



**МИНИСТЕРСТВО ЭКОЛОГИИ, ГЕОЛОГИИ И
ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН**

**РЕСПУБЛИКАНСКОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
ПРЕДПРИЯТИЕ «КАЗГИДРОМЕТ»**

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР

**ЕЖЕГОДНЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ МОНИТОРИНГА
СОСТОЯНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА
КАЗАХСТАНА: 2021 год**

АСТАНА, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

КРАТКОЕ РЕЗЮМЕ	4
ВВЕДЕНИЕ	7
1 ОБЗОР ИЗМЕНЕНИЙ ГЛОБАЛЬНОГО КЛИМАТА И ЕГО СОСТОЯНИЯ В 2021 г.	10
2 ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА	12
2.1 Аномалии температуры воздуха в 2021 году	13
2.2 Наблюдаемые изменения температуры воздуха	29
2.3 Тенденции в экстремумах температуры приземного воздуха	38
3. АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ	46
3.1 Аномалии количества осадков в 2021 году	46
3.2 Наблюдаемые изменения количества осадков	59
3.3 Тенденции в экстремумах атмосферных осадков	65
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	67
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	69
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	72

КРАТКОЕ РЕЗЮМЕ

Особенности климата в 2021 году

В целом для Земного шара 2021 год вошел в пятерку-семерку самых теплых лет за период инструментальных наблюдений. Глобальная средняя годовая температура в 2021 г. была примерно на $1,11 \pm 0,13$ °C выше базового уровня 1850-1900 гг., используемого в качестве аппроксимации доиндустриальных уровней.

В среднем по Казахстану среднегодовая температура воздуха в 2021 г. была на $1,58$ °C выше климатической нормы за период 1961-1990 гг. и это пятая величина в ранжированном ряду самых тёплых лет за период 1941-2020 гг. Для пяти областей Туркестанской, Мангистауской, Западно-Казахстанской, Актюбинской и Кызылординской областей 2021 год вошел в число 5 % экстремально теплых лет с аномалиями от $+1,89$ °C до $+2,28$ °C, для Атырауской области год стал рекордно теплым – в среднем по территории аномалия составила $+2,63$ °C. Экстремально высокие годовые температуры зафиксированы по данным большинства метеостанций западного, юго-западного и южного регионов страны. По данным 19-ти метеостанций западного и южного регионов 2021 год стал самым теплым годом с 1941 г., рекордные аномалии температуры составили здесь от $+1,4$ до $+3,2$ °C.

Во многих регионах Казахстана экстремально жарким был период с мая по август. Суточный максимум температуры в 2021 г. превышал 30 и даже 35 °C на всей территории Казахстана (за исключением высокогорных районов). В 2021 г. на восьми метеостанциях, участвующих в мониторинге климата Казахстана, обновлены значения абсолютных максимумов. В западных и южных регионах общая продолжительность всех волн жары составляла более 50, местами более 60 суток. Следствием высоких температур воздуха значительную часть теплого периода года, особенно в западных и южных регионах Казахстана, наблюдалась острая необходимость в охлаждении помещений для поддержания благоприятной температуры.

Слой осадков за 2021 год в среднем по территории Казахстана составил 271,5 мм (86 % нормы). В среднем по территории большинства областей годовые суммы осадков были в пределах ± 20 % к норме. Дефицит осадков (до 30-40 %) наблюдался в западных, южных и центральных областях республики. Сильный дефицит осадков (до 70 %) наблюдался в Мангистауской области.

Среднее по территории Казахстана количество осадков было ниже нормы большую часть года. Экстремально сухими были два месяца: май, в который средний слой осадков составил около 45 % нормы, и апрель, когда выпало 58 % нормы. Существенный дефицит осадков также наблюдался в январе (23 %) и с июня по декабрь (13-34 %). Экстремально влажными были два месяца – февраль (185,8 % нормы) и март (191,6 % нормы). С апреля по октябрь дефицит осадков испытывала большая часть территории Казахстана. На некоторых станциях обновлены месячные минимумы осадков, на других – месячные максимумы. По данным многих станций в западных, центральных и южных регионах осадки отсутствовали как минимум месяц.

Изменение климата в Казахстане

Устойчивое повышение средней годовой температуры воздуха наблюдается на территории всех областей Казахстана. В среднем по территории Казахстана повышение среднегодовой температуры воздуха составляет 0,32 °С каждые 10 лет. В среднем для территории отдельных областей скорость роста находится в диапазоне от 0,23 °С/10 лет (Карагандинская область) до 0,54 °С/10 лет (Западно-Казахстанская область). Во все сезоны, кроме зимнего, повышение температуры статистически значимое.

Все тренды среднего по территории Казахстана годового и сезонного количества осадков статистически незначимы. Наблюдается слабая тенденция к увеличению годовых сумм атмосферных осадков (на 1,1 мм/10 лет), в основном за счет осадков весеннего сезона, когда увеличение в некоторых западных и северных регионах составляет 10-20 %/10 лет. В осенний период количество осадков уменьшается практически на всей территории Казахстана, в некоторых западных и южных регионах на 4–13 %/10 лет.

Анализ тенденций в экстремумах температуры приземного воздуха и количества атмосферных осадков показал, что за период 1961 - 2021 гг.:

- прослеживается устойчивое увеличение количества летних дней с температурами выше 25 °С и 30 °С, а также тропических ночей с температурами выше 20 °С, особенно заметное на юге, юго-западе и западе республики;
- повсеместно происходит увеличение количества волн жары в теплое время года, общей и максимальной продолжительности волн жары, увеличивается также продолжительность волн тепла в целом за год;
- наблюдается сокращение дефицита тепла (необходимость в отоплении) в холодный период года и увеличение дефицита холода в теплый период (необходимость в кондиционировании), особенно на юго-западе и западе республики;
- повсеместно наблюдается устойчивое увеличение периода активной вегетации со среднесуточной температурой выше 10 °С, а также суммы активных температур за этот период;
- сокращается количество суток с заморозками и с сильными морозами ниже минус 20 °С;
- в характеристиках экстремальности режима осадков на большей части территории республики существенных изменений не произошло.

Наблюдаемое повышение повторяемости и продолжительности периодов с высокими температурами воздуха в теплый период года ведет к негативным последствиям не только для организма человека и животных, но также для транспортной инфраструктуры вследствие деформирования дорожного покрытия, для условий городской среды и зон рекреации, для энергетической отрасли, так как возникает потребность в дополнительной выработке энергии для охлаждения помещений.

Повышение приземной температуры ведет к сокращению периода с отрицательными температурами, как следствие, осадки чаще выпадают в жидком виде. Это в свою очередь может повлиять на снегонакопление в холодный период года. В горных районах сокращается

как площадь, так и период выпадения осадков в твердом виде, что сказывается на ледниковых системах.

Повышение приземной температуры в холодный период года ведет к снижению потребности выработки тепловой энергии. Сокращение количества дней с морозами, с одной стороны, ведет к положительному эффекту для здоровья населения, с другой стороны, волны тепла в холодный период года могут приводить к образованию гололедицы на дорогах при возврате холодов.

Увеличение продолжительности периода вегетации в тех районах, где это сочетается с увеличением количества осадков и сокращением максимальной продолжительности бездождного периода (в некоторых северных и юго-восточных регионах) улучшает условия для растениеводства.

Зафиксированное в некоторых районах увеличение максимального суточного количества осадков может привести к усилению опасности разрушения дорожного полотна и ливневых систем в населенных пунктах, оползневых и селевых проявлений в горных районах.

ВВЕДЕНИЕ

Климат – это природный ресурс, жизненно важный для определения направлений развития многих отраслей экономики и здоровья населения любого государства. Метеорологическая информация, собираемая, управляемая и анализируемая национальными гидрометеорологическими службами, помогает пользователям данной информации, в том числе и лицам, принимающим решения, планировать любую деятельность с учетом современных климатических условий и наблюдаемых изменений климата. Использование актуальной метеорологической и климатической информации способствует уменьшению рисков и ущерба и оптимизации социально-экономической выгоды. Мониторинг климатической системы осуществляется национальными, региональными и международными организациями при координации со стороны Всемирной Метеорологической Организации и в сотрудничестве с другими программами по окружающей среде.

Изучение регионального климата и постоянный мониторинг его изменения является одной из приоритетных задач национальной гидрометеорологической службы Казахстана РГП «Казгидромет». С 2010 г. РГП «Казгидромет» осуществляет выпуск ежегодных бюллетеней для предоставления достоверной научной информации о региональном климате, его изменчивости и изменении. Принимая во внимание географическое положение Казахстана и его обширную территорию, наблюдаемые изменения климатических условий в различных регионах Республики могут оказать как негативное, так и позитивное воздействие на биофизические системы, на экономическую деятельность и социальную сферу. Учет климатических условий и оценка их изменений необходимы для определения потенциальных последствий и принятия своевременных и адекватных мер адаптации, в конечном итоге, для обеспечения устойчивого развития Казахстана.

Данный выпуск бюллетеня описывает климатические условия, наблюдавшиеся в 2021 г., включая оценку экстремальности режимов температуры и осадков, и предоставляет историческую информацию об изменении температуры приземного воздуха и количества осадков, которые имели место, начиная с 1941 г. прошлого столетия. Также этот выпуск бюллетеня содержит оценки изменения климата за более короткий период – с середины 1970-х годов прошлого века, когда, по мнению многих экспертов, изменение глобального климата стало более интенсивным, особенно в Северном полушарии. В Приложениях 2 и 3 приведены карты распределения средних многолетних значений температуры воздуха и количества осадков за период 1961-1990 гг., осредненных по сезонам и за год.

Исходные данные. Для подготовки бюллетеня используются данные Республиканского гидрометеорологического фонда РГП «Казгидромет»:

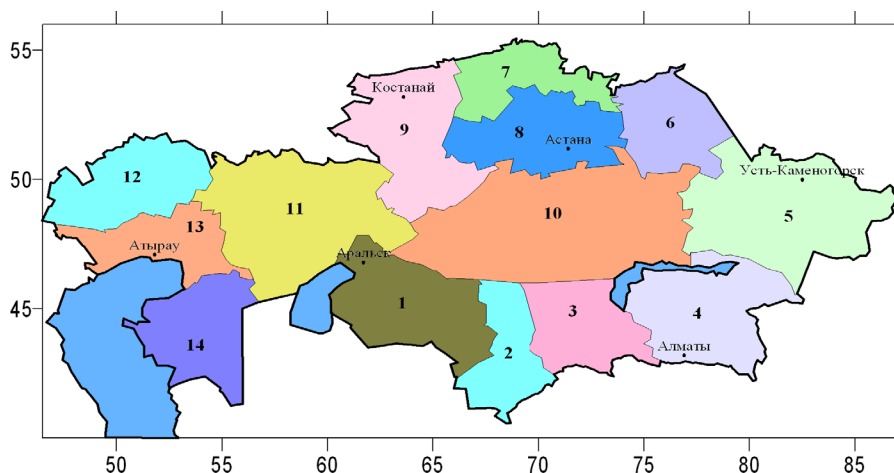
1) ряды среднемесячных температур воздуха и месячных сумм осадков, при этом около 120 метеостанций имеют однородные ряды с 1941 г. и их данные участвуют в обобщении информации по территории областей и в целом по Казахстану, с 1961 г. таких станций около 190 метеостанций, и их данные были использованы для оценки климатических норм за период 1961-1990 гг., для оценки аномалий и тенденций в конкретном пункте;

2) ряды суточных максимальных и минимальных температур воздуха и суточного количества осадков с 1961 г. (около 190 метеостанций).

Основные подходы и методы. Под «нормой» в бюллетене понимается среднегодовое значение рассматриваемой климатической переменной за период 1961 - 1990 гг. Аномалии температуры рассчитываются как отклонения наблюдаемого значения от нормы. Аномалии количества осадков принято рассматривать как в отклонениях от нормы (аналогично температуре воздуха), так и в процентах от нормы. В качестве дополнительных характеристик аномалий используются показатели, основанные на функции распределения (вероятность неперевышения, которая характеризует частоту (в %) появления соответствующего значения аномалии в ряду наблюдений) и порядковые статистики (ранги, т.е. порядковые номера в упорядоченном ряду значений относительно других чисел в наборе данных), периоды для оценки этих статистик специально оговариваются в каждом случае.

В качестве оценки изменений в характеристиках климата за определенный интервал времени используются коэффициенты линейных трендов, определяемые по методу наименьших квадратов. Мера существенности тренда – коэффициент детерминации (D), характеризует вклад трендовой составляющей в полную дисперсию климатической переменной за рассматриваемый период времени (в процентах).

Оценка тенденций температуры приземного воздуха и количества осадков проведена как по данным отдельных станций, так и в среднем по территории 14-ти областей Казахстана. Средние для территории величины аномалий метеорологических переменных рассчитаны путем осреднения станционных данных об аномалиях. Границы областей представлены на карте-схеме ниже.



- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| 1 – Кызылординская обл. | 8 – Акмолинская обл. |
| 2 – Туркестанская обл. | 9 – Костанайская обл. |
| 3 – Жамбылская обл. | 10 – Карагандинская обл. |
| 4 – Алматинская обл. | 11 – Актюбинская обл. |
| 5 – Восточно-Казахстанская обл. | 12 – Западно-Казахстанская обл. |
| 6 – Павлодарская обл. | 13 – Атырауская обл. |
| 7 – Северо-Казахстанская обл. | 14 – Мангистауская обл. |

Схема административно-территориального деления Республики Казахстан

Для оценки температурного режима и режима осадков в конкретный год и ее изменения в период с 1961 г. используются климатические индексы, рекомендованные Всемирной

метеорологической организацией и способствующие «обнаружению» (математическому) значительного изменения климата, включая характеристики экстремальности. Некоторые индексы основаны на фиксированных единых пороговых значениях для всех станций, другие – на пороговых значениях, которые могут варьировать от станции к станции. В последнем случае пороговые значения определяются как соответствующие процентиля рядов данных. Индексы позволяют также оценить влияние текущего климата и его изменения на различные аспекты социально-экономических условий в исследуемом регионе. Есть индексы, отражающие потенциальное воздействие на здоровье человека, на потребности в генерации энергии в различные сезоны, на агрометеорологические условия, на транспортную инфраструктуру, на экстремальность гидрометеорологических условий и т.п.

Ответственный за выпуск: начальник Управления климатических исследований Долгих С.А. В подготовке бюллетеня также принимали участие: ведущий научный сотрудник Смирнова Е.Ю., ведущий научный сотрудник Курманова М.С., ведущий научный сотрудник Белдеубаев Е.Е., ведущий инженер Турумова Г.Е. и ведущий инженер Каратай М.

1 ОБЗОР ИЗМЕНЕНИЙ ГЛОБАЛЬНОГО КЛИМАТА И ЕГО СОСТОЯНИЯ В 2021 г.

Прошло 29 лет с тех пор, как в 1993 году Всемирная метеорологическая организация выпустила первый доклад о состоянии климата в связи с высказанной тогда озабоченностью по поводу прогнозируемого изменения климата. В ежегодном докладе о состоянии глобального климата указаны индикаторы климатической системы, включая концентрации парниковых газов, повышение температур суши и океана, повышение уровня моря, таяние льдов и отступление ледников, а также экстремальные погодные явления. В нем также отмечается воздействие на социально-экономическое развитие, миграцию и перемещение населения, продовольственную безопасность и наземные и морские экосистемы. Индикаторы глобального климата дают широкое представление об изменении климата в глобальном масштабе, охватывая состав атмосферы, энергетические изменения и реакцию суши, океана и льда. Эти показатели тесно взаимосвязаны. Например, увеличение содержания CO₂ и других парниковых газов в атмосфере приводит к дисбалансу энергии и, таким образом, к потеплению атмосферы и океана. Потепление океана, в свою очередь, приводит к повышению уровня моря, к которому добавляется таяние льда на суше в ответ на повышение температуры атмосферы. Вместе индикаторы создают согласованную картину глобального потепления, которое затрагивает все части земной системы.

Четкие связи прослеживаются между ключевыми индикаторами климата как физической системой и каскадными рисками для большинства из 17 целей в области устойчивого развития. Таким образом, мониторинг глобальных климатических показателей, а также связанных с ними рисков и последствий имеет решающее значение для достижения Целей в области устойчивого развития к 2030 году.

Ключевые положения о состоянии глобального климата в 2021 г.:

Средняя годовая глобальная температура в 2021 году была на $1,11 \pm 0,13$ °C выше средней температуры за доиндустриальный период 1850-1900 гг. (рисунок 1.1). Это менее значительная аномалия, чем в некоторые последние годы, из-за влияния условий Ла-Нинья в начале и конце года. Шесть наборов данных, использованных в анализе, помещают 2021 год между пятым и седьмым самыми теплыми годами за всю историю наблюдений в мире, и все шесть показывают, что последние семь лет, с 2015 по 2021 год, были семью самыми теплыми годами за всю историю наблюдений.

В 2020 году молярные доли **концентрации парниковых газов** достигли новых максимумов: 149 % диоксида углерода (CO₂), 262 % метана (CH₄) и 123 % закиси азота (N₂O) от доиндустриального (1750 г.) уровня соответственно.

Глобальный средний уровень моря достиг нового рекордно высокого уровня в 2021 году, повышаясь в среднем на 4,5 мм в год в период с 2013 по 2021 год.

В Гренландии в середине августа произошло исключительное таяние, и на станции Саммит, самой высокой точке гренландского ледяного щита, расположенного на высоте 3 216 м, выпал первый в истории зарегистрированный дождь.

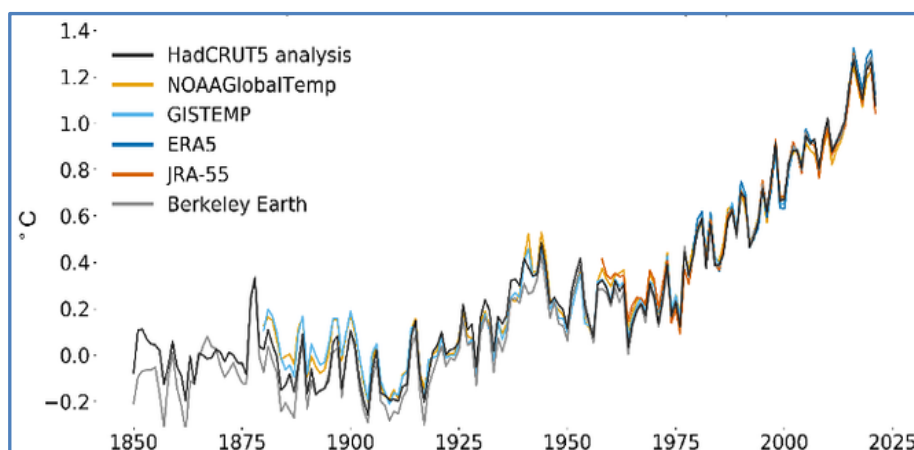


Рисунок 1.1 – Аномалии глобальной среднегодовой температуры относительно доиндустриальных условий (1850-1900 гг.) по шести наборам данных о глобальной температуре (1850–2021 гг.)

Источник: Метеобюро, Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии

Антарктическая **озоновая дыра** достигла максимальной площади в 24,8 млн км² в 2021 году. Эта необычно глубокая и большая озоновая дыра была вызвана сильным и стабильным полярным вихрем и более холодными, чем обычно, условиями в нижней стратосфере.

Исключительные **волны тепла** побили рекорды в западной части Северной Америки и Средиземноморья. В Долине Смерти в Калифорнии температура достигла 54,4 °С 9 июля, что соответствует аналогичному значению 2020 года как самому высокому зарегистрированному в мире по крайней мере с 1930-х годов, а в Сиракузы на Сицилии температура достигла 48,8 °С.

Ураган Ида был самым значительным в сезоне в Северной Атлантике, обрушившись на сушу в Луизиане 29 августа, и стал самым сильным за всю историю штата с экономическим ущербом в Соединенных Штатах, оцениваемым в 75 миллиардов долларов США.

В китайской провинции Хэнань **наводнение** привело к многочисленным жертвам и нанесло экономический ущерб в размере 17,7 млрд долларов США, а Западная Европа в середине июля пережила одно из самых сильных наводнений за всю историю наблюдений. Это событие было связано с экономическими потерями в Германии, превышающими 20 миллиардов долларов США.

Засуха затронула многие части мира, в том числе районы Канады, США, Исламской Республики Иран, Афганистана, Пакистана, Турции и Туркменистана. В Канаде сильная засуха привела к тому, что прогнозируемые уровни производства пшеницы и рапса были на 35–40 % ниже уровня 2020 года, в то время как в Соединенных Штатах уровень озера Мид на реке Колорадо в июле упал на 47 м ниже нормального уровня полного запаса – самый низкий уровень за всю историю наблюдений.

2 ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА

В 2021 г. в среднем по Казахстану среднегодовая аномалия температуры воздуха составила +1,58 °С относительно среднего многолетнего значения за период 1961–1990 гг. (5,4 °С) и была на 0,34 °С ниже, чем в 2020 году. С 1960-х годов на территории Казахстана каждое последующее десятилетие было теплее предыдущего. Среднее годовое значение температуры воздуха за последнее десятилетие 2012–2021 гг. составило +6,61 °С и превысила климатическую норму на 1,19 °С, это рекордная величина среди положительных декадных аномалий, предыдущее самое теплое десятилетие было в 2001–2010 гг. с аномалией +1,09 °С. Последнее пятилетие 2017–2021 гг. также было самым теплым со значением среднегодовой температуры воздуха +6,69 °С, которое превысило климатическую норму на 1,27 °С.

В таблице 2.1 представлены списки и ранги десяти самых теплых лет в среднем по Земному шару (по данным наземной сети) и по Казахстану. Каждому году, который входит в 10 самых тёплых лет для Земного шара и для Казахстана присвоен свой цвет заливки, что позволяет судить о совпадениях в ранге попавших в оба списка самых теплых лет. Пять самых тёплых лет в Казахстане вошли в список десяти самых тёплых лет для Земного шара. 2020 год оказался экстремально теплым как в Казахстане, так и в целом по земному шару.

Таблица 2.1 – Самые тёплые годы в истории наблюдений на Земном шаре (с 1850 г.) и в Казахстане за период 1941–2021 гг. и соответствующие аномалии среднегодовой температуры приземного воздуха, осредненные по территории Казахстана. Аномалии рассчитаны относительно периода 1961–1990 гг.

Ранг	Земной шар	Казахстан	Аномалия среднегодовой температуры (январь-декабрь), осредненная по территории Казахстана, °С
1	2020	2020	1,92
2	2016	2013	1,89
3	2019	1983	1,76
4	2017	2015	1,64
5	2015	2021	1,58
6	2021	2002	1,55
7	2018	2004	1,53
8	2014	2019	1,50
9	2010	2016	1,48
10	2005	2007	1,46

На рисунке 2.1 представлен ранжированный ряд среднегодовых аномалий температуры приземного воздуха, осреднённых по метеостанциям Казахстана за период с 1941 г. по 2021 г. В глобальном масштабе все 10 экстремально тёплых лет приходятся на текущее столетие. В Казахстане эта особенность также хорошо прослеживается, исключение составляют 1983 г., который занимает третье место в ранге самых теплых лет.

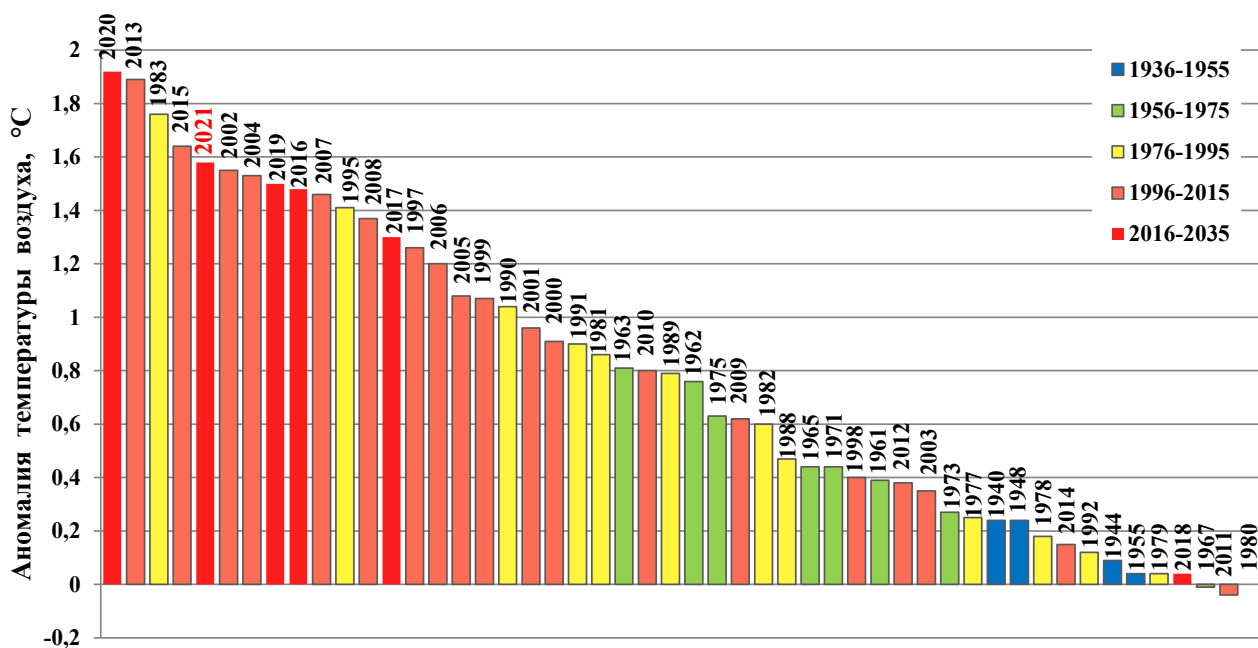


Рисунок 2.1 – Ранжированный ряд положительных аномалий среднегодовых (январь-декабрь) температур приземного воздуха, осреднённых по территории Казахстана (по данным 121 метеостанции) за период 1941–2021 гг. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961–1990 гг.

2.1 Аномалии температуры воздуха на территории Казахстана в 2021 г.

2021 год в Казахстане занял 5-е место в ранжированном по убыванию ряду среднегодовых температур с 1941 года (таблица 2.1).

В таблице 2.2 представлены осредненные по областям и в целом по Казахстану средние годовые и сезонные аномалии температуры воздуха, в таблице 2.3 – аномалии средней месячной температуры воздуха. Для каждого значения аномалии приведены вероятности их неперевышения, рассчитанные по данным за период 1941–2021 гг., а также среднеквадратические отклонения за 1961–1990 гг. (таблица 2.2). В таблицах 2.2 и 2.3 значения температуры выше 95-го или ниже 5-го перцентиля (соответственно теплые и холодные экстремумы) выделены жирным шрифтом и цветом.

Год был рекордно теплым (таблица 2.2) для Атырауской области (в среднем по территории аномалия +2,63 °С). Для Туркестанской, Мангистауской, Западно-Казахстанской, Актюбинской и Кызылординской областей 2021 год вошел в число 5 % экстремально теплых лет (с аномалиями +1,89, +2,04, +2,50, +2,10 и +2,28 °С, соответственно). Средние по территории Жамбылской, Костанайской и Алматинской областей аномалии вошли в 10 % экстремально высоких аномалий: +1,58, +1,63 и 1,49 °С, соответственно. На территории остальных областей средние по территории аномалии в пределах 0,94-1,24 °С.

Таблица 2.2 – Регионально осредненные средние годовые (январь-декабрь) и сезонные аномалии температуры воздуха в 2021 г.: νT – отклонения от средних многолетних за 1961-1990 гг., °C; $P(t \leq T_{2021})$ – вероятность неперевышения (в скобках), рассчитанная по данным за период 1941-2021 гг. в %; s – среднее квадратическое отклонение в °C за период 1961–1990 гг.

Регион/область	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	νT (P)	s	νT (P)	s	νT (P)	s	νT (P)	s	νT (P)	s
Казахстан	1,58 (95)	0,86	-0,03 (46)	2,44	2,16 (86)	1,28	1,89 (98)	0,65	-0,02 (40)	1,16
Алматинская	1,49 (91)	0,76	0,31 (48)	2,33	1,80 (81)	0,99	1,41 (96)	0,63	-0,19 (35)	1,06
Акмолинская	1,02 (75)	1,07	-0,62 (35)	2,84	2,16 (84)	1,85	1,10 (89)	1,04	-0,05 (40)	1,51
Актюбинская	2,10 (98)	0,94	0,39 (51)	2,50	2,23 (80)	1,9	3,41 (98)	0,93	-0,04 (48)	1,4
Атырауская	2,63 (100)	0,82	0,96 (59)	2,40	2,60 (95)	1,56	3,99 (100)	0,85	0,38 (58)	1,2
Восточно-Казахстанская	1,23 (83)	1,08	-0,08 (46)	2,71	2,11 (83)	1,52	0,77 (79)	0,79	0,10 (48)	1,5
Жамбылская	1,58 (94)	0,87	0,29 (46)	2,87	1,61 (79)	1,00	1,77 (98)	0,81	-0,36 (38)	1,18
Западно-Казахстанская	2,50 (98)	1,06	0,20 (49)	2,74	2,36 (84)	2,01	4,27 (99)	1,22	0,67 (69)	1,27
Карагандинская	1,24 (86)	0,88	-1,07 (31)	2,51	2,39 (88)	1,32	1,02 (93)	0,83	-0,45 (36)	1,39
Костанайская	1,63 (93)	1,06	-0,06 (46)	2,75	2,41 (85)	1,91	2,44 (96)	1,07	0,07 (48)	1,5
Кызылординская	2,28 (96)	0,91	-0,28 (40)	2,85	3,41 (91)	1,28	3,05 (100)	0,95	-0,38 (33)	1,21
Мангистауская ¹	2,04 (99)	0,75	0,80 (55)	1,88	2,00 (94)	1,35	3,13 (99)	0,86	0,37 (53)	1,16
Павлодарская	0,94 (71)	1,16	-1,21 (31)	3,15	2,34 (85)	1,73	0,19 (59)	0,94	0,19 (49)	1,62
Северо-Казахстанская	0,95 (75)	1,16	-1,13 (33)	2,94	2,17 (88)	1,87	1,22 (90)	1,17	0,24 (46)	1,53
Туркестанская	1,89 (99)	0,81	1,37 (59)	2,57	1,61 (80)	0,93	2,32 (100)	0,85	-0,12 (44)	1,12

Примечания: 1. для Мангистауской области оценка проводилась только по МС Форт Шевченко;
 2. значения выше 95-го или ниже 5-3-го перцентиля (соответственно теплые и холодные экстремумы) выделены жирным шрифтом и ярким цветом;
 3. значения выше 90-го или ниже 10-го перцентиля, выделены бледным цветом;
 4. средние по территории Казахстана аномалии температуры получены осреднением данных 121 станции.

