

УДК 551.582

**НОРМЫ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ В БАЗОВЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПЕРИОДЫ
1961-1990 и 1991-2020 гг. В РЕСПУБЛИКЕ КАЛМЫКИЯ**

© 2025 г. Н.М. Новикова*, С.С. Уланова***

**Институт водных проблем РАН*

Россия, 119333 г. Москва, ул. Губкина, д. 3. E-mail: ntnovikova@gmail.com

***Институт комплексных исследований аридных территорий*

Россия, Республика Калмыкия, 358005 г. Элиста, ул. Хомутникова, д. 111

E-mail: svetaulanova@yandex.ru

Поступила в редакцию 05.03.2025. После доработки 01.06.2025. Принята к публикации 01.07.2025.

Проблема изменения региональных климатических условий, а особенно аридизации природной среды засушливых районов России в связи с глобальным потеплением, крайне актуальна в настоящее время. Она обусловила изучение и публикацию значительного количества результатов исследований изменения основных метеоэлементов – температуры и осадков на территории Республики Калмыкия, в которой недостаток влагообеспеченности и дефицит собственных водных ресурсов лимитируют развитие экономики и неблагоприятны для проживания населения. Проведенные исследования и публикации направлены на выявление пространственно-временной изменчивости метеорологических условий и увлажненности территории Калмыкии в разные временные периоды – от одного года до полувека. Однако до сих пор отсутствуют работы, характеризующие климатические нормы в базовые климатические периоды, установленные Всемирной метеорологической организацией. Результаты, изложенные в данной статье, оригинальны и впервые характеризуют по основным параметрам два соседствующих базовых климатических периода 1961-1990 и 1991-2020 гг. и различие между ними. Нормы температуры и осадков для этих периодов в Калмыкии определены расчетным путем на основании суточных данных, полученных из архива Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации для двух метеорологических станций, входящих в систему Всемирной метеорологической организации, – Элиста и Яшкуль. Для первого периода (1961-1990 гг.) значения нормы среднегодовой температуры на метеостанциях составляют 9.3 и 10.2°C; для второго – 10.2 и 11.2°C. Норма годовой суммы осадков для первого периода составляет 344.1 и 244.1 мм, для второго – 385.3 и 281.6 мм. Сравнение данных периодов по климатическим нормам выявило, что второй период на обеих метеостанциях оказался теплее почти на 1°C (0.9 и 1.0°C), а норма осадков – больше почти на 40 мм (41.1 и 37.5 мм). Изучение направленности изменения температуры и осадков внутри климатических периодов позволило выявить наличие статистически значимого положительного тренда в изменении среднегодовой температуры во втором периоде на обеих метеостанциях и отрицательного статистически значимого тренда в изменении годовой суммы осадков по данным метеостанции Яшкуль. Изменение температуры произошло преимущественно за счет увеличения значений зимнего и летнего сезонов, а осадков – в основном за счет увеличения осадков осеннего и отчасти весеннего сезона, а также заметного снижения их в летний сезон. Сравнение полученных характеристик изменения норм температуры и осадков двух климатических периодов в Калмыкии с аналогичными результатами Всемирной метеорологической организации для России показывает, что сокращение осадков летнего периода в Калмыкии согласуется с общей тенденцией по стране, но температуры Калмыкии растут не медленнее, как в целом по стране, а быстрее, чем в предыдущий период. Установленные тенденции увеличения температуры и снижения осадков на протяжении всего периода наблюдений как в степной, так и в пустынной части Калмыкии можно оценить как ухудшение условий влагообеспеченности территории.

Ключевые слова: базовый климатический период, климатическая норма, средняя многолетняя температура за год и месяц, средняя многолетняя сумма осадков за год, месяц и сезоны года.

DOI: 10.24412/1993-3916-2025-3-12-21

EDN: AEBONG

Проблема изменения глобального климата послужила основанием для более глубокого изучения особенностей его региональных проявлений. Метеорологические условия Республики Калмыкия и их пространственно-временные изменения, воздействие на окружающую среду стали предметом пристального изучения многих исследователей в последнее десятилетие. Как правило, рассматривается изменение среднегодовых и сезонных значений температуры и осадков в течение длительного (50-летнего или более) периода на одной-трех метеорологических станциях: 1966-2017 гг. – Н.А. Шумова (2020, 2021), 1960-2022 гг. – Г.Н. Кониева с соавторами (2023), 1970-2020 гг. – О.В. Назаренко и Д.Н. Гарькуша (2024). В других работах прослеживается изменение погоды в разных районах Калмыкии в течение одного-двух или десятка лет (Ташнинова, 2019, 2020, 2024). Выявленные изменения температуры и осадков, как правило, оцениваются визуально как влагообеспеченность территории, исходя из соотношения суммарных количественных значений соотношения температуры и осадков за исследованные периоды, в отдельных случаях – на основании расчета гидротермических коэффициентов (Шумова, 2021а). По Калмыкии проходит граница между степной и пустынной природными зонами, в связи с чем в публикациях часто обсуждаются вопросы о том, какой из них в рассмотренный период наблюдений соответствуют годовые или средние за ряд лет основные климатические показатели или рассчитанные гидротермические коэффициенты (Шумова, 2021а; Кониева и др., 2023).

