовые суммы атмосферных осадков для различных высот и выполнено их сравнение с соответствующими величинами из работы [31]. Полученные в данном исследовании значения оказались меньше аналогичных показателей из публикации [31]. Их разность для высоты 1000 м составляет 14 мм, для высоты 1500 м – 147 мм, для высоты 2000 м – 85 мм, для высоты 2500 м – 127 мм, для высоты 3000 м – 63 мм. Одной из возможных причин такого расхождения могут быть разные периоды осреднения количества атмосферных осадков.

Оценка современной тенденции изменения месячных и годовых сумм осадков. В связи с усилением глобального потепления со второй половины XX в. (особенно за последние 30 лет) оценку тенденции изменения количества атмосферных осадков целесообразно проводить за более короткий период. Поэтому был использован метод разности за 1961–1990 и 1991–2015 гг., а также метод линейного тренда за период 1961–2015 гг. При оценке изменения количества осадков методом разности для определения статистической значимости результатов применялся *t*-критерий Стьюдента, а при оценке методом линейного тренда – коэффициент корреляции уравнения линейного тренда [3]. Сразу следует отметить, что полученные по обоим методам результаты оказались статистически незначимыми. Несмотря на это, для качественной и частично количественной оценки общей ситуации их анализ можно считать целесообразным.

Как видно из табл. 3, в 1991–2015 гг. повсеместное уменьшение атмосферных осадков, по сравнению с уровнем 1961–1990 гг., отмечено в январе (–1,3...–5,8 мм), августе (–0,6...–3,6 мм) и октябре (–0,1...–12,3 мм), а повсеместное увеличение – в июле (+0,6...+5,1 мм), сентябре (+1,8...+6,7 мм) и ноябре (+0,1...+4,1 мм).

Таблица 3

Изменение количества атмосферных осадков по методу разности, мм

Table 3

Change in the amount of precipitation by the difference method, mm

Станция	Порядковый номер месяца											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Нахичевань	–1,3	–0,9	–5,9	+1,1	+6,0	–5,4	+3,1	–1,3	+4,9	–1,5	+4,1	–3,6
Ордубад	–5,8	+4,1	+0,3	–3,9	–2,3	–0,3	+1,2	–1,1	+1,8	–12,3	+1,4	–3,6
Джульфа	–1,7	+2,6	+3,7	+3,9	+10,2	+4,2	+5,1	–0,6	+5,5	–2,0	+2,1	+1,3
Шахбуз	–4,8	–6,3	–9,5	–8,7	–8,9	–4,7	+0,6	–3,6	+2,9	–10,3	+0,1	–10,5
Шарур	–1,5	–3,9	–5,4	+5,2	–3,6	–4,3	+3,6	–0,6	+6,7	–0,1	+1,8	–0,2

По методу линейного тренда за период 1961–2015 гг. повсеместное увеличение количества атмосферных осадков наблюдалось лишь в сентябре (+0,7...+10,1 мм), а уменьшение – только в январе (–2,1...–18,0 мм) (табл. 4). В июле, августе и ноябре (за исключением станции Шахбуз) отмечено увеличение, а в июне и декабре (за исключением станции Джульфа) – уменьшение количества атмосферных осадков.

Таблица 4

Изменение количества атмосферных осадков по методу линейного тренда, мм

Table 4

Change in the amount of precipitation by the linear trend method, mm

Станция	Порядковый номер месяца											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Нахичевань	–2,1	+0,1	–6,7	+0,1	+5,9	–9,6	+4,1	0,0	+6,8	+0,8	+0,8	–3,1
Ордубад	–9,4	+7,8	+0,9	–8,9	–3,9	–8,4	+1,2	+0,4	+0,8	–16,9	+4,4	–2,1

Окончание табл. 4
Ending table 4

Станция	Порядковый номер месяца											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Джульфа	-18,0	+7,3	+7,2	+4,9	+15,8	+6,3	+10,7	+1,7	+10,2	-2,1	+6,0	+4,8
Шахбуз	-10,3	-9,9	-17,2	-24,4	-18,4	-11,0	-0,9	-6,0	+0,7	-15,1	-4,3	-13,9
Шарур	-3,1	-2,0	-6,9	+7,3	-6,6	-9,9	+6,2	+3,1	+10,1	+9,9	+2,1	-0,2

Проведенный анализ показывает, что на территории Нахичеванской АР по всем станциям и по всем месяцам в 31 случае отмечено увеличение, а в 29 случаях – уменьшение количества осадков. Также можно сказать, что наличие статистически незначимых колебаний в рядах атмосферных осадков указывает на периодический характер изменения в этих рядах [32].