Аномалии средней годовой температуры воздуха в 2021 г. были положительными на всей территории Казахстана (рисунок 2.2, сверху). На большей части восточной половины республики температуры превышали норму на 1,0-2,0 °C, и только в некоторых центральных, северных, северо-восточных и горных регионах – на 0,6-0,9 °C. В западных, юго-западных и крайне южных регионах аномалии были в диапазоне 2,0-3,2 °C, вероятность неперевышения аномалий в перечисленных регионах была выше 95 %, что соответствует характеристике температурных условий как «экстремально тепло» (рисунок 2.2, внизу). По данным 19-ти метеостанций южного и западного регионов 2021 год стал самым теплым годом с 1941 г.

Таблица 2.3 – Регионально осредненные средние месячные аномалии температуры воздуха в 2021 г.: νT – отклонения от средних за 1961–1990 гг., °C; $P(t \leq T_{2021})$ – вероятность непревышения (в скобках), рассчитанная по данным за период 1941–2021 гг. и выражена в %

Регион/ область	12 (2020)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Казахстан	-3,60 (16)	-0,32 (31)	3,82 (80)	1,01 (61)	1,31 (74)	4,14 (100)	1,22 (84)	1,57 (94)	2,89 (100)	0,15 (48)	0,23 (40)	-0,43 (50)
Алматинская	-4,12 (16)	-0,86 (30)	5,89 (98)	2,19 (74)	0,65 (54)	2,59 (98)	0,52 (59)	2,37 (98)	1,38 (86)	2,11 (94)	-1,39 (10)	-1,30 (40)
Акмолинская	-2,18 (28)	-1,56 (29)	1,83 (65)	0,19 (51)	0,90 (61)	5,40 (100)	-0,25 (54)	0,45 (73)	3,13 (94)	-1,56 (16)	1,49 (65)	-0,09 (50)
Актюбинская	-4,19 (13)	2,36 (68)	3,02 (74)	-0,52 (48)	1,83 (78)	5,37 (100)	4,25 (98)	1,20 (78)	4,76 (99)	-0,86 (25)	1,26 (63)	-0,51 (48)
Атырауская	-4,37 (9)	4,27 (86)	2,90 (64)	0,63 (53)	2,90 (91)	4,27 (100)	3,97 (96)	2,70 (95)	5,27 (100)	-0,17 (35)	0,70 (50)	0,57 (65)
Восточно- Казахстанская	-2,79 (20)	-2,40 (20)	4,90 (91)	2,27 (74)	1,39 (69)	2,66 (93)	-0,81 (26)	1,66 (94)	1,49 (83)	0,18 (53)	0,07 (36)	0,04 (50)
Жамбылская	-4,07 (16)	-1,24 (23)	6,16 (93)	1,07 (60)	0,61 (53)	3,14 (96)	1,50 (84)	2,34 (98)	1,51 (86)	2,01 (93)	-1,73 (9)	-1,40 (39)
Западно- Казахстанская	-5,25 (6)	3,60 (75)	2,23 (63)	0,24 (49)	1,78 (74)	5,05 (100)	4,36 (95)	2,51 (89)	5,99 (100)	-1,01 (26)	1,78 (73)	1,24 (73)
Карагандинская	-5,54 (11)	-1,65 (24)	3,99 (80)	0,97 (58)	2,03 (80)	4,16 (100)	-0,31 (36)	1,16 (88)	2,19 (91)	-0,30 (38)	-0,14 (31)	-0,90 (44)
Костанайская	-2,29 (31)	0,20 (38)	1,92 (65)	0,32 (53)	1,13 (63)	5,81 (100)	1,98 (84)	0,81 (74)	4,50 (98)	-1,07 (16)	1,74 (68)	-0,44 (49)
Кызылординская	-6,44 (10)	0,52 (48)	5,12 (75)	1,44 (60)	3,28 (93)	5,50 (100)	3,30 (96)	2,16 (94)	3,74 (100)	0,50 (58)	-0,32 (26)	-1,38 (43)
Мангистауская ¹	-3,00 (9)	3,50 (91)	1,90 (56)	0,10 (45)	3,00 (94)	2,90 (94)	2,80 (89)	1,80 (85)	4,90 (100)	0,30 (48)	0,10 (40)	0,70 (70)
Павлодарская	-2,46 (26)	-3,24 (23)	2,06 (61)	1,52 (64)	1,02 (56)	4,46 (98)	-1,28 (29)	-0,10 (59)	1,90 (84)	-1,42 (15)	1,04 (56)	0,94 (61)
Северо- Казахстанская	-0,89 (44)	-2,30 (29)	-0,23 (45)	-0,04 (49)	0,51 (58)	5,99 (100)	-0,11 (51)	0,40 (73)	3,39 (94)	-1,16 (21)	1,93 (69)	-0,01 (51)
Туркестанская	-3,28 (20)	1,76 (59)	5,62 (91)	0,62 (58)	0,58 (60)	3,64 (98)	2,47 (99)	2,23 (96)	2,24 (98)	2,34 (95)	-1,40 (11)	-1,26 (39)

Примечания: 1. для Мангистауской области оценка проводилась только по МС Форт Шевченко;

2. значения выше 95-го или ниже 5-го процентиля (соответственно теплые 95%-е и холодные 5%-е экстремумы) выделены жирным шрифтом и ярким цветом.

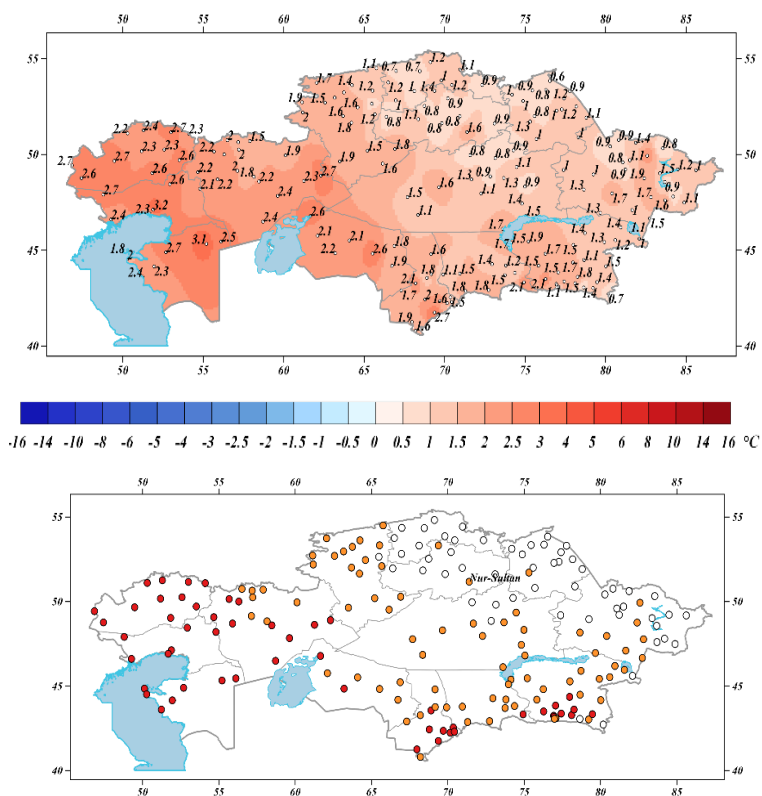


Рисунок 2.2 – Географическое распределение средних годовых аномалий температуры воздуха (вверху, °С) на территории Казахстана в 2021 г., рассчитанных относительно базового периода 1961–1990 гг., и вероятности их непревышения (внизу), рассчитанные по данным периода 1961–2021 гг.

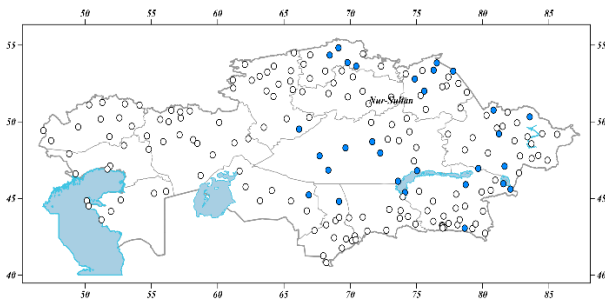
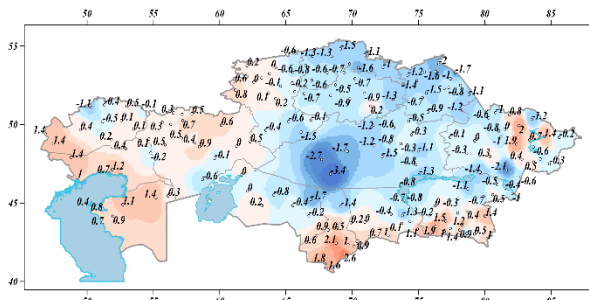
Территориальное распределение сезонных аномалий температуры воздуха в 2021 году по территории Казахстана представлено на рисунке 2.3.

Зимой 2020/21 гг. средняя по Казахстану температура воздуха была всего на 0,03 °С ниже нормы за период 1961-1990 гг. (таблица 2.2). Самым теплым зимним сезоном осталась зима 2019/2020 г. Зоны с положительными аномалиями температуры воздуха занимали западные регионы (до +1,4 °С на крайнем западе), западную часть Костанайской области (до +0,8 °С), крайние южные регионы (до +2,6 °С) и отдельные районы на востоке (до +2,0 °С, рисунок 2.3). На остальной территории температуры были ниже нормы, в основном, не более, чем на 1 °С. Отрицательные аномалии достигали 1,0-1,6 °С в крайних северных регионах, 1,1-1,3 °С в восточном Прибалкашье, 2,1 °С на юге Восточно-Казахстанской области. Очаг холода с наиболее значительными аномалиями температуры (до минус 3,4 °С) располагался в центральных регионах Казахстана.

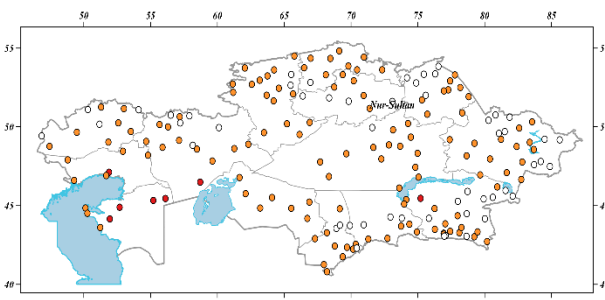
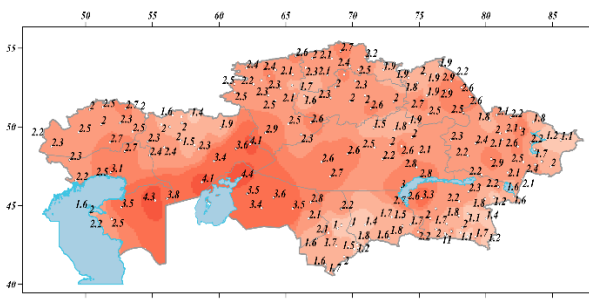
На 25 метеостанциях Казахстана расположенных в северном, центральном и юго-восточном регионах Казахстана отмечались низкие сезонные температуры, соответствующие 10-25 перцентиллям.

В декабре 2020 г. в среднем по территории Казахстана аномалия температуры была ниже нормы за период 1961–1990 гг. на 3,60 °С (таблица 2.3). Значения осредненных по территории областей аномалий лежат в пределах минус 0,89 – минус 5,54 °С с вероятностью непревышения 6-44 %. Области температур значительно ниже нормы сформировались в западном, юго-западном, центральном регионах и в юго-восточном Прибалкашье (до минус 5,0 °С и ниже). В крайних северных регионах температуры воздуха были около нормы с аномалиями в пределах от минус 0,7 до плюс 0,3 °С.

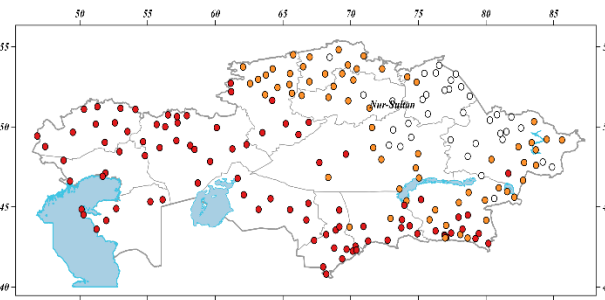
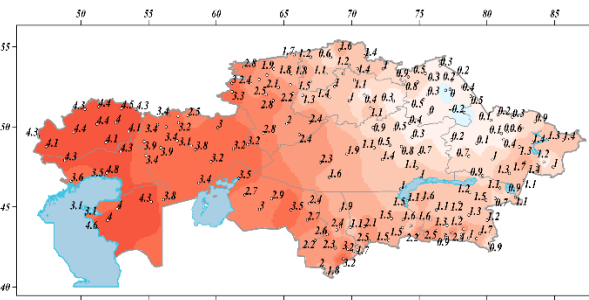
ЗИМА



ВЕСНА



ЛЕТО



ОСЕНЬ

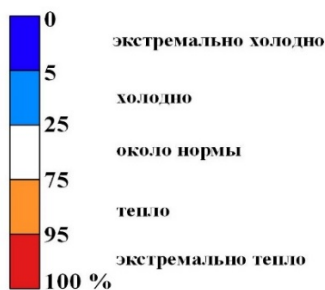
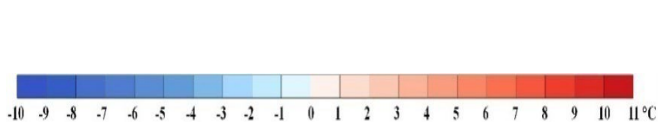
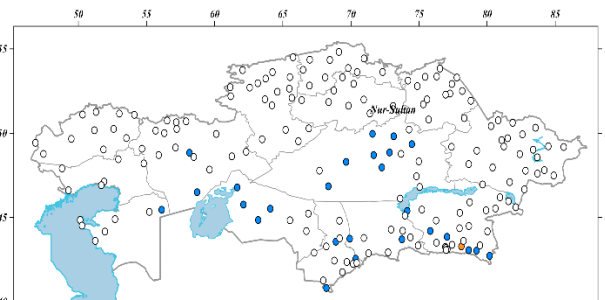
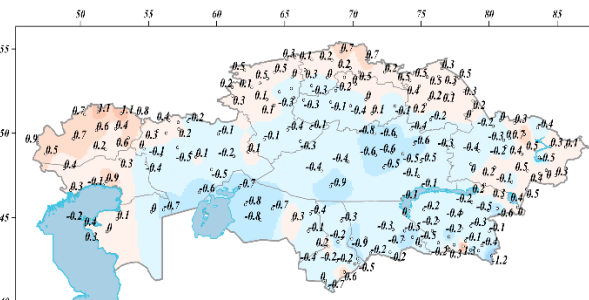


Рисунок 2.3 – Пространственное распределение аномалии температуры воздуха (°C) в 2021 году, рассчитанных относительно базового периода 1961–1990 гг., и вероятности непревышения значений температуры воздуха в 2021 году, рассчитанные по данным периода 1961–2020 гг.

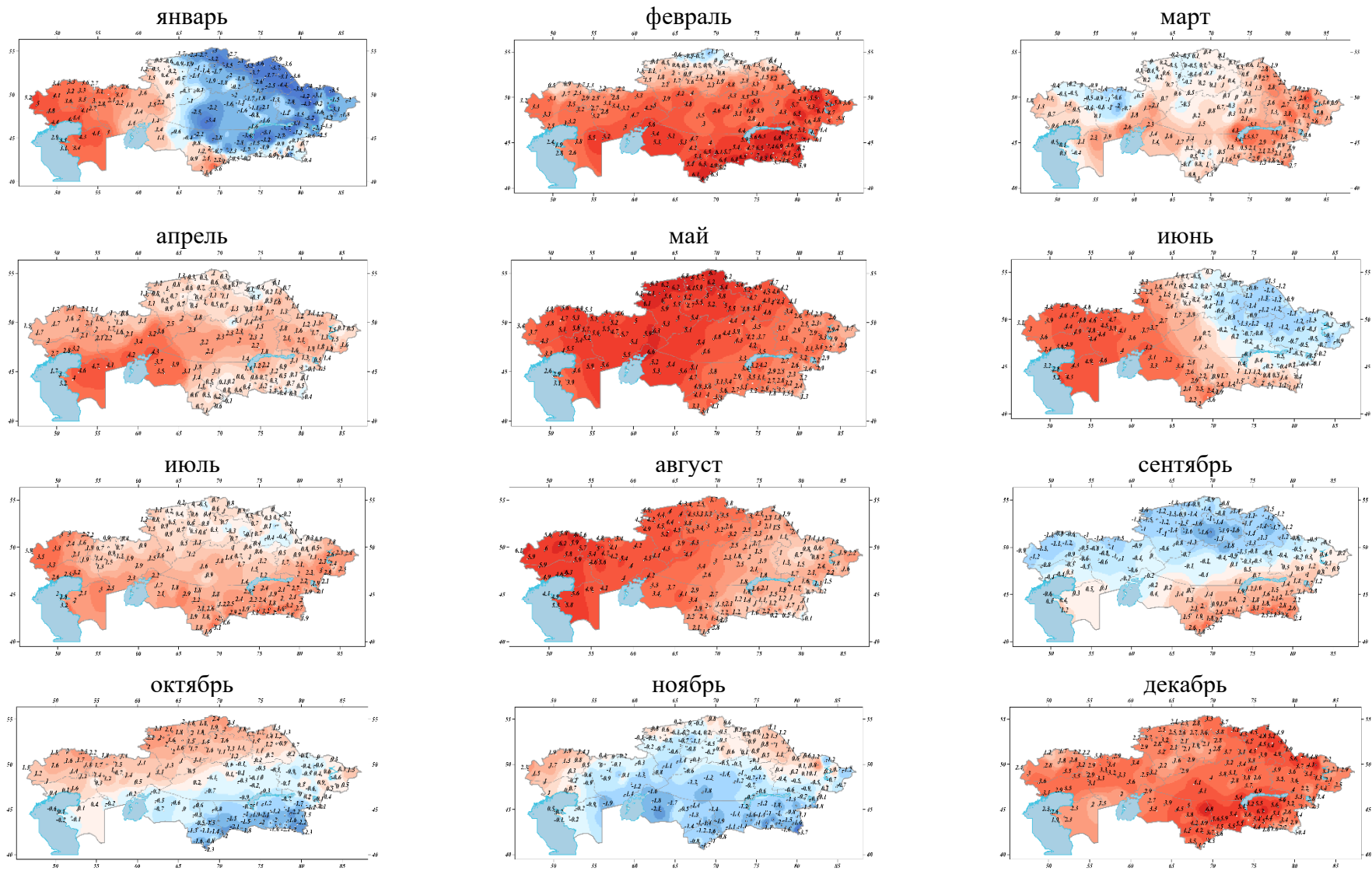


Рисунок 2.4 – Пространственное распределение аномалии среднесесячной температуры воздуха (°C) в 2021 году, рассчитанных относительно базового периода 1961–1990 гг.

В январе 2021 г. средняя по Казахстану аномалия температуры воздуха была на $0,32\text{ }^{\circ}\text{C}$ ниже среднегодового значения за период 1961–1990 гг. Восточную половину страны (за исключением крайних юго-восточных районов) занимала область с отрицательными аномалиями температуры воздуха (рисунок 2.4). Температуры значительно ниже нормы были зафиксированы в нескольких регионах: в северных (на $2,5\text{--}3,9\text{ }^{\circ}\text{C}$), в восточных (местами на $3,0\text{--}4,4\text{ }^{\circ}\text{C}$), в центральном (на $2,5\text{--}3,4\text{ }^{\circ}\text{C}$), а также в южном Прибалкашье (на $3,0\text{--}3,7\text{ }^{\circ}\text{C}$). В западной половине республики аномалии температуры воздуха были положительными и их значения увеличивались в западном направлении, достигнув в крайнем западном регионе $5,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Очаг повышенных температур находился также в южной половине Туркестанской области с аномалией до $3,6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В феврале средняя по Казахстану аномалия температуры воздуха была выше климатической нормы и составила $3,82\text{ }^{\circ}\text{C}$. На территории Алматинской области было экстремально тепло, аномалия температуры воздуха составила $5,89\text{ }^{\circ}\text{C}$ (вероятность превышения 98%), Средние по территории Жамбылской, Туркестанской и Восточно-Казахстанской областей аномалии температуры воздуха вошли в 10% экстремально высоких аномалий: $+6,16$, $+5,62$ и $4,90\text{ }^{\circ}\text{C}$, соответственно (таблица 2.3). Положительные аномалии наблюдались практически на всей территории республики за исключением небольшой области на крайнем севере с отрицательными аномалиями до $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рисунок 2.4). Значения положительных аномалий увеличивались с севера на юг и юго-восток, достигнув максимальных значений $5,5\text{--}6,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, местами превысив $7\text{--}8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температуры в этих регионах вошли в 5% экстремально теплых февралей. На 6 метеостанциях южного региона были зафиксированы новые рекорды средней месячной температуры воздуха.

Весной Средняя по территории Казахстана аномалия температуры весеннего сезона составила $+2,16\text{ }^{\circ}\text{C}$ (таблица 2.2, рисунок 2.3). Республики и превышали $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Значения средних по территории аномалий были экстремально высокими в Атырауской ($+2,60\text{ }^{\circ}\text{C}$ с вероятностью превышения 95%), средние по территории Мангистауской и Кызылординской областей аномалии температуры воздуха вошли в 10% экстремально высоких: $+2,00$ и $3,41\text{ }^{\circ}\text{C}$, соответственно. Аномалии температуры воздуха на всей территории республики превышали $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Очаги значительных аномалий, более $3\text{ }^{\circ}\text{C}$, расположены на юге Атырауской и востоке Мангистауской областей (до $4,3\text{ }^{\circ}\text{C}$), в северном Приаралье и на севере Кызылординской области (до $4,1\text{--}4,4\text{ }^{\circ}\text{C}$), местами в западном Прибалкашье (до $3,3\text{ }^{\circ}\text{C}$). На МС Кызан зафиксирована самая высокая сезонная температура с 1941 г. – плюс $14,9\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В марте было тепло на большей части территории (рисунок 2.4), средняя по Казахстану аномалия температуры составила $1,01\text{ }^{\circ}\text{C}$ (таблица 2.3). Температуры в диапазоне $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ около нормы наблюдались на северо-западе и юго-западе, в северных, центральных и некоторых южных регионах страны. Северную часть Актюбинской области занимала область с отрицательными аномалиями температуры до $2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Максимальные положительные аномалии достигали: $1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ на крайнем западе; $2,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ в районе Приаралья; $4,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ в западном Прибалкашье; $2,8\text{--}2,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ на юго-востоке, востоке и северо-востоке страны.

В **апреле** осредненная по территории Казахстана аномалия температуры воздуха составила 1,31 °С. На всей территории страны, кроме северо-востока и горной части крайнего юго-востока, температуры были выше климатической нормы (рисунок 2.4). Температуры около нормы были на севере, востоке, в южных регионах и в некоторых районах западной части страны. Очаги тепла с аномалией температуры в пределах 3,1-4,7 °С занимали территории Мангистауской, юга Актюбинской и западной части Кызылординской областей, на 8 метеостанциях фиксировались 95-97 %-е экстремумы.

Май был рекордно теплым: средняя по территории Казахстана аномалия температуры воздуха составила 4,14 °С (ранг 1). Также рекордно тепло было на территории 8-ми областей (Западно-Казахстанской, Атырауской, Актюбинской, Кызылординской, Костанайской, Карагандинской, Акмолинской и Северо-Казахстанской), где аномалии температуры в среднем по этим территориям находились в пределах 4,16–5,99 °С. Средние аномалии по территории остальных областей вошли в 5 и 10 % экстремально высоких. Температуры выше климатической нормы на 6,0 °С и более наблюдались на севере Костанайской области, на территории Северо-Казахстанской области и в Северном Приаралье (рисунок 2.4). На 82 метеостанциях были установлены новые рекордные значения средней месячной температуры воздуха, на 73 метеостанциях аномалии температуры воздуха вошли в 5 % экстремально высоких температур.

Лето было экстремально теплым практически на всей территории Казахстана. В среднем по территории Казахстана аномалия температуры летнего сезона была экстремально высокой и составила 1,89 °С (ранг 3 с вероятностью непревышения 98 %, таблица 2.2). Самым теплым летним сезоном остается 1998 г. с аномалией 2,23 °С. Рекордными были аномалии в среднем по территории 3 областей западных и южных регионов Казахстана (от +2,32 °С Туркестанская область до +3,99 °С Атырауская область). Еще в 6-ти областях аномалии температуры воздуха вошли в 5 % экстремально высоких аномалий со значениями от +1,41 °С для Алматинской области до +4,27 °С для Западно-Казахстанской области.

Температуры воздуха были выше нормы более, чем на 1,0 °С на большей части территории. Исключение составили северо-восточная часть Карагандинской и северо-западная часть Восточно-Казахстанской областей, а также Павлодарская область, где температуры воздуха были около климатической нормы. Величина положительных аномалий увеличивалась с востока на запад, превысив 3 °С в западных областях Казахстана и местами на юге в Туркестанской и Кызылординской областях. Максимальные значения аномалий отмечены в Западно-Казахстанской (до 4,4 °С), Атырауской (до 4,8 °С) и Мангистауской (до 4,6 °С) областях. По данным около 30 % станций Казахстана температуры летнего сезона превышали 95-й процентиль. На 27 метеостанциях зафиксированы рекордно высокие сезонные температуры с 1941 г.

В **июне** средняя по Казахстану аномалия температуры составляла 1,22 °С (таблица 2.3). Западная половина территории республики и юго-восточные регионы охватывала зона положительных аномалий, значения которых увеличивались к западу от 1,0 до 5,2 °С (рисунок 2.4). Во многих районах на западе, в Кызылординской и Туркестанской областях июнь вошёл в 5 % экстремально теплых месяцев. Отрицательные аномалии охватывали

восточные территории Северо-Казахстанской, Акмолинской, Карагандинской и Алматинской областей, всю территорию Павлодарской и Восточно-Казахстанской областей. Самые значительные отрицательная аномалии (до минус 1,4 °С) наблюдались на стыке Акмолинской и Павлодарской областей. На 40 метеостанциях аномалии температуры воздуха вошли в 5 % экстремально высоких температур, на 2 метеостанциях (МС Шымкент и Шардара, Туркестанская область) были установлены новые рекордные значения средней месячной температуры воздуха.

В **июле** осредненная по территории Казахстана аномалия температуры воздуха составила 1,57 °С (ранг 4 с вероятностью неперевышения 94 %, таблица 2.3). Экстремально тепло (5-ти % экстремумы) было в Атырауской, Туркестанской, Жамбылской и Алматинской областях, где в среднем по территории аномалии температуры составили 2,23-2,70 °С (таблица 2.3). Очаги максимальных положительных аномалий (3,0-3,5 °С) занимали крайние западные и юго-восточные районы, местами в Мангистауской и Восточно-Казахстанской областях. Температуры незначительно выше нормы (до 1,0 °С) наблюдались на северо-западе и в северных регионах, включая северные части Карагандинской и Восточно-Казахстанской областей. Температуры ниже нормы (максимально на 0,3-0,4 °С) наблюдались местами в Северо-Казахстанской, Акмолинской и Павлодарской областях.

Август месяц был рекордно жарким: осредненная по территории Казахстана среднемесячная температура воздуха на 2,89 °С была выше климатической нормы (ранг 1, таблица 2.3). Рекордными были аномалии среднемесячной температуры воздуха в среднем по территории 4-х областей западных и южных регионов Казахстана (от +3,74 °С в Кызылординской области до +5,99 °С для Западно-Казахстанской области. Еще в 3-х областях аномалии температуры воздуха вошли в 5 % экстремально высоких аномалий со значениями от +2,24 для Туркестанской области до +4,76 °С для Актюбинской области. За исключением небольших районов на юге и востоке Казахстана, температура воздуха была выше нормы более чем на 1,0 °С (рисунок 2.4). Значения аномалии увеличивались с запада на восток и в западной половине Казахстана повсеместно превышали 4 °С. Здесь на многих метеостанциях значения температуры воздуха попали в 5 % наиболее высоких температур, наблюдавшихся в августе. В западных районах Актюбинской, Атырауской и Мангистауской областей и на территории всей Западно-Казахстанской области аномалии превышали 5 °С, местами 6 °С. На 30 метеостанциях западного и юго-западного регионов были установлены рекордные максимальные значения средней месячной температуры воздуха. Предыдущие максимумы наблюдались, в основном, в августе 2016 г.

Осенью в среднем по Казахстану температура воздуха была около нормы (аномалия составила минус 0,02 °С, таблица 2.2). Аномалии температуры осеннего сезона по всей территории республики были, в основном, в пределах ± 1 °С (рисунок 2.3). Максимальные положительные аномалии наблюдались на крайнем северо-западе, где достигали 1,1 °С. Очаги максимальных отрицательных аномалий со значениями 0,5-0,8 °С отмечены в регионе Аральского моря и в Центральном Казахстане (до минус 0,9 °С).

В **сентябре** аномалия температуры воздуха в среднем по территории страны составила 0,15 °С. Средняя по Туркестанской области температура с аномалией 2,34 °С вошла в 5 %

экстремально высоких, в Жамбылской и Алматинской областях – в 10 % экстремально высоких со значениями аномалий 2,01 и 2,11 °С, соответственно. В крайних южных районах этих областей температуры воздуха были на 2,5-3,7 °С выше нормы (рисунок 2.4). На 17 метеостанциях аномалии температуры воздуха вошли в 5 % экстремально высоких температур. Температуры ниже нормы более чем на 1 °С наблюдались в северо-западных (максимально на 1,3 °С) и северных регионах (максимально на 1,5-1,7 °С). Самая значительная отрицательная аномалия (-2,3 °С) наблюдалась на метеостанции Жалтыр (Акмолинская область).

В **октябре** в среднем по территории Казахстана температура воздуха была около нормы с аномалией 0,23 °С (таблица 2.3). В западных и северных областях, а также на крайнем востоке наблюдались положительные аномалии температуры, превышающие 1,0 °С. Значения аномалий увеличивались к северу, достигнув 2,0-2,3 °С в крайних северо-западных и северных районах (рисунок 2.4). В Мангистауской, Кызылординской, Карагандинской и Восточно-Казахстанской областях, а также в северных районах Туркестанской, Южно-Казахстанской, Алматинской областей среднемесячная температура была около нормы (аномалии ± 1 °С). В южных районах Туркестанской, Южно-Казахстанской, Алматинской областей среднемесячная температура была ниже нормы, местами на 1,5-2,5 °С. На 28 метеорологических станциях южного региона (преимущественно в горных и предгорных районах) отмечались экстремально низкие месячные температуры воздуха – ниже 10-го процентиля. На МС Жетысай (Туркестанская область) температура воздуха вошла в 5 % экстремально низких температур.

В **ноябре** аномалия средней за месяц температуры воздуха в среднем по территории Казахстана была около нормы (аномалия минус 0,43 °С, таблица 2.3). В северной половине Казахстана температуры воздуха были, в основном, в пределах ± 1 °С около нормы (рисунок 2.4). Очаги более значительных положительных аномалий занимали крайние западные районы (с аномалией до 1,5-1,9 °С) и восточные в Павлодарской области (с аномалией до 1,2 °С). Значения отрицательных аномалий увеличивались к югу, достигая 1,9-2,1 °С в некоторых районах Кызылординской, Жамбылской и Алматинской областей. На МС Нарынкол (Алматинская область) среднемесячная температура воздуха вошла в 5 % экстремально низких температур (-7,1 °С с аномалией 3,7 °С)

Для целей мониторинга экстремальных значений климатических параметров, наиболее значимых для конкретных отраслей экономики и социальной сферы, Комиссией по климатологии ВМО был разработан программный продукт ClimPACT, позволяющий рассчитывать комплекс специализированных климатических индексов по данным суточных значений максимальной, минимальной температуры воздуха и атмосферных осадков. Ниже приведены индексы, наиболее показательные для характеристики степени экстремальности температурного режима в 2021 г.