Результаты исследований изменения метеорологических условий на территории Калмыкии, проведенные разными авторами с разной степенью детальности, в целом не противоречат друг другу и подтверждают вывод, полученный в работе А.Н. Золотокрылина с соавторами (2014) о том, что в аридных районах на юго-востоке Европейской части России во второй половине XX века наблюдалась многолетняя положительная аномалия влажности регионального климата. Увлажнение отдельных частей территории Калмыкии (Кумо-Маньчской впадины и Северо-Западного Прикаспия) изменялось почти синхронно до начала 1990-х гг. Максимальное увлажнение Северо-Западного Прикаспия отмечалось в конце 1980-х гг., а Кумо-Маньчской впадины – в середине первого десятилетия XXI в. Затем была отмечена смена тенденции увлажнения и, согласно сценарным прогнозам будущего климата, в 2011-2030 гг. ожидается снижение количества осадков во второй половине лета – начале осени. Несмотря на сильные колебания увлажненности территории Калмыкии в предыдущее и текущее столетия, Н.А. Золотокрылин с соавторами (2020) сделал вывод о том, что направленная аридизация территории на юго-востоке Европейской части России отсутствует, поскольку процесс этот колебательный и в отдельные временные периоды отмечается как пониженная атмосферная влагообеспеченность, так и повышенная. Этот вывод подтверждается геоботаническими исследованиями (Сафронова и др., 2023), которые свидетельствуют о неизменности границы пустыни и степи Калмыкии во второй половине XX – начале XXI вв.

Метеорологические условия отдельных лет формируют особенности климата, которые приводят к заметным изменениям растительности и почв (Лазарева и др., 2022; Новикова и др., 2020; Ташнинова, 2020), структуры землепользования (Шумова, 2021б); режима водных объектов (Уланова, 2022; Уланова и др., 2024). Поэтому знания об особенностях изменения климатических параметров важны и для науки, и для практических целей.

Разнообразие и сильная изменчивость метеорологических условий в мире и необходимость ведения мониторинга обусловили разработку единого подхода к ее изучению на основе выделения базовых климатических периодов длительностью в 30 лет. Средние значения параметров принимаются в качестве нормы для этого периода. Первым базовым периодом по рекомендации Всемирной метеорологической организации (ВМО) были приняты 1961-1990 гг. До конца 2020 года наиболее актуальным и широко используемым стандартным базисным периодом для расчета климатических норм был 30-летний период 1981-2010 гг. А затем Комиссия ВМО рекомендовала принять новый 30-летний базовый уровень 1991-2020 гг. на глобальном уровне. Многие страны Европы уже приняли его. Кроме того, ВМО пришло к мнению, что 30-летние базисные периоды должны обновляться каждые 10 лет, чтобы лучше отражать меняющийся климат и его влияние на повседневную погоду. Таким образом появились соседствующие и пересекающиеся климатические периоды. Однако для целей исторического сравнения и мониторинга изменения климата ВМО по-прежнему рекомендует использовать период 1961-1990 годов для расчета и отслеживания глобальных климатических аномалий как относительно фиксированного и общего базисного периода (Обновленный ..., 2021).

При рассмотрении разности норм двух климатических периодов 1961-1990 и 1991-2020 гг. как одного из показателей изменений климата были обнаружены региональные особенности проявления климатических изменений в различных регионах России (Коршунова, Швець, 2023). Для последнего 30-летия выявлено замедление потепления во все сезоны. Нормы осадков 1991-2020 гг. летнего периода уменьшились на большей части страны, в то время как в южных районах Якутии, Амурской области и Приморье на отдельных метеорологических станциях произошло значительное увеличение, а разность норм превышает 20 мм.

В настоящей работе рассчитаны и сравниваются основные климатические параметры (нормы) двух базовых непересекающихся климатических периодов 1961-1990 и 1991-2020 годов.

Материалы и методы

Территория Калмыкии включает несколько крупных орографических элементов: возвышенность Ергени, Кумо-Манычскую впадину, Сарпинскую и Прикаспийскую низменности. Большая часть Прикаспийской низменности располагается в пустынной зоне, остальная часть Калмыкии – в южной подзоне степной зоны (опустыненные степи). Мы, вслед за И.Н. Сафроновой (2019), не выделяем зону полупустынь. Граница между степной и пустынной зонами проводится от пункта Никольское на правом берегу р. Волги в Астраханской области к пункту Бурун в Калмыкии, далее на юго-запад проходит южнее пункта Сарпа к Шатта и далее – почти по меридиану между подножием возвышенности Ергени и Прикаспийской низменностью к пункту Кумской на р. Кума на границе Калмыкии, далее – до р. Терек. Для климата южной части степной зоны (опустыненных степей), согласно существующим многолетним данным (Агроклиматические ..., 1974; Атлас ..., 1974; Сафронова, 2019), характерно выпадение 250-300 мм осадков с максимумом в июне-июле; средняя температура января – от -10 до -11°C ; июля – $+24-25^{\circ}\text{C}$. На светло-каштановых суглинистых почвах формируются полукустарничково-дерновиннозлаковые степи с господством плотнoderновинных злаков (виды родов *Stipa*, *Festuca*, *Agropyron*, *Koeleria*) и полукустарничков (виды рода *Artemisia* из подрода *Seriphidium*, виды рода *Chenopodiaceae: Kochia prostrata* (L.) Schrad., *Camphorosma monspeliaca* L.; Горяев, 2020; Сафронова, Юрковская, 2015). В пустынной зоне (северные пустыни) годовая сумма осадков снижается до 130-250 мм, январь – теплее, средняя температура – от -4 до -8°C , а июля – $+25-25.5^{\circ}\text{C}$ (Агроклиматические ..., 1974; Атлас ..., 1974). На суглинистых бурых почвах распространены растительные сообщества с господством полыни Лерха (*Artemisia lerchiana* Web.), на бугристых песках – песчаной полыни (*A. arenaria* DC.), злаков и кустарников (виды рода *Calligonum*; Горяев, 2020; Сафронова, Юрковская, 2015). Латинские названия видов растений даны по С.К. Черепанову (1995).

В данной работе особенности климата степной зоны характеризуют данные метеостанции Элиста, пустынной зоны – метеостанция Яшкуль. Метеостанция Элиста (географические координаты: $46^{\circ} 31'$ с.ш., $44^{\circ} 26'$ в.д.) располагается на возвышенности Ергени на высоте 155 м н.у.м. БС; метеостанция Яшкуль (географические координаты: $46^{\circ} 11'$ с.ш., $45^{\circ} 21'$ в.д.) – на Прикаспийской низменности, на абсолютной высоте минус 7 м н.у.м. БС. Инструментальные наблюдения на станциях были организованы в начале XX века (в 1928 и 1937 гг. соответственно), но регулярные и полные суточные данные сохранились на обеих станциях с 1 января 1944 г. Обе станции входят в систему ВМО.