Другая особенность пространственного распределения изменения количества атмосферных осадков заключается в том, что в Джульфе в десяти месяцах, в Нахичевани в восьми месяцах, а в Ордубаде и Шаруре в шести месяцах наблюдалось увеличение количества осадков, только в Шахбузе отмечено уменьшение этого климатического показателя на протяжении почти всего года (за исключением сентября). В течение 1961–2015 гг. годовое количество атмосферных осадков увеличилось в Джульфе (на 59,4 мм, или 29 % по отношению к норме [3]), Нахичевани (на 5,5 мм, или 2 %) и Шаруре (на 4,5 мм, или 2 %). Значительное уменьшение годового количества осадков наблюдалось в Ордубаде (на 48,5 мм, или 18 %) и Шахбузе (на 146,1 мм, или 38 %). Данную особенность можно проследить по многолетней динамике годового количества атмосферных осадков (рис. 4).

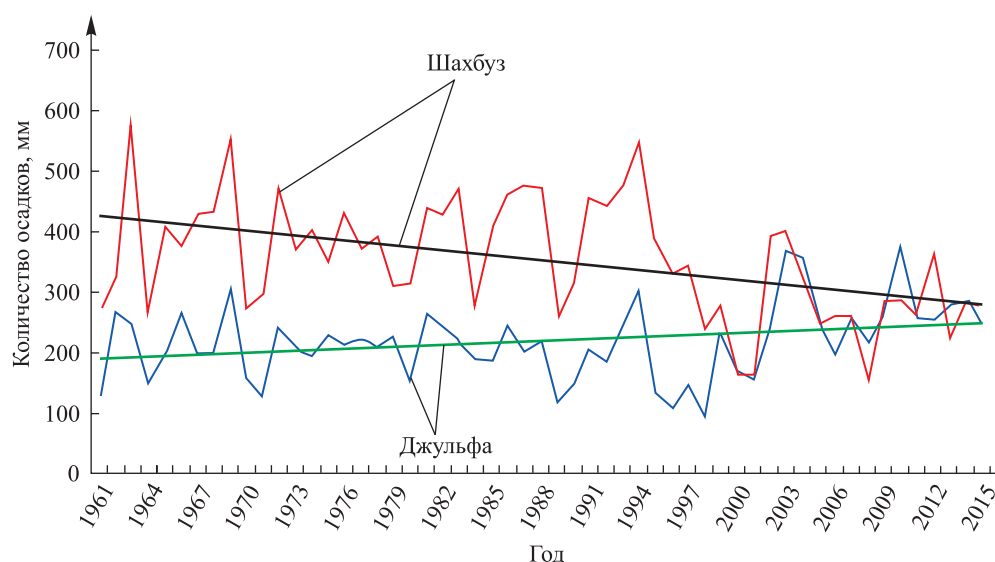


Рис. 4. Многолетняя динамика и тенденции изменения количества атмосферных осадков по гидрометеорологическим станциям Джульфа и Шахбуз

Fig. 4. Long-term dynamics and tendencies of change of the amount of atmospheric precipitation in the hydrometeorological stations of Julfa and Shahbuz

В связи с тем что теплый период года имеет большое хозяйственное значение, проведен сравнительный анализ количества атмосферных осадков за теплый (апрель – октябрь) и холодный (ноябрь – март) периоды года. Сопоставление осуществлялось по среднееголетним данным за 1961–1990 и 1991–2015 гг. (табл. 5).

Как видно из табл. 5, в 1991–2015 гг. годовое количество осадков уменьшилось по сравнению с уровнем 1961–1990 гг. в Нахичевани (–29,0 мм), Шаруре (–32,2 мм) и Шахбузе (–73,1 мм), а увеличилось в Джульфе (+1,2 мм) и Ордубаде (+27,0 мм). На этом фоне наблюдались уменьшение количества осадков за теплый период в Шаруре (–10,2 мм), Нахичевани (–23,8 мм) и Шахбузе (–37,1 мм) и его увеличение в Джульфе (+5,7 мм) и Ордубаде (+21,8 мм). Рост количества атмосферных осадков за холодный период отмечен только в Ордубаде (+5,6 мм).

