



УДК 551.5

DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-4-569-579

Динамика основных метеопоказателей на территории Северо-Казахстанской области за 1966–2020 гг.

¹Седельников И.А., ²Смагулова Е.Н.

Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева
Казахстан, 150000 г. Петропавловск, ул. Пушкина, 86
E-mail: igor_sko_kz_94@mail.ru, skmeteo2014@gmail.com

Аннотация. На основе статистического блока данных метеостанций о температуре и осадках за период с 1966 по 2020 г. анализируются климатические изменения на территории Северо-Казахстанской области. Рассматривается многолетняя изменчивость годовой температуры воздуха, количества выпавших осадков за холодный (ноябрь – март) и теплый (апрель – октябрь) периоды как за весь временной интервал, так и за базовый и постбазовый периоды, установленные Всемирной метеорологической организацией. Проведен анализ внутригодовых изменений метеорологических параметров, определены средние значения (климатические нормы), стандартное отклонение, максимальные и минимальные значения. За исследуемый период прослеживается увеличение среднегодовых температур и разнонаправленная динамика по осадкам – формируется все более усиливающаяся контрастность между западной и восточной частями региона. Определено, что наибольшим изменениям метеорологических величин подвергся холодный период: все чаще зимы имеют положительные отклонения от нормы как в термическом режиме, так и в количестве атмосферных осадков.

Ключевые слова: температура воздуха, атмосферные осадки, изменение климата, климатическая норма, Казахстан, тренд

Для цитирования: Седельников И.А. Смагулова Е.Н. 2023. Динамика основных метеопоказателей на территории Северо-Казахстанской области за 1966–2020 гг. Региональные геосистемы, 47(4): 569–579. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-4-569-579

Dynamics of Main Weather Indicators in the North Kazakhstan Region for 1966–2020

¹Igor A. Sedelnikov, ²Ekaterina N. Smagulova

M. Kozybayev North Kazakhstan University
86 Pushkin St, Petropavlovsk, 150000, Kazakhstan
E-mail: igor_sko_kz_94@mail.ru, skmeteo2014@gmail.com

Abstract. Climatic changes on the territory of the North Kazakhstan region are analysed based on the statistical data block of weather stations on the temperature and precipitation for the period from 1966 to 2020. The long-term variability of the annual air temperature, the amount of precipitation for cold (November–March) and warm (April–October) periods are considered both for the entire time interval, and for the base and post-base periods established by the World Meteorological Organization. The analysis of intra-annual changes in meteorological parameters was carried out, average values (climatic norms), standard deviation, maximum and minimum values were determined. During the study period, the increase of average annual temperatures and multidirectional dynamics in precipitation are observed – an increasing contrast between the western and eastern parts of the region is formed. It is determined that the cold period underwent the greatest changes in meteorological values: increasingly, more winters have positive deviations from the norm, both in the thermal regime and in the amount of precipitation.

Key words: air temperature, precipitation, climate change, climatic norm, Kazakhstan, trend



For citation: Sedelnikov I.A. Smagulova E.N. 2023. Dynamics of Main Weather Indicators in the North Kazakhstan Region for 1966–2020. Regional Geosystems, 47(4): 569–579. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-4-569-579

Введение

Глобальные изменения климата – одна из основных современных проблем, беспокоящих научное сообщество и общество в целом. В последние десятилетия экологические и климатические исследования достигли значительных успехов в понимании многомерных аспектов этой проблемы. Межгосударственная группа экспертов по изменению климата в своем последнем докладе представила убедительные доказательства того, что наша планета сталкивается с серьезными изменениями, вызванными деятельностью человека [МГЭИК, 2021].

В настоящее время опубликовано множество работ, в которых изложены существующие последствия и предложены модельные эксперименты, демонстрирующие усиление засухи, увеличение региональной температуры, изменения в количестве выпавших осадков. Наблюдаемое в течение нескольких последних лет потепление связано с изменениями в крупномасштабном гидрологическом цикле, такими как увеличение содержания водяного пара в атмосфере; изменение режима, интенсивности и экстремальных величин осадков; уменьшение снежного покрова и широкомасштабное таяние льда; изменения в почвенной влаге и стоке [Бэйтс и др., 2008]. Данные процессы объясняются, прежде всего, изменением формы циркуляции атмосферы с субширотной до 1980-х гг., на субмеридиональную в последние десятилетия [МГЭИК, 2021]. Другой причиной называют глобальное потепление в северном полушарии. Резкое изменение температурно-влажностного режима оказывает влияние на многие отрасли экономики, а также влияет на жизнь и деятельность человека в целом.

Несмотря на имеющийся ряд публикаций прикладного характера по динамике агроклиматического потенциала – для более детального изучения и актуализации температурных характеристик и условий увлажнения, от сочетания которых зависит выбор культур и пути развития земледелия в целом [Пашков, Присич, 2020; Пашков, 2021], и медико-климатических условий [Пашков, Мажитова, 2016; Мажитова, Пашков, 2017] территории, фиксируется пробел в актуализированных данных об основных метеорологических показателях и климатических изменениях на территории СКО.

Целью настоящего исследования является анализ изменений основных метеопараметров на территории Северо-Казахстанской области (СКО) Республики Казахстан с начала постоянных метеонаблюдений до 2020 года.