Исходными данными для расчетов послужили архивные данные Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – мирового центра данных по минимальной, среднесуточной и максимальной температуре воздуха, сумме осадков за сутки за период 1961-2020 гг.

По суточным данным каждой метеостанции для каждого из 2 климатических периодов (1961-1990 и 1991-2020 гг.) были рассчитаны средние многолетние значения (нормы) температуры и осадков для каждого месяца, года, теплого и холодного периодов, для каждого из 4 сезонов. Значения нормы для каждого периода сравнивались между собой для каждой станции, а изменения – между станциями. Затем были рассчитаны тренды для каждого климатического периода на обеих станциях с целью определения их статистической значимости и построены графики значений температуры и осадков в каждый период. Все расчеты и построение графиков проводились в программе Excel. Статистическая значимость α коэффициента корреляции r оценивается по

таблице XV в работе Е.А. Дмитриева (1995, стр. 305) на основании n – величины выборки. Для гидрологических и метеорологических синусоидально меняющихся данных С.Н. Крицкий и М.Ф. Менкель (1981) установили, что для статистически значимой величины коэффициент корреляции r должен быть не менее 0.30 (Кузьмина, 2005).

Проведенные расчеты позволили получить количественные значения нормы температуры и осадков для каждого периода, сравнить их между собой, оценить направленность и статистическую значимость трендов этих параметров в каждый климатический период для метеостанций Элисты и Яшкуля.

Результаты и обсуждение

В результате проведенных расчетов были получены средние многолетние значения (нормы) для характеристики температуры и осадков за каждый из 2 климатических периодов для Элисты и Яшкуля (табл.).

Таблица. Значение климатических норм температуры и осадков за два климатических периода: 1 – 1961-1990 гг., 2 – 1991-2020 гг. по данным метеостанций Элиста и Яшкуль.

Показатель за период	Элиста			Яшкуль		
	Климатический период, годы		Разница между периодами и (2-1)	Климатический период, годы		Разница между периодами (2-1)
	1961-1990	1991-2020		1961-1990	1991-2020	
Температура, Т°С, среднее многолетнее значение						
год	9.3	10.2	0.9	10.2	11.2	1.0
зима	-4.6	-3.2	-1.4	-3.8	-2.3	-1.5
весна	9.2	9.9	0.7	10.2	10.9	0.7
лето	23.0	24.1	1.1	24.1	25.3	1.2
осень	9.5	10.1	0.6	10.3	10.9	0.6
теплый период (4-9 мес.)	18.9	19.5	0.6	19.9	20.6	0.7
холодный период [(1-3)+(10-12) мес.]	-0.3	0.9	1.3	0.5	1.8	1.3
Осадки, мм, среднее многолетнее значение суммы						
год	344.1	385.3	41.2	244.1	281.6	37.5
зима	73.0	77.1	4.1	42.7	47.1	4.4
весна	75.2	110.2	35.0	56.6	84.7	28.1
лето	115.3	100.8	-14.5	82.8	81.1	-1.7
осень	80.7	97.2	16.5	62.0	68.7	6.7
теплый период (4-9 мес.)	202.6	212.8	10.2	151.3	169.6	18.3
холодный период [(1-3)+(10-12) мес.]	141.5	172.5	31.0	92.8	112.1	19.3

Температура. Анализ полученных данных (табл.) показывает, что второй климатический период (1991-2020 гг.) оказался теплее предыдущего (1961-1990 гг.). Значение практически всех показателей температуры увеличились на 0.6-1.5°С на обеих метеостанциях, но в Яшкуле увеличение выше на десятую долю градуса. При этом наибольшие изменения произошли в зимний и летний периоды, в которые приращение температуры составило для Элисты 1.4 и 1.1°С, а для Яшкуля – 1.5 и 1.2°С, что почти в 2 раза выше приращения значений весной и осенью.

Дополнительную информацию об изменениях климатических условий дает анализ данных, не вошедших в таблицу. Безморозный период на обеих станциях в оба климатических периода длится с апреля по октябрь, но в первый период в Яшкуле он был более длительным и заканчивался только в ноябре. Переход температуры через 0 происходит осенью неизменно во все периоды на обеих станциях в декабре, а весной в первый климатический период – в марте. Но в последний

климатический период переход на обеих станциях весной происходит раньше, т.к. передвинулся на февраль. Т.е. продолжительность теплого периода увеличилась и он стал наступать раньше.

Значения сумм активных температур воздуха (сумма среднесуточных температур за период с устойчивой температурой выше 10°C , т.е. за период вегетации). Значение среднемесячной температуры выше 10°C приходилось на обеих станциях в первый климатический период – с апреля по сентябрь. Во второй климатический период – с апреля по октябрь включительно. Т.е. вегетационный период увеличился на месяц за счет потепления еще одного осеннего месяца. Самыми холодными годами за два периода в Элисте были 1987 и 1993 гг. со среднегодовыми значениями 7.3 и 7.8°C ; разница составила 0.5°C . Самыми теплыми были 1966 и 2007 гг. со среднегодовыми значениями 10.8 и 11.7°C . Разница между самыми теплыми годами больше, чем между самыми холодными, почти в 2 раза – 0.9°C . Для Яшкуля соответствующие значения: минимальные – 1987 и 1993 гг. с 8.4 и 8.8°C , максимальные – 1966 и 2020 гг. с 11.8 и 12.7°C . Разница между самыми теплыми и самыми холодными годами Яшкуля такая же, как в Элисте: 0.4 и 0.9°C .