В 2021 г. теплый период года характеризуется тем, что суточный максимум температуры превышал 30 и даже 35 °С на всей территории Казахстана (за исключением высокогорных районов). В северных, северо-восточных и в западной части Карагандинской области *количество дней, когда максимальная суточная температура воздуха превышала*

30 °C (индекс $TХge30$) составляло, в основном, от 30 до 80 дней (рисунок 2.5), на остальной территории – от 80 до 120 дней, максимальное количество таких дней было на юге Туркестанской области – 141 день.

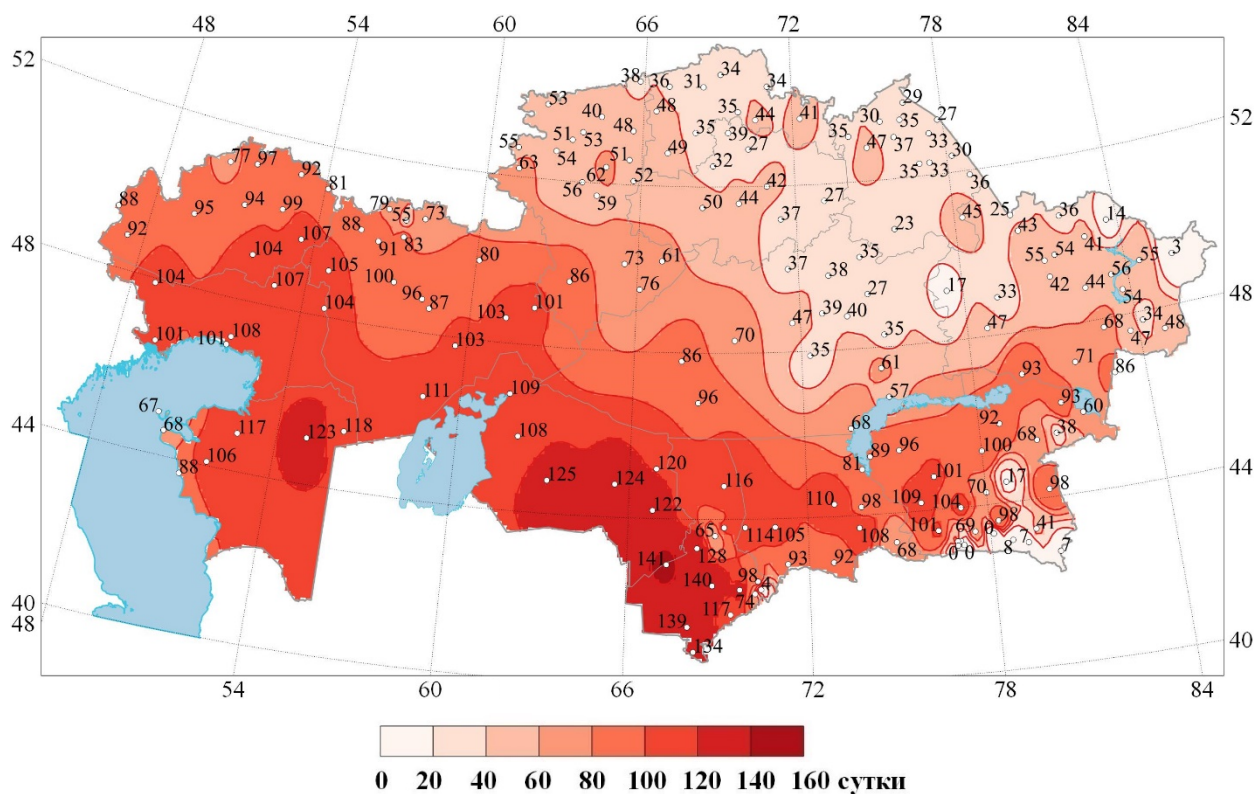


Рисунок 2.5 – Количество дней в 2021 г., когда максимальная температура воздуха превышала 30 °C (индекс $TХge30$)

В период с мая по август 2021 г. во многих регионах Казахстана был очень высокий **процент дней, когда максимальная суточная температура превышала значения 90-го перцентиля (индекс $TХ90p$)**. Например, в мае и августе по данным большинства станций в западной половине Казахстана более чем в 50 % дней суточная максимальная температура воздуха держалась выше 90-го перцентиля (рисунок 2.6). Минимальная доля экстремально теплых дней (менее 10 %) зафиксирована в предгорных и горных юго-восточных районах.

В качестве еще одной характеристики экстремальности температурного режима в теплый период года является общая продолжительность всех волн жары (за волну жары принят случай, когда 6 и более суток подряд коэффициент избытка тепла имеет положительное значение, индекс HWF/EHF , рисунок 2.7). В западных и южных регионах общая продолжительность всех волн жары составляла более 50, местами более 60 суток.

В 2021 г. в северных, северо-восточных регионах, в западной части Карагандинской области **суточный максимум температуры воздуха (индекс $TХx$)** составлял 36-40 °C (рисунок 2.8). В остальных регионах, за исключением горных районов, он был выше 40 °C, а в некоторых западных и южных районах превышал 45 °C.

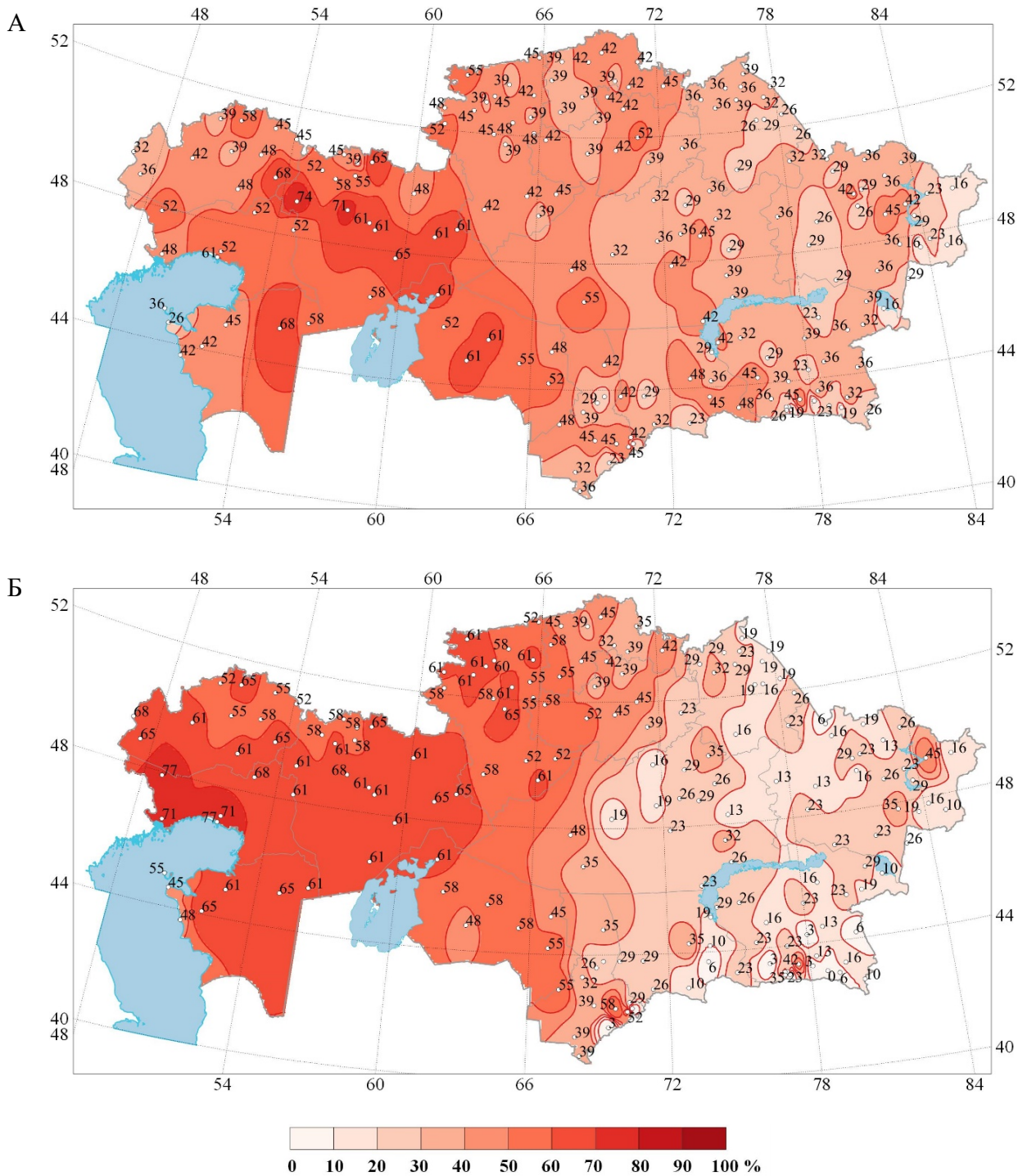


Рисунок 2.6 – Процент дней, когда максимальная суточная температура в мае (А) и августе (Б) 2021 г. была выше 90-го перцентиля (индекс TX90p)

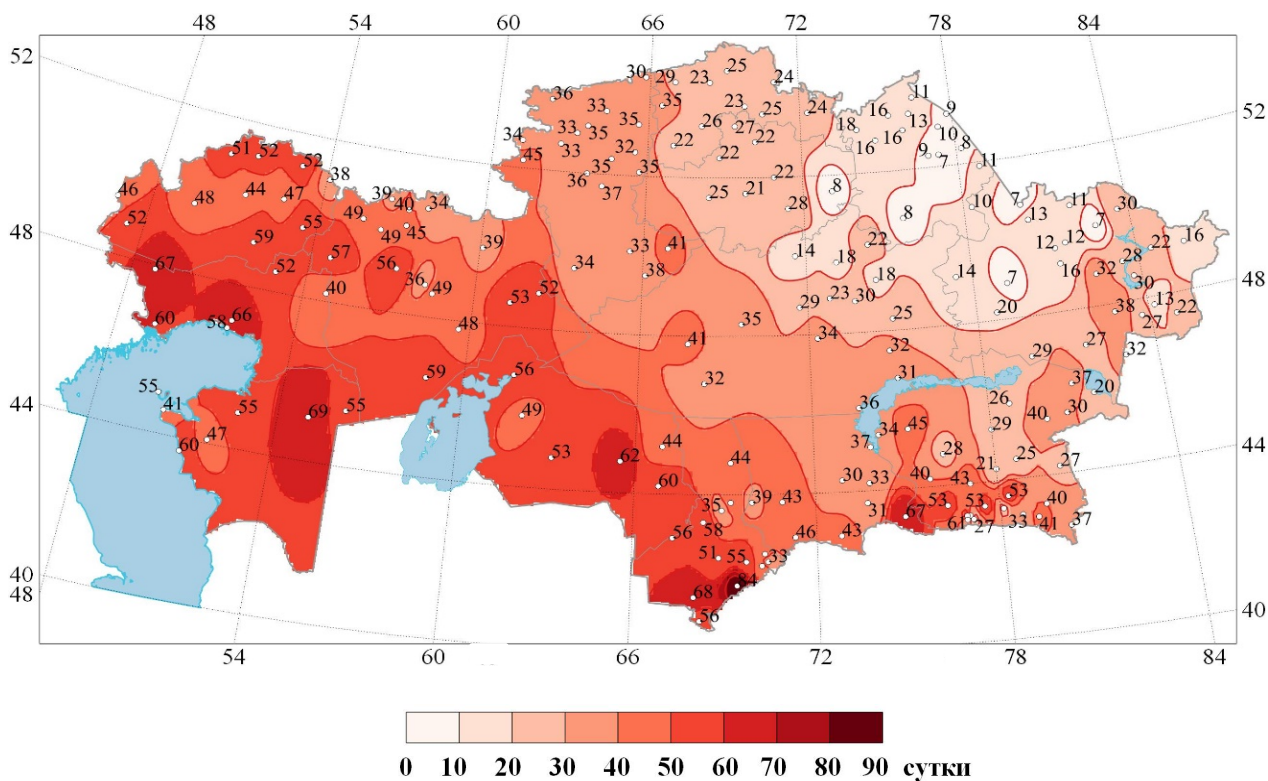


Рисунок 2.7 – Общая продолжительность волн тепла в теплый период в 2021 г.
(индекс HWF/EHF, сутки)

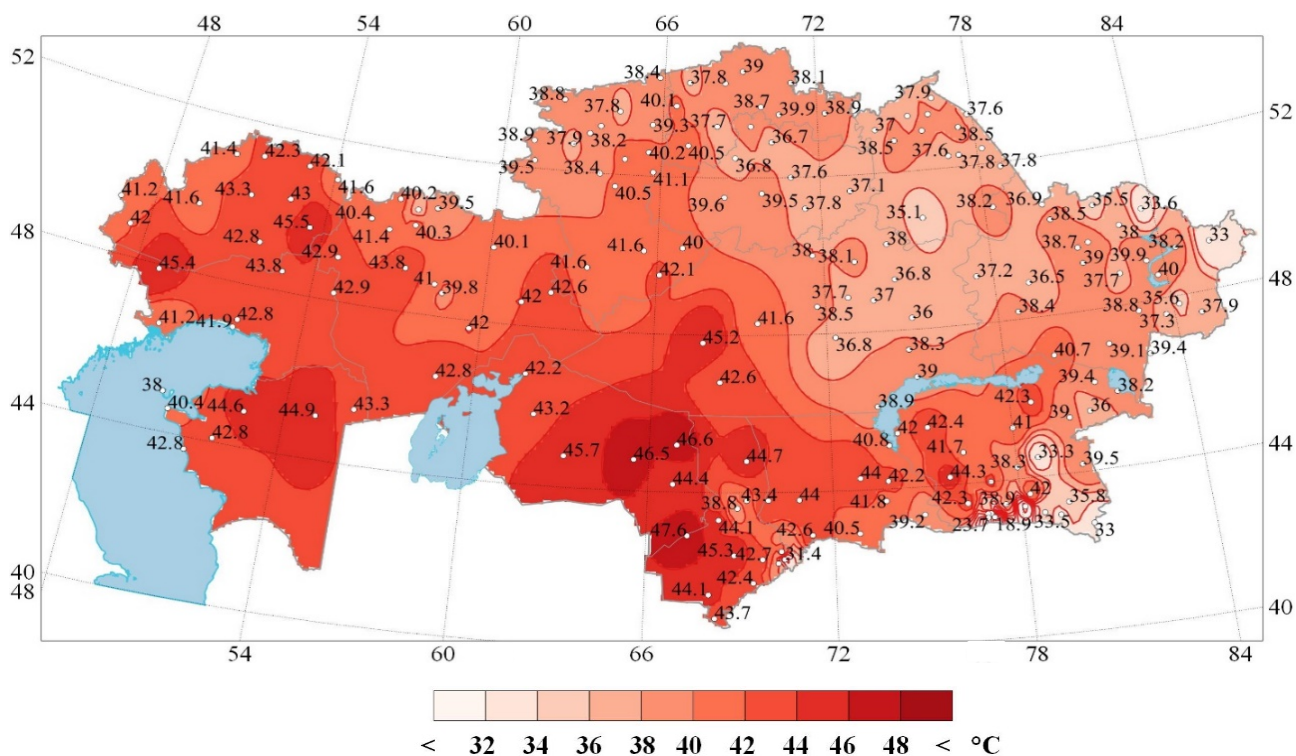


Рисунок 2.8 – Значения максимумов суточной температуры воздуха (°С),
зарегистрированные в 2021 г.

В результате такого повышенного фона температуры в летние месяцы на некоторых МС в 2021 г. были обновлены значения предыдущих абсолютных суточных

максимумов температуры воздуха (выделены красным цветом, рисунок 2.9). Синим цветом показаны значения абсолютных максимумов, зарегистрированных с момента открытия станции по 2021 г. В 2021 г. значения абсолютных максимумов были превышены на восьми метеостанциях, участвующих в мониторинге климата Казахстана: МС Злиха на $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($46,6\text{ }^{\circ}\text{C}$); МС Кызылорда на $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($46,5\text{ }^{\circ}\text{C}$); МС Каратобе на $+1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($45,5\text{ }^{\circ}\text{C}$); МС Новый Уштаган на $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($45,4\text{ }^{\circ}\text{C}$); МС Жезказган на $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($45,2\text{ }^{\circ}\text{C}$); МС Уральск на $+0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($42,3\text{ }^{\circ}\text{C}$); МС Железнодорожный на $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($41,1\text{ }^{\circ}\text{C}$); и МС Шокпар на $+0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($41,1\text{ }^{\circ}\text{C}$). Большинство самых высоких значений температуры воздуха (абсолютные максимумы) в Казахстане были зафиксированы в июле 1983 г., когда на некоторых метеостанциях Туркестанской области температура воздуха достигали $+49...+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (МС Туркестан, Шаян, Арыс, Тасты), а также в июле 1995 г., когда на МС Кызылкум температура воздуха поднималась до $+51\text{ }^{\circ}\text{C}$.

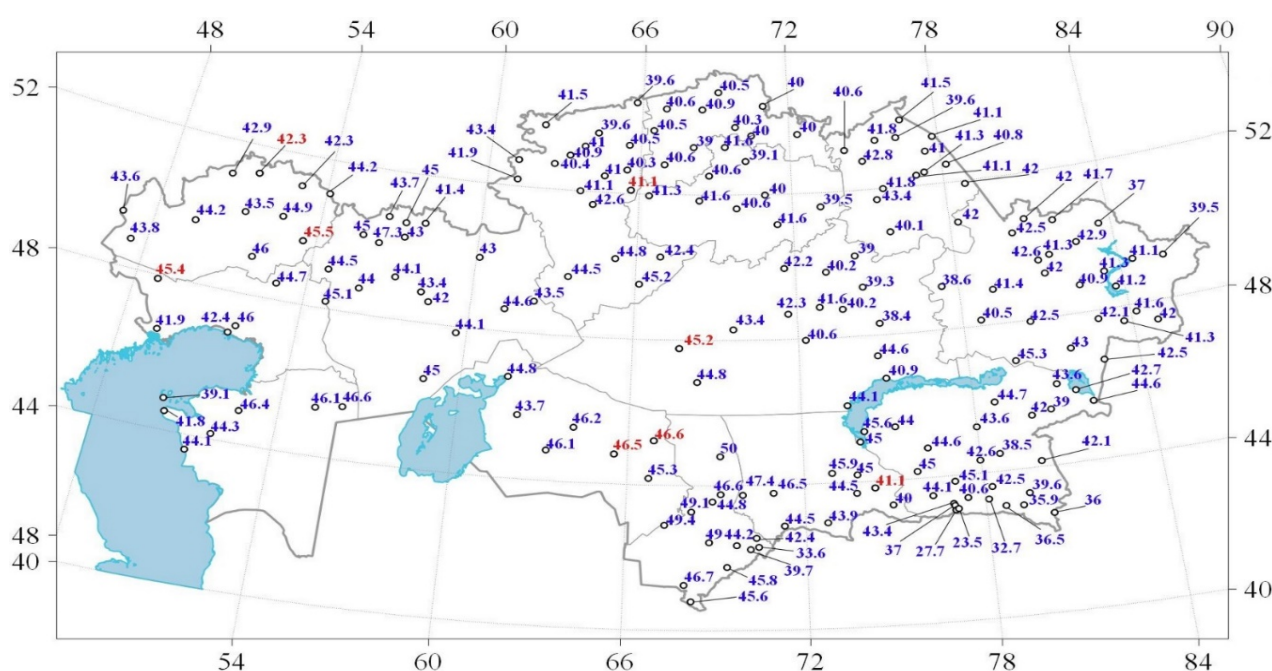


Рисунок 2.9 – Значения абсолютных максимумов температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$), зарегистрированные с начала открытия метеостанции по 2021 г. Если рекордное значение максимальной суточной температуры воздуха зафиксировано в 2021 г., это значение нанесено красным цветом

По рекомендации ВОЗ введен индекс, характеризующий *количество дней, когда суточный минимум температуры не опускается ниже $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (индекс TR, «тропическая ночь»)*, так как при таких ночных температурах организм человека не успевает отдохнуть от дневной жары. Так как в западных и южных областях лето было экстремально жарким, здесь высокие ночные температуры держались более 30-40 дней, на большей части территории Атырауской, Кызылординской и Туркестанской областей – более 50-60 дней, в Мангистауской – более 80, а местами более 90 дней (рисунок 2.10). Минимальное количество тропических ночей, или их отсутствие, наблюдалось в северных, центральных, юго-восточных и горных регионах Казахстана.

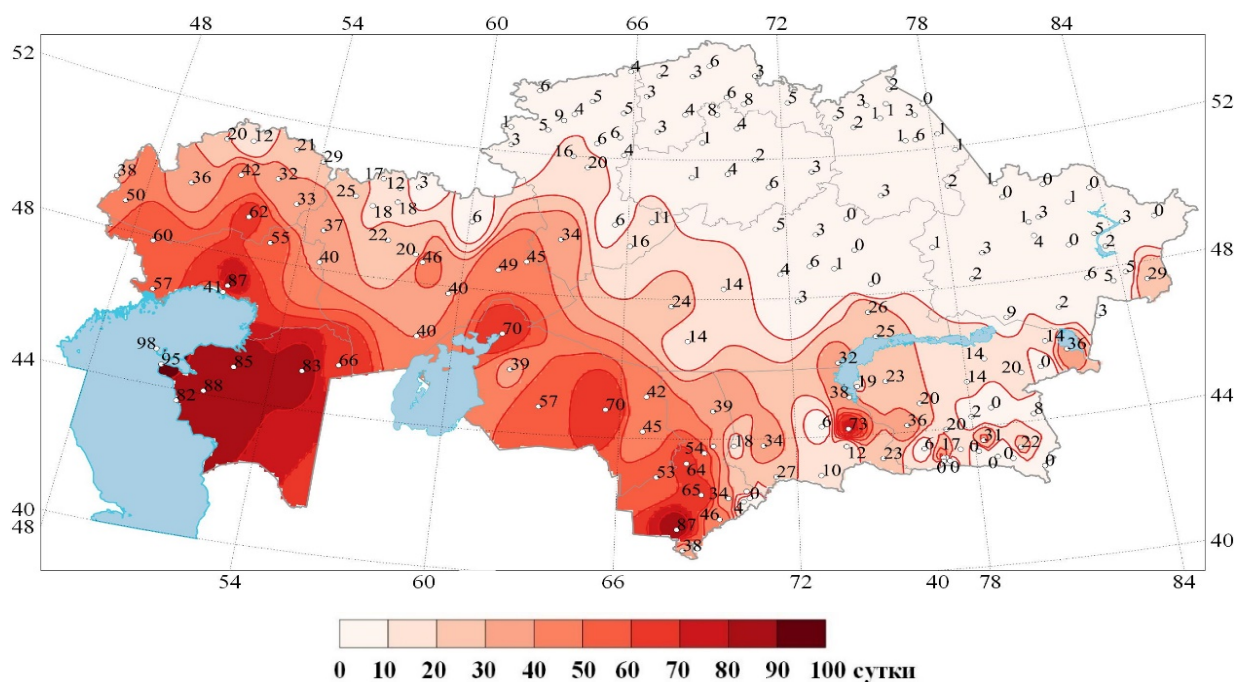


Рисунок 2.10 – Количество суток, когда суточный минимум температуры выше 20 °С в июле 2021 г. (индекс TR)

Следствием высоких температур воздуха значительную часть теплого периода года, особенно в западных и южных регионах Казахстана, наблюдалась острая необходимость в поддержании в помещениях благоприятной температуры. В данном случае в качестве благоприятной температуры принят порог в 23 °С, превышение которого означает *дефицит холода* (индекс CDDcold23, рисунок 2.11). Максимум дефицита холода наблюдался в Атырауской, Мангистауской, Кызылординской, Туркестанской областях, где он местами 600 и даже 700 градусо-суток.

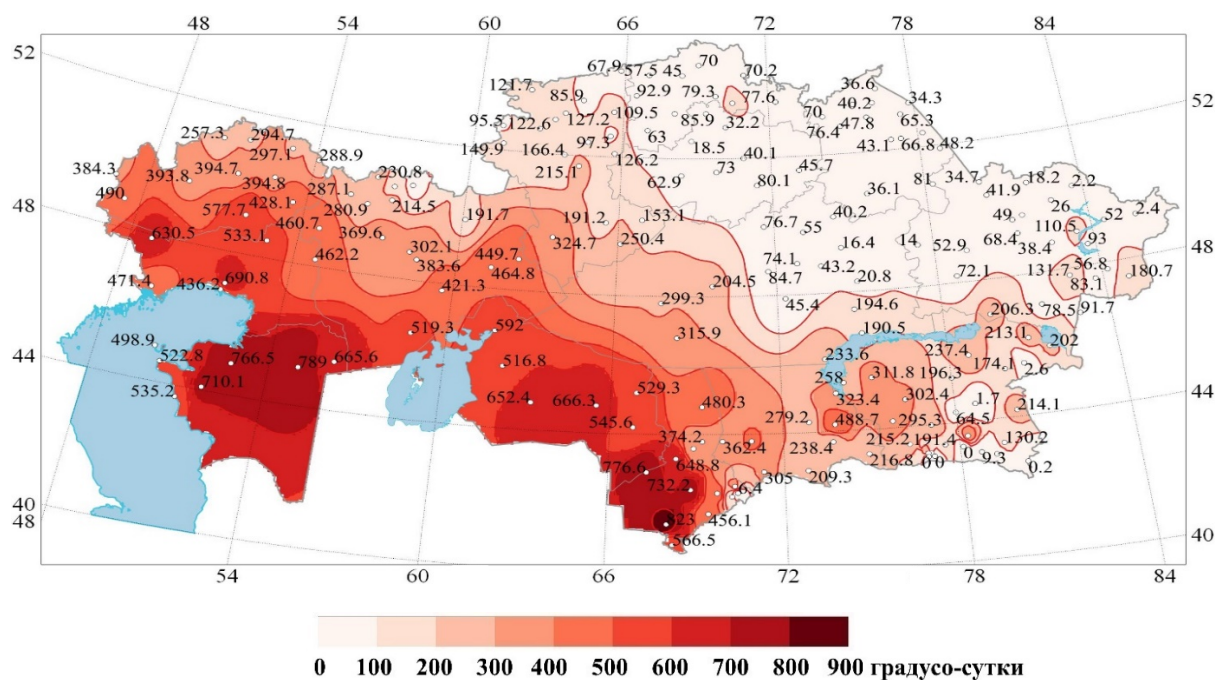


Рисунок 2.11 – Дефицит холода (градусо-сутки), наблюдавшийся в 2021 гг. (индекс CDDcold23)

В январе 2021 г., как правило самом холодном месяце года, в северных и северо-восточных регионах Казахстана наблюдались значительные отрицательные аномалии и *суточный минимум температуры воздуха (индекс TNi, рисунок 2.12)* опускался здесь ниже минус 35-40 °С, местами ниже 43 °С.

На рисунке 2.13 представлены абсолютные минимумы температуры воздуха, зафиксированные с момента открытия метеостанции. В Казахстане абсолютные минимумы температуры воздуха ниже минус 50 °С отмечены на 2 станциях – в январе 1931 г. на МС Шаганатты/Орловский посёлок (-54 °С) и в январе 1893 г. на МС Нур-Султан (-52 °С). Температуры воздуха ниже минус 45 °С наблюдались в основном, в северных и восточных регионах Казахстана. В 2021 г. новых рекордов суточной минимальной температуры не зафиксировано.

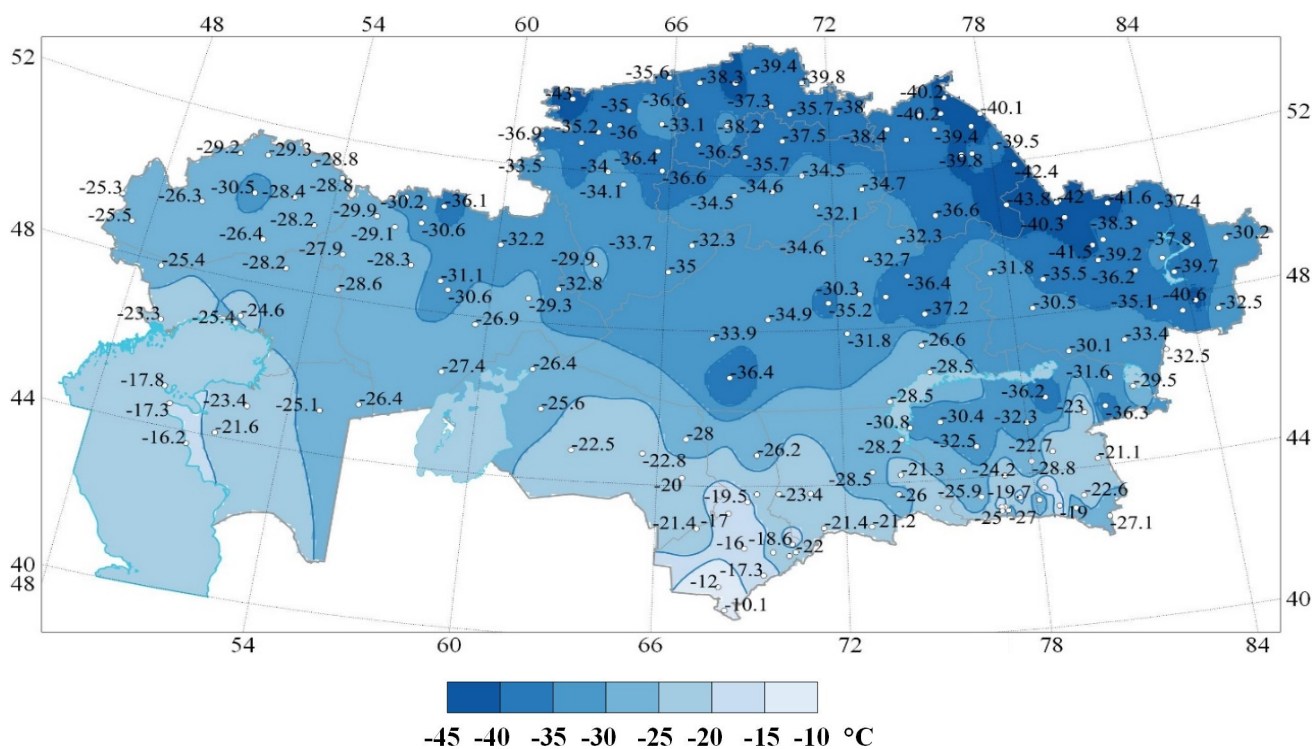


Рисунок 2.12 – Значения суточной минимальной температуры воздуха (°С), зарегистрированные в 2021 г.