Таблица 5

Результаты оценки изменения количества атмосферных осадков за теплый и холодный периоды и в целом за год методом разницы, мм

Table 5

The results of assessing the change in the amount of atmospheric precipitation for the warm, cold periods and in general for the year by the method of difference, mm

Станция	Теплый период (апрель – октябрь)			Холодный период (ноябрь – март)			Год в целом		
	1961–1990	1991–2015	Разница	1961–1990	1991–2015	Разница	1961–1990	1991–2015	Разница
Нахичевань	163,1	139,3	–23,8	114,0	108,8	–5,2	277,1	248,1	–29,0
Ордубад	127,0	148,8	+21,8	80,1	85,7	+5,6	207,1	234,1	+27,0
Джульфа	150,0	155,7	+5,7	105,1	96,6	–8,5	255,1	256,3	+1,2
Шахбуз	226,5	189,4	–37,1	160,2	127,6	–32,6	387,5	314,4	–73,1
Шарур	166,7	156,5	–10,2	117,3	97,6	–19,7	284,0	251,8	–32,2

Также можно отметить, что в 1991–2015 гг. отношение количества осадков за теплый период к их годовому количеству в Ордубаде составило 63,6 %, в Шаруре – 62,1 %, в Джульфе – 60,7 %, в Шахбузе – 60,2 %, в Нахичевани – 56,1 %. Таким образом, за последние 25 лет 56,1–63,6 % атмосферных осадков выпадали в теплый период года.

Выводы

Проведена оценка вековой (за 1891–2015 гг.) тенденции изменения количества атмосферных осадков по гидрометеорологической станции Нахичевань, а также возможных изменений годового количества атмосферных осадков по гидрометеорологической станции Нахичевань за различные климатические периоды (1891–1910, 1911–1940, 1941–1971, 1972–2015), повторяемости различных градаций (101–150, 151–200, 201–250, 251–300, 301–350, 351–400 мм) годового количества атмосферных осадков, современной тенденции изменения месячных и годовых сумм атмосферных осадков на территории Нахичеванской АР, вычислены вертикальные градиенты месячных и годовых сумм атмосферных осадков, для этих периодов получены статистические уравнения зависимости количества осадков от высоты местности. Представленные оценки имеют прикладной характер. Их с успехом можно использовать при оптимальном планировании и возделывании пожнивных сельскохозяйственных культур, обосновании поливного режима, оценке количества атмосферных осадков на различных высотах рассматриваемой территории и т. д.

Библиографические ссылки

1. Babayev SY. *Naxçıvan Muxtar Respublikasının coğrafiyası*. Bakı: Elm; 1999. 298 s.
2. Hacıyev İM, İsmayilov B. *Naxçıvan Muxtar Respublikası – 90: quruculuq salnaməsi*. Naxçıvan: Əcəmi; 2014. 184 s.
3. Səfərov SH, Mahmudov RN. *Müasir iqlim dəyişmələri və Azərbaycan*. İmanov FƏ, Mikayılqızı S, redaktorlar. Bakı: Ziya; 2011. 312 s.
4. Груза ГВ, Ранькова ЭЯ, Рочева ЭВ. Анализ глобальных данных об изменении приземной температуры воздуха за период инструментальных наблюдений. *Метеорология и гидрология*. 1989;1:22–31.
5. Ефимова НА, Строкина ЛА. Изменение аномалий приземной температуры воздуха на территории России с 1981 по 1993 г. *Метеорология и гидрология*. 1998;7:114–119.
6. Ранькова ЭЯ, Груза ГВ. Индикаторы изменений климата России. *Метеорология и гидрология*. 1998;1:5–18.
7. Сафаров СГ. Основные этапы создания метеорологической информационной базы в Азгоскомгидромете. В: Веселов ВМ, Шаймарданов МЗ, редакторы. *Труды Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – мирового центра данных*. Выпуск 170. Обнинск: Гидрометеоиздат; 2002. с. 230–239.
8. Boer GJ, McFarlane NA, Lazare M. Greenhouse gas-induced climate change simulated with the CCC second-generation general circulation model. *Journal of Climate*. 1992;5(10):1045–1077. DOI: 10.1175/1520-0442(1992)005<1045:GGCCSW>2.0.CO;2.
9. Simulation of regional climate change models and regional modeling techniques. In: Houghton JT, Meira Filho LG, Callander BA, Harris N, Kattenberg A, Maskell K, editors. *Climate change 1995: the science of climate change. Contribution of Working Group I to the second assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press; 1996. p. 443–482.