Абсолютные минимальные значения температуры на метеостанции Элиста были зарегистрированы в первый и второй периоды и составили -32.2°C (21.01.1973) и -31.0°C (18.01.2006), а абсолютные максимальные значения температуры составили 41.2°C (26.07.1971) и 43.3°C (11.07.2010). Разница между абсолютными температурами двух периодов составила -0.8°C (январь) и $+1.1^{\circ}\text{C}$ (июль). Отрицательное значение разницы в январе свидетельствует о «повышении» (потеплении) этого значения. На метеостанции Яшкуль абсолютные минимальные значения были зарегистрированы в разные месяцы: в первый период температура составила -32.8°C в январе (30.01.1972), во второй она составила -34.4°C в феврале (05.02.2012), а абсолютные максимальные значения составили 42.2°C (26.07.1966) и 44.4°C (30.07.2011) в июле. Разница этих значений между периодами в Яшкуле – 1.6 и 2.2°C , но, в отличие от Элисты, абсолютное значение минимальной температуры во второй период оказалось ниже первого, но разница между абсолютными максимальными значениями выше, чем между минимальными, как и в Элисте. Тенденция и величины изменений дополнительных параметров температуры на обеих станциях оказались сходными и, как и основные нормы свидетельствуют о потеплении.

По рассчитанным значениям средних многолетних значений температуры за каждый месяц в каждый рассматриваемый период были построены графики, позволяющие наглядно увидеть различие в их годовом ходе (рис. 1).

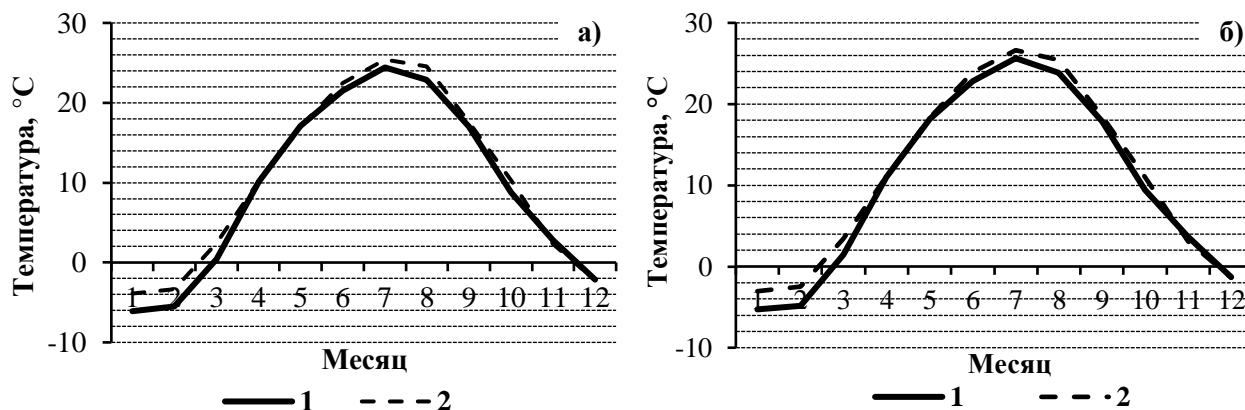
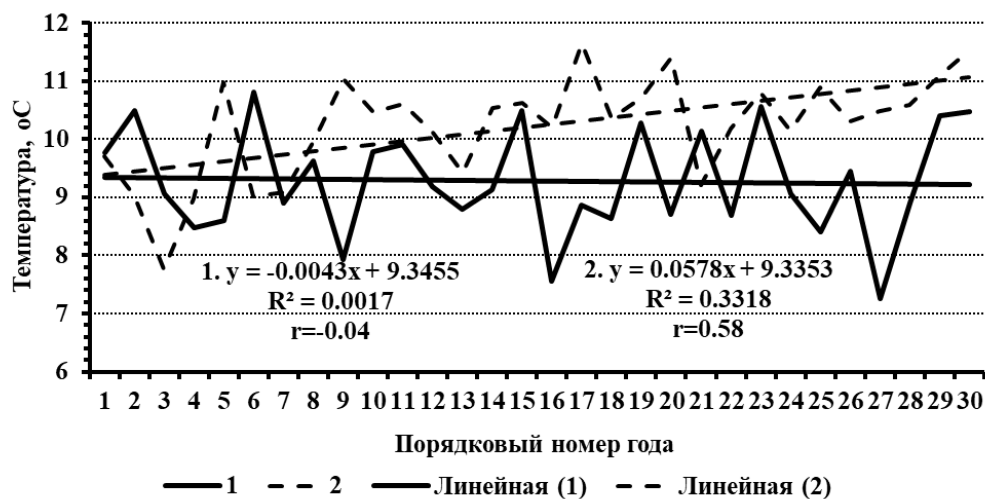


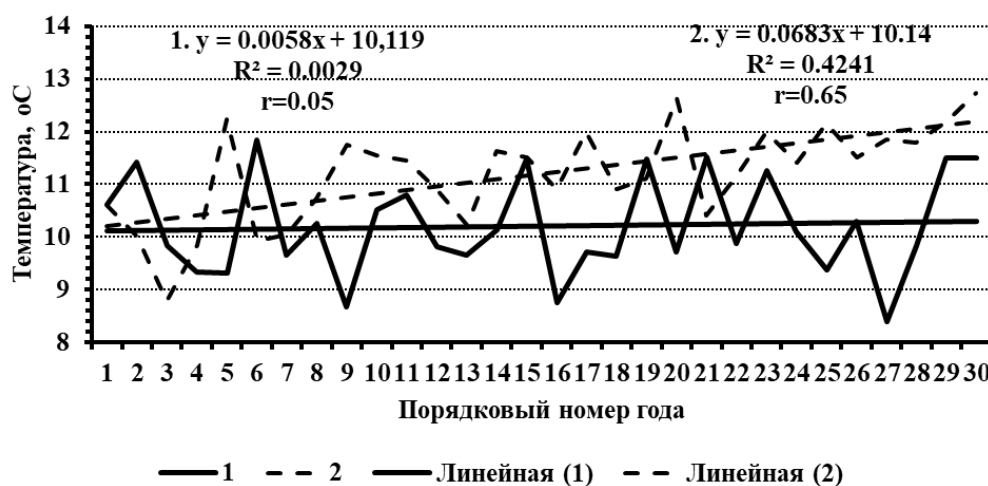
Рис. 1. Значение климатических норм месячной температуры воздуха за 2 климатических периода: 1 – 19161-1990 гг., 2 – 1991-2020 гг. на метеостанциях Элиста (а) и Яшкуль (б).