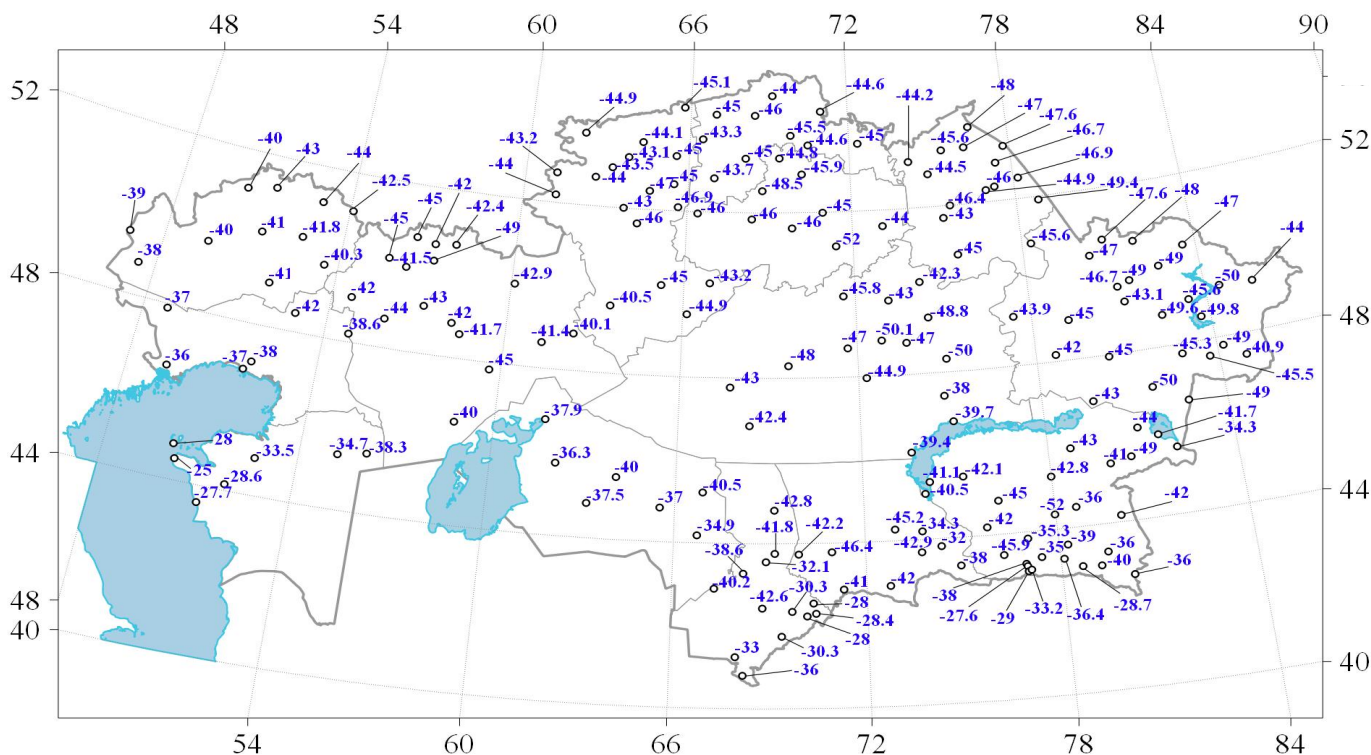


Рисунок 2.13 – Значения абсолютных минимумов температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$), зарегистрированные с начала открытия метеостанции по 2021 г. Если рекордное значение минимальной суточной температуры воздуха зафиксировано в 2021 г., это значение нанесено красным цветом

2.2 Наблюдаемые на территории Казахстана изменения температуры воздуха

На рисунках 2.14–2.15 представлены временные ряды осредненных по территории Казахстана и административных областей средних годовых и сезонных аномалий температуры приземного воздуха и их 11-летние скользящие средние за период 1941–2021 гг., а также линейные тенденции изменения температуры воздуха за период 1976–2021 гг. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961–1990 гг. Линейные тренды дают наглядную информацию о постепенном повышении среднегодовых и сезонных температур приземного воздуха за последние десятилетия. В таблице 2.4 представлены оценки изменения температуры воздуха за период 1976 – 2021 гг.: коэффициент линейного тренда, характеризующий среднюю скорость изменения аномалии температуры воздуха на рассматриваемом интервале времени; и коэффициент детерминации, показывающий вклад тренда в общую дисперсию временного ряда.

В среднем по территории Казахстана за период 1976–2021 гг. повышение **среднегодовой** температуры воздуха составляет $0,32^{\circ}\text{C}$ каждые 10 лет, вклад в общую изменчивость температуры составляет 27 % (рисунок 2.14, таблица 2.4). В среднем по территории всех областей Казахстана в период 1976–2021 гг. также наблюдается устойчивое повышение средней годовой температуры воздуха – коэффициенты детерминации находятся в пределах 10–38 %, тренды значимы на 5%-ом уровне (рисунок 2.15, таблица 2.4). Более быстрыми темпами теплеет в западных и юго-западных областях Казахстана

(от 0,44 °C/10 лет до 0,54 °C/10 лет), более медленными темпами – в центральных, северных и восточных областях (от 0,23 °C/10 лет до 0,29 °C/10 лет).

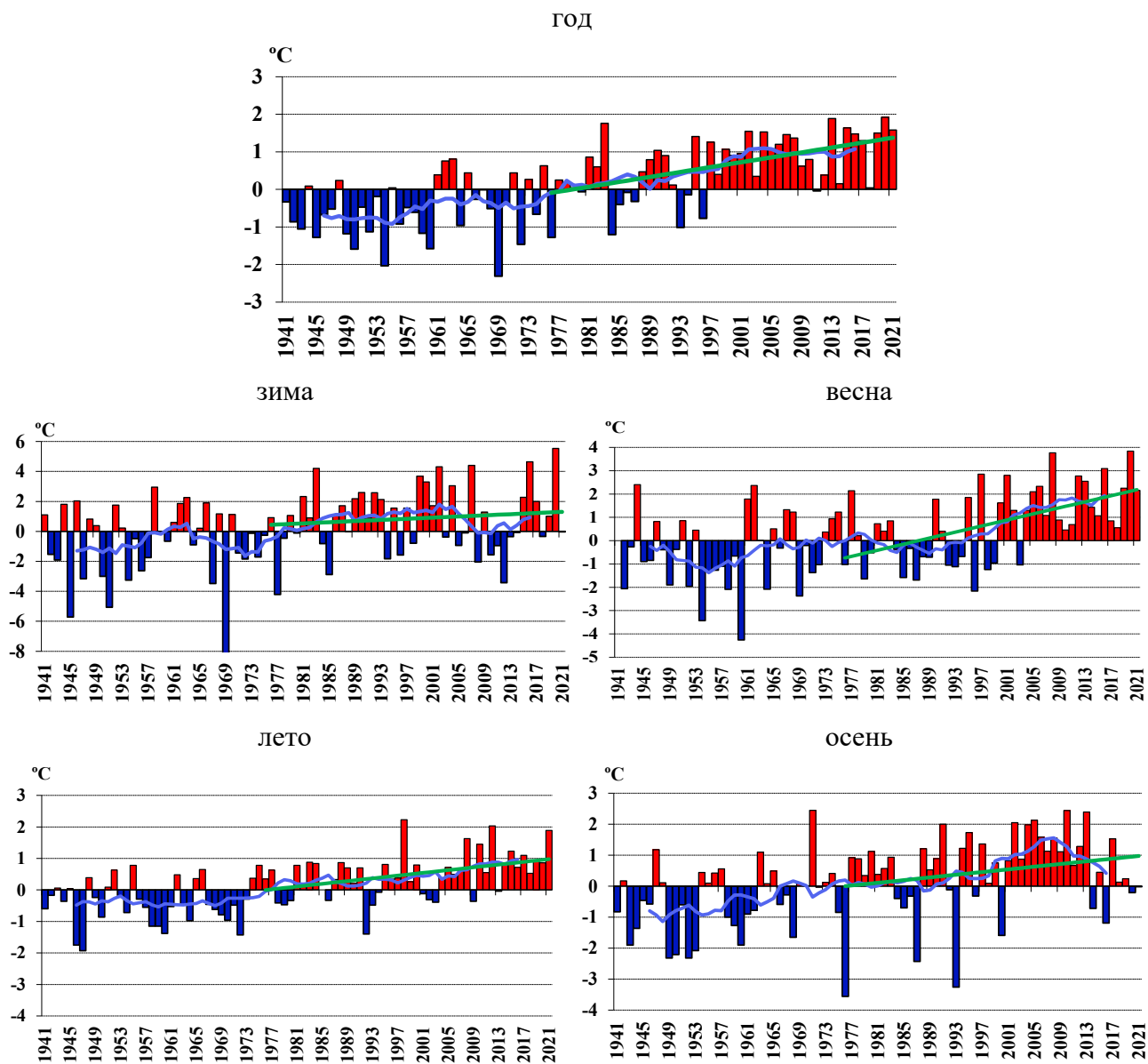


Рисунок 2.14 – Временные ряды аномалий годовой и сезонных температур воздуха (°C), осредненных по территории Казахстана за период 1941–2021 гг. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961–1990 гг. Линейный тренд за период 1976–2021 гг. выделен зеленым цветом. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением

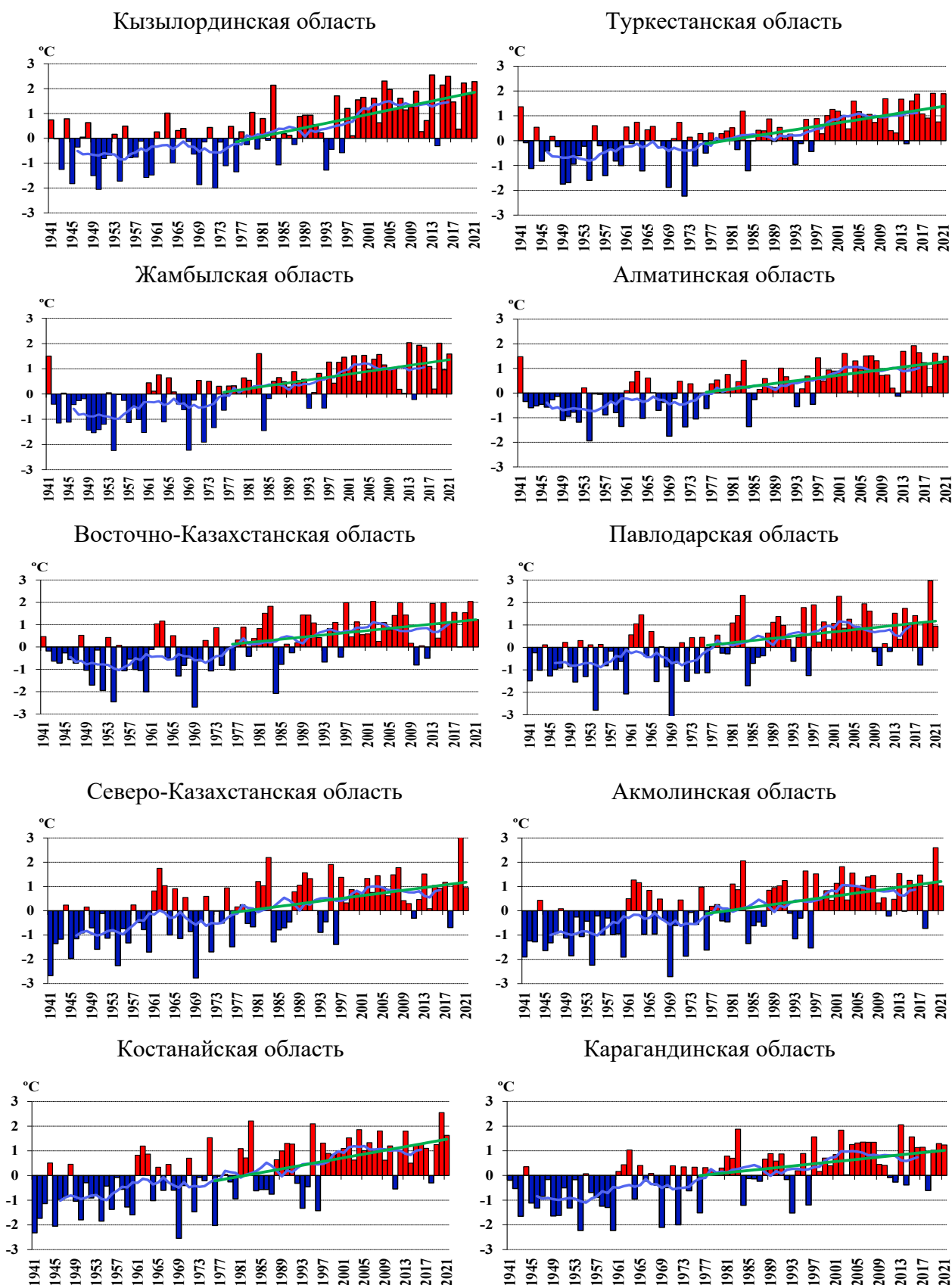


Рисунок 2.15 – Временные ряды аномалий годовых температур воздуха (°C), осредненных по областям Казахстана за период 1941–2021 гг. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961–1990 гг. Линейный тренд за период 1976–2021 гг. выделен зеленым цветом. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Лист 1

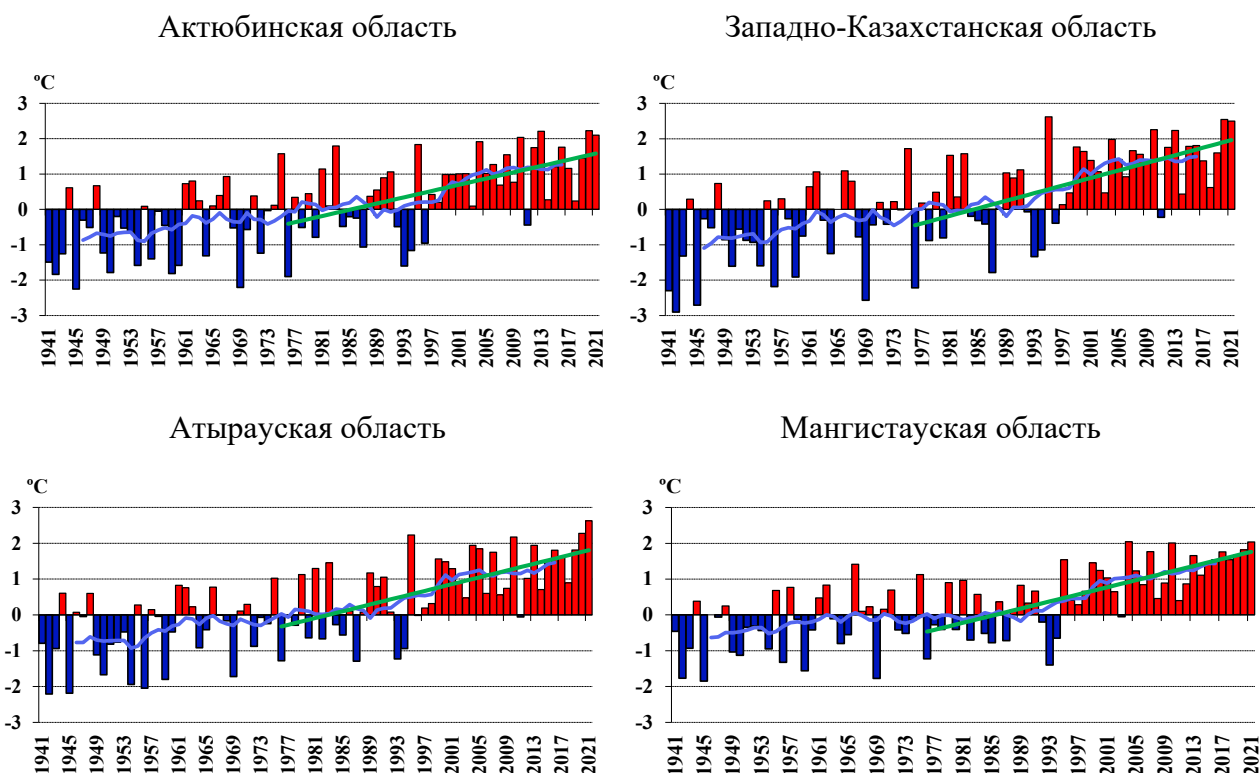


Рисунок 2.15 – Временные ряды аномалий годовых температур воздуха (°C), осредненных по областям Казахстана за период 1941–2021 гг. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961–1990 гг. Линейный тренд за период 1976–2021 гг. выделен зеленым цветом. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднение. Лист 2

В среднем по территории Казахстана тенденция к потеплению **зимнего** сезона составляет $0,19\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет (таблица 2.4), но надо отметить, что тренд описывает всего около 1 % суммарной дисперсии и незначим на уровне 5 %. Тренды средних по областям зимних температур были положительными, кроме Павлодарской, и, в основном, объясняют до 3 % дисперсии ряда и статистически незначимы. Наиболее заметное потепление, на $0,33\text{--}0,47\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет, отмечено в западном регионе Казахстана (в Западно-Казахстанской, Атырауской, Мангистауской областях), а также в Туркестанской области, где коэффициент детерминации составляет 5-11 %. По данным нескольких станций на крайнем западе эта тенденция устойчивая (рисунок 2.16). На территории Казахстана выделяется довольно обширная область, где наметилась тенденция к понижению температуры – это центр, северо-восток и восток Казахстана.

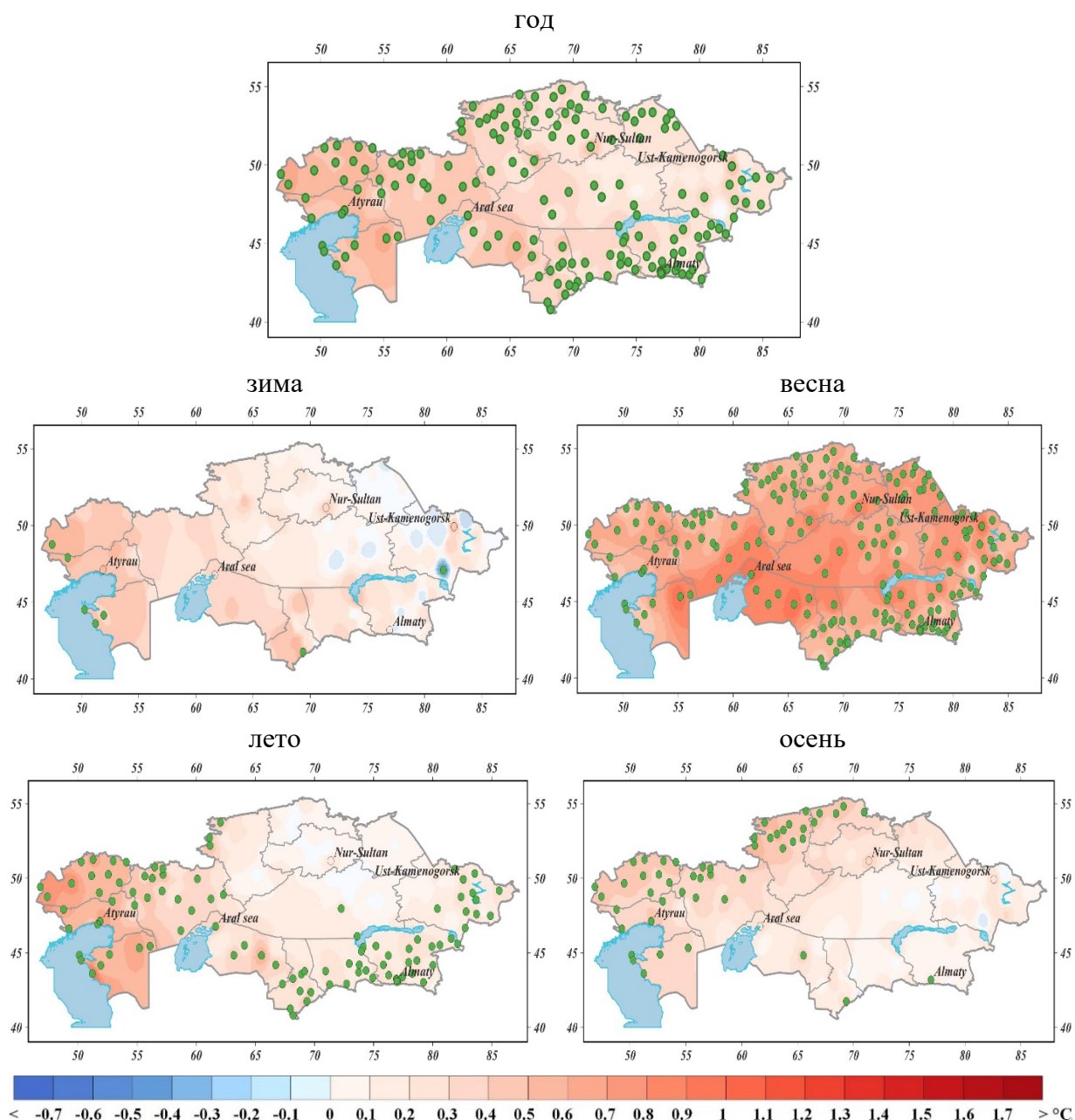
Таблица 2.4 – Характеристики линейного тренда аномалий температуры приземного воздуха, осреднённых по территории Казахстана и его областей за период 1976–2021 гг.

Регион/область	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	<i>a</i>	D	<i>a</i>	D	<i>a</i>	D	<i>a</i>	D	<i>a</i>	D
Казахстан	0,32	27	0,19	1	0,65	31	0,22	17	0,22	5
Алматинская	0,28	27	0,16	1	0,62	32	0,22	21	0,10	1
Акмолинская	0,29	16	0,14	1	0,69	23	0,03	0	0,28	5
Актюбинская	0,44	32	0,33	3	0,65	20	0,37	14	0,36	9
Атырауская	0,47	38	0,45	7	0,53	23	0,52	38	0,35	11
Восточно-Казахстанская	0,24	12	0,03	0	0,67	27	0,15	9	0,11	1
Жамбылская	0,29	25	0,21	2	0,62	31	0,21	18	0,07	1
Западно-Казахстанская	0,54	37	0,47	5	0,61	20	0,59	28	0,43	15
Карагандинская	0,23	12	0,07	0	0,71	28	0,04	0	0,06	0
Костанайская	0,37	23	0,20	1	0,65	19	0,19	4	0,41	10
Кызылординская	0,44	33	0,34	3	0,87	36	0,33	24	0,20	4
Мангистауская	0,50	52	0,42	11	0,43	22	0,65	51	0,45	20
Павлодарская	0,24	10	-0,03	0	0,72	27	0,04	0	0,21	3
Северо-Казахстанская	0,28	14	0,08	0	0,58	18	0,04	0	0,38	8
Туркестанская	0,34	38	0,33	5	0,57	31	0,26	20	0,15	3

* *a* – коэффициент линейного тренда, °C/10 лет

** **D** – коэффициент детерминации, %

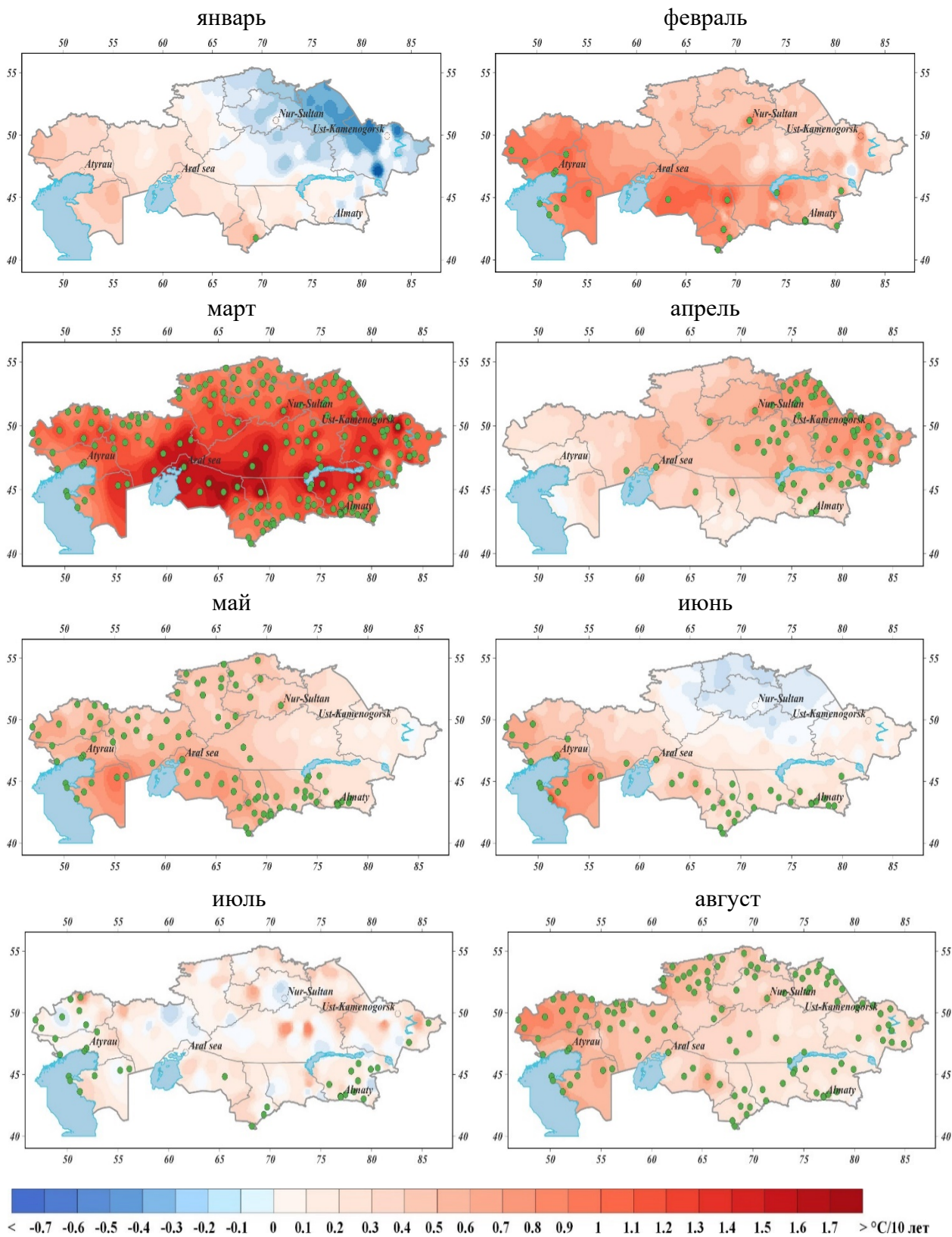
***«жирным» шрифтом выделены статистически значимые тенденции на 5 % уровне



● -значимые положительные и отрицательные коэффициенты линейного тренда

Рисунок 2.16 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда средней годовой и сезонной температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}/10$ лет), рассчитанного по данным наблюдений за период 1976–2021 гг.

В декабре устойчивых тенденций в изменении средних месячных температур нет. На большей части территории Казахстана тенденции положительные, максимальные значения на западе (до $0,42^{\circ}\text{C}/10$ лет). В южной половине Казахстана наблюдается несколько очагов с тенденцией к понижению температуры воздуха, максимально до $0,50^{\circ}\text{C}/10$ лет в южном и юго-восточном регионах республики.



● -значимые положительные и отрицательные коэффициенты линейного тренда

Рисунок 2.17 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда средней месячной температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}/10$ лет), рассчитанного по данным наблюдений за период 1976–2021 гг. *Лист 1*

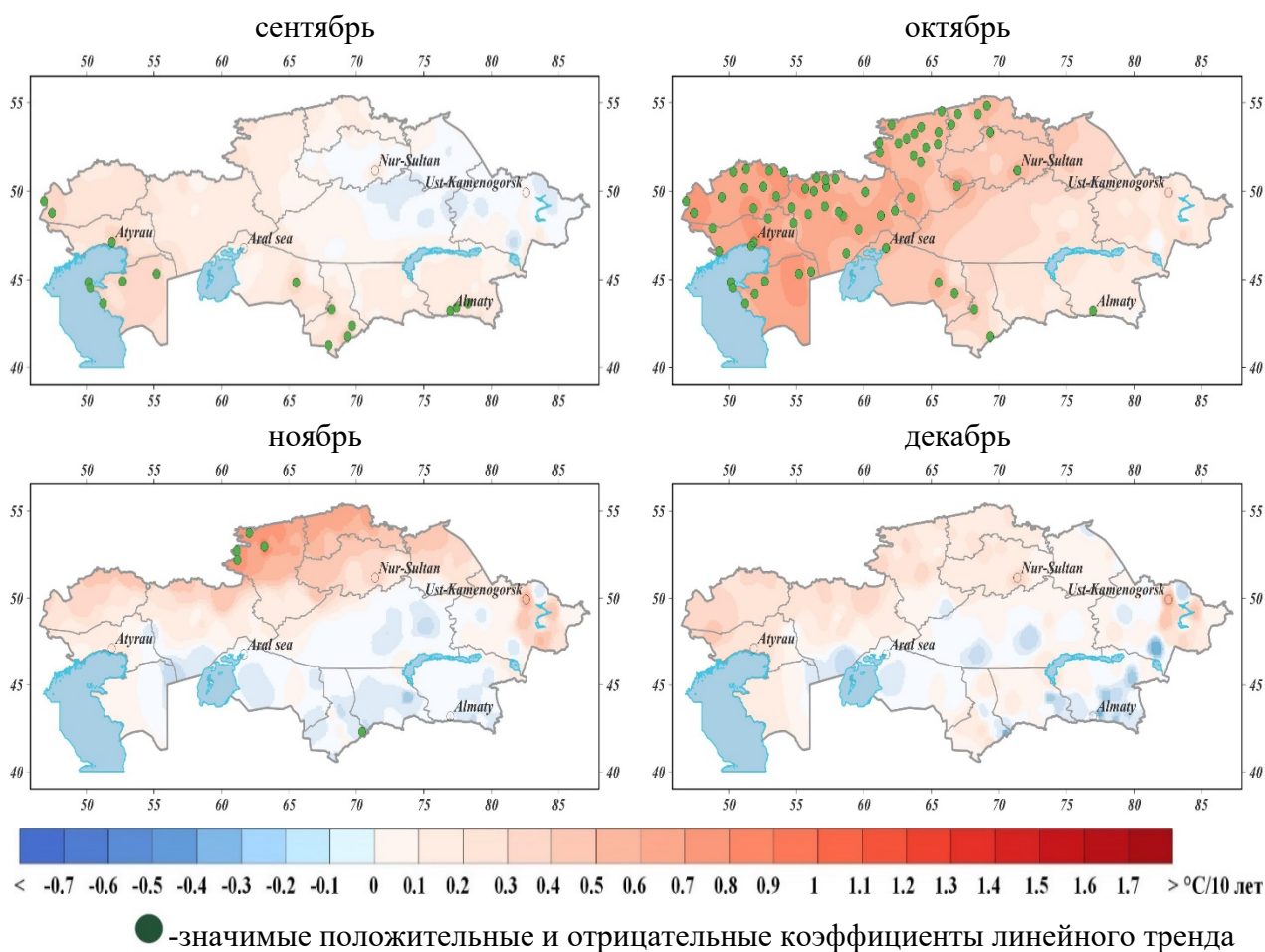


Рисунок 2.17 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда средней месячной температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}/10$ лет), рассчитанного по данным наблюдений за период 1976–2021 гг. *Лист 2*

В январе область с тенденцией к понижению температуры воздуха занимала обширную территорию центральной, северо- и северо-восточной части республики, максимально со скоростью до $0,60-0,75$ $^{\circ}\text{C}/10$ лет температура понижается в северо-восточных регионах (рисунок 2.17). На западе и юге отмечены максимальные положительные тенденции – до $0,40-0,55$ $^{\circ}\text{C}/10$ лет. Хотя значения углового коэффициента для декабрьских и январских температур достаточно высокие, но в силу большой межгодовой изменчивости температуры в эти месяцы вклад трендовой составляющей в общую дисперсию незначительный. Статистически значимая положительная тенденция температуры наблюдалась лишь на МС Казыгурт ($0,72$ $^{\circ}\text{C}/10$ лет, Туркестанская область). В феврале на территории всего Казахстана прослеживается тенденция повышения температуры воздуха с максимальными значениями в западных областях $0,80-1,14$ $^{\circ}\text{C}/10$ лет. Статистически значимые темпы роста температуры воздуха в феврале отмечались на 21 станции в западных и южных регионах республики.