10. Wigley TML, Jones PD, Kelly PM. Scenario for a warm, high-CO₂ world. *Nature*. 1980;283(5742):17–21. DOI: 10.1038/283017a0.
11. Williams LJ, Shaw D, Mendelson R. Evaluating GCM output with impact models. *Climate Change*. 1998;39(1):111–133. DOI: 10.1023/A:1005369006034.
12. Будыко МИ, Израэль ЮА, редакторы. *Антропогенные изменения климата*. Ленинград: Гидрометеониздат; 1987. 406 с.
13. Будыко МИ, Борзенкова ИИ, Менжулин ГВ, Селяков КИ. Предстоящие изменения регионального климата. *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 1992;4:36–52.
14. Мамедов АВ. Климаты и ландшафты Закавказья в плиоцене. *Известия Академии наук Азербайджанской ССР. Серия наук о земле*. 1990;2:98–106.
15. *Climate change 1995: the science of climate change. Summary for policymakers and technical summary of the Working Group I report*. Geneva: World Meteorological Organization; 1996. 56 p. Co-published by the United Nations Environment Programme.
16. Анисимов ОА, Поляков ВЮ. К прогнозу изменения температуры воздуха для первой четверти XXI столетия. *Метеорология и гидрология*. 1999;2:25–31.
17. Чередниченко Александр В, Чередниченко Алексей В, Чередниченко ВС. Современные климатические циклы во временных рядах температуры и осадков над Казахстаном. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*. 2017;4:15–34.
18. Гордов ЕП, Богомолов ВЮ, Генина ЕЮ, Шульгина ТМ. Анализ региональных климатических процессов Сибири: подход, данные и некоторые результаты. *Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии*. 2011;9(1):56–66.
19. Переведенцев ЮП, Верещагин МА, Шанталинский КМ, Наумов ЭП, Хабутдинов ЮГ. *Изменения климатических условий и ресурсов Среднего Поволжья*. Наумов ЭП, редактор. Казань: Центр инновационных технологий; 2011. 296 с.
20. Аламанов СК, Лелевкин ВМ, Подрезов ОА, Подрезов АО. *Изменение климата и водные проблемы в Центральной Азии*. Москва: [б. и.]; 2006. 190 с.
21. Переведенцев ЮП, Гоголь ФВ, Наумов ЭП, Шанталинский КМ. Глобальные и региональные изменения климата на рубеже XX и XXI столетий. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*. 2007;2:5–12.
22. Dore MHI. Climate change and changes in global precipitation patterns: what do we know? *Environment International*. 2005;31(8):1167–1181. DOI: 10.1016/j.envint.2005.03.004.
23. Никуличев ЮВ. *Глобальные климатические изменения: новые вызовы и география изменений. Специализированная информация*. Москва: [б. и.]; 2016. 45 с.
24. Tayanç M, İm U, Doğruel M, Karaca M. Climate change in Turkey for the last half century. *Climatic Change*. 2009;94(3–4):483–502. DOI: 10.1007/s10584-008-9511-0.
25. Логинов ВФ. *Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия*. Минск: ТетраСистемс; 2008. 496 с.
26. Черенкова ЕА. *Изменения атмосферных осадков на Восточно-Европейской равнине и их связь с долгопериодными колебаниями климата в Северной Атлантике* [диссертация]. Москва: [б. и.]; 2019. 302 с.
27. Сафаров СГ. *Современная тенденция изменения температуры воздуха и атмосферных осадков в Азербайджане*. Баку: Элм; 2000. 299 с.
28. Мамедов АС. *Современные климатические изменения в Азербайджане и их прогнозирование*. Баку: МБМ; 2015. 328 с.
29. Логинов ВФ, редактор. *Климат Беларуси*. Минск: Институт геологических наук НАН Беларуси; 1996. 234 с.
30. Мадатзаде АА, Шихлинский ЭМ, редакторы. *Климат Азербайджана*. Баку: Издательство Академии наук Азербайджанской ССР; 1968. 343 с.
31. Рагимов ХШ. Современные и ожидаемые условия естественного увлажнения на территории Азербайджана. *Coğrafiya və təbii resurslar*. 2015;1:41–48 (на азерб.).
32. Литвинова ОС, Гуляева НВ. Анализ временных рядов осадков Обь-Иртышского междуречья в XX – начале XXI в. *Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата*. 2010;1(1):45–54.