Рисунок 1 показывает, что многолетние среднемесячные значения температуры воздуха (нормы) за каждый климатический период и их изменение на обеих станциях очень близки. Зимние месяцы (январь-февраль), один весенний (март), все летние и два осенних (сентябрь, октябрь) стали теплее; два весенних (апрель и май) остались без изменений, а один осенний (ноябрь) и один зимний (декабрь) незначительно «похолодали». Эти изменения обеспечили среднюю температуру в Элисте во второй климатический период, равную 10.2°C , что на 0.9°C выше предыдущего; в Яшкуле температура составила 11.2°C , что на 1°C выше предыдущего.

Рассмотрение значений среднегодовой температуры за 2 климатических периода вместе дало основание Н.А. Шумовой (2020) в ее межгодовом распределении выделить 2 периода: период пониженных значений температур воздуха, который продолжался с 1966 по 1994 год, т.е. вышел за пределы первого климатического периода, и период повышенных значений температур, наблюдавшихся с 1994 по 2017 гг., целиком наложившись на второй климатический период. Построенные нами графики изменения среднегодовых значений по отдельным периодам для каждой метеостанции дают возможность визуально рассмотреть их и оценить тенденцию изменения средней за год температуры по периодам по двум метеостанциям (рис. 2). На графиках по оси x даны не конкретные годы, а порядковые номера года в каждом периоде.



а)



б)

Рис. 2. Значение средней годовой температуры воздуха за 2 климатических периода и их линейные тренды: 1 – 1961-1990 гг., 2 – 1991-2020 гг. на метеостанциях Элиста (а) и Яшкуль (б).

Рассмотрение графиков (рис. 2) позволяет сделать вывод о том, что ход температурных кривых на обеих станциях в оба периода имеет большое сходство; диапазон значений на метеостанции Элиста происходит в том же интервале (5°C), что на Яшкуле, но со сдвигом на 1° выше: в Элисте – в диапазоне $7\text{-}12^{\circ}\text{C}$, в Яшкуле – в диапазоне $8\text{-}13^{\circ}\text{C}$. На обеих станциях в первый климатический период динамика среднегодовой температуры практически стабильна и изменения трендов не имеют, поскольку линейные коэффициенты корреляции очень малы (модуль $r = -0.04$ и $r = 0.05$ – много меньше 0.3), а их значения статистически незначимы ($\alpha < 0.1$). При этом в Элисте изменения имеют

отрицательную направленность – некоторую очень слабую статистически незначимую тенденцию к снижению. Во второй климатический период на обеих станциях изменения значений среднегодовой температуры имели положительный и статистически значимый тренд, т.к. коэффициент корреляции был более 0.3 ($r = 0.58$ – Элиста и $r = 0.65$ – Яшкуль) при значимости $\alpha = 0.001$ (Дмитриев, 1995).

Полученные нами результаты отличаются от вывода о замедлении роста температур за второй климатический период, сделанного для всей территории России (Коршунова, Швець, 2023). В 1991-2020 гг., по данным метеостанций Элиста и Яшкуль, рост среднегодовых температур был выше предыдущего климатического периода 1961-1990 гг., т.к. тренд оказался статистически значимым. На обеих станциях потепление произошло за счет роста значения среднемесячных температур зимне-весенних (12-3) и летних (6-9) месяцев.

Осадки. Анализ рассчитанных данных (табл.) показывает, что на обеих метеостанциях нормы осадков во второй климатический период (1991-2020 гг.) оказались выше, чем в предыдущий (1961-1990 гг.), за исключением летних, когда произошло их снижение. Норма годовых сумм увеличилась на 41.2 мм для Элисты и на 37.5 мм для Яшкуля. Основное приращение осадков на обеих метеостанциях произошло за счет весеннего сезона. В Элисте увеличение годовых сумм осадков оказалось выше, чем в Яшкуле, и изменение во все сезоны было более высоким, в т.ч. в летний период, когда сумма осадков снизилась на 14.5 мм, а в Яшкуле – только на 1.7 мм. Снижение нормы летних осадков во второй климатический период характерно также для большей части России (Коршунова, Швець, 2023). В Элисте осадки теплого периода остаются выше, чем в зимний период, но приращение их во второй климатический период в 3 раза меньше, чем в холодный. В Яшкуле приращение осадков холодного и теплого периодов оказалось примерно одинаковым.

В первый климатический период минимальное количество сумм осадков за год на метеостанции Элиста (236.6 мм) было зарегистрировано в 1962 г., во второй период – 260.0 мм в 2020 г. На метеостанции Яшкуль – 12.8 мм в 1962 г. и 165.4 мм в 2020 г., т.е. в те же годы, что и в Элисте. Максимальные значения (453.0 и 488.3 мм) пришлось в Элисте на 1966 и 2005 гг. В Яшкуле (358.6 и 391.8 мм) – на 1961 и 2013 гг., т.е. в другие годы, чем в Элисте. Абсолютный максимум выпадающих осадков в сутки был зарегистрирован в Элисте в первый период – 71.2 мм (09.09.1974), во второй – 62.6 мм (19.06.2002); в Яшкуле в первый – 61.5 мм (29.05.1961), во второй – 85 мм (02.07.2013). Максимальные осадки в Элисте в первый период оказались выше, чем во второй, а в Яшкуле – наоборот. Несовпадение значений и дат их выпадения свидетельствует об отсутствии какой-либо природной закономерности.