В **весенний** сезон наблюдается наиболее интенсивная тенденция к потеплению во всех областях Казахстана (таблица 2.4). В среднем по территории Казахстана температура воздуха повышалась на $0,65$ $^{\circ}\text{C}/10$ лет (вклад трендовой составляющей 31 %). Диапазон скорости повышения температуры воздуха по областям составляет от $0,40$ $^{\circ}\text{C}/10$ лет (Алматинская

область) до $0,97\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет (Кызылординская область) при 10-42 % объясненной трендом дисперсии. Очаги наиболее интенсивного потепления наблюдается в восточной части Мангистауской области, в Кызылординской, Карагандинской и Павлодарской областях ($0,73\text{-}0,97\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет), рисунок 2.16. На всех метеостанциях страны тенденции статистически значимы.

Наибольшая и статистически значимая по данным всех станций скорость увеличения температуры воздуха в весенний период отмечена в марте (на $0,69\text{-}1,72\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет), рисунок 2.17. В апреле и мае температура повышалась также на всей территории республики. В апреле статистически достоверные темпы роста прослеживаются, в основном, к востоку примерно от 70° в. д (в диапазоне от $0,29$ до $0,98\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет), в мае – в противоположной части республики (в диапазоне от $0,23$ до $0,96\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Летом в среднем по Казахстану температура воздуха летнего сезона повышается на $0,22\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет (коэффициент детерминации 17 %, таблица 2.4). Наиболее значительные темпы повышения температуры воздуха отмечается в западных областях – на $0,37\text{-}0,65\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет. Менее интенсивное потепление наблюдается в южных и юго-восточных областях Казахстана, где температуры воздуха летнего сезона имеют тенденцию повышаться на $0,22\text{-}0,26\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет. Тренды здесь описывают от 14 до 51 % дисперсии временных рядов. В северных и центральных регионах тенденции практически отсутствуют – доля трендовой составляющей в общей дисперсии ряда практически нулевая, хотя сохраняется положительный знак тренда.

В июне и июле тенденция к незначительному похолоданию наблюдается в северных и центральных районах (максимум до $0,30\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет, рисунок 2.17). В августе в большинстве регионов Казахстана отмечается статистически значимые положительные тенденции температуры воздуха в диапазоне от $0,22$ до $0,88\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет. Наибольшая скорость роста среднемесячной температуры воздуха отмечается в западном регионе.

Осенью в среднем по Казахстану сезонная температура повышается на $0,22\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет (коэффициент детерминации 5 %, таблица 2.4). Тенденции в средней по областям температуре также положительные. Наиболее значительные темпы повышения температуры наблюдаются в западных и северных областях – на $0,28\text{-}0,45\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет, при этом доля объясненной трендом дисперсии составляет 5-20 %. В некоторых северных, центральных, южных и восточных регионах тенденции практически отсутствуют, доля трендовой составляющей в общей дисперсии ряда не более 5 %. Если летом максимальные и значимые тенденции наблюдались в западных, южных и юго-восточных регионах, то осенью – в западных и северных (рисунок 2.16). То есть в западных регионах во все сезоны наблюдалось значительное потепление климата.

В сентябре на большей части территории республики происходит потепление, в некоторых южных и западных регионах страны наблюдались статистически значимые темпы роста приземной температуры воздуха на $0,24\text{-}0,48\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет (рисунок 2.17). В восточных регионах есть очаги с незначительным похолоданием. В октябре потепление происходило на всей территории Казахстана, статистически значимые положительные тенденции температуры воздуха в интервале от $0,44$ до $0,86\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет прослеживаются в западном регионе, на севере и местами на юге. В ноябре положительные тенденции охватывали

северную половину Казахстана, включая восточный регион, на четырех метеостанциях Костанайской области тенденции статистически значимые (в диапазоне 0,72-0,85 °C/10 лет).

2.3 Тенденции в экстремумах температуры приземного воздуха

Изменяется не только средний уровень температуры воздуха и количества осадков, меняются также другие характеристики режимов этих основных элементов климата, в том числе частота и интенсивность экстремумов. Таким образом изменение климата может воздействовать практически на все сферы жизнедеятельности человека, на физические и химические процессы в биосфере.

Корректная оценка таких воздействий изменений климата должна иметь выраженный региональный, и даже локальный характер, поскольку как изменения климата, так и уязвимость систем, а также возможности адаптаций, существенно зависят от физико-географических, экономических и демографических особенностей регионов, которые в этом отношении имеют свою специфику.

Повышение температуры воздуха ведет к сдвигам сроков фенологических событий у растений и животных, границ растительных зон, в основном, к северу и вверх в горных районах, а также к изменениям структуры экосистем.

На территории республики наблюдается увеличение продолжительности вегетационного периода (индекс GSL, рисунок 2.18) на 2-5 суток/10 лет. Статистически значимое увеличение на 3–5 суток/10 лет прослеживается по данным большинства станций Западно-Казахстанской, Актюбинской, Кызылординской, Туркестанской, Жамбылской, Алматинской, Карагандинской и Восточно-Казахстанской областей. Здесь и далее на рисунках красными или зелеными кружками выделены пункты, по данным которых коэффициенты тренда статистически значимы на 5%-м уровне. В северных регионах увеличение продолжительности вегетационного периода в основном статистически незначимое.

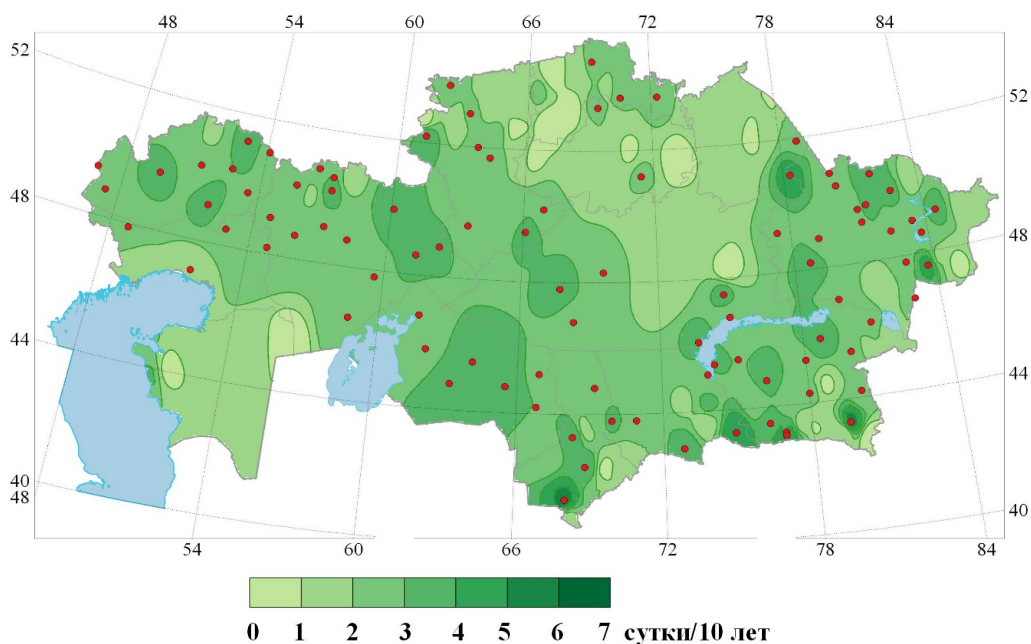


Рисунок 2.18 – Темпы изменения продолжительности вегетационного сезона (сутки/10лет) в период 1961-2021 гг. (индекс GSL)

Помимо увеличения продолжительности вегетационного периода, в южной половине территории Казахстана наблюдается статистически значимое увеличение суммы температур в период вегетации (индекс GDDgrow10, рисунок 2.19). Рост суммы температур в этот период в южной части территории значительно выше, чем в северной части. Наибольшее и статистически значимое увеличение, более чем на 60 градусо-дней/10лет, прослеживается по данным большинства станций Атырауской, Мангистауской, Кызылординской, Туркестанской, Жамбылской и Алматинской областей.

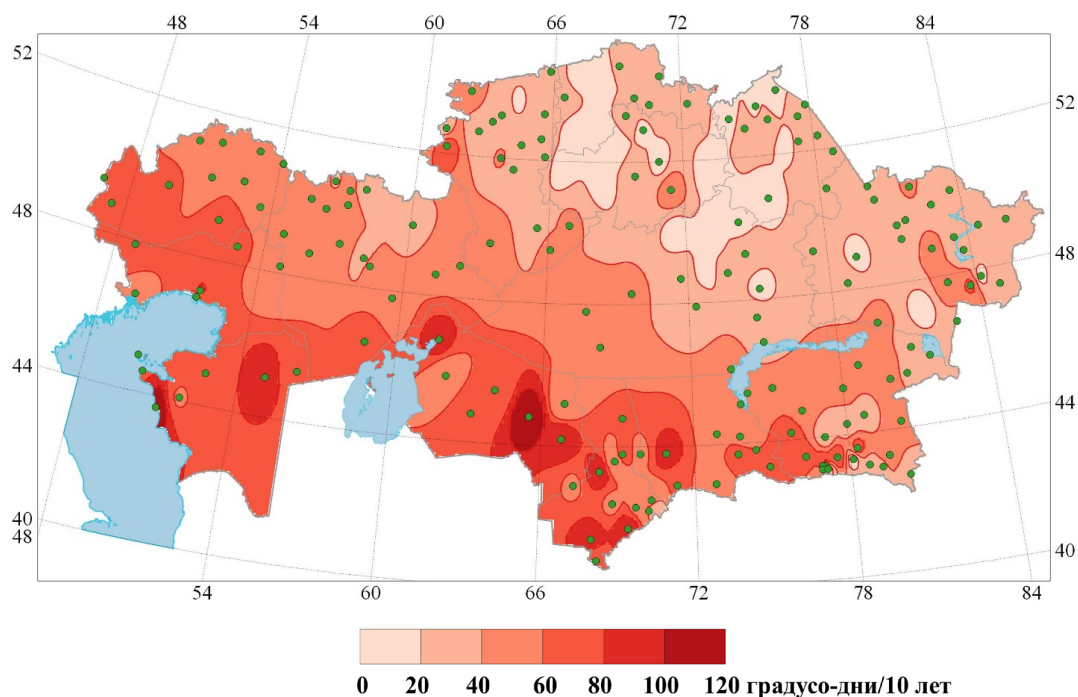


Рисунок 2.19 – Темпы изменения суммы температур в период вегетации (градусо-дни/10лет) в период 1961–2021 гг. (индекс GDDgrow10)

Повышается не только средний уровень температуры воздуха, но увеличивается повторяемость высоких летних температур. В условиях жаркого и засушливого лета в западных и южных регионах Казахстана это оказывает негативное воздействие не только на растительность, но и на организм человека и животных. Например, практически повсеместно увеличивается число дней с температурой выше 30 °С, особенно заметно в западном и южном регионах республики – на 4-7 дней за 10 лет (рисунок 2.20). Наибольшая скорость увеличения повторяемости высоких летних температур наблюдалась на метеорологической станции Актау (7,6 суток/10лет, Мангистауская область). На станциях Северо-Казахстанской и Акмолинской областей наблюдалась статистически незначимая отрицательная тенденция повторяемости жарких дней.

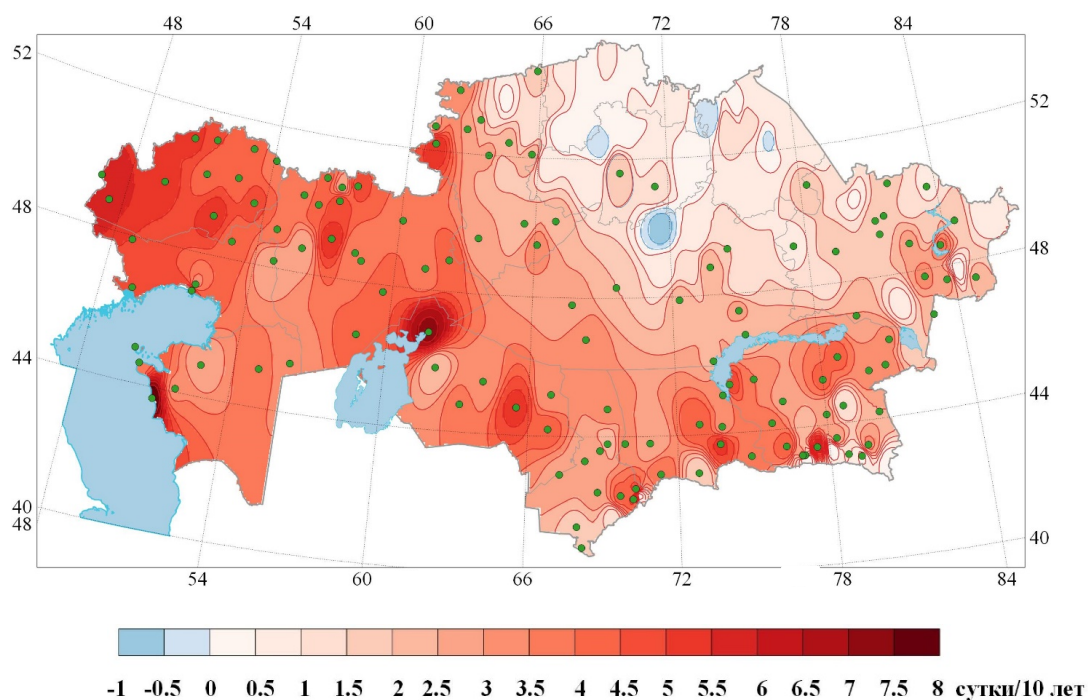


Рисунок 2.20 – Темпы изменения количества суток, когда максимальная суточная температура равна или выше 30 °С (сутки/10 лет) в период 1961-2021 гг. (индекс TXge30)

На большей части территории республики наблюдается значимая положительная тенденция общей продолжительности всех волн жары в теплый период (волна жары это 3 и более суток подряд, когда коэффициент избытка тепла имеет положительное значение, индекс HWF/EHF, рисунок 2.21). Наибольшая значимая положительная тенденция (более 6-9 суток/10лет) наблюдалась на станциях западных и южных областей.

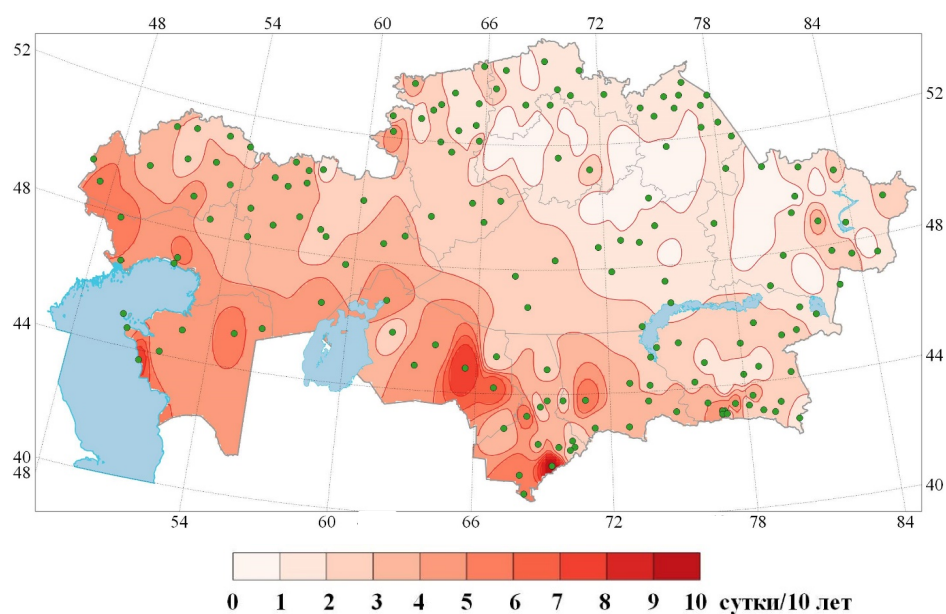


Рисунок 2.21 – Темпы изменения общей продолжительности волн тепла в теплый период (сутки/10лет) в 1961–2021 гг. (индекс HWF/EHF)

Почти по всей территории республики наблюдается значимая положительная тенденция количества отдельных волн жары в теплый период (индекс HWN, рисунок 2.22). На станциях южных областей таких волн становится на одну больше в среднем через каждые 10 лет.

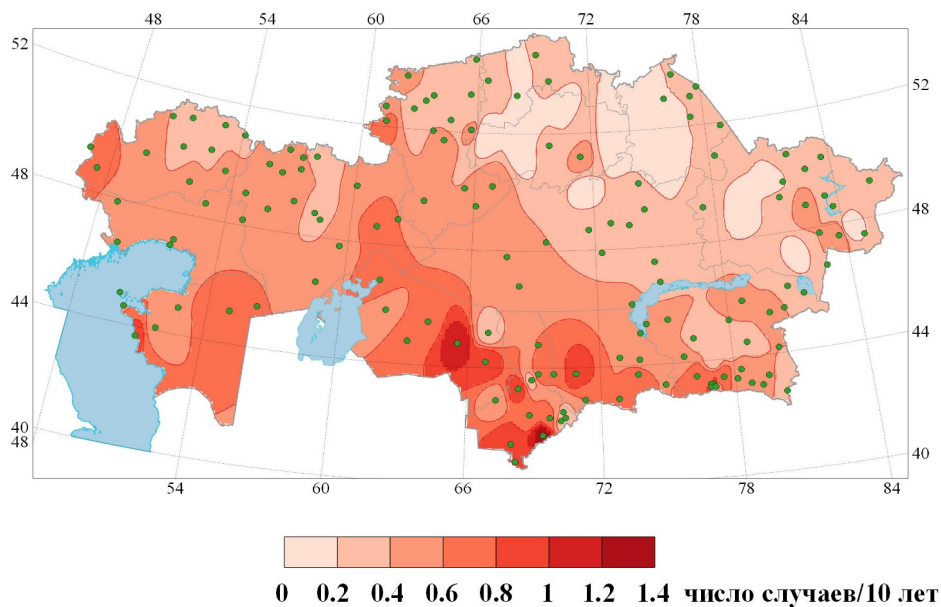


Рисунок 2.22 – Темпы изменения количества волн жары в теплый период (число случаев/10лет) в 1961–2021 гг. (индекс HWN)

Повсеместно увеличивается *продолжительность максимальной волны жары в теплый период* (индекс HWD, рисунок 2.23), в западных и южных регионах волна удлинится более чем на один день в среднем за каждые 10 лет.

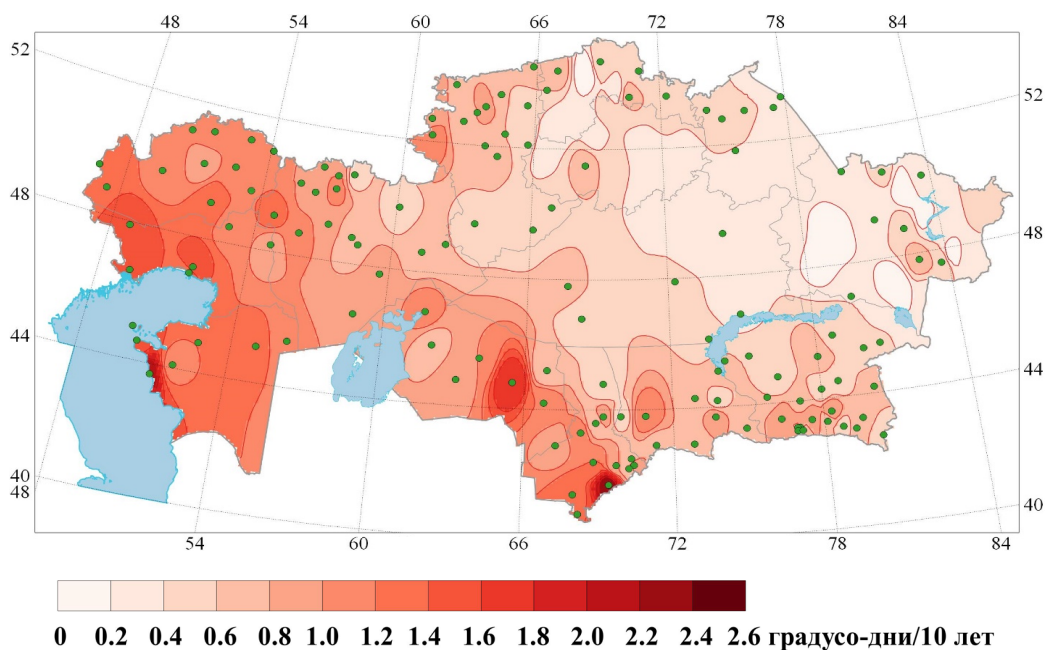


Рисунок 2.23 – Темпы изменения максимальной продолжительности волн тепла в теплый период (сутки/10лет) в 1961-2021 гг. (индекс HWD)

Повышение температуры воздуха во все сезоны года ведет к увеличению *общей за год продолжительности волн тепла* (когда, как минимум, 6 последовательных дней суточная максимальная температура воздуха была выше 90-го перцентиля, индекс WSDI) на всей территории республики (рисунок 2.24). В северных районах и в некоторых центральных, южных и восточных регионах увеличение составляет на 1–3 суток/10лет. Наиболее существенное увеличение (на 3-7 суток/10лет) наблюдается в западной половине страны.

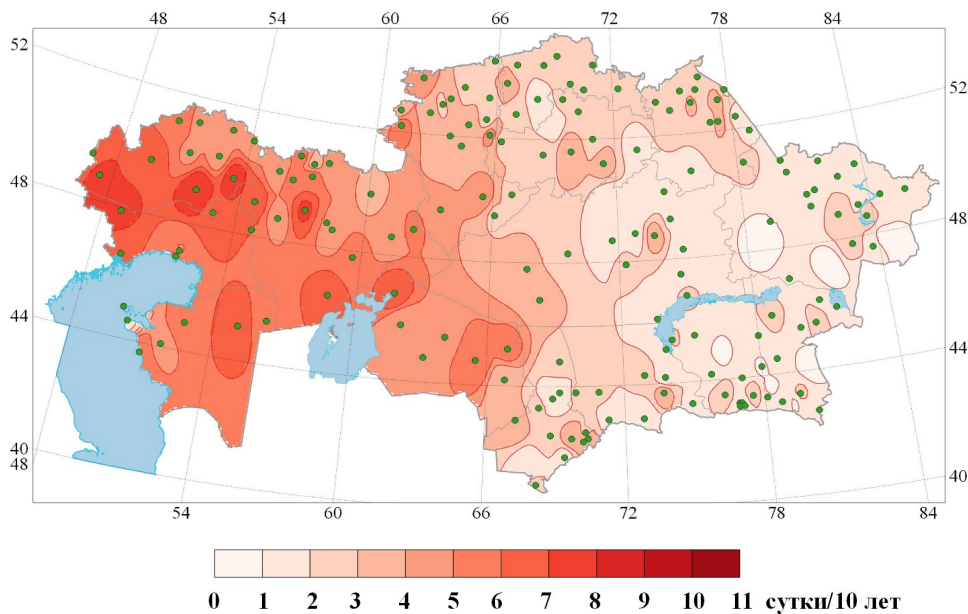


Рисунок 2.24 – Темпы изменения общей за год продолжительности волн тепла (сутки/10лет) в период 1961–2021 гг. (индекс WSDI)

Следствием повышения температуры воздуха в большинство месяцев теплого времени года является увеличение *дефицита холода*, или необходимости поддержания в помещении благоприятной температуры, в данном случае принят порог в 23 °С (индекс cddcold23, рисунок 2.25). Лишь на севере республики существуют небольшие области с некоторым уменьшением дефицита холода. На остальной территории страны наблюдается увеличение дефицита холода, в западных регионах, на юго-западе и юге скорость увеличения дефицита холода более 10 °С каждые 10 лет. Максимум увеличения дефицита холода наблюдается в Атырауской, Мангистауской, Кызылординской, Туркестанской областях (30-50 °С/10 лет).

Во многих регионах Казахстана увеличивается значение суточного минимума температуры, примерно в половине случаев опережающими темпами по сравнению с ростом суточного максимума. На рисунке 2.26 представлено *изменение количества суток, когда минимальная температура ≥ 20 °С (индекс TR, количество тропических ночей)*. За последние более чем 60 лет в Казахстане прослеживается, в основном, увеличение количества таких суток, максимально в Атырауской и Мангистауской областях на 4-8 суток/10лет, а также на 5-7 суток/10лет на некоторых станциях Кызылординской, Туркестанской областей. Таким образом, здесь значительно ухудшаются условия для ночного отдыха организма человека от дневной жары, которая, как показано выше, тоже усиливается.

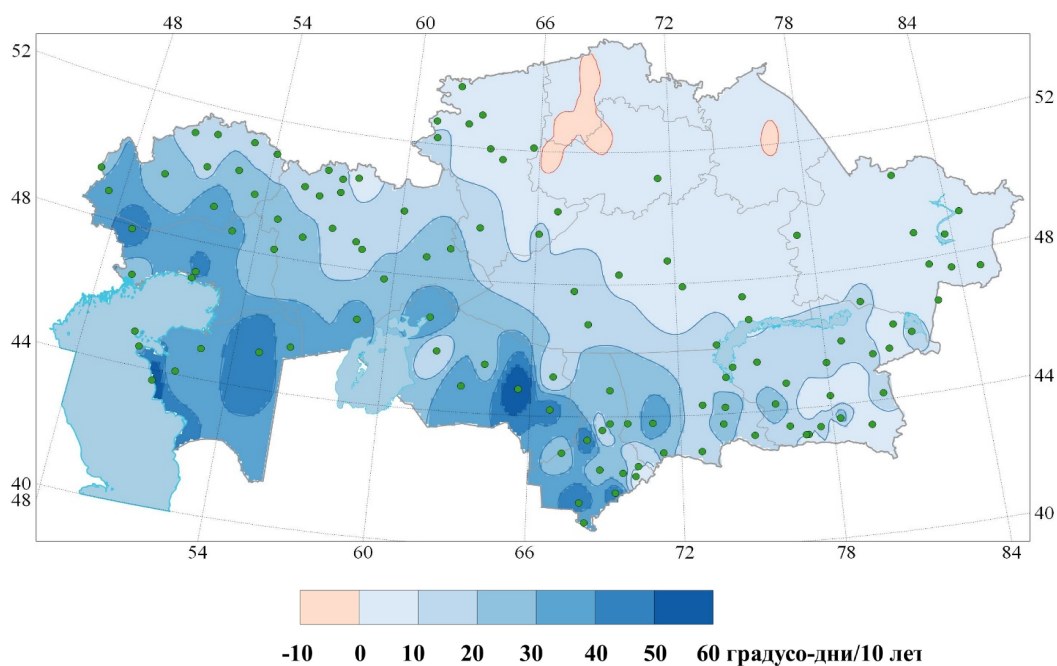


Рисунок 2.25 – Темпы изменения дефицита холода (градусо-дни/10лет) в период 1961-2021 гг. (индекс CDDcold23)

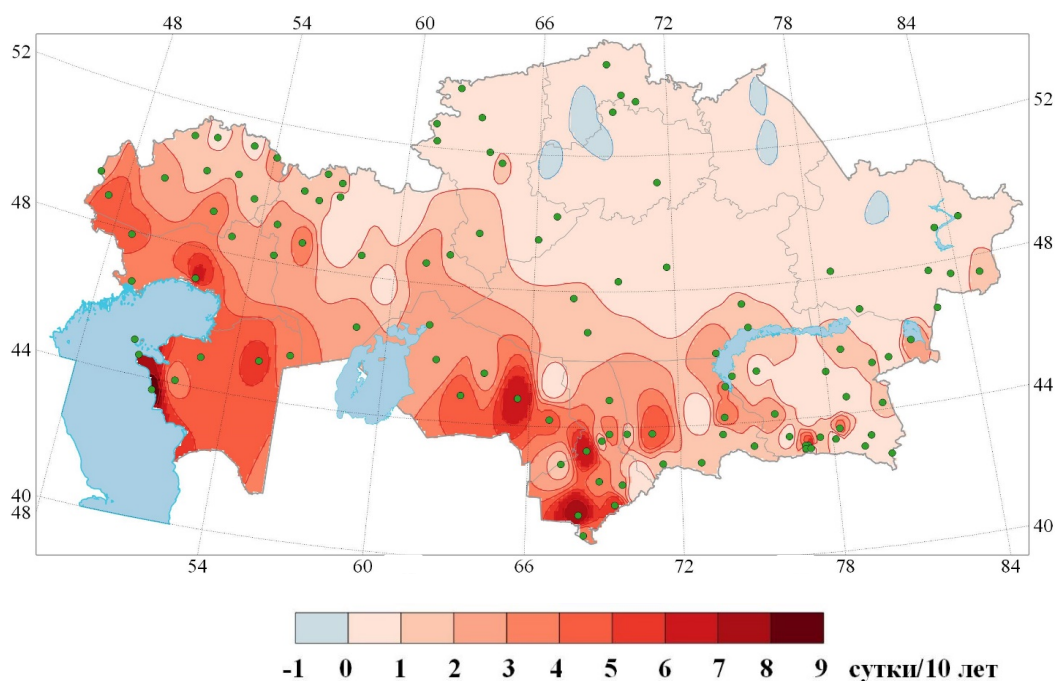


Рисунок 2.26 – Темпы изменения количества тропических ночей (сутки/10лет) в период 1961-2021 гг. (индекс TR)

Как следствие повышения температуры воздуха, по всей территории Казахстана сокращается количество суток в году, когда суточная минимальная температура равна или опускается ниже $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (сутки с заморозком, индекс FD0, рисунок 2.27) и ниже минус $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (жесткие заморозки, индекс TNltm2, рисунок 2.28). Скорость сокращения варьирует по территории, в основном, от 2 до 4 суток/10лет, местами скорость сокращения выше 5-6 суток за 10 лет.