Объекты и методы исследования

Теоретической и методологической основой исследования послужили многочисленные публикации отечественных, российских и зарубежных авторов, посвященные вопросам изменения климата [Климат Казахстана, 1959; Долгих и др., 2006; Бэйтс и др., 2008; Шерстюков, 2008; Сальников и др., 2014; Perevedentsev et al., 2018; Чередниченко и др., 2019] и обусловленные им региональные климатические процессы и явления [Дубовик, 2009; Ондон, 2016; Горный и др., 2021; Сычев, Налиухин, 2021; Зарубин, 2022; Онуфриева, Коршунов, 2022; Петухова, Кондратьев, 2023].

Основой исследования являлся анализ данных многолетних метеорологических наблюдений за температурой воздуха и атмосферными осадками на метеостанциях сети филиала Республиканского государственного предприятия «Казгидромет» по Северо-Казахстанской области [Фондовые материалы..., 1966–2020]. Использована

метеорологическая информация восьми репрезентативных метеостанций (Петропавловск, Явленка, Саумалколь, Сергеевка, Рузаевка, Булаево, Тайынша, Кишкенеколь). Для анализа выбран период, имеющий непрерывный ряд наблюдений с 1966 по 2020 г. Также выбор периода связан с изменением системы наблюдений за атмосферными осадками с 1966 года. Помимо этого, ряды наблюдений дополнены материалами из научно-прикладных справочников [Агроклиматические ресурсы ..., 2017]. Кроме основного периода, рассматривалось сравнение изменений метеопараметров за базовый (1966–1990 гг.) и постбазовый (1991–2020 гг.) периоды, установленные Всемирной метеорологической организацией. Базовый период используется для оценок изменений климата в долгосрочной перспективе, постбазовый – для определения сдвигов климатических параметров.

Анализ региональных изменений климата проводился с применением традиционных в климатологии методов тренд-анализа и корреляционного анализа [Адаменко и др., 1982]. Для оценки скорости изменения метеорологических параметров использовался угловой коэффициент наклона линии тренда (КНЛТ), позволяющий определить направление и величину изменения изучаемых величин. Коэффициент наклона линии тренда (α) характеризует скорость изменения метеопараметра. Положительное значение коэффициента (α) указывает на рост, а отрицательное – на уменьшение. Коэффициент детерминации (R^2) применялся для количественной оценки вклада линейных трендов в общую изменчивость анализируемых показателей [Аргучинцева, 2007]. Кроме этого, использован картографический метод для визуализации выявленных изменений на территории СКО. Достоверность полученных результатов проверялась с использованием критериев Фишера.

Исследуемая территория расположена между 52° и 55° с.ш. в зоне сочленения Западно-Сибирской равнины и Казахского мелкосопочника (Сарыарка). Территория представляет собой однообразную плоскую лесостепную и степную равнину, слабо наклоненную в северо-восточном направлении. Абсолютные отметки равнины на западе и юге, вблизи предгорной части Урала, Тургайского плато и области Казахского мелкосопочника, колеблются от 150 до 750 м, а на крайнем северо-востоке снижаются до 100 м. Площадь исследуемого региона составляет 98,0 тыс. кв. км.

Результаты и их обсуждение

Температурный режим. Распределение температуры воздуха на изучаемой территории в целом носит зональный характер и меняется с севера на юг. Резкие колебания температур наблюдаются на всей территории не только по сезонам года, но и в течение суток. Наиболее холодными месяцами являются январь ($-17,3^\circ\text{C}$) и февраль ($-15,7^\circ\text{C}$), жарким – июль ($+20,3^\circ\text{C}$). Средняя годовая температура в пределах СКО меняется от $+2,0$ до $+3,2^\circ\text{C}$.

В ходе анализа обнаружено, что на выбранных для анализа метеостанциях эпизодически наблюдались отрицательные значения среднегодовых температур, однако с 1972 года такие случаи перестали регистрироваться. За рассматриваемый период наблюдается заметная тенденция роста среднегодовых температур (рис. 1).

Проведенный анализ изменений температуры воздуха показывает, что на рассматриваемой территории наблюдается устойчивая тенденция к ее росту. Рост средней годовой температуры отчетливо проявляется на всех метеостанциях в регионе. Эти результаты указывают на долгосрочные изменения климатических условий.

Согласно данным в представленной табл. 1, рост температуры за период 1966–2020 г. на территории СКО составляет от 0,31 до 0,42 $^\circ\text{C}/10$ лет. Наибольшая скорость роста выявлена на метеостанциях Петропавловск и Сергеевка, наименьшая – на метеостанции Саумалколь.