По рассчитанным значениям климатических норм осадков за каждый месяц в каждый рассматриваемый период были построены графики, позволяющие наглядно увидеть сходство и различие в их ходе в каждый из периодов на двух метеостанциях (рис. 3).

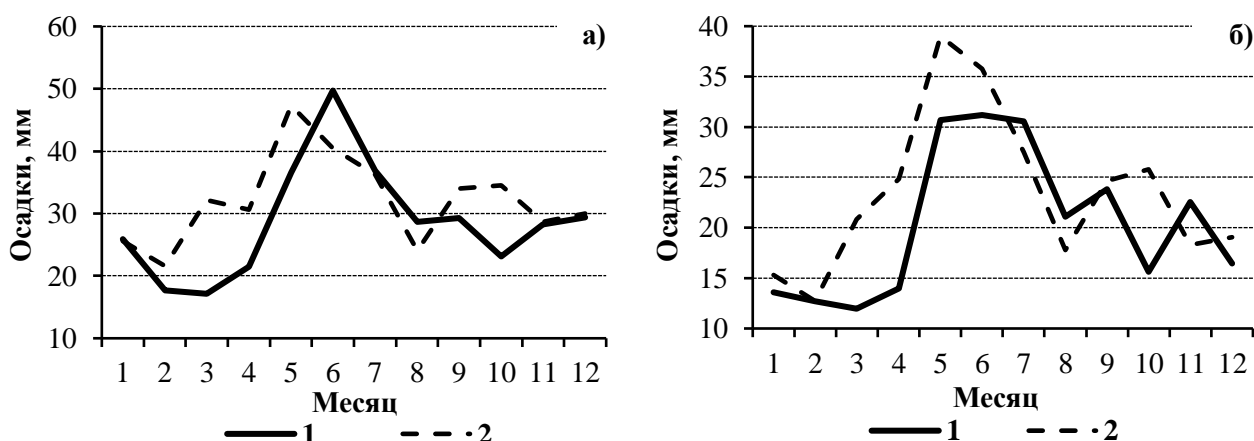


Рис. 3. Значение климатических норм сумм осадков за месяц за 2 климатических периода на метеостанциях Элиста (а) и Яшкуль (б): 1 – 1961-1990 гг., 2 – 1991-2020 гг.

Рассмотрение графиков хода значения норм суммы осадков в месяц в два периода (рис. 3) показывает, что диапазон изменений в течение года на метеостанции Элиста ненамного больше,

чем в Яшкуле – 35 мм против 30 мм. Наименьшее количество осадков в первый период на обеих станциях приходилось на март, наибольшее – на август. Во втором климатическом периоде минимум переместился на февраль, а максимум – на май (на обеих станциях). Основное приращение осадков в Элисте произошло за счет весенних месяцев и двух осенних – сентября и ноября. В Яшкуле – за январь-июнь и ноябрь.

Н.А. Шумова (2020) на основании отношения к среднегодовому значению за рассмотренный ею период 1966-2017 гг. в межгодовом распределении годовых сумм осадков для Яшкуля выделила период пониженных сумм с 1966 по 1986 гг. Эти годы приходятся на первый климатический период, а период повышенных сумм – на 1986-2013 гг., которые частично приходятся на первый период, но большей частью – на второй. Однако затем с 2016 по 2020 гг. произошло резкое снижение осадков на обеих станциях (рис. 4). Построенные нами графики дают возможность визуально рассмотреть и оценить тенденцию изменения годовых сумм осадков по периодам на двух метеостанциях (рис. 4). На графиках по оси x даны не конкретные годы, а порядковые номера года в каждом периоде, что дало возможность совместить их для наглядности на одном графике.