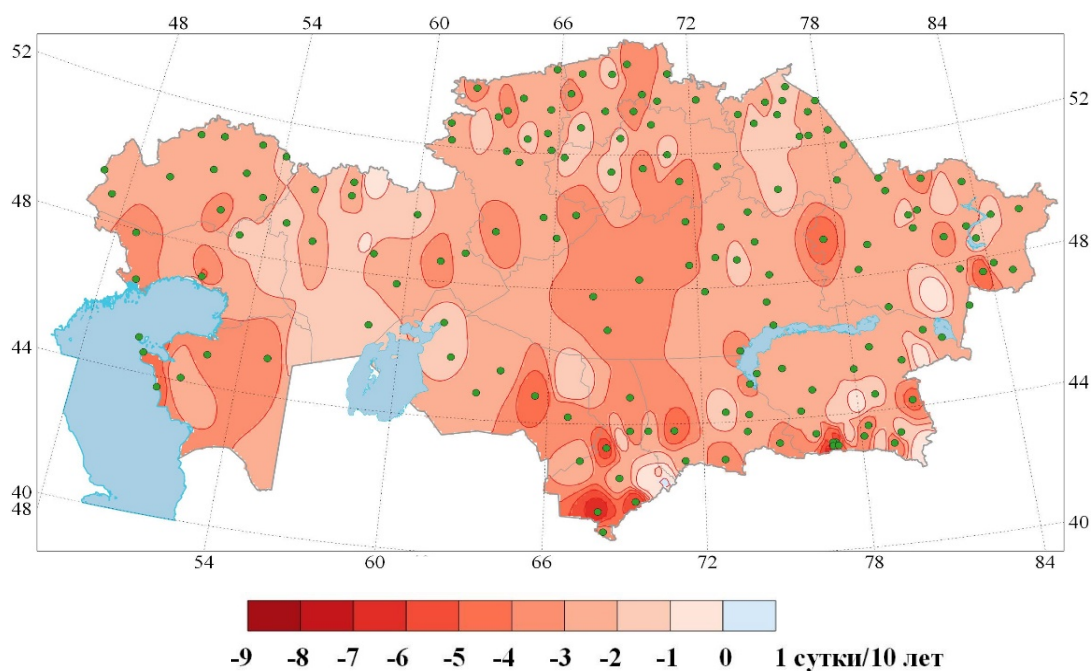


Рисунок 2.27 – Темпы изменения количества суток с заморозком (сутки/10лет) в период 1961-2021 гг. (индекс FD0)

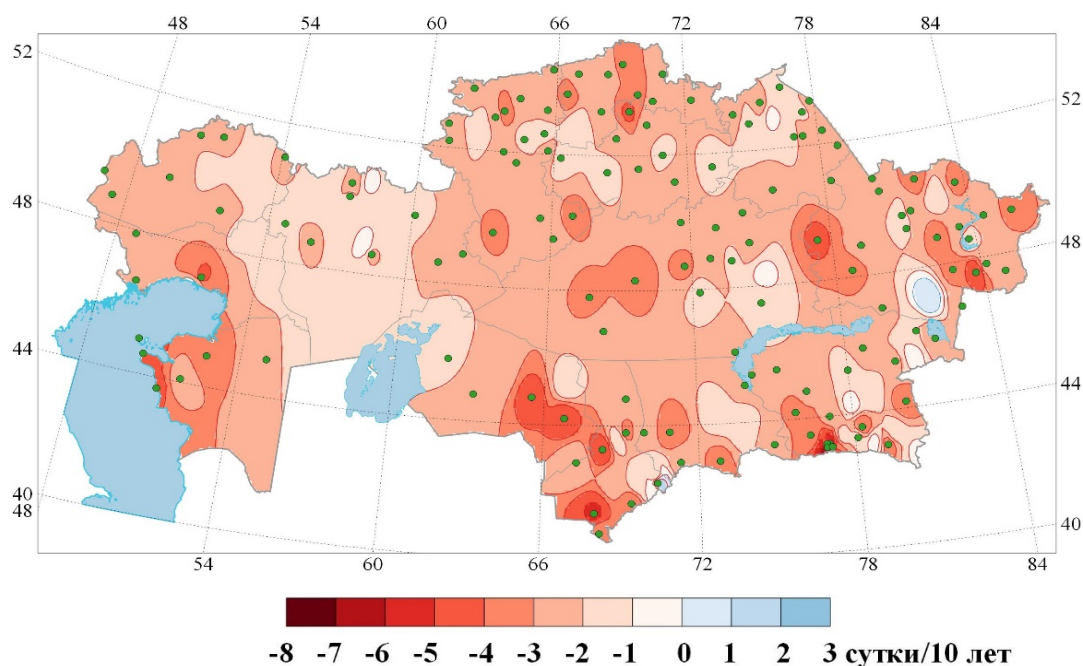


Рисунок 2.28 – Темпы изменения количества суток с жесткими заморозками (сутки/10лет) в период 1961-2021 гг. (индекс TNltm2)

На территории республики практически повсеместно сокращается количество дней с очень жесткими морозами (когда суточный минимум температуры воздуха ниже минус 20 °С, индекс TNltm20, рисунок 2.29). Существенно сокращается количество таких суток (на 2–3 суток/10лет) в северо-западных, центральных и юго-восточных регионах. В некоторых районах Восточно-Казахстанской области повторяемость суток с очень жесткими морозами уменьшается более значительными темпами – на 4-5 суток/10лет.

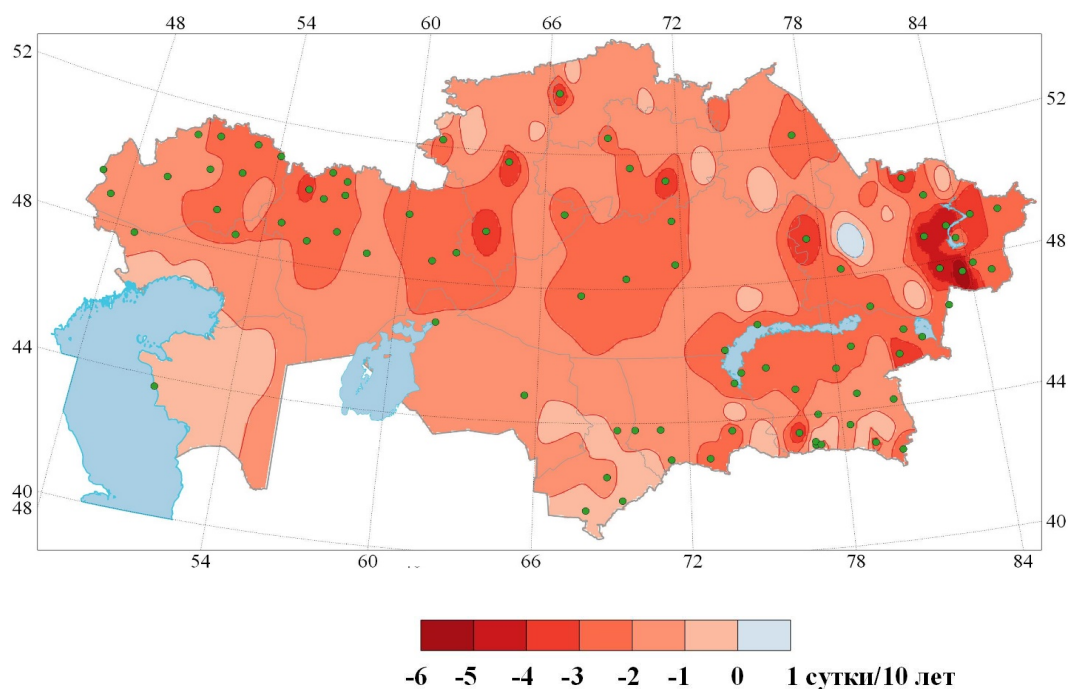


Рисунок 2.29 – Темпы изменения количества суток с очень жесткими морозами (сутки/10лет) в период 1961–2021 гг. (индекс TNltm20)

Сокращение количества дней с отрицательными температурами ведет к повсеместному сокращению *дефицита тепла в холодный период года* (индекс HDDheat18, рисунок 2.30). Здесь, за пороговое значение температуры воздуха, которую желательно поддерживать в помещении, принята температура 18 °С. Диапазон сокращения дефицита тепла составляет 60-100 градусо-дней за каждые 10 лет. Местами в различных регионах Казахстана это сокращение составило более 120 градусо-дней/10 лет.

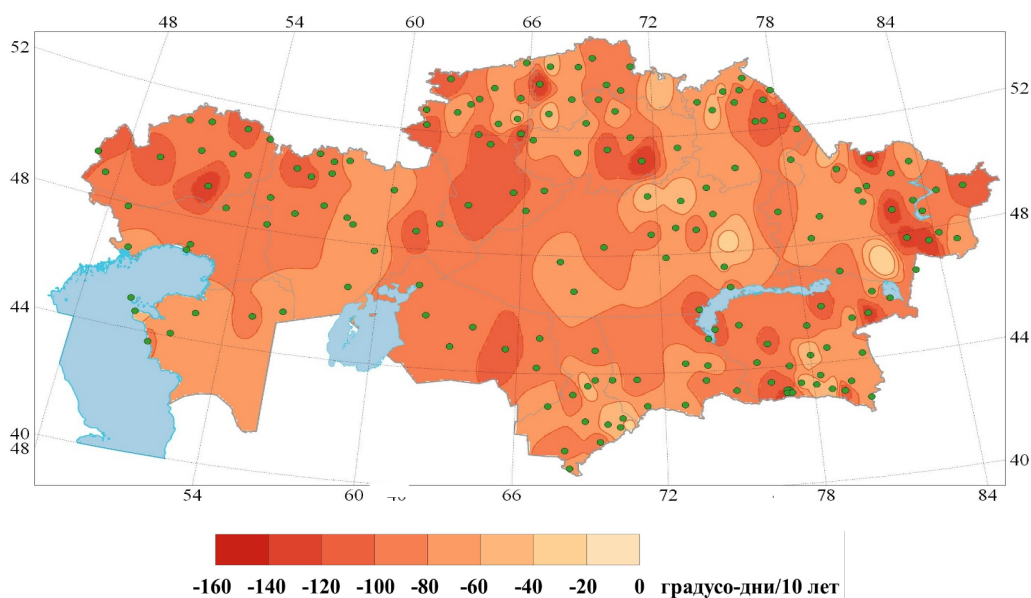


Рисунок 2.30 – Темпы изменения дефицита тепла (градусо-дни/10лет) в период 1961-2021 гг. (индекс HDDheat18)

3 АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ

3.1 Аномалии количества осадков на территории Казахстана в 2021 году

В 2021 г. средняя по территории Казахстана годовая сумма атмосферных осадков составила 85,5 % нормы, или 272 мм (ранг 73, вероятность неперевышения 10%). В таблице 3.1 представлены значения аномалий годовых и сезонных сумм осадков, наблюдавшиеся в 2021 г. и осредненные в целом по территории Казахстана и его областям. Для каждого значения аномалии приведены вероятности неперевышения, рассчитанные за период 1941 – 2021 гг. Вероятность неперевышения характеризует частоту появления соответствующего значения аномалии в ряду наблюдений. Количество осадков выше 95-го или ниже 5-го перцентиля выделено жирным шрифтом. На рисунке 3.1 показано территориальное распределение годового и сезонного количества осадков в 2021 г., выраженное в процентах нормы за период 1961 – 1990 гг., а также приведены вероятности неперевышения годовых и сезонных сумм осадков в данном году.

Таблица 3.1 - Регионально осредненные средние годовые (январь-декабрь) и сезонные аномалии осадков в 2021 гг.: vR – отклонения от средних многолетних за 1961-1990 гг., мм/сезон; $P(r \leq R_{2021})$ – вероятность неперевышения (в скобках), рассчитанная по данным за период 1941–2021 гг. в %; RR – отношение R_{2021} к норме в %

Регион/область	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	vR (P)	RR	vR (P)	RR	vR (P)	RR	vR (P)	RR	vR (P)	RR
Казахстан	-46,2 (10)	85,5	-3,6 (41)	94,4	-10,5 (27)	88,0	-20,5 (11)	76,7	-20,6 (15)	73,9
Алматинская	-65,6 (20)	84,9	8,1 (57)	111,8	-9,8 (40)	93,4	-35,6 (11)	69,5	-32,1 (20)	68,1
Акмолинская	-39,1 (20)	88,0	20,1 (85)	142,2	-17,0 (15)	75,4	-48,4 (6)	62,8	0,1 (56)	100,1
Актюбинская	-36,7 (28)	86,1	-1,9 (48)	96,8	-21,1 (16)	67,1	-9,4 (41)	86,1	-12,9 (41)	82,1
Атырауская	-43,4 (7)	71,1	-5,4 (27)	82,7	-13,7 (15)	63,6	-28,1 (5)	30,9	-10,8 (30)	73,3
Восточно-Казахстанская	-24,8 (26)	92,6	-0,8 (50)	98,7	-17,0 (26)	78,6	-4,6 (42)	95,6	-10,8 (43)	88,2
Жамбылская	-60,8 (12)	80,0	-12,5 (25)	83,0	4,8 (62)	104,0	-23,9 (8)	37,3	-32,6 (15)	56,0
Западно-Казахстанская	3,5 (57)	101,2	-4,2 (51)	93,7	27,2 (81)	146,9	-22,0 (30)	72,3	-20,7 (30)	73,7
Карагандинская	-38,7 (22)	84,1	-20,1 (11)	60,7	-9,7 (37)	84,5	-11,9 (33)	83,1	-8,4 (41)	85,7
Костанайская	-85,3 (6)	70,6	12,5 (83)	125,6	-31,1 (2)	47,9	-52,8 (6)	50,8	-27,9 (8)	62,2
Кызылординская	-50,7 (1)	64,1	-18,1 (3)	54,6	-10,1 (35)	79,3	-13,1 (15)	31,4	-24,7 (1)	25,7
Мангистауская ¹	-100,0 (0)	29,9	-13,3 (15)	44,6	-41,2 (1)	11,8	-27,8 (15)	19,7	-19,0(16)	49,1
Павлодарская	15,3(56)	105,2	-1,5 (53)	96,7	-19,0 (12)	65,5	29,9 (72)	124,8	2,3 (57)	103,2
Северо-Казахстанская	-54,8 (18)	84,5	20,7 (86)	143,8	-19,1 (12)	70,9	-22,4 (31)	85,3	-38,3 (2)	56,0
Туркестанская	-98,7 (6)	77,4	-56,4 (2)	62,6	12,5(58)	107,4	-18,5 (10)	23,8	-46,0 (13)	51,1

Примечания: 1. для Мангистауской области оценка проводилась только по МС Форт Шевченко;
 2. значения выше 95-го или ниже 5-го перцентиля (соответственно влажные 95%-е и сухие 5%-е экстремумы) выделены жирным шрифтом и ярким цветом;
 3. значения выше 90-го или ниже 10-го перцентиля выделены бледным цветом;
 4. средние аномалии количества осадков получены осреднением данных 121 станций РК.

В 2021 году значительный дефицит годовых сумм осадков наблюдался Мангистауской области, где в среднем выпало всего 29,9 % нормы – минимальная величина с 1941 г., и в Кызылординской области, где осадков выпало 64,1 % нормы – это второй ранг в числе самых сухих лет (таблица 3.1). В среднем по территории западных, северных, центральных и южных областей (Атырауской, Костанайской, Северо-Казахстанской, Акмолинской, Карагандинской, Туркестанской, Жамбылской, Алматинской) дефицит осадков составил около 20-40 %. Осадков около нормы выпало в Западно-Казахстанской, Актюбинской, Павлодарской и Восточно-Казахстанской областей.

В среднем по территории Казахстана в зимний период 2021 года количество осадков было около нормы, весной, летом и осенью – ниже нормы и составило 88,0 %, 76,7 %, 73,9 % нормы, соответственно (таблица 3.1).

На рисунке 3.1 представлен внутригодовое распределение количества атмосферных осадков в 2021 г., осредненных по территории Казахстана, а также среднее многолетнее месячное количество осадков за период 1961 – 1990 гг.

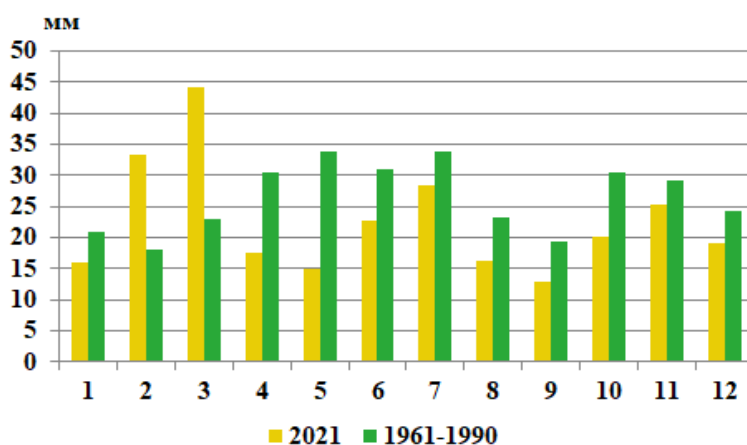


Рисунок 3.1 – Осредненные по территории Казахстана месячные суммы осадков в 2021 году и их нормы, рассчитанные за период 1961–1990 гг.

Большую часть года среднее по территории Казахстана количество осадков было ниже нормы (рисунок 3.1). Экстремально сухими были два месяца: май, в который средний слой осадков составил всего 15 мм осадков (или около 45 % нормы, вероятность непревышения 1 %, таблица 3.2); и апрель, когда выпало 17,5 мм осадков (58 % нормы, вероятность непревышения 10 %). Существенный дефицит осадков также наблюдался в январе (23 %) и с июня по декабрь (13-34 %). Экстремально влажными были два месяца 2021 года – февраль, когда в среднем по стране выпало 33,5 мм осадков (185,8 % нормы), и март, когда средний слой осадков по Казахстану составил 44,3 мм (191,6 % нормы). Вероятность непревышения сумм осадков в оба месяца составила 98 %.

Наибольший дефицит годовых сумм осадков испытывали восточные районы Мангистауской области, Приаралье и юг Костанайской области, где выпало менее 40 % нормы осадков (рисунок 3.2).

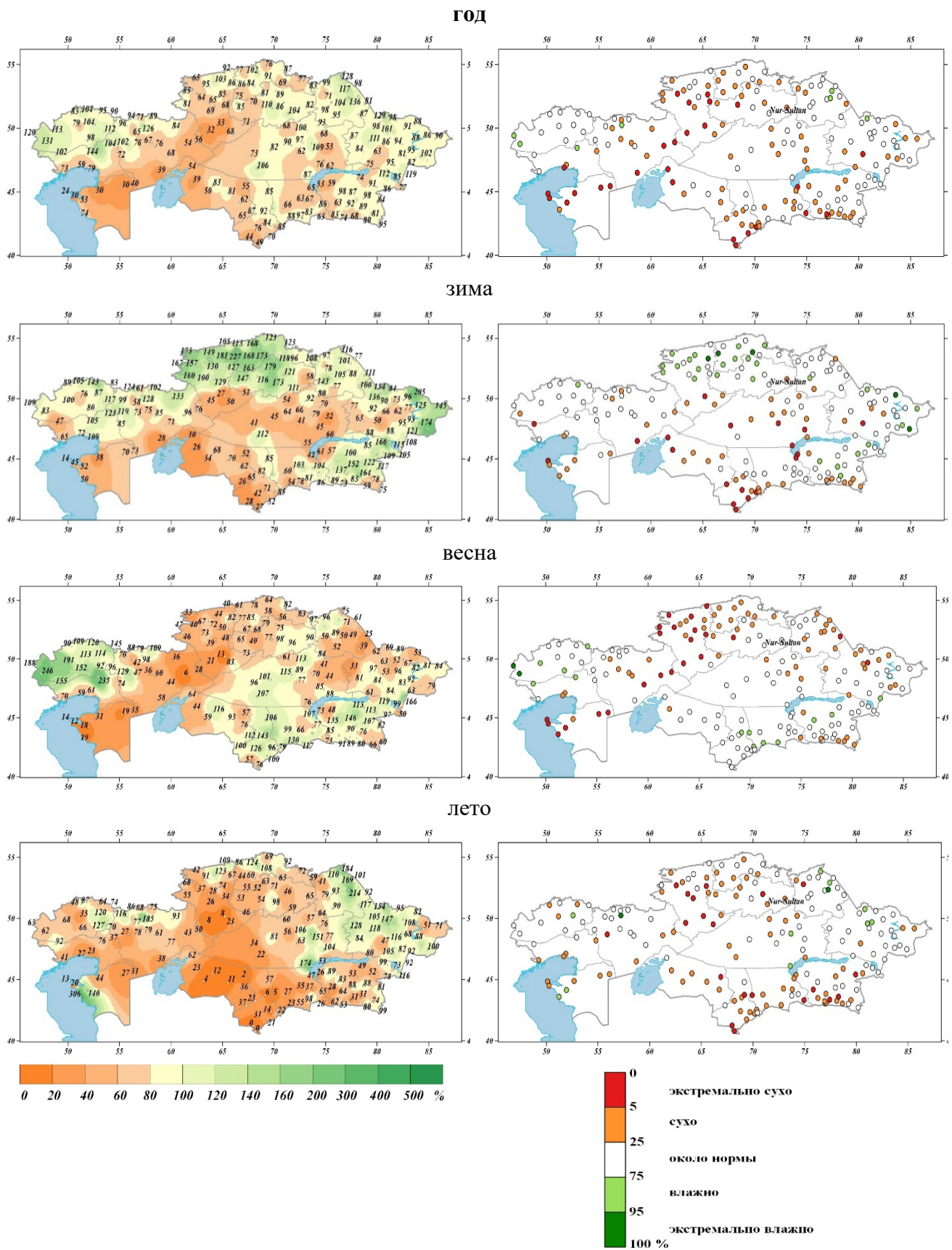


Рисунок 3.2 – Географическое распределение годового и сезонного количества осадков в 2021 г., выраженного в % нормы (слева), а также вероятности его неперевышения (справа), рассчитанные за период 1961 – 2021 гг. Лист 1

ОСЕНЬ

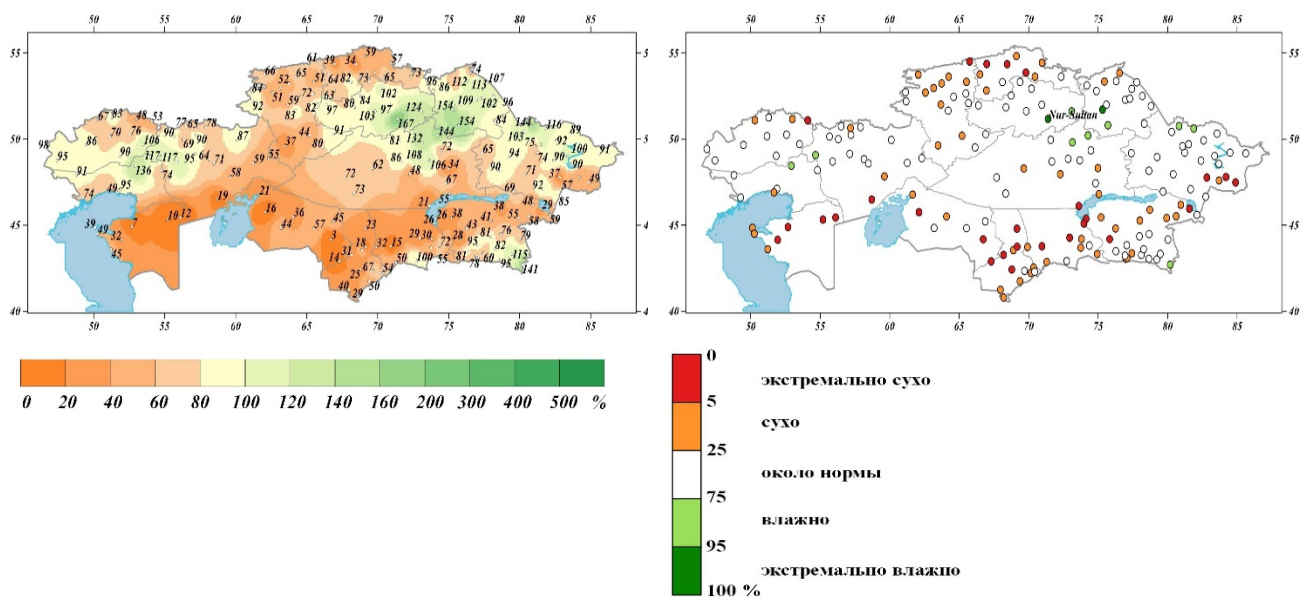


Рисунок 3.2 – Географическое распределение годового и сезонного количества осадков в 2021 г., выраженного в % нормы (слева), а также вероятности его неперевышения (справа), рассчитанные за период 1961 – 2021 гг. Лист 2

На 7 метеостанциях (рисунок 3.2) были установлены новые минимумы годовой суммы осадков: 301,2 мм на МС Кордай в Жамбылской области при предыдущем минимуме 303,9 мм в 1991 г.; 138,3 мм на МС Жетысай в Туркестанской области (предыдущий минимум составлял 154,4 мм в 1995 г.); 78,8 мм на МС Амангельды в Костанайской области (предыдущий составлял 121,5 мм, 2019 г.); 55 мм на МС Сам на (предыдущий 67,6 мм, 1984 г.), 50,1 мм на МС Кызан (предыдущий 63,2 мм, 1972 г.), 45,5 мм на МС Бейнеу (предыдущий 68,1 мм, 2018 г.) и всего 42,6 мм осадков на МС Форт-Шевченко в Мангистауской области (предыдущий минимум в 1942 г. составлял 54,0 мм).

Зимой 2020/2021 гг. (декабрь 2020 г. – февраль 2021 г.) в среднем по территории Казахстана количество осадков в зимний период составило 94,4 % нормы (ранг 48, таблица 3.1). Сильный дефицит осадков был в Туркестанской и Кызылординской областях (в среднем по территории 63 и 55 % нормы, соответственно), где количество осадков было ниже 5-го перцентиля. Очень сухо было в Карагандинской и Мангистауской областях, где осадков было на 40 % меньше нормы (вероятность неперевышения 11 %) и на 55 % меньше нормы (вероятность неперевышения 15 %), соответственно. На 5 метеостанциях выше перечисленных областей зафиксированы рекордные значения минимального количества осадков за зимний сезон (рисунок 3.2). В Костанайской, Северо-Казахстанской и Акмолинской областях среднее по территории увлажнение составило от 126 до 144 % нормы (с вероятностью неперевышения 83-86 %). На МС Тимирязево (Северо-Казахстанская область) зафиксировано рекордное количество осадков, выпавших в зимний период – 92,4 мм, предыдущее значение составляло 85,3 мм (2001 г.).

Очаги значительного дефицита осадков в зимний период распределились по территории республики следующим образом: юго-западные районы получили увлажнение всего около 40-50 % нормы (местами всего 14 %); на юге Костанайской области, в

большинстве центральных районов, в западном Прибалкашье и на западе Восточно-Казахстанской области – в пределах 40-60 % нормы; в Приаралье, на юге Кызылординской и Туркестанской областей осадков выпало значительно меньше нормы – мене 30 %, рисунок 3.2. Больше нормы осадков выпало: на северо-западе – местами 120-130 % нормы; в северных регионах – значительно больше нормы (до 160-180 %, местами до 230 % нормы); в горных районах на востоке (до 170-200 % нормы); и на большей части территории Алматинской области (местами до 150 % нормы).

Таблица 3.2 – Регионально осредненные месячные аномалии количества осадков в 2021 г., рассчитанные как отклонения от средних многолетних значений за 1961–1990 гг., (в мм), и вероятность превышения (в скобках), рассчитанная по данным за период 1941–2021 гг. и выраженная в %

Регион/ область	12 (2020)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Казахстан	-14,2 (3)	-4,8 (23)	15,5 (98)	21,2 (98)	-12,9 (10)	-18,8 (1)	-8,1 (20)	-5,4 (33)	-7,1 (27)	-6,6 (18)	-10,2 (17)	-3,9 (42)
Алматинская	-16,5 (7)	-3,6 (40)	28,1 (98)	35,5 (95)	-24,5 (17)	-20,8 (20)	-16,7 (17)	-13,0 (26)	-5,8 (32)	-16,4 (6)	1,2 (67)	-16,9 (16)
Акмолинская	-7,0 (18)	2,1 (68)	24,9 (98)	16,2 (91)	-15,3 (8)	-18,0 (11)	-20,1 (7)	-21,6 (21)	-6,7 (47)	6,6 (63)	-16,3 (13)	9,8 (86)
Актюбинская	-15,2 (12)	-10,0 (21)	23,3 (98)	7,7 (73)	-9,4 (30)	-19,4 (2)	-11,3 (26)	19,7 (90)	-17,8 (0)	-5,2 (47)	-19,6 (10)	12,0 (87)
Атырауская	-10,1 (7)	-5,2 (17)	9,8 (88)	-2,4 (40)	-3,5 (43)	-7,9 (18)	-7,7 (28)	-8,9 (22)	-11,5 (0)	-3,2 (47)	-9,1 (17)	1,5 (66)
Восточно-Казахстанская	-9,8 (17)	-0,4 (50)	9,5 (86)	20,4 (96)	-13,5 (8)	-24,0 (8)	8,0 (65)	-12,6 (22)	0,0 (50)	-12,1 (15)	-4,5 (56)	5,8 (70)
Жамбылская	-19,9 (7)	-7,8 (16)	15,2 (85)	47,3 (97)	-17,2 (23)	-25,3 (7)	-16,0 (2)	-6,8 (23)	-1,1 (55)	-9,6 (3)	-4,9 (52)	-18,1 (10)
Западно-Казахстанская	-15,5 (12)	-2,7 (51)	14,1 (90)	19,2 (92)	13,3 (85)	-5,3 (28)	5,3 (72)	-4,8 (41)	-22,6 (1)	2,6 (60)	-19,9 (5)	-3,3 (60)
Карагандинская	-12,4 (5)	-7,9 (21)	0,2 (60)	12,7 (88)	-9,4 (18)	-13,0 (25)	-3,0 (42)	-2,8 (46)	-6,0 (36)	-1,8 (50)	-9,5 (28)	3,0 (65)
Костанайская	-11,2 (12)	-1,3 (48)	25,0 (100)	2,5 (58)	-13,4 (11)	-20,1 (3)	-24,7 (5)	-5,4 (51)	-22,7 (0)	-2,8 (50)	-17,4 (7)	-7,7 (33)
Кызылординская	-13,9 (0)	-3,0 (32)	-1,2 (40)	11,5 (92)	-11,4 (18)	-10,2 (7)	-7,8 (3)	-1,7 (60)	-3,6 (25)	-3,7 (38)	-12,2 (3)	-8,7 (12)
Мангистауская ¹	-9,9 (12)	-5,3 (0)	1,9 (68)	-10,7 (31)	-15,5 (0)	-15,0 (21)	-8,1 (52)	-10,9 (0)	-8,8 (0)	0,7 (65)	-10,1 (16)	-9,6 (18)
Павлодарская	-2,2 (30)	-5,7 (35)	6,5 (86)	14,4 (91)	-12,9 (6)	-20,5 (1)	11,5 (57)	2,9 (56)	15,4 (82)	1,7 (50)	-5,0 (51)	5,6 (76)
Северо-Казахстанская	-5,5 (33)	5,1 (80)	21,1 (97)	6,9 (77)	-7,9 (25)	-18,1 (12)	-21,2 (16)	0,6 (58)	-1,8 (52)	-12,0 (16)	-20,1 (10)	-6,1 (42)
Туркестанская	-39,9 (3)	-24,0 (11)	7,5 (50)	58,9 (97)	-23,0 (20)	-23,4 (16)	-8,1 (10)	-6,2 (40)	-4,1 (27)	-7,0 (6)	-9,9 (53)	-29,1 (16)

- Примечания:** 1. для Мангистауской области оценка проводилась только по МС Форт Шевченко;
2. значения выше 95-го или ниже 5-го перцентиля выделены жирным шрифтом и ярким цветом;
3. значения выше 90-го или ниже 10-го перцентиля выделены бледным цветом;
4. средние аномалии количества осадков получены осреднением данных 121 станций Казахстана.