References

1. Babayev SY. *Naxçıvan Muxtar Respublikasının coğrafiyası*. Bakı: Elm; 1999. 298 s.
2. Hacıyev İM, İsmayilov B. *Naxçıvan Muxtar Respublikası – 90: quruculuq salnaməsi*. Naxçıvan: Əcəmi; 2014. 184 s.
3. Səfərov SH, Mahmudov RN. *Müasir iqlim dəyişmələri və Azərbaycan*. İmanov FƏ, Mikayıloğlu S, redaktorlar. Bakı: Ziya; 2011. 312 s.
4. Gruza GV, Ran'kova EYa, Rocheva EV. [Analysis of global data on changes in surface air temperature over the period of instrumental observations]. *Meteorologiya i gidrologiya*. 1989;1:22–31. Russian.
5. Efimova NA, Strokina LA. [Changes in surface air temperature anomalies in Russia from 1981 to 1993]. *Meteorologiya i gidrologiya*. 1998;7:114–119. Russian.
6. Ran'kova EYa, Gruza GV. [Indicators of climate change in Russia]. *Meteorologiya i gidrologiya*. 1998;1:5–18. Russian.
7. Safarov SG. [The main stages of creating a meteorological information base in the Azgоскомгидромет]. In: Veselov VM, Shaimardanov MZ, editors. *Trudy Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta gidrometeorologicheskoi informatsii – mirovogo tsentra damykh. Vypusk 170* [Proceedings of the All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information – World Data Center. Issue 170]. Obninsk: Gidrometeoizdat; 2002. p. 230–239. Russian.
8. Boer GJ, McFarlane NA, Lazare M. Greenhouse gas-induced climate change simulated with the CCC second-generation general circulation model. *Journal of Climate*. 1992;5(10):1045–1077. DOI: 10.1175/1520-0442(1992)005<1045:GGCCSW>2.0.CO;2.
9. Simulation of regional climate change models and regional modeling techniques. In: Houghton JT, Meira Filho LG, Callander BA, Harris N, Kattenberg A, Maskell K, editors. *Climate change 1995: the science of climate change. Contribution of Working Group I to the second assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press; 1996. p. 443–482.
10. Wigley TML, Jones PD, Kelly PM. Scenario for a warm, high-CO₂ world. *Nature*. 1980;283(5742):17–21. DOI: 10.1038/283017a0.