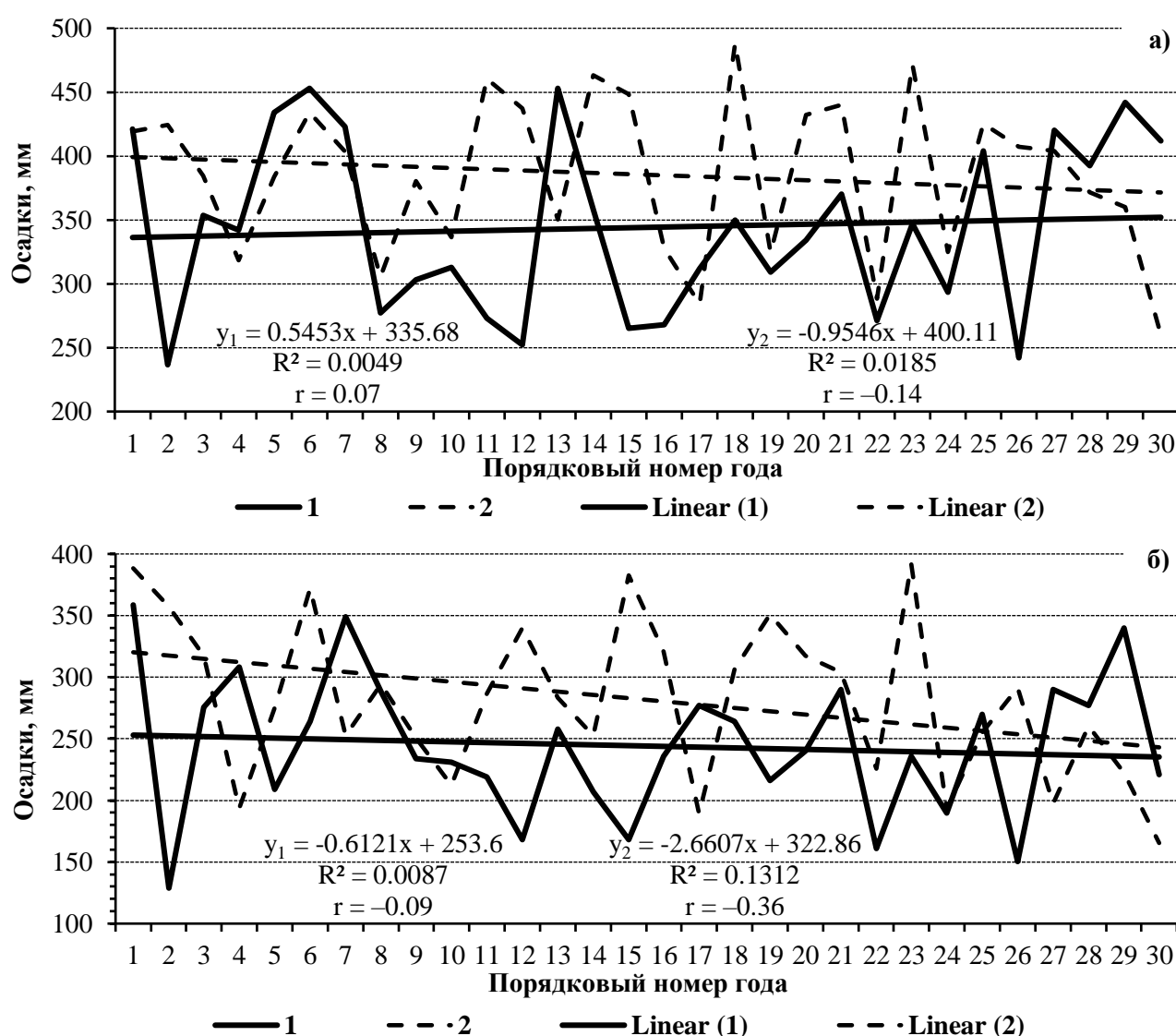


Рис. 4. Значение среднегодовых сумм осадков за 2 климатических периода и их линейные тренды: 1 – 1961-1990 гг., 2 – 1991-2020 гг. на метеостанциях Элиста (а) и Яшкуль (б).

Рассмотрение графиков (рис. 4) позволяет сделать вывод о том, что ход кривых годовых сумм осадков на обеих станциях в оба периода имеет сходство в том, что значения годовых сумм осадков

во второй период существенно выше первого. На метеостанции Элиста в первый климатический период тренд положительный, но статистически незначимый ($r = 0.07$); во второй климатический период – отрицательный, но также статистически незначимый ($r = -0.14$).

На станции Яшкуль в оба климатических периода тренды изменения осадков отрицательные, но в первый период тренд отрицательный и статистически незначимый ($r = -0.09$), во второй период – отрицательный и статистически значимый ($r = -0.36$ при $n = 30$ значимость $\alpha = 0.10$, вероятность $(P = 1 - \alpha = 0.9)$). Однако, несмотря на отрицательный тренд, благодаря высоким значениям годовых сумм осадков, норма второго климатического периода на обеих станциях Калмыкии оказалась выше предыдущего.

Выводы

На территории Калмыкии, по данным метеостанций Элиста и Яшкуль, значение нормы средней годовой температуры для первого периода (1961-1990 гг.) составляет 9.3 и 10.2°C; для второго периода (1991-2020 гг.) – 10.2 и 11.2°C. Значение нормы годовой суммы осадков на этих метеостанциях для первого периода составляет 344.1 и 244.1 мм, для второго – 385.3 и 281.6 мм.

Сравнение 2 климатических периодов по климатическим нормам выявило, что второй период на обеих метеостанциях оказался теплее почти на 1° (0.9 и 1.0°C соответственно), а норма осадков – больше почти на 40 мм (41.1 и 37.5 мм соответственно).

Изменение температуры происходит преимущественно за счет увеличения значений зимнего и летнего периодов, а осадков – за счет увеличения значений осеннего и весеннего периодов и заметного снижения в летний период.

Изучение направленности изменения температуры и осадков внутри климатических периодов позволило выявить наличие статистически значимого положительного тренда в изменении среднегодовой температуры во втором климатическом периоде на обеих метеостанциях и отрицательного статистически значимого тренда в изменении годовой суммы осадков по данным метеостанции Яшкуль.

Сравнение полученных характеристик изменения норм температуры и осадков рассмотренных климатических периодов в Калмыкии с результатами, полученными для территории России, выявило не полное совпадение: снижение осадков летом во второй климатический период повторяет тенденцию, характерную для большей части России, но рост температуры в Калмыкии во второй климатический период не замедляется по сравнению с предыдущим в отличие от тенденции замедления, установленной для большей части России.

Отмеченная тенденция снижения годовых сумм осадков и увеличение температуры воздуха от начала к концу периода наблюдений как в степной, так и в пустынной части Калмыкии можно оценить как ухудшение условий влагообеспеченности территории.

Финансирование. Работа выполнена по госзаданию Института водных проблем РАН, тема № FMWZ-2025-0002 «Исследования процессов формирования качества поверхностных и подземных вод, природных и антропогенных механизмов изменения экологического состояния водных объектов, разработка методов и технологий управления водными ресурсами и качеством вод».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агроклиматические ресурсы КАССР. 1974. Ленинград: Гидрометеиздат. 187 с.
 Атлас Калмыцкой АССР. 1974. М.: ГУГК. 32 с.
 Горяев И.А. 2020. Галофитная растительность Прикаспийской низменности (в пределах Республики Калмыкия). Автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб.: БИН РАН. 20 с.
 Дмитриев Е.А. 1995. Математическая статистика в почвоведении. М.: МГУ. 320 с.
 Золотокрылин А.Н., Титкова Т.Б., Черенкова Е.А. 2014. Увлажнение засушливых земель европейской территории России: настоящее и будущее // Аридные экосистемы. Т. 20 № 2 (59). С. 5-11. [Zolotokrylin A.N., Titkova T.B., Cherenkova E.A. 2014. Humidification of Drylands in European Russia: The Present and Future // Arid Ecosystems. Vol. 4. No. 2. P. 49-54.]
 Золотокрылин А.Н., Титкова Т.Б., Черенкова Е.А. 2020. Аридизация засушливых земель Европейской части России и связь с засухами // Известия РАН. Серия «Географическая». Т. 84. № 2. С. 207-217.
 Кониева Г.Н., Иванова В.И., Адучиева М.Г. 2023. Анализ изменений основных климатических показателей на территории Республики Калмыкия за многолетний период // Известия НВ АУК. № 2 (70). С. 177-184.