Декабрь 2020 г. характеризовался преимущественно дефицитом осадков, осредненные по территории Казахстана количество осадков составило 42 % нормы за период 1961-1990 гг. или на 14,2 мм ниже нормы (ранг 77, вероятность неперевышения 3 %). На большей части территории страны наблюдался значительный дефицит осадков – менее 60 % нормы. Осадков менее 20 % нормы выпало на значительной территории юго-западных, центральных и южных регионов страны (рисунок 3.3). По всей стране, кроме некоторых северных регионов и Западно-Казахстанской области, были районы, где было экстремально сухо. На МС Мынжилки, Нура, Кишкенеколь и Туркестан были установлены новые минимумы месячного количества осадков (1,8 мм, 1,2 мм, 1,2 мм и 1,0 мм), их прежние значения (2,7 мм, 1,7 мм, 1,4 мм и 1,4 мм) отмечались в 1967, 1976, 1974, 1999 гг., соответственно (Приложение 1). На МС Бейнеу, Кызан и Ширик-Рабат осадков не наблюдалось в течение всего месяца. Выше нормы осадков выпало в Павлодарской и Восточно-Казахстанской областях. **В январе** среднее по территории Казахстана количество осадков составило 76,8 % нормы (ранг 62, таблица 3.2). Дефицит осадков наблюдался на большей части территории страны, наиболее значительный (менее 10 % нормы) – в Мангистауской области и в Приаралье. По данным более 30 МС, расположенных на западе, в южной и центральной части страны, было экстремально сухо: на 19 станциях фиксировались 5%-е экстремумы, из них на 4 МС Тасарык, Шымкент, Шардара (Туркестанская область) и Форт-Шевченко (Мангистауская область) осадков не наблюдалось в течение месяца (Приложение 1). Осадки более 120 % нормы наблюдались в основном на севере и востоке, а также в некоторых районах южной части (хр. Каратау) страны (рисунок 3.3). В январе 2021 г. на 5-ти МС, расположенных в выше перечисленных районах было экстремально влажно. **Февраль** был экстремально влажным – в среднем по территории Казахстана количество осадков составило 185,8 % нормы (ранг 1, таблица 3.2). На большей части территории западного региона осадки превысили норму в 1,5-3,3 раза (рисунок 3.3), в северных областях самое значительное превышение нормы наблюдалось на МС Тимирязево (554 % нормы) в Северо-Казахстанской области. По данным более 50-ти МС, расположенных в западных, северных регионах, а также в Восточно-Казахстанской и Алматинской областях, февраль вошел в 5 % экстремально влажных, из них на 14 МС установлены рекордные значения (Приложение 1). Дефицит осадков испытывали некоторые районы Кызылординской, Туркестанской, Карагандинской и Восточно-Казахстанской областей. Меньше всего осадков (2,8 мм) в течение месяца выпало на МС Балкаш и Сарышаган, что составило 34,4 и 34,1 % нормы соответственно.

Весной средний по территории Казахстана слой осадков составил 88 % нормы (ранг 59, таблица 3.1). Сильный дефицит осадков наблюдался в Мангистауской области (12 % нормы – вторая самая сухая весна в ряду наблюдений) и в Костанайской области (48 % нормы – третья самая сухая весна в ряду наблюдений). Значительно выше нормы осадков получила Западно-Казахстанская область – 147 % нормы.

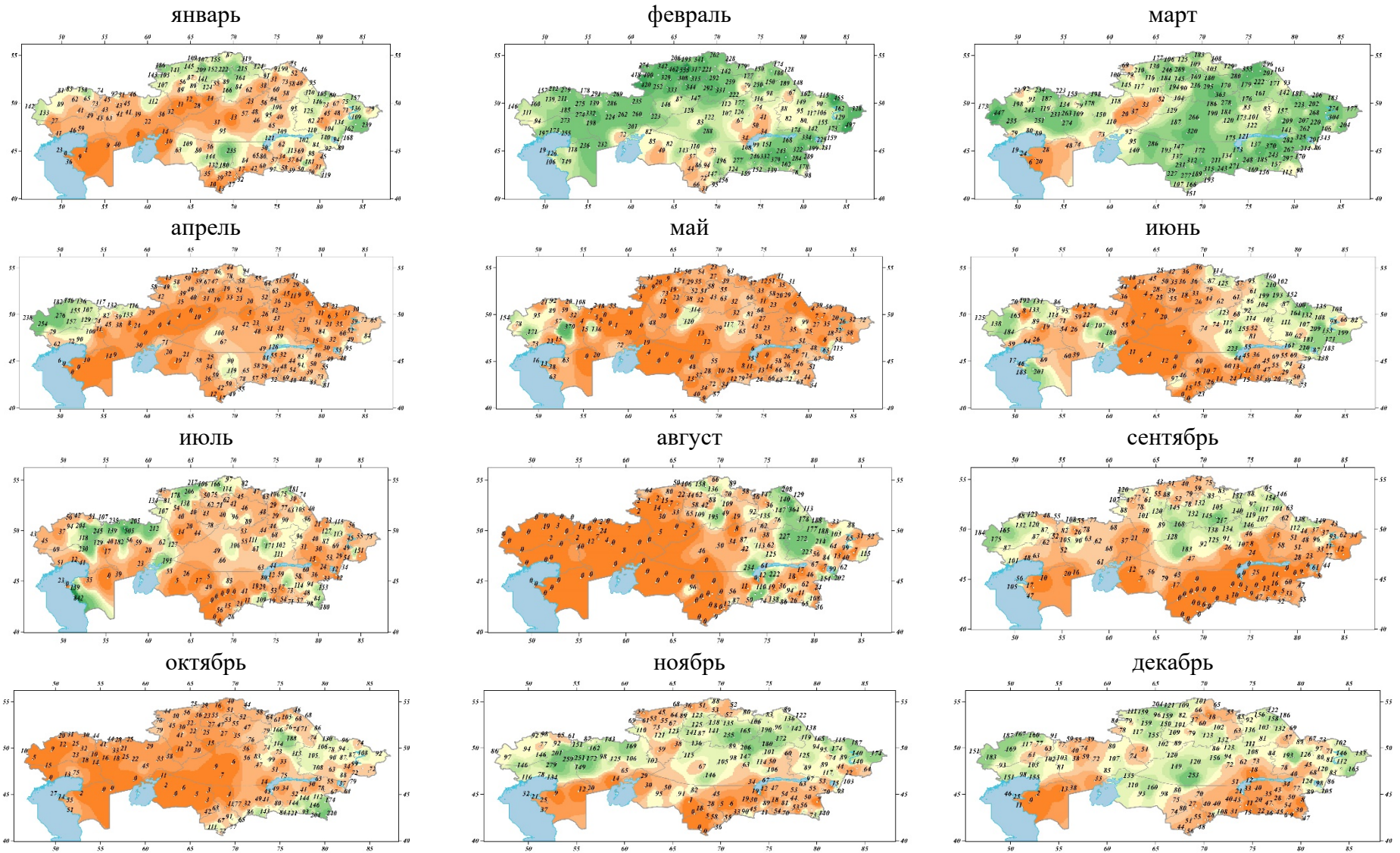


Рисунок 3.3 – Пространственное распределение месячного количества осадков в 2021 году (в % нормы, рассчитанной относительно базового периода 1961–1990 гг.)

Дефицит весенних осадков, так же как и зимних, наблюдался на большей части территории Казахстана (рисунок 3.1). На юго-западе страны количество осадков составило менее 20 % нормы и условия увлажнения характеризуются как экстремально сухо (отмечались 5%-е экстремумы). Сухо и экстремально сухо было на большей части Актюбинской области (40-60 % нормы, на востоке области менее 10 % нормы) и в Костанайской области (20-50 % нормы, местами менее 20 % нормы). В Северо-Казахстанской области и в западной половине Акмолинской области количество осадков составляло около 60-80 % нормы. Еще одна зона с дефицитом осадков занимала восточные районы Карагандинской области (40-80 % нормы), южные районы Павлодарской области и северные районы Восточно-Казахстанской области (40-60 % нормы). Небольшие зоны с количеством осадков менее 80 % нормы отмечены также в других районах южной половины Казахстана. Очаг с количеством осадков более 120 % нормы находится в Западно-Казахстанской области и на севере Атырауской области, местами здесь выпало более 230-240 % нормы осадков.

Март, также как и февраль, был экстремально влажным – в среднем по территории Казахстана количество осадков составило 191,6 % нормы или на 21,2 мм выше среднего многолетнего значения (ранг 2, таблица 3.2). На большей части территории страны осадков выпало значительно больше нормы (рисунок 3.3). В некоторых западных регионах количество осадков превысило норму в 2,5-4,5 раза, в северных, центральных, южных и восточных – в 2-3,5 раза. Наибольшее количество осадков (235 мм) выпало на МС Шымкент, что составило 274 % нормы. На 39 МС, расположенных на юге, юго-востоке, востоке, северо-востоке, центре, фиксировались 5%-е экстремумы, в том числе на 6 МС установлены рекордные значения (Приложение 1). Осадки менее 80 % нормы наблюдались в Мангистауской области (местами менее 10 % нормы), на стыке Актюбинской и Костанайской областей и в некоторых других небольших районах по Казахстану. Меньше всего осадков выпало на МС Актау (1,2 мм), что составило 6,3 % нормы. **В апреле и мае** в среднем по территории страны слой осадков составил 57,6 % нормы и 44,5 % нормы (второй экстремально сухой май после 1957 г.), соответственно (таблица 3.2). В эти месяцы дефицит осадков наблюдался практически на всей территории Казахстана, за исключением отдельных районов на западе, юге, в центре и востоке республики осадков выпало около нормы, местами более 120 % (рисунок 3.3).

В апреле экстремально сухо было по данным 25-ти МС, расположенных в Мангистауской области, на юге Актюбинской и Костанайской областях и на востоке. На МС Шар (Восточно-Казахстанская область) и МС Шарбакты (Павлодарская область) был установлен рекорд минимума осадков (1,2 мм и 0 мм соответственно), их прежние рекорды (1,3 мм и 0,7 мм) были в 1967 и 1997 гг. (Приложение 1). На 7-ми МС, расположенных в разных частях страны, осадки отсутствовали в течение всего месяца. На 3 МС Западно-Казахстанской области (МС Урда, Жаныбек, Жалпактал), зафиксировано экстремально большое для этих районов количество осадков. Самое значительное количество осадков (83 мм) выпало на МС Ащисай в Туркестанской области, что составило 136 % нормы. По данным около 50-ти МС май вошел в 5 % наиболее сухих месяцев (Приложение 1), на 13-ти метеостанциях, расположенных в разных частях страны, осадки отсутствовали в течение всего месяца. На некоторых из них осадки отсутствовали в течение апреля-мая. На 6-ти

метеостанциях (Актюбинской, Костанайской, Акмолинской, Павлодарской и Алматинской областей) были установлены рекорды минимума количества осадков.

Летом дефицит осадков, также как зимой и весной, продолжал ощущаться на большей части территории Казахстана и во многих регионах даже усилился. Как результат, количество летних осадков в среднем по территории Казахстана было на 23 % ниже нормы (таблица 3.1). Существенный дефицит осадков отмечен в Атырауской области, в среднем по территории их количество составило всего 31 % нормы (5%-й экстремум). В Акмолинской, Костанайской, Жамбылской и Туркестанской областях сезон попал в 10 % самых сухих летних сезонов (таблица 3.1). Местами в западных регионах осадки составляли менее 30 % нормы, на юге Костанайской и местами в Кызылординской, Туркестанской областях даже менее 10 % нормы. На крайнем юге Туркестанской области осадки отсутствовали в течение всего летнего сезона. На большей части Павлодарской, Восточно-Казахстанской областей, востока Карагандинской области количество осадков было около нормы ($\pm 20\%$) с небольшими очагами, где осадки значительно превышали норму (150-215 % нормы). Небольшие зоны с сезонными осадками выше нормы отмечены также на северо- и юго-западе, и на крайнем севере республики (рисунок 3.1).

Значительный дефицит месячных сумм осадков сохранялся в большинстве регионов на протяжении всех летних месяцев, а с учетом апреля и мая – уже на протяжении 5-ти месяцев подряд (таблица 3.2, рисунок 3.3). Это прежде всего Мангистауская и все южные области, большая часть территории северного и центрального регионов. В **июне и июле** во многих районах западного, северного, центрального и южного Казахстана количество осадков составило менее 40, местами менее 10 % нормы. В Костанайской, Кызылординской и Жамбылской областях июнь, а в Мангистауской июль попали в 5 % экстремально сухих месяцев (таблица 3.2). В июне на 9-ти МС были установлены рекордные минимумы осадков (Приложение 1), на 5-ти МС осадки отсутствовали в течение всего месяца. В июле осадки отсутствовали на 9-ти МС. На МС Амангельды осадки отсутствовали на протяжении 3-х месяцев подряд – с апреля по июнь. Осадки более 120 % нормы наблюдались в июне на востоке и северо-востоке страны, а также в некоторых районах центрального и западного Казахстана. В июле в некоторых юго-западных, западных, северо-западных и северных регионах и в других отдельных районах Казахстана осадков выпало более 120 % нормы. Местами на юго-западе, северо-западе и севере количество осадков составило более 160 и даже 200 % нормы, таким образом, условия июля здесь характеризуются как влажные и экстремально влажные. На МС Актау и МС Актобе выпало рекордное количество осадков за месяц (52,2 и 149,4 мм), их прежние рекорды – 45,5 и 136,9 мм, которые отмечались в 1995 и 1941 гг., соответственно (Приложение 1).

В **августе** катастрофическая ситуация с дефицитом осадков продолжилась во многих регионах в западной половине Казахстана, где в августе осадков либо не было (примерно на 50-ти метеостанциях), либо выпало менее 10-20 % нормы (рисунок 3.3). Многие регионы восточной половины республики также не дополучили влаги – в некоторых центральных, юго-восточных и восточных районах осадков выпало менее 20 % нормы. По данным 73-х метеостанций август 2021 г. был экстремально сухим. Август был самым сухим в среднем по

Актюбинской области с 1941 г., по Атырауской с 2007 г., по Костанайской с 1976 г. и по Мангистауской области с 2017 г. Количество осадков в среднем по территории Казахстана было на 30,3 % ниже нормы (таблица 3.2). Осадков выше нормы, местами более 200 % нормы, выпало на северо-востоке страны, также в некоторых северных районах и Прибалкашье (рисунок 3.3). Самое значительное количество осадков (364 %) выпало на МС Красноармейка (Павлодарская область), что составило 118,0 мм. На двух МС были установлены рекордные максимумы осадков и на 60 метеостанциях – рекордные минимумы осадков (Приложение 1).

Осенью в среднем по территории Казахстана количество осадков составило 74 % нормы (таблица 3.1). Сильный дефицит осадков наблюдался в Кызылординской области – 26 % нормы с вероятностью неперевышения 1 % (вторая самая сухая осень в ряду наблюдений с 1941 г.) и в Северо-Казахстанской области – 56 % нормы с вероятностью неперевышения 2 % (также вторая самая сухая осень в ряду наблюдений областях). Осенью в зоне значительного дефицита осадков находились южная половина Казахстана, крайние северо-западные регионы, Костанайская и Северо-Казахстанская области (рисунок 3.1), где условия увлажнения характеризуются как сухо и местами экстремально сухо (5%-е экстремумы). В Мангистауской области местами выпало менее 10 % нормы, в Приаралье и на востоке Кызылординской области – менее 20 % нормы. Небольшие очаги, где количество осадков превысило норму более, чем на 20 %, находились на северо-востоке Атырауской области (до 136 % нормы), на стыке Акмолинской, Карагандинской и Павлодарской областей (до более 140-160 % нормы),

В сентябре и октябре в среднем по территории Казахстана количество осадков составило около 66 % нормы (таблица 3.2), но на большей части территории страны сохранился дефицит осадков (рисунок 3.3). В сентябре в большинстве регионов южной половины территории республики, включая восток, а также на крайнем севере осадков было менее 50 % нормы. В юго-западных и южных регионах и в районе оз. Балкаш осадков выпало менее 20 % нормы, на более 20-ти метеостанциях осадки отсутствовали в течение всего месяца. В октябре на большей части территории республики количество осадков составляло менее 40 % нормы, в большинстве западных, южных и центральных регионах – менее 20 % нормы. По данным 14-ти метеостанций, расположенных в различных районах страны, было экстремально сухо (фиксировались 5%-е экстремумы). На МС Аяккум, Бейнеу, Сам, Ганюшкино, Карак осадки отсутствовали в течение всего месяца.

В сентябре осадки в пределах 80–120 % нормы зафиксированы в некоторых районах северо-западного, северного, центрального и северо-восточного Казахстана. Осадки значительно выше нормы выпали в крайних западных регионах (более 140–180 % нормы) и в центральной части страны, где количество осадков составило даже более 200 % нормы. Самое значительное количество осадков в сентябре выпало на МС Нур-Султан (52,6 мм), что составило 217,4 % нормы (5%-й экстремум). В октябре осадков более 120 % нормы получили некоторые районы в Павлодарской, Восточно-Казахстанской и Алматинской областях, а также на юге страны (рисунок 3.3). На метеорологических станциях МС Баянауыл (Павлодарская область), Кеген, Ассы и Нарынкол (Алматинская область) наблюдался значительный избыток осадков (5%-е экстремумы). На МС Нарынкол выпало рекордное количество месячной суммы

осадков (68,5 мм), прежний рекорд был установлен в 1987 г. и составлял 67,2 мм (Приложение 1).

В ноябре в среднем по территории Казахстана количество осадков составило 86,7 % нормы (таблица 3.2), но распределение осадков по территории было неравномерным. В южной половине Казахстана, за исключением отдельных и, в основном, предгорных и горных районов, сохранился дефицит осадков, который увеличивался к югу. Так, менее 20 % нормы осадков выпало в некоторых районах Мангистауской области, на юге Актыубинской, Кызылординской и Туркестанской областей, местами в Жамбылской и Алматинской областях отмечались 5%-е экстремумы. На МС Шиели (Кызылординская область) и МС Ассы (Алматинская область) выпало рекордно малое количество осадков за ноябрь месяц (0,2 мм и 1,9 мм), их прежние рекорды – 0,46 мм и 2,6 мм, которые отмечались в 1960 и 1988 гг., соответственно (Приложение 1). На МС Шардара, Кызылкум, Жетысай в Туркестанской области осадки отсутствовали в течение всего месяца.

Многие регионы в северной половине республики получили осадков либо около, либо более нормы (за исключением крайних северо-западных и северных регионов, где количество осадков составило 38-80 % нормы). Количество осадков более 120 % нормы наблюдалось в отдельных регионах западных областей, где местами осадки превысили норму в 1,5-2,5 раза. Регион на стыке Акмолинской, Карагандинской и Павлодарской областей получил 1,5-2 нормы осадков. Максимальное превышение нормы осадков наблюдалось в крайних восточных предгорных и горных районах Восточно-Казахстанской области, где месячное количество осадков составило 188-234 % нормы (рисунок 3.3). По данным 8-ми МС в ноябре было экстремально влажно – отмечались 5%-е экстремумы.

Для оценки экстремальности количества осадков в 2021 году были оценены индексы изменения климата, предложенные Всемирной Метеорологической Организацией. Ниже представлен анализ некоторых наиболее показательных индексов осадков и особенностей распределения их значений по территории Казахстана в 2021 году.

На рисунке 3.4 представлены значения абсолютных максимумов суточного количества осадков, зарегистрированные с начала открытия метеостанции по 2021 г. (показаны синим цветом). Красным цветом выделены значения суточных максимумов количества осадков, перекрывшие в 2021 г. предыдущий абсолютный максимум. В 2021 г. значение абсолютного максимума было превышено на одной метеорологической станции Казахстана: на МС Актобе за сутки выпало 58,9 мм, предыдущий максимум был в 1984 г. и составлял 58,6 мм.

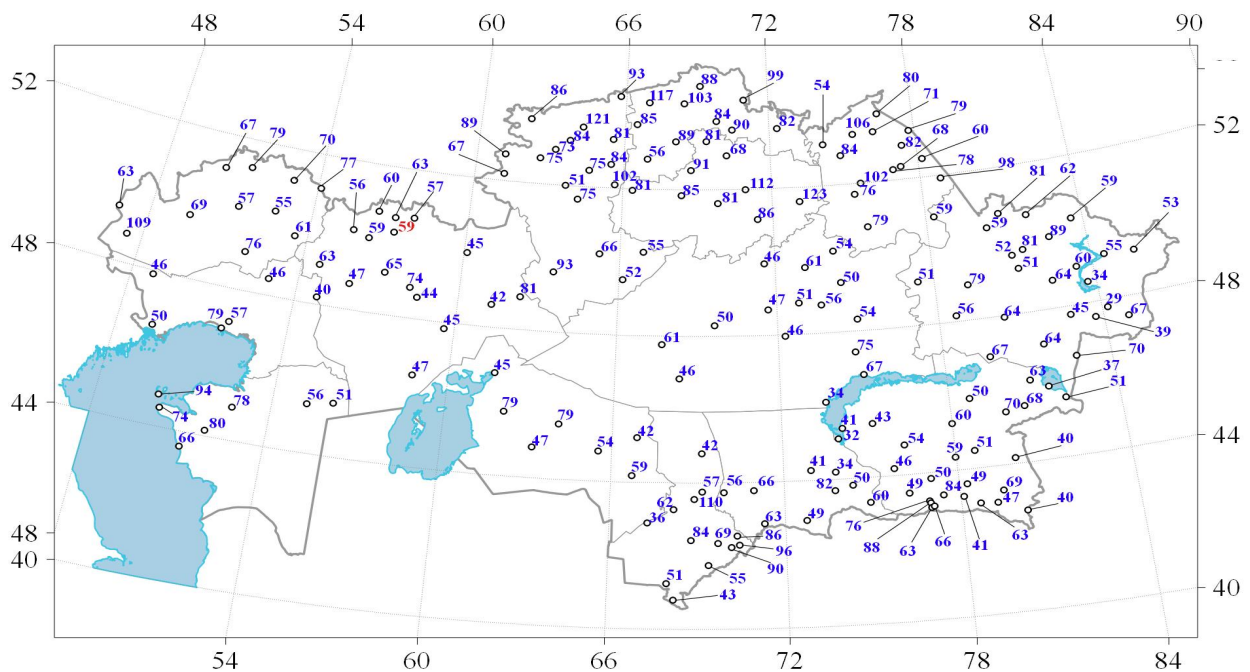


Рисунок 3.4 – Абсолютный максимум суточного количества осадков (мм), выбранный за период с начала открытия метеостанции по 2021 год. Если рекордное суточное количество осадков зафиксировано в 2021 г., значение нанесено красным цветом

Суточный максимум количества осадков, выбранный по данным за 2021 г. (*индекс Rx1day*), составлял 10-20 мм на большей части территории Казахстана (рисунок 3.5). Максимальное суточное количество осадков наблюдалось на северо-западе, северо-востоке и в предгорных и горных районах юга составляло местами более 40 мм, в северных регионах и в предгорных и горных районах юга-востока – более 50-60 мм.

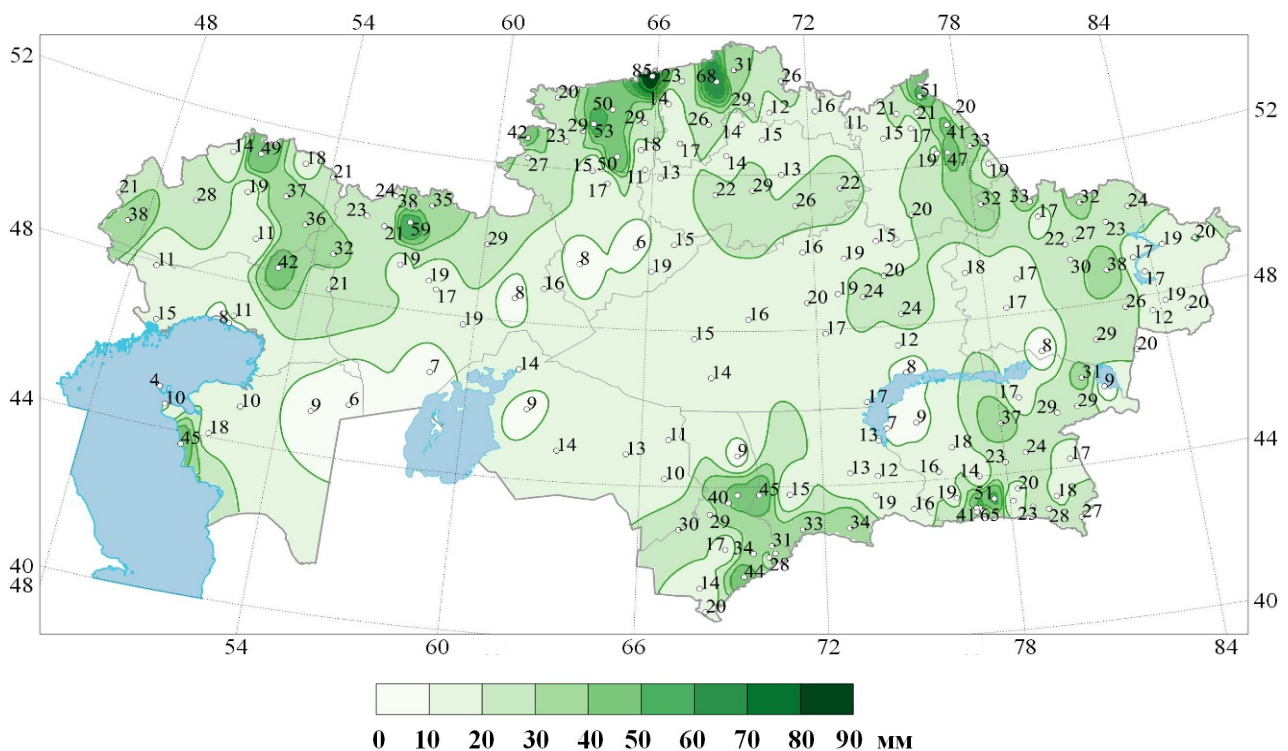


Рисунок 3.5 – Суточный максимум количества осадков в 2021 г. (индекс Rx1day)

В 2021 г. *доля очень сильных осадков* (когда суточное количество осадков равно или больше 95-го перцентиля, индекс r95ptot) в годовой сумме осадков на большей части территории Казахстана составляла менее 20 % (рисунок 3.6). Наибольший вклад очень сильных осадков (более 40–50%) отмечен на севере Актюбинской, Костанайской, Северо-Казахстанской и Павлодарской областей. В различных регионах Казахстана суточное количество осадков не достигало 95-го перцентиля.

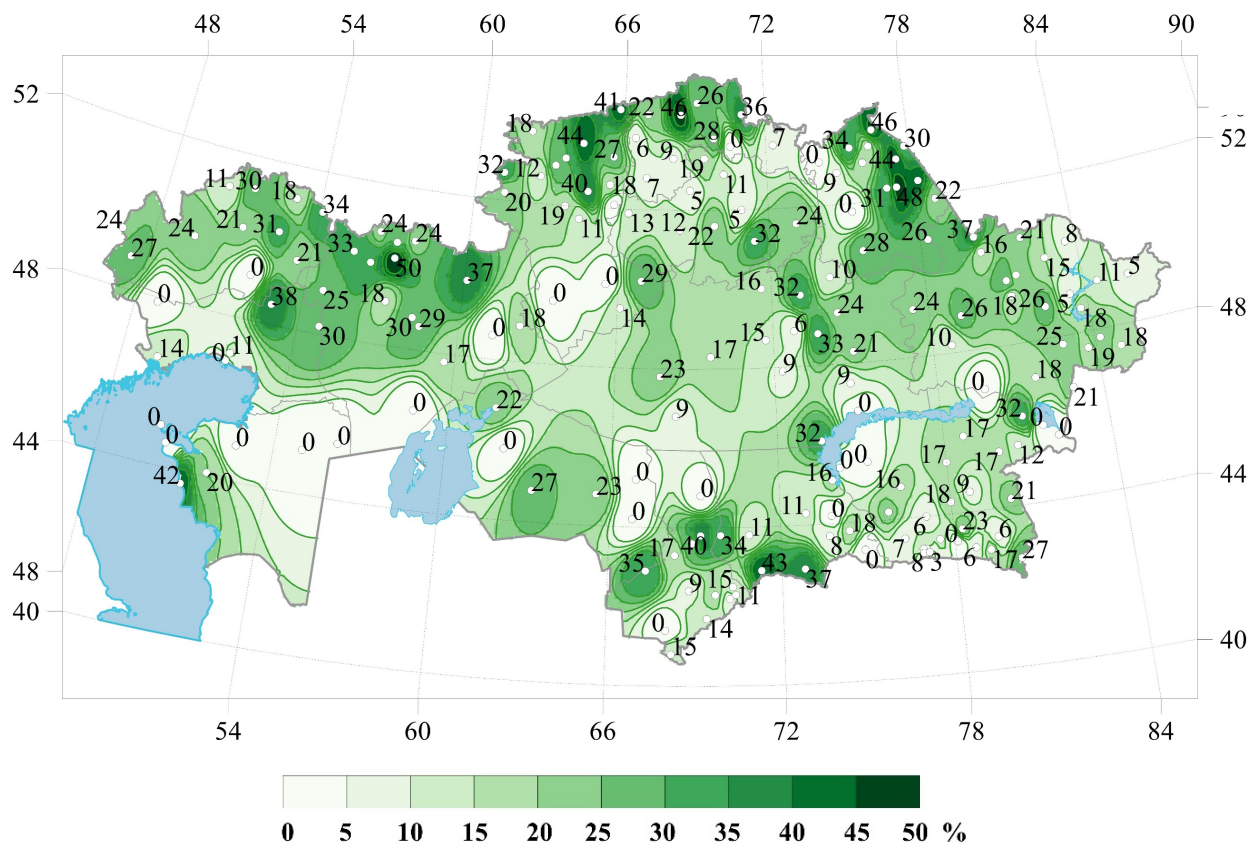


Рисунок 3.6 – Доля (в %) экстремального суточного количества осадков в годовой сумме осадков за 2021 г. (индекс r95ptot)

В условиях засушливого климата Казахстана очень важным является индекс CDD, который показывает *максимальную продолжительность бездождного периода*, когда суточное количество осадков составляло менее 1 мм. В 2021 г. на большей части территории республики максимальная непрерывная продолжительность бездождного периода была 20-60 дней. Наибольшая продолжительность бездождного периода наблюдалась в Кызылординской и Туркестанской областях – более 120 суток (рисунок 3.7). В Кызылординской области максимальная продолжительность бездождного периода зафиксирована на МС Карак (209 дней без осадков), в Туркестанской области – на МС Шолаккорган (170 дней без осадков). Наименьшая продолжительность бездождного периода (15 дней) отмечена на МС Лениногорск в Восточно-Казахстанской области.