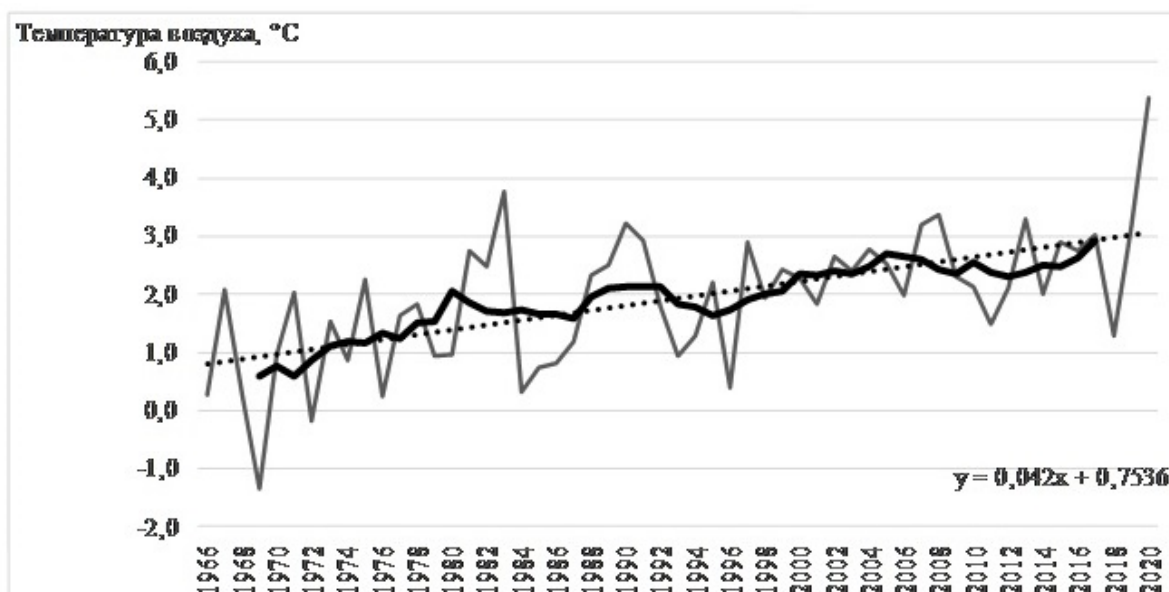


Рис. 1. Многолетний ход средней годовой температуры воздуха за 1966–2020 гг. на метеостанции Петропавловск

Fig.1. Long-term variation of average annual air temperature for 1966–2020 at the Petropavlovsk weather station

Таблица 1
Table 1

Уравнения линейного тренда среднегодовой температуры воздуха для репрезентативных метеостанций СКО
 Equations for the linear trend of average annual air temperature for representative weather stations of the North Kazakhstan region

Метеостанции	Уравнения линейного тренда	Коэффициент наклона линии тренда, °С/10 лет
Петропавловск	$y = 0,042x + 0,7536$	0,42
Явленка	$y = 0,0371x + 1,2684$	0,37
Саумалколь	$y = 0,0308x + 1,572$	0,31
Сергеевка	$y = 0,0421x + 1,1878$	0,42
Рузаевка	$y = 0,0322x + 1,5467$	0,32
Булаево	$y = 0,0318x + 1,143$	0,32

Эти результаты подтверждают предположение о стабильной и долгосрочной тенденции к повышению температур в СКО и коррелируют с ранее опубликованными работами [Долгих и др., 2006; Переведенцев и др., 2013; Переведенцев, 2019; Горный и др., 2021].

При рассмотрении максимальных средних годовых температур воздуха выявлено, что их максимум колебался в диапазоне от +4,4 °С (Явленка, Саумалколь) до +5,4 °С (Петропавловск). Для всех станций максимальная величина была отмечена в 2020 году, исключением стала только метеостанция Явленка, где данный показатель достиг своего максимума в 1983 году. Проявление максимальных значений температур в последние десятилетия также указывает на их заметный рост в регионе.

Минимумы средней годовой температуры воздуха характеризуются небольшими значениями и их разброс составляет от –1,4 °С (Петропавловск) до –0,7 °С (Саумалколь и Рузаевка). В большинстве случаев они были зафиксированы в 1969 году. В целом, минимальные средние годовые температуры наблюдались до 1980-х гг. (табл. 2).

Таблица 2
Table 2Абсолютные максимальные и минимальные среднегодовые температуры воздуха, °С
Absolute maximum and minimum average annual air temperatures, °С

Метеостанции	Максимум	Минимум
Петропавловск	+5,4 (2020)	-1,4 (1969)
Явленка	+4,4 (1983)	-0,8 (1969)
Саумалколь	+4,4 (2020)	-0,7 (1969)
Рузаевка	+4,6 (2020)	-0,7 (1969)
Сергеевка	+5,0 (2020)	-1,1 (1969)
Булаево	+4,9 (2020)	-0,8 (1966)

Средние многолетние значения среднегодовой температуры на всей территории СКО положительные (табл. 3): от +1,9 до +2,4 °С.

Таблица 3
Table 3Средняя многолетняя норма годовых значений температуры воздуха
по исследуемым метеостанциям
Average long-term norm of annual air temperature values at the studied weather stations

Метеостанции	Петропавловск	Явленка	Саумалколь	Сергеевка	Рузаевка
Периоды					
Норма 1966–2020 гг.	+1,9	+2,3	+2,4	+2,3	+2,4
Норма 1966–1990 гг.	+1,4	+1,8	+2,0	+1,7	+2,0
Норма 1991–2020 гг.	+2,4	+2,7	+2,8	+2,7	+2,8

По данным табл. 3 видно, что средние годовые температуры на всех метеостанциях в период 1991–2020 гг. значительно выше, чем в период 1966–1990 гг.

Для визуализации изменений норм среднегодовых температур составлена карта (рис. 2), которая позволяет наглядно оценить территориальные изменения в термическом режиме в пределах СКО. Количество наблюдательных пунктов для создания такого рода карты было ограничено, поэтому использовался метод интерполяции. Использование данного метода позволяет заполнить пространственные пробелы в данных и дает возможность создать плавную и непрерывную карту климатических параметров на основе имеющихся наблюдений.