11. Williams LJ, Shaw D, Mendelson R. Evaluating GCM output with impact models. *Climate Change*. 1998;39(1):111–133. DOI: 10.1023/A:1005369006034.
12. Budyko MI, Izrael' YuA, editors. *Antropogennyye izmeneniya klimata* [Anthropogenic climate change]. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1987. 406 p. Russian.
13. Budyko MI, Borzenkova II, Menzhulin GV, Selyakov KI. [Upcoming changes in the regional climate]. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya*. 1992;4:36–52. Russian.
14. Mamedov AV. [Climates and landscapes of Transcaucasia in the Pliocene]. *Izvestiya Akademii nauk Azerbaidzhanskoi SSR. Seriya nauk o zemle*. 1990;2:98–106. Russian.
15. *Climate change 1995: the science of climate change. Summary for policymakers and technical summary of the Working Group I report*. Geneva: World Meteorological Organization; 1996. 56 p. Co-published by the United Nations Environment Programme.
16. Anisimov OA, Polyakov VYu. [To the forecast of air temperature changes for the first quarter of the 21st century]. *Meteorologiya i gidrologiya*. 1999;2:25–31. Russian.
17. Cherednichenko Alexander V, Cherednichenko Aleksey V, Cherednichenko VS. [Modern climatic cycles in time series of temperature and precipitation over Kazakhstan]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*. 2017;4:15–34. Russian.
18. Gordov EP, Bogomolov VYu, Genina EYu, Shulgina TM. Analysis of regional climate processes in Siberia: method, data and some results. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Informatsionnye tekhnologii*. 2011;9(1):56–66. Russian.
19. Perevedentsev YuP, Vereshchagin MA, Shantalinskii KM, Naumov EP, Khabutdinov YuG. *Izmeneniya klimaticheskikh uslovii i resursov Srednego Povolzh'ya* [Changes in climatic conditions and resources of the Middle Volga region]. Naumov EP, editor. Kazan: Tsentr innovatsionnykh tekhnologii; 2011. 296 p. Russian.
20. Alamanov SK, Lelevkin VM, Podrezov OA, Podrezov AO. *Izmenenie klimata i vodnye problemy v Tsentral'noi Azii* [Climate change and water problems in Central Asia]. Moscow: [s. n.]; 2006. 190 p. Russian.
21. Perevedentsev YuP, Gogol' FV, Naumov EP, Shantalinskii KM. [Global and regional climate change at the turn of the 20th and 21st centuries]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*. 2007;2:5–12. Russian.
22. Dore MHI. Climate change and changes in global precipitation patterns: what do we know? *Environment International*. 2005;31(8):1167–1181. DOI: 10.1016/j.envint.2005.03.004.
23. Nikulichev YuV. *Global'nye klimaticheskie izmeneniya: novye vyzovy i geografiya izmenenii. Spetsializirovannaya informatsiya* [Global climatic changes: new challenges and geography of changes. Specialised information]. Moscow: [s. n.]; 2016. 45 p. Russian.
24. Tayanc M, İm U, Doğruel M, Karaca M. Climate change in Turkey for the last half century. *Climatic Change*. 2009;94(3–4): 483–502. DOI: 10.1007/s10584-008-9511-0.
25. Loginov VF. *Global'nye i regional'nye izmeneniya klimata: prichiny i sledstviya* [Global and regional climate change: causes and consequences]. Minsk: TetraSistems; 2008. 496 p. Russian.
26. Cherenkova EA. *Izmeneniya atmosferykh osadkov na Vostochno-Evropeiskoi ravnine i ikh svyaz' s dolgoperiodnymi kolebaniyami klimata v Severnoi Atlantike* [Changes in atmospheric precipitation in the East European Plain and their relationship with long-term climate fluctuations in the North Atlantic] [dissertation]. Moscow: [s. n.]; 2019. 302 p. Russian.
27. Safarov SG. *Sovremennaya tendentsiya izmeneniya temperatury vozdukh i atmosferykh osadkov v Azerbaidzhane* [Modern tendency of air temperature and precipitation changes in Azerbaijan]. Baku: Elm; 2000. 299 p. Russian.
28. Mamedov AS. *Sovremennyye klimaticheskie izmeneniya v Azerbaidzhane i ikh prognozirovaniye* [Modern climatic changes in Azerbaijan and their forecasting]. Baku: MBM; 2015. 328 p. Russian.
29. Loginov VF, editor. *Klimat Belarusi* [Climate of Belarus]. Minsk: Institut geologicheskikh nauk NAN Belarusi; 1996. 234 p. Russian.
30. Madatzade AA, Shikhinskii EM, editors. *Klimat Azerbaidzhana* [Climate of Azerbaijan]. Baku: Izdatel'stvo Akademii nauk Azerbaidzhanskoi SSR; 1968. 343 p. Russian.
31. Rahimov KhSh. The current and expected natural moistening conditions in the territory of Azerbaijan. *Geography and Natural Resources*. 2015;1:41–48. Azerbaijanian.
32. Litvinova OS, Gulyaeva NV. The analysis of time numbers of deposits Ob-Irtys interfluvies in XX – beginning XXI centuries. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*. 2010;1(1):45–54. Russian.

Получена 12.04.2021 / исправлена 16.06.2021 / принята 01.10.2021.
Received 12.04.2021 / revised 16.06.2021 / accepted 01.10.2021.