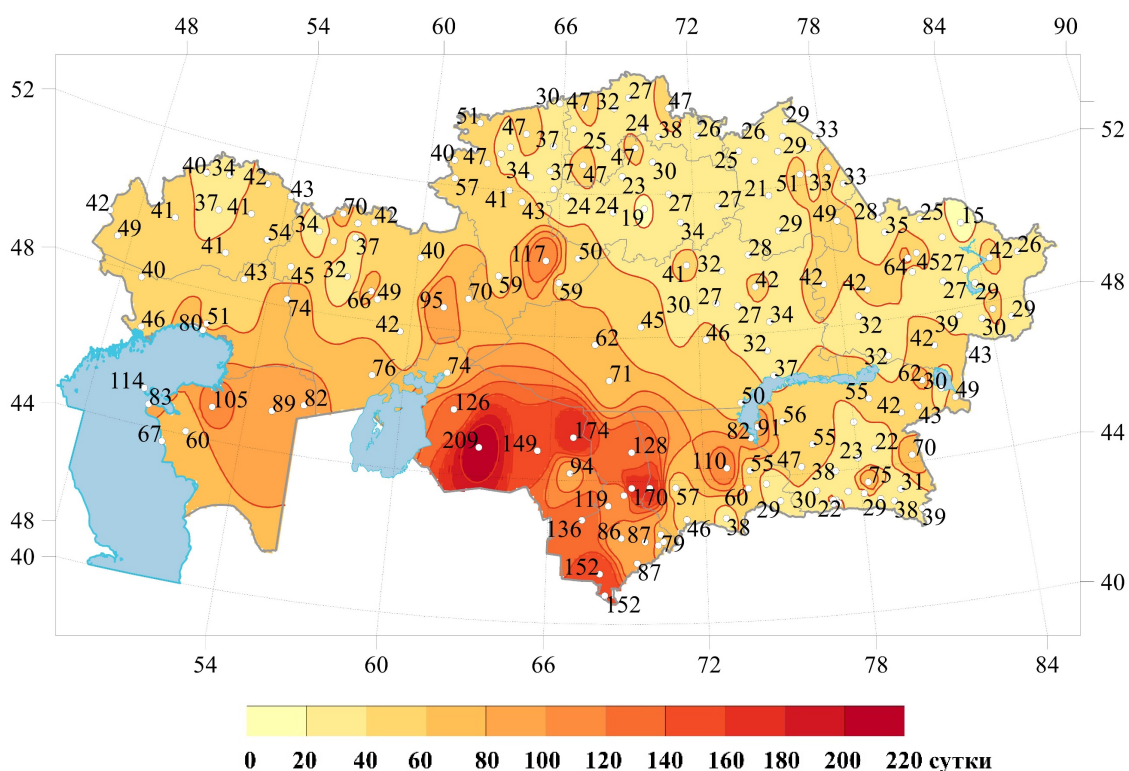


Рисунок 3.7 – Максимальная продолжительность бездождного периода в 2021 г., сутки (индекс CDD)

3.2 Наблюдаемые изменения количества осадков

Линейные тенденции в рядах месячных, сезонных и годовых сумм атмосферных осадков были оценены по данным 121-ой станции.

Временные ряды аномалий годовых и сезонных сумм осадков за период 1941-2021 гг., рассчитанных относительно базового периода 1961 – 1990 гг. и пространственно осреднённых по территории Казахстана и областям дают общее представление о характере современных изменений режима атмосферных осадков (таблица 3.7, рисунки 3.8 и 3.9). Годовое количество осадков в среднем по территории Казахстана убывало в 1960-х и 1970-х годах, в последний 40-летний период долгопериодные тенденции отсутствовали, наблюдалось чередование коротких периодов с положительными и отрицательными аномалиями количества атмосферных осадков.

В период 1976-2021 гг. тенденции в средних по территории Казахстана годовых и сезонных суммах осадков практически отсутствуют – доля трендовой составляющей в общей дисперсии ряда не превышает 3 %, положительный знак тренда для зимних, весенних, осенних и годовых сумм осадков, для осенних – отрицательный (таблица 3.7, рисунок 3.8).

В большинстве областей тенденции как к увеличению, так и к уменьшению количества годового количества осадков незначительны, коэффициент детерминации составляет 3 % и менее. В Акмолинской области скорость увеличения количества осадков составила около 3% нормы/10 лет с коэффициентом детерминации 5 %. В Кызылординской и Мангистауской областях количество осадков убывало со скоростью 4-7% нормы/10 лет с коэффициентом детерминации 5-8 % (таблица 3.7, рисунок 3.9). В среднем по Казахстану в период

1976 – 2021 гг. наблюдается незначительная тенденция к увеличению *годового* количества атмосферных осадков на 0,3 % нормы/10 лет (таблица 3.7).

Таблица 3.7 – Характеристики линейного тренда аномалии сезонных и годовых сумм атмосферных осадков (%нормы/10 лет), осредненных по территории Казахстана и его областей за период 1976–2021 гг.

Регион/область	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	a	D	a	D	a	D	a	D	a	D
Казахстан	0,3	0	1,3	1	2,7	3	0,4	0	-2,8	3
Алматинская	0,8	0	5,3	5	1,0	0	0,4	0	-1,4	0
Акмолинская	3,3	5	9,0	10	3,6	3	2,7	1	0,4	0
Актюбинская	-2,6	3	-2,1	1	5,1	2	-5,7	3	-6,8	10
Атырауская	2,2	1	6,4	4	16,6	12	-7,0	3	-5,3	3
Восточно-Казахстанская	1,1	1	1,2	0	1,5	0	2,7	2	-0,7	0
Жамбылская	-1,9	1	0,0	0	-1,9	1	2,4	0	-4,8	3
Западно-Казахстанская	-1,6	1	-4,0	5	9,2	10	-5,9	4	-3,8	3
Карагандинская	0,7	0	-0,7	0	0,6	0	5,2	4	-3,6	2
Костанайская	-0,7	0	-1,2	0	8,6	11	-2,2	1	-5,9	9
Кызылординская	-4,4	5	-0,5	0	-1,7	0	-5,3	1	-12,6	16
Мангистауская	-6,8	8	7,4	3	-13,6	10	-4,2	1	-9,1	6
Павлодарская	2,1	2	1,4	1	5,3	4	2,2	1	0,4	0
Северо-Казахстанская	2,4	3	3,9	2	11,2	17	0,6	0	-1,7	1
Туркестанская	0,1	0	0,7	0	1,8	1	2,9	0	-3,6	1

* a – коэффициент линейного тренда, %нормы/10лет;

** D – коэффициент детерминации, %;

*** - статистически значимые тенденции выделены жирным шрифтом.

В *зимний период* в среднем по Казахстану осадки незначительно увеличивались – на 1,3 % нормы/10 лет. Наиболее существенны тенденции к увеличению осадков в Акмолинской области – 9,0 % нормы/10лет (коэффициенты детерминации составляет 10 %), и в Алматинской области – на 5,3 % нормы/10 лет (коэффициенты детерминации составляет 5 %). Заметное убывание осадков отмечается в Западно-Казахстанской области – на 4,0 % нормы/10 лет (коэффициенты детерминации составляет 5 %).

Весной средние по Казахстану осадки весеннего периода незначительно увеличивались – на 2,7 % нормы каждые 10 лет. На территории большинства областей тенденции в количестве осадков положительные, но тоже незначительные. В Западно-Казахстанской и Атырауской областях западного региона, в Костанайской и Северо-Казахстанской областях

северного региона республики осадки увеличивались с наибольшей скоростью – на 9,2-16,6 % нормы/10 лет при коэффициенте детерминации 10-17 %. Наибольший вклад в увеличение осадков весеннего сезона приходится на март месяц, когда устойчивые статистически значимые тренды наблюдаются практически на всей территории Казахстана.

Летом тенденции в количестве осадков на территории всех областей Казахстана практически отсутствовали, так как вклад тренда в общую дисперсию незначительный и не превышал 4 %.

Осенью на территории большинства областей тенденции в количестве осадков отрицательные. Наиболее значительные темпы уменьшения осадков отмечаются в Актюбинской, Костанайской, Мангистауской и Кызылординской областях – на 5,9-12,6 % нормы/10 лет с коэффициентом детерминации 6-16 %.

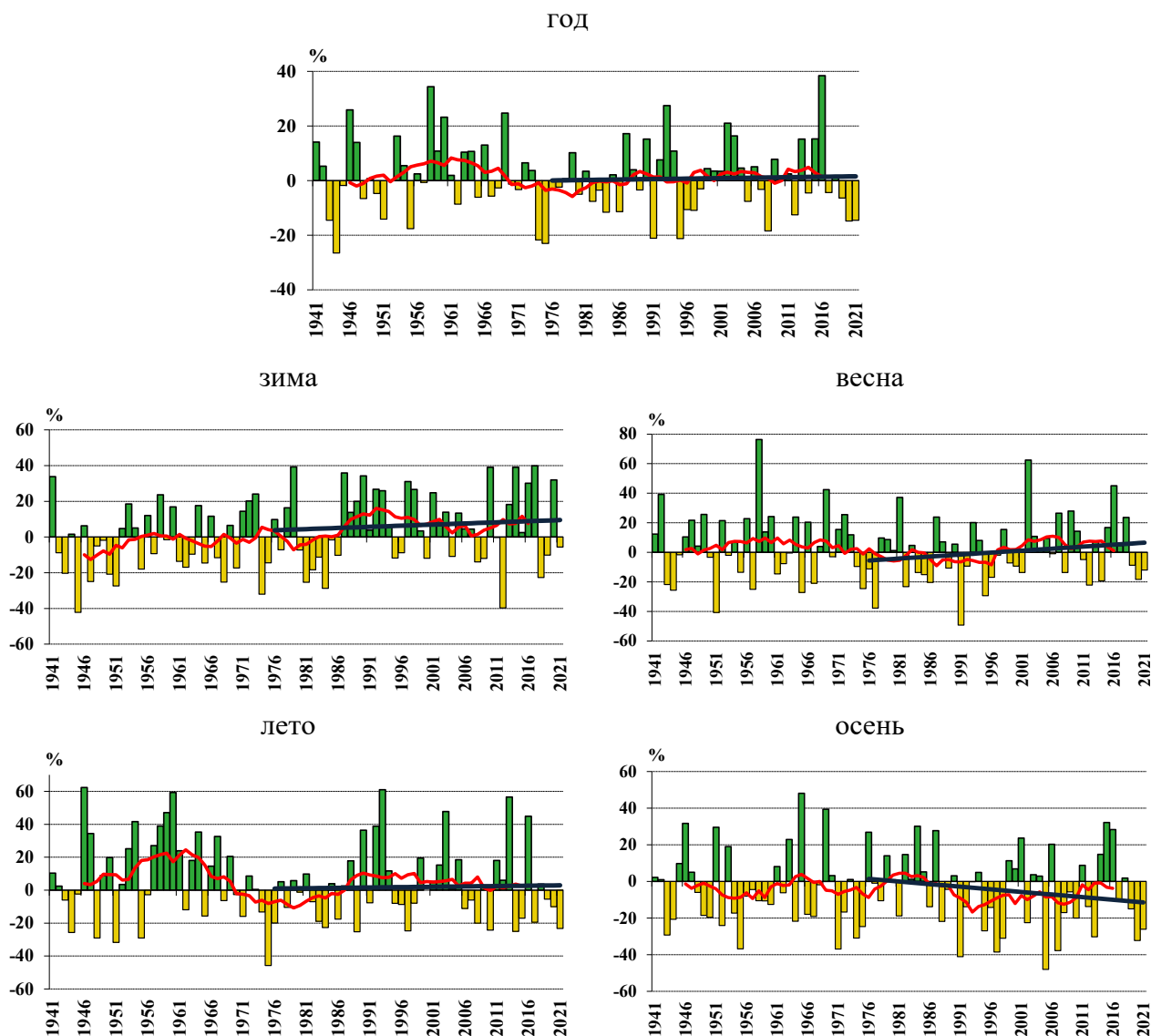


Рисунок 3.8 – Временные ряды аномалий годовых и сезонных сумм осадков (%) пространственно осредненных по территории Казахстана за период 1941 – 2021 гг. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961 – 1990 гг. Линейный тренд за период 1976 – 2021 гг. выделен черным цветом. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением

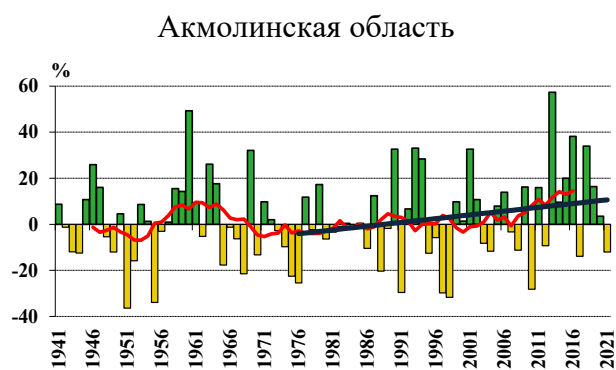
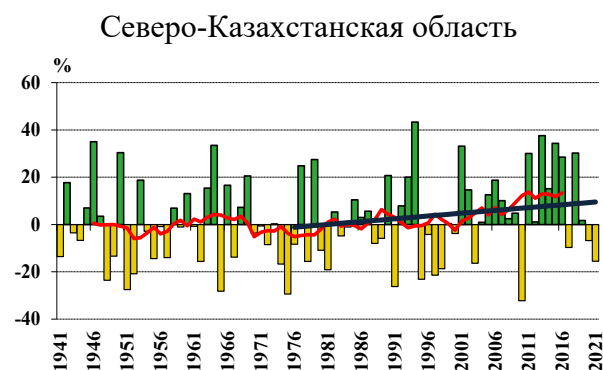
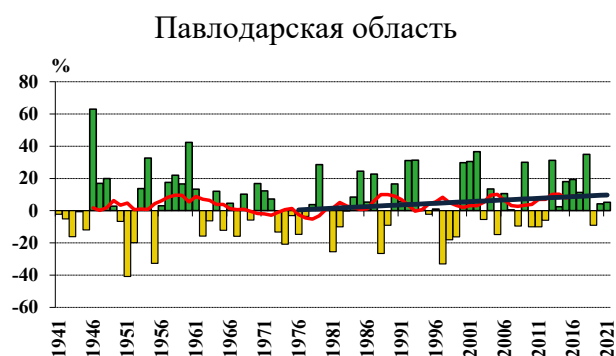
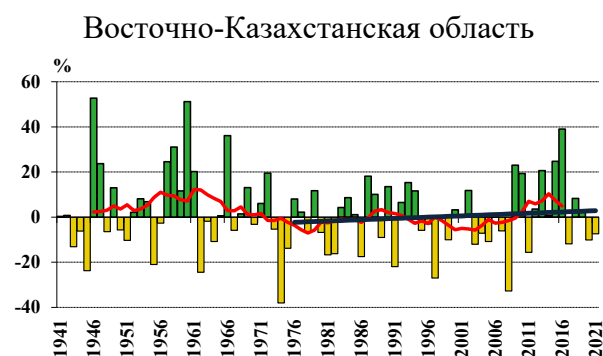
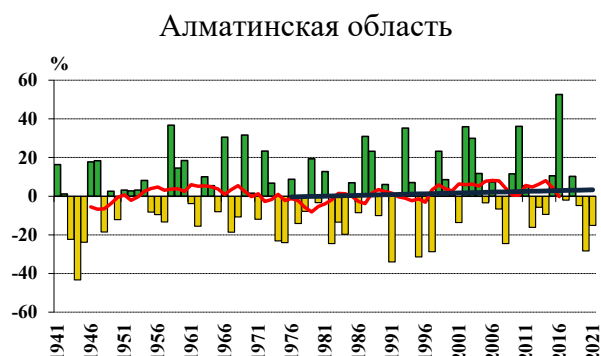
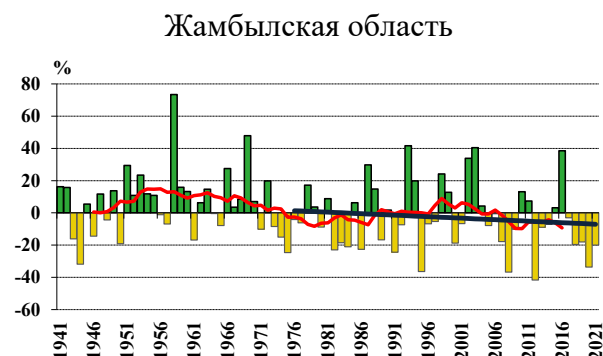
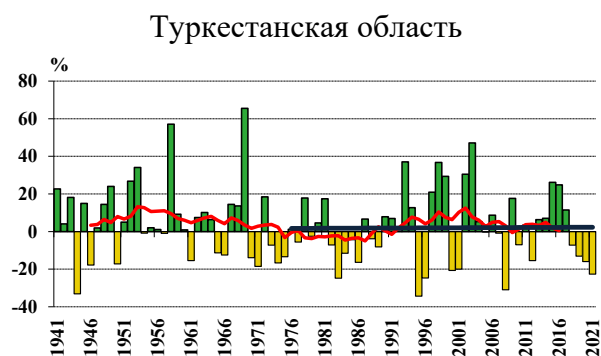
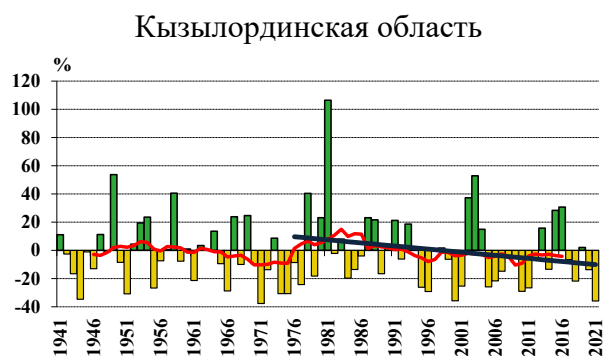


Рисунок 3.9 – Временные ряды аномалий годовых сумм осадков (%) за период 1941 - 2021 гг., пространственно осредненных по областям Казахстана. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961 – 1990 гг. Линейный тренд за период 1976 – 2021 гг. выделен черным цветом. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Лист 1

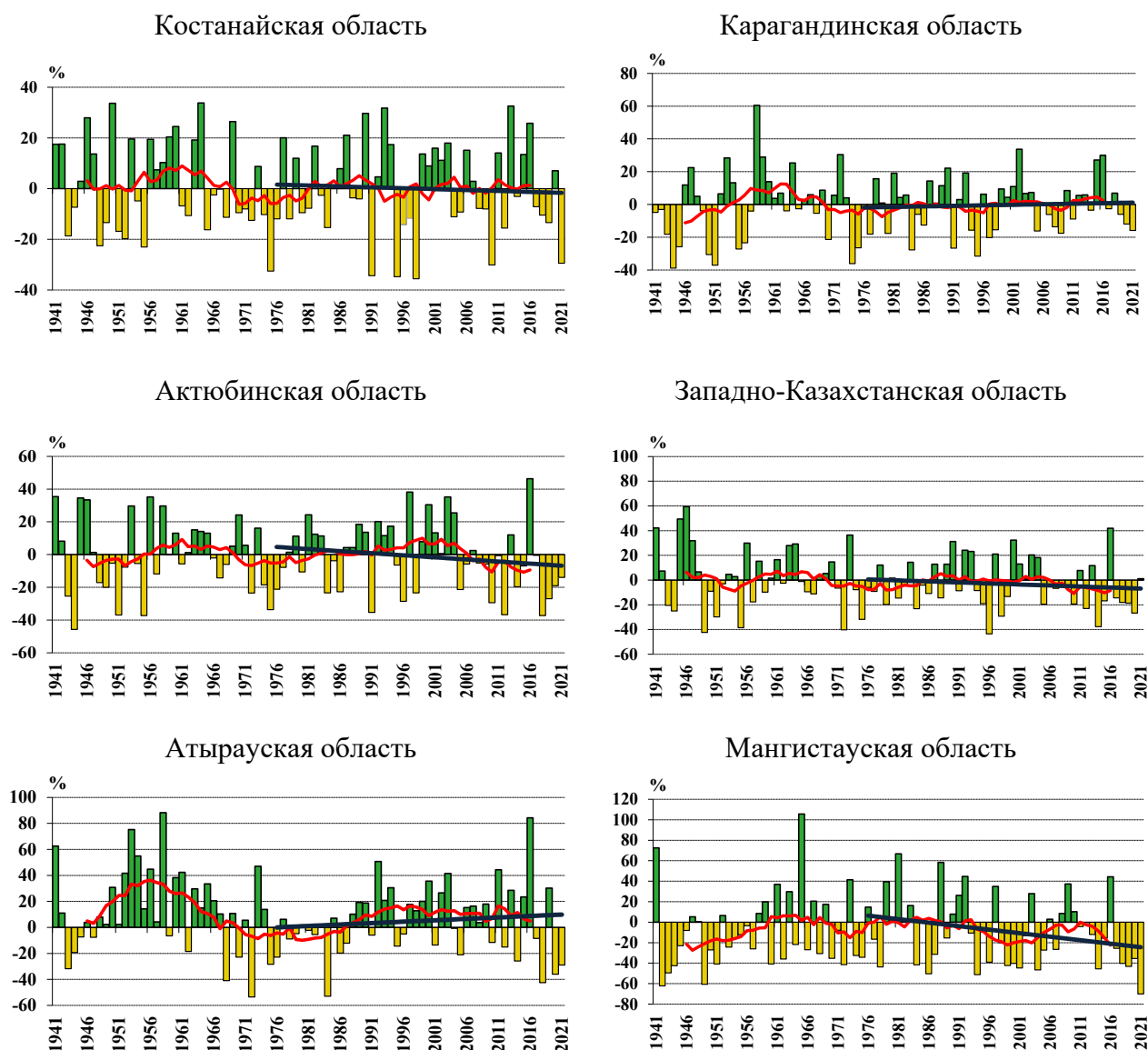
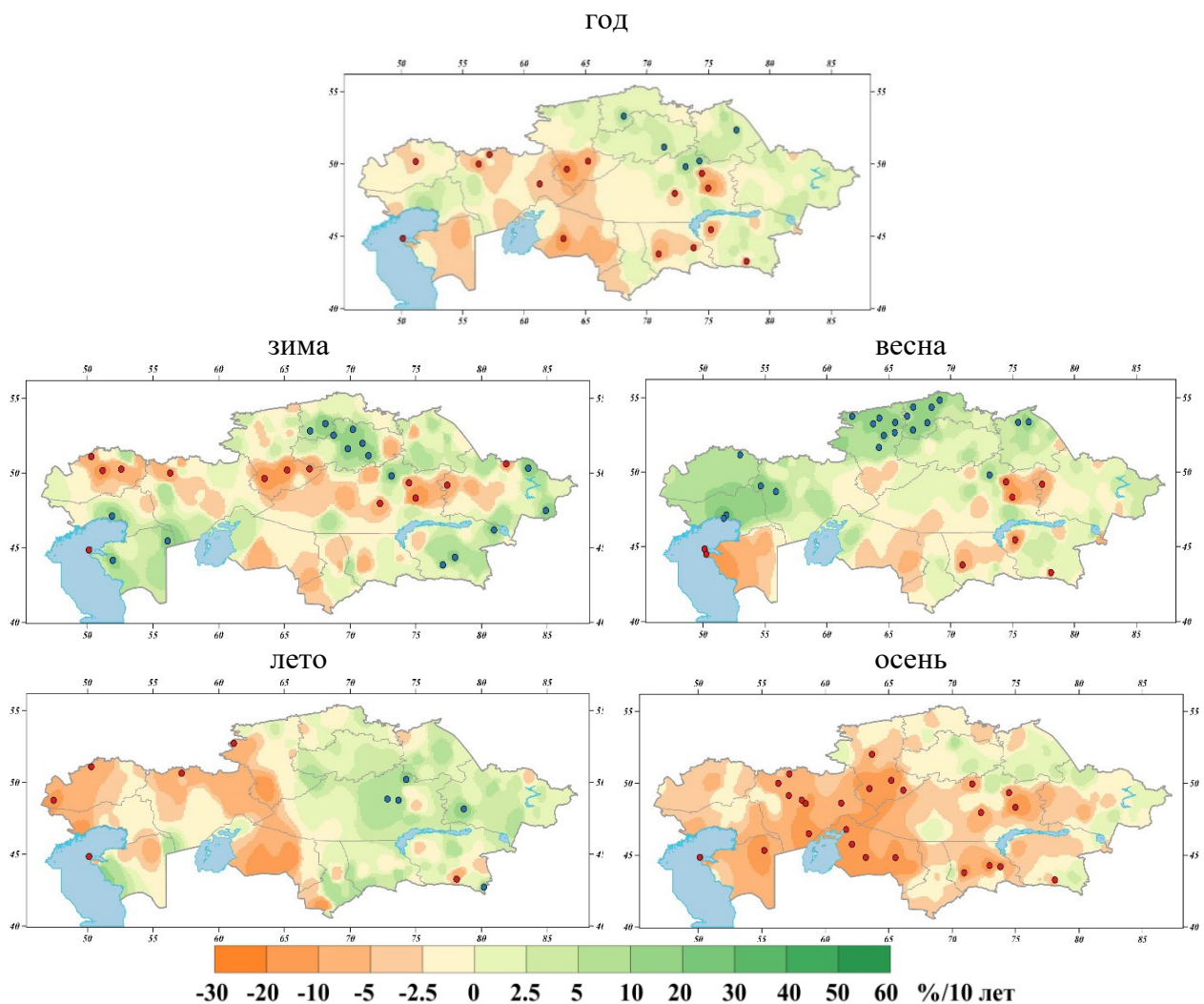


Рисунок 3.9 – Временные ряды аномалий годовых сумм осадков (%) за период 1941 - 2021 гг., пространственно осредненных по областям Казахстана. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961 – 1990 гг. Линейный тренд за период 1976 – 2021 гг. выделен черным цветом. Сглаженная кривая получена 11 летним скользящим осреднением. Лист 2

Более детальную информацию о характере изменения режима осадков в Казахстане дает пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда годовых, сезонных и отдельно для каждого месяца сумм осадков (%/10 лет), представленных на рисунках 3.10 и 3.11. Оценки получены по станционным временным рядам годовых, сезонных и месячных аномалий количества осадков за период 1976-2021 гг.

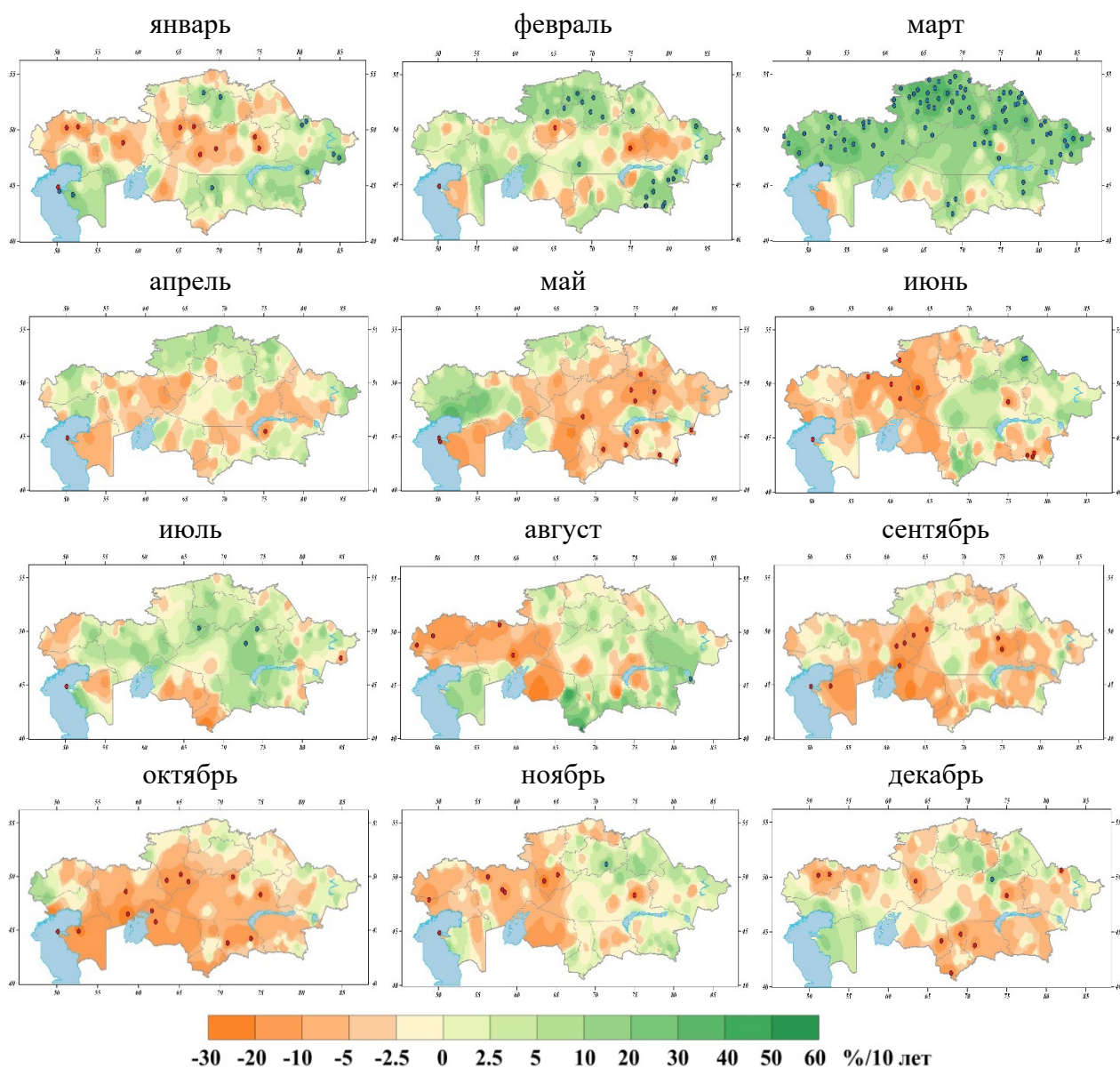
На территории республики наблюдается пятнистость в направлении изменения сезонного и месячного количества осадков (рисунки 3.10 и 3.11). **Зимой** значимое увеличение осадков зафиксировано в нескольких регионах – на севере, юго-западе и юго-востоке (на 10-15 % нормы