В северной части области наблюдается наименьшее изменение температур – температура выше многолетней нормы базового периода всего на 0,7 °С (Петропавловск, Булаево). Более значительные климатические изменения в среднегодовой температуре произошли в восточной части СКО, где показатель повысился на 1,7 °С (Кишкенеколь).

Режим атмосферных осадков. Осадки, как и другие характеристики климата, испытывают большие изменения во времени и пространстве. Количество выпадающих на ту или иную часть материка осадков в первую очередь зависит от преобладания циклональной или антициклональной циркуляции атмосферы над данной территорией. Это особенно справедливо для равнинных условий рельефа, преобладание которых наблюдается в пределах границ СКО. Глубокое внутриматериковое положение, малая повторяемость циклонов и отсутствие горных преград являются причинами малой увлажненности территории. Годовая сумма осадков в более увлажненных северо-западных районах немногим превышает 400 мм в год.

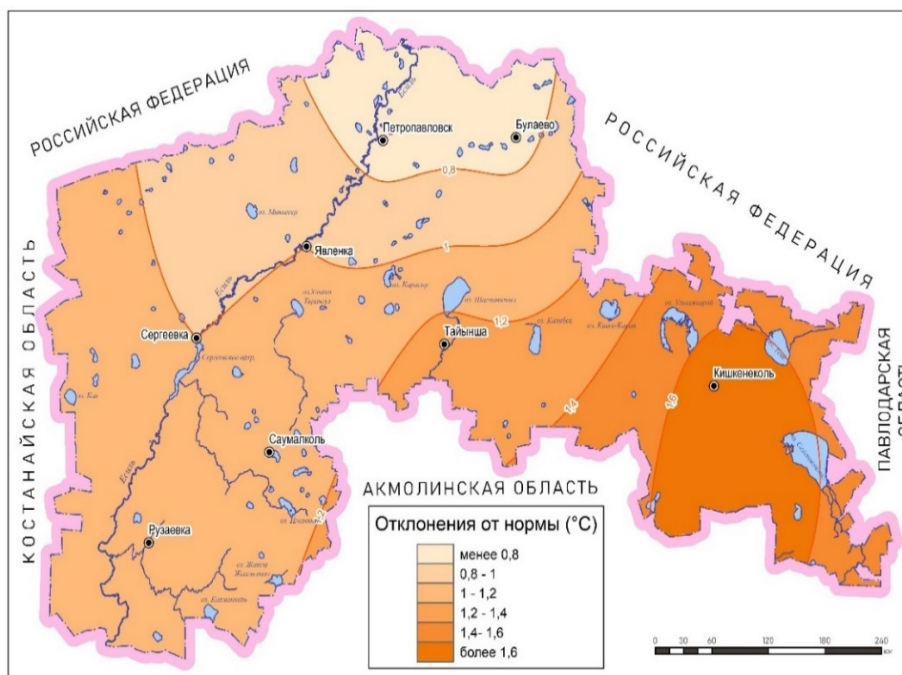


Рис. 2. Отклонения норм среднегодовых температур постбазового периода (1991–2020 гг.) от норм базового периода (1966–1990 гг.)

Fig. 2. Deviations of the norms of average annual temperatures of the post-base period (1991–2020) from the norms of the base period (1966–1990)

Для анализа режима атмосферных осадков на территории СКО рассчитаны многолетняя норма (1966–2020 гг.), а также нормы осадков в теплый и холодный периоды за 1966–1990 гг. и 1991–2020 гг., выявлены максимальные и минимальные значения величины для разных периодов (табл. 4).

Таблица 4
Table 4

Максимальное и минимальное количество осадков на территории СКО, мм
 Maximum and minimum precipitation on the territory of the North Kazakhstan region, mm

Метеостанции	Теплый период		Холодный период		Год	
	R _{min}	R _{max}	R _{min}	R _{max}	R _{min}	R _{max}
Явленка	69,8	438,4	13,3	153,4	83,1	511,3
Петропаловск	142,9	440,5	50,5	186,5	255,1	593,8
Саумалколь	114,2	509,5	35,1	223,7	159,3	669,2
Рузаевка	91,6	513,8	43,0	159,1	159,3	499,4
Сергеевка	20,2	455,9	55,5	169,0	159,3	534,4
Булаево	130,1	507,2	39,5	168,3	203,2	589,5

Аномально высокие значения в распределении осадков проявлялись в 1990, 2001 и 2016 гг. Исключение наблюдалось на метеостанции Петропавловск, где 2016 год не характеризуется избытком увлажнения в холодный период.

Холодный период года с минимальной суммой осадков на изучаемой территории зафиксирован в 1995 году – 13,3 мм, максимальной – в 2016 году (223,7 мм). Среди месячных значений холодного периода максимальное значение 74,2 мм принадлежит декабрю 2016 года, минимальное – 0,4 мм в декабре 1974 года (Саумалколь).

Многолетняя динамика сумм осадков холодного периода имеет устойчивую тенденцию к росту со скоростью от 3,9 до 18,5 мм/10лет. (табл. 5).

Таблица 5
Table 5

Статистические характеристики режима атмосферных осадков (мм)
для репрезентативных метеостанций СКО
Statistical characteristics of atmospheric precipitation regime (mm)
for representative meteorological stations of North Kazakhstan region

Метеостанции	Осадки холодный период (ХП)		Осадки теплый период (ТП)	
	Уравнения линейного тренда	КНЛТ мм/ 10 лет	Уравнения линейного тренда	КНЛТ мм/ 10 лет
Петропавловск	$y = 0,4737x + 91,654$	4,7	$y = 0,1813x + 267,51$	1,8
Явленка	$y = 0,385x + 72,87$	3,9	$y = 0,8067x + 250,65$	8,1
Саумалколь	$y = 1,8509x + 63,006$	18,5	$y = 1,0186x + 279,74$	10,2
Сергеевка	$y = 0,6537x + 82,131$	6,5	$y = 0,6987x + 254,12$	7,0
Рузаевка	$y = 1,0565x + 66,935$	10,6	$y = 0,0241x + 255,86$	0,2
Булаево	$y = 0,4365x + 86,512$	4,4	$y = 0,01191x + 283,27$	0,1

Самым влажным месяцем теплого периода за весь период наблюдений является июль 1994 года, в котором на метеостанции Петропавловск выпало 207,8 мм, что составило 360 % нормы. Самый сухой месяц этого периода май 1980 года, в котором не наблюдалось выпадения осадков на метеостанции Явленка.

Анализ многолетней динамики атмосферных осадков показал, что наибольшие и наименьшие суммы осадков отличаются от среднемноголетних значений в 1,5–2 раза. Помимо этого, четко прослеживается преобладание осадков теплого периода над осадками холодного периода (в 2,5–3 раза).

Разница между нормами 1966–1990 гг. и 1991–2020 гг. также значительна. В теплый период года максимальное увеличение нормы осадков фиксируется на метеостанции Саумалколь (на 53,3 мм). Уменьшение нормы наблюдается на метеостанции Кишкенеколь (на 56,9 мм). Таким образом, разница составила 110,2 мм, что говорит о сильном контрасте в территориальном распределении атмосферного увлажнения между западной и восточной частями области. Это связано с тем, что нахождение последней приходится на подветренную сторону в положении дождевой тени [Пашков, 2021] (рис. 3).

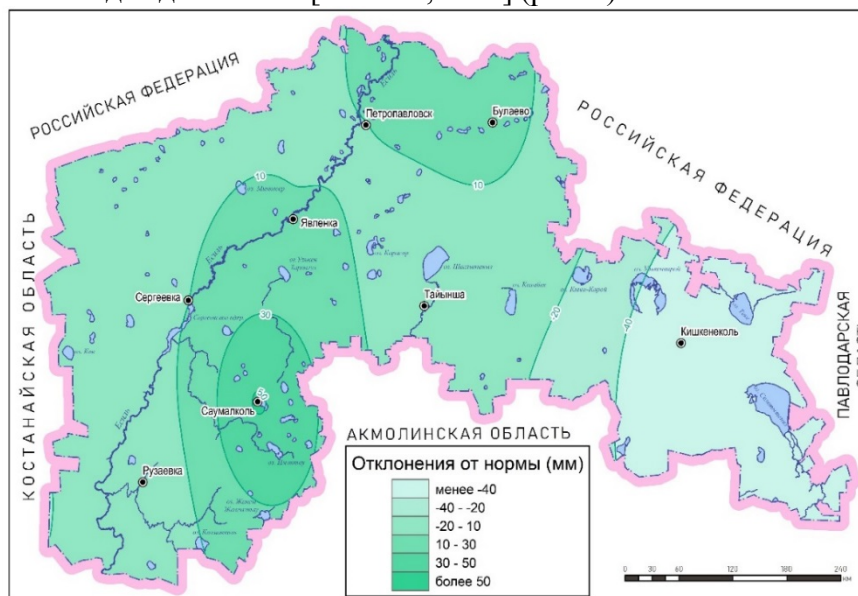


Рис. 3. Отклонения норм осадков теплого времени года постбазового периода от норм базового периода
Fig. 3. Deviations of precipitation norms for the warm season of the post-base period from the norms of the base period

При анализе режима осадков в холодное время года были выявлены следующие динамические закономерности. Наибольшая динамика роста осадков отмечается на метеостанции Саумалколь, где зафиксировано увеличение их количества на 52,2 мм. Этот факт указывает на то, что западная часть исследуемой территории стала более влажной в холодный период, что может сказаться на аграрных производственных процессах и гидрологическом балансе этой зоны. С другой стороны, в восточной части региона выявлена отрицательная тенденция изменения суммы осадков. Максимальное уменьшение осадков зафиксировано на метеостанции Кишкенеколь, где норма снизилась на 7,5 мм (рис. 4).

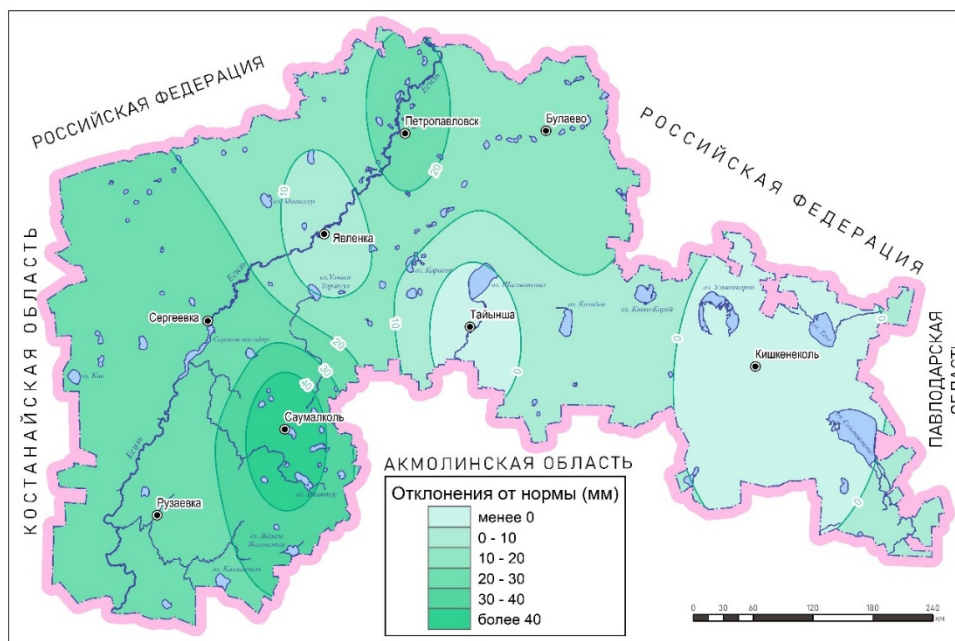


Рис. 4. Отклонения норм осадков холодного времени года постбазового периода (1991–2020 гг.) от норм базового периода (1966–1990 гг.)

Fig.4. Deviations of precipitation norms for the cold season of the post-base period (1991–2020 гг.) from the norms of the base period (1966–1990 гг.)

На всех метеостанциях региона наблюдается увеличение количества осадков за холодный период года. Наиболее наглядно это демонстрирует график, составленный по данным наблюдений на метеостанции Саумалколь (рис. 5).

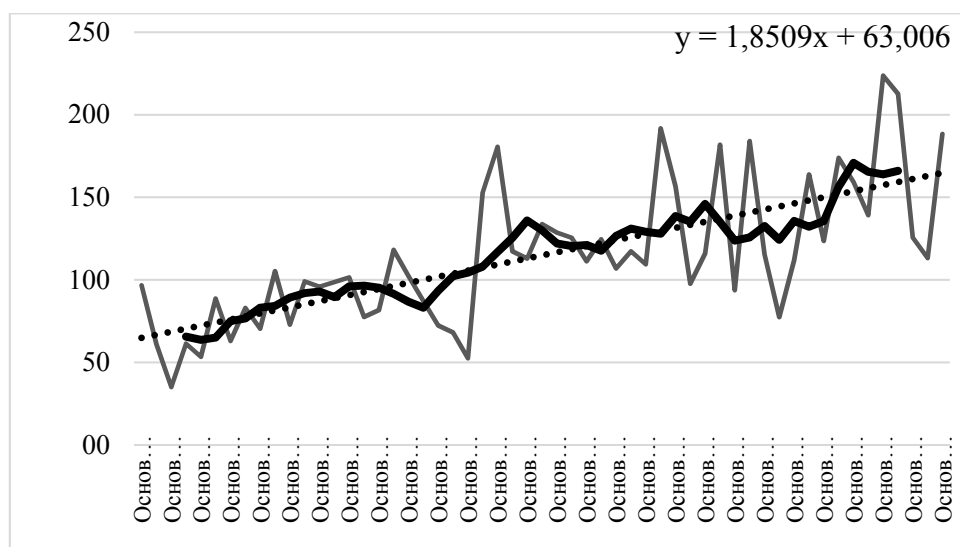


Рис. 5. Осадки за холодный период года на метеостанции Саумалколь, мм

Fig.5. Precipitation during the cold period of the year at the Saumalkol weather station, mm

Заключение

Анализ метеорологических показателей на территории Северо-Казахстанской области за период 1966–2020 гг. выявил систематические изменения в термическом режиме, соответствующие глобальным тенденциям, начавшимся в 70-х годах XX века. Это свидетельствует о взаимосвязи климатических процессов на планете. В ходе исследования выявлено, что с 1972 года отрицательные значения среднегодовых температур стали отсутствовать, а с 1980-х годов началась стабильная тенденция к их повышению. Температура увеличивается на всех рассмотренных метеостанциях, включая те, которые подвержены воздействию холодных воздушных масс. Рост температур составил от 0,31 до 0,42 °C/10 лет с наибольшей скоростью в Петропавловске и Сергеевке. Максимальные температуры также увеличиваются, особенно в последние десятилетия.

В многолетней динамике атмосферных осадков наблюдаются разнонаправленные изменения. Суммарное количество осадков в холодном периоде растет, особенно на западе региона (метеостанция Саумалколь), в то время как восточная часть (метеостанция Кишкенеколь) испытывает отрицательную тенденцию. Различия между периодами 1966–1990 гг. и 1991–2020 гг. в теплом периоде также значительны, указывая на контраст в территориальном распределении атмосферного увлажнения в регионе.

Таким образом, самые значительные изменения замечены в холодный период, характеризующийся увеличением положительных отклонений от нормы как в термическом режиме, так и в количестве атмосферных осадков.

В целом, результаты свидетельствуют о долгосрочных изменениях климатических условий в СКО, с повышением температур и переменами в режиме атмосферных осадков, что может иметь важные последствия для сельского хозяйства и экосистем региона.

Список источников

- Агроклиматические ресурсы Северо-Казахстанской области. 2017. Научно-прикладной справочник. Астана, 125 с.
- Аргучинцева А.В. 2007. Методы статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений. Иркутск, ИГУ, 105 с.
- Бэйтс Б.К., Кундцевич З.В., Палютикоф Ж.П. 2008. Изменение климата и водные ресурсы. Технический документ Межправительственной группы экспертов по изменению климата. Женева, Секретариат МГЭИК, 228 с.
- Климат Казахстана. 1959. Ленинград, Гидрометеиздат, 371 с.
- МГЭИК. 2021: Резюме для политиков. В: Изменение климата, 2021 год: Физическая научная основа. Вклад Рабочей группы I в Шестой оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата. Кембридж юниверсити пресс. 48 с.
- Переведенцев Ю.П., Мохов И.И., Елисеев А.В. 2013. Теория общей циркуляции атмосферы. Казань, Казанский университет, 224 с.
- Фондовые материалы филиала РГП «Казгидромет» по СКО. 1966–2020. Суточные данные по температуре и осадкам метеостанций Северо-Казахстанской области за 1966–2020 гг.

Список литературы

- Адаменко В.Н., Масанова М.Д., Четвериков А.Ф. 1982. Индикация изменений климата, методы анализа и интерпретации. Ленинград, Гидрометеиздат, 110 с.
- Горный В.И., Киселев А.В., Крицук А.Г., Латыпов И.Ш., Тронин А.А. 2021. Спутниковое картирование тепловой реакции подстилающей поверхности Северной Евразии на изменение климата. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 18(6): 155–164. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2021-18-6-155-164>.
- Долгих С.А., Смирнова Е.Ю., Сабитаева А.У. 2006. К вопросу о построении сценариев изменения климата Казахстана. Гидрометеорология и экология, 1(40): 7–19.
- Дубовик О.Л. 2009. Изменение климата и его воздействие на динамику и функционирование экосистем. Право и политика, 4: 909–916.



- Зарубин Д.А. 2022. Изменение климата как эколого-правовая проблема. *Сибирский антропологический журнал*, 6 (4): 171–174. <https://doi.org/10.31804/2542-1816-2022-6-4-171-174>.
- Мажитова Г.З., Пашков С.В. 2017. Оценка влияния природных условий на комфортность проживания населения Северо-Казахстанской области. В кн.: *Современные проблемы географии и геологии. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*, Томск, 16–19 октября 2017. Томск, НИ ТГУ, Т. 1: 558–561.
- Ондон К. 2016. Продовольственная безопасность и изменение климата. *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*, 42: 205–210.
- Онуфриева О.А., Коршунов Г.В. 2022. Изменение климата: глобальные тренды и Российская повестка. *Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета*, 5–1(137): 115–119.
- Пашков С.В. 2021. Агрландшафтное районирование Северо-Казахстанской области: экологические предпосылки. *Геосферные исследования*, 3: 92–103. <https://doi.org/10.17223/25421379/20/7>.
- Пашков С.В., Присич М.В. 2020. Актуализация природного агропотенциала Северо-Казахстанской области в свете интенсификации земледелия. В кн.: *Развитие и внедрение современных наукоемких технологий для модернизации агропромышленного комплекса. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 125-летию со дня рождения Т.С. Мальцева*, Курган, 05 ноября 2020. Курган, Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева: 261–267.
- Пашков С.В., Мажитова Г.З. 2016. Медико-географическая оценка комфортности климатических условий Северо-Казахстанской области. *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*, 3: 88–98.
- Переведенцев Ю.П. 2019. Современные изменения климата и их последствия. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2: 98–102.
- Петухова М.С., Кондратьев М.В. 2023. Изменение климата, сельские территории и сельское хозяйство в Сибири: форсайт-прогноз. *ЭКО*, 53(8): 155–171. <https://doi.org/10.30680/ЕСО0131-7652-2023-8-155-171>.
- Сальников В.Г., Турулина Г.К., Полякова С.Е., Петрова Е.Е. 2014. Изменение климата и его региональные проявления в Казахстане. *Гидрометеорология и экология*, 2(73): 17–31.
- Сычев В.Г., Налиухин А.Н. 2021. Изменение климата и углеродная нейтральность: современные вызовы перед аграрной наукой. *Плодородие*, 5(122): 3–7. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2021.122.01>.
- Чередниченко А.В., Чередниченко А.В., Чередниченко В.С. 2019. Климатические колебания температуры и осадков в Северном Казахстане. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2: 17–31.
- Шерстюков Б.Г. 2008. Региональные и сезонные закономерности изменений современного климата. Обнинск, ГУ ВНИИГМИ-МЦД, 246 с.
- Perevedentsev Y.P., Shantalinskii K.M., Guryanov V.V., Eliseev A.V. 2018. Thermodynamic Parameter Variations in the Troposphere and Stratosphere in 1979–2016. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1 (211): 012015. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/211/1/012015>

References

- Adamenko V.N., Masanova M.D., Chetverikov A.F. 1982. *Indikacija izmenenij klimata, metody analiza i interpretacii* [Climate Change Indications, Methods of Analysis and Interpretation]. Leningrad, Publ. Gidrometeoizdat, 110 p.
- Gornyy V.I., Kiselev A.V., Kritsuk S.G., Latypov I.Sh., Tronin A.A. 2021. Satellite Mapping of the Thermal Response of Ecosystems of Northern Eurasia to Climate Change. *Current Problems in Remote Sensing of the Earth From Space*, 18(6): 155–164 (in Russian). <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2021-18-6-155-164>.
- Dolgikh S.A., Smirnova E.Yu., Sabitaeva A.U. 2006. On the Issue of Constructing Climate Change Scenarios for Kazakhstan. *Hydro meteorology and ecology*, 1(40): 7–19 (in Russian).
- Dubovik O.L. 2009. *Izmeneniye klimata i ego vozdeystviye na dinamiku i funkcionirovaniye ekosistem* [Climate change and its impact on the dynamics and functioning of ecosystems]. *Law and politics*, 4: 909–916.
- Zarubin D.A. 2022. Climate Change as an Ecological and Legal Problem. *Siberian Journal of Anthropology*, 6(4): 171–174 (in Russian). <https://doi.org/10.31804/2542-1816-2022-6-4-171-174>.

- Mazhitova G.Z., Pashkov S.V. 2017. Assessment of the Impact of Natural Conditions on the Standard of Living in North Kazakhstan Region. In: Modern Problems of Geography and Geology. Materials of the IV All-Russian Scientific and practical conference with international participation, Tomsk, 16–19 October 2017. Tomsk, Publ. NI TSU, Vol. 1: 558–561 (in Russian)
- Ondon K. 2016. Prodovolstvennaya bezopasnost i izmeneniye klimata [Food Security and Climate Change]. News of the St. Petersburg State Agrarian University, 42: 205–210.
- Onufrieva O.A., Korshunov G.V. 2022. Climate Change: Global Trends and Russian National Agenda. News of the St. Petersburg State Economic University, 5–1(137): 115–119 (in Russian)
- Pashkov S.V. 2021. Agrolandscape Division of North Kazakhstan Region: Econological Premises. Geosphere Research, 3: 92–103 (in Russian) <https://doi.org/10.17223/25421379/20/7>.
- Pashkov S.V., Prisich M.V. 2020. Updating of Natural Agrarian Potential in North Kazakhstan Region in Connection with Agricultural Intensification. In: Development and Implementation of Modern High-Tech Technologies for the Modernization of the Agro-Industrial Complex. Materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 125th anniversary of the birth of T.S. Maltseva, Kurgan, 05 November 2020. Kurgan, Publ. Kurganskaya gosudarstvennaya selskokhozyaystvennaya akademiya im. T.S. Maltseva: 261–267 (in Russian).
- Pashkov S.V., Mazhitova G.Z. 2016. Medical and Geographical Assessment of Comfort of Climatic Conditions in the North Kazakhstan Region. Izvestiya Tula State University. Nauki o Zemle, 3: 88–98 (in Russian).
- Perevedentsev Yu.P. 2019. Current Climate Change and Its Effects. Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology, 2: 98–102 (in Russian).
- Petukhova M.S., Kondratiev M.V. 2023. Climate Change, Rural Areas and Agriculture in Siberia: Foresight Projection. ECO, 53(8): 155–171 (in Russian). <https://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2023-8-155-171>.
- Salnikov V.G., Turulina G.K., Polyakova S.E., Petrova E.E. 2014. Izmeneniye klimata i ego regionalnyye proyavleniya v Kazakhstane [Climate Change and Its Regional Manifestations in Kazakhstan]. Gidrometeorologiya i ekologiya, 2(73): 17–31.
- Sychev V.G., Naliukhin A.N. 2021. Climate Change and Carbon Neutrality: Modern Challenges for Agriculture. Plodorodie, 5(122): 3–7 (in Russian). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2021.122.01>.
- Cherednichenko A.V., Cherednichenko A.V., Cherednichenko V.S. 2019. Climatic Fluctuations in Temperature and Precipitation in Northern Kazakhstan. Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology, 2: 17–31 (in Russian).
- Sherstyukov B.G. 2008. Regional'nye i sezonnye zakonomernosti izmenenij sovremennogo klimata [Regional and Seasonal Patterns of Changes in Modern Climate]. Obninsk, Publ. GU VNIIGMI-MTsD, 246 p.
- Perevedentsev Y.P., Shantalinskii K.M., Guryanov V.V., Eliseev A.V. 2018. Thermodynamic Parameter Variations in the Troposphere and Stratosphere in 1979–2016. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1 (211): 012015. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/211/1/012015>

*Поступила в редакцию 23.10.2023;
поступила после рецензирования 22.11.2023;
принята к публикации 05.12.2023*

*Received October 23, 2023;
Revised November 22, 2023;
Accepted December 05, 2023*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Седельников Игорь Александрович, преподаватель кафедры географии и экологии, Северо-Казакстанский университет им. М. Козыбаева, г. Петропавловск, Казакстан

Смагулова Екатерина Николаевна, магистрант кафедры географии и экологии, Северо-Казакстанский университет им. М. Козыбаева, г. Петропавловск, Казакстан

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Igor A. Sedelnikov, Lecturer of the Department of Geography and Ecology, M. Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, Kazakhstan

Ekaterina N. Smagulova, Master's student of the Department of Geography and Ecology, M. Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, Kazakhstan