- Коришнова Н.Н., Швець Н.В. 2023. Региональные особенности изменения норм основных климатических параметров на территории России // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. № 1 (387). С. 131-147.
- Кузьмина Ж.В. 2005. Оценка последствий изменения режима речного стока для пойменных экосистем при создании малых гидротехнических сооружений на равнинных реках // Метеорология и гидрология. № 8. С. 89-103.
- Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. 1981. Гидрологические основы управления речным стоком. М.: Наука. 255 с.
- Лазарева В.Г., Бананова В.А., Нгуенг Ванг Зунг. 2022. Влияние современных колебаний показателей климата на растительный покров Северо-Западного Прикаспия // Материалы XI заочной научно-практической конференции с международным участием. Элиста: Госуниверситет. С. 12-15.
- Назаренко О.В., Гарькуша Д.Н. 2024. Изменение метеорологических условий в Республике Калмыкии за период 1970-2020 годов // Известия вузов. Естественные науки. № 4-2. С. 49-58.
- Новикова Н.М., Волкова Н.А., Уланова С.С., Чемидов М.М. 2020. Изменение растительности на мелиорированных солонцовых почвах Приергенинской равнины за 10 лет (Республика Калмыкия) // Аридные экосистемы. Т. 26. № 3 (84). С. 30-39. [Novikova N.M., Volkova N.A., Ulanova S.S., Chemidov M.M. 2020. Change in Vegetation on Meliorated Solonchic Soils of the Peri-Yergeniian Plain over 10 Years (Republic of Kalmykia) // Arid Ecosystems. Vol. 10. No. 3. P. 194-202.]
- Обновленный 30-летний базисный период отражает изменение климата. Сайт ВМО. 2021 [Электронный ресурс. <https://meteoinfo.ru/novosti/99-pogoda-v-mire/17951-obnovlennyy-30-letnij-bazisnyj-period-otrazhaet-izmenenie-klimata> (дата обращения 17.02.2025)].
- Сафронова И.Н. 2019. Полупустыня – парадокс XX века // Аридные экосистемы. Т. 25. № 1. С. 3-9. [Safronova I.N. 2019. Semidesert is the Paradox of the Twentieth Century // Arid Ecosystems. Vol. 9. No. 1. P. 1-6.]
- Сафронова И.Н., Каримова Т.Ю., Степанова Н.Ю. 2023. Современный растительный покров Северо-Западного Прикаспия и его картографическое отображение // География и природные ресурсы. Иркутск. № 5. С. 45-51.
- Сафронова И.Н., Юрковская Т.К. 2015. Зональные закономерности растительного покрова равнин Европейской России и их отображение на карте // Ботанический журнал. Т. 100. № 11. С. 1121-1141.
- Ташинова А.А. 2019. К характеристике климатических условий за период с 2008-2018 гг. по Республике Калмыкия // Вестник Института комплексных исследований аридных территорий. № 2 (39). С. 23-26.
- Ташинова А.А. 2020. Анализ изменений основных климатических показателей в Республике Калмыкия за 2020 год // Вестник Института комплексных исследований аридных территорий. № 2 (41). С. 25-30.
- Ташинова А.А. 2024. Изменение климатических условий за 2020-2023 гг. в пределах Ергенинского кластера // Степи северной Евразии: материалы X международного симпозиума. Оренбург: Институт степи. С. 1299-1302.
- Уланова С.С. 2022. Современное состояние водных объектов Республики Калмыкия по результатам мониторинговых исследований 2017-2022 года // Вестник Института комплексных исследований аридных территорий. Т. 26. № 3 (84). С. 19-32.
- Уланова С.С., Новикова Н.М., Горяев И.А. 2024. Пространственно-временное изменение минерализации воды искусственных водоемов Калмыкии // Аридные экосистемы. Т. 31. № 4 (101). С. 151-162. [Ulanova S.S., Novikova N.M., Goryaev I.A. 2024. Spatial-Temporal Changes in Water Mineralization in Artificial Water Bodies of Kalmykia // Arid Ecosystems. Vol. 14. No. 4. P. 529-539.]
- Черепанов С.К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб.: Мир и семья. 992 с.
- Шумова Н.А. 2020. Анализ климатических условий в Республике Калмыкия за 1966-2017 гг. // Аридные экосистемы. Т. 26. № 3 (84). С. 23-29. [Shumova N.A. 2020. Analysis of Climatic Conditions in the Republic of Kalmykia for 1966-2017 // Arid Ecosystems. Vol. 10. No. 3. P. 188-193.]
- Шумова Н.А. 2021а. Количественные показатели климата в приложении к оценке гидротермических условий в Республике Калмыкия // Аридные экосистемы. Т. 27. № 4 (89). С. 13-24. [Shumova N.A. 2021a. Quantitative Climate Indicators Applied to the Assessment of Hydrothermal Conditions in the Republic of Kalmykia // Arid Ecosystems. Vol. 11. No. 4. P. 327-336.]
- Шумова Н.А. 2021б. Изменение структуры землепользования и орошения в современных климатических условиях в Республике Калмыкия // Экосистемы: экология и динамика. Т.5. № 1. С. 113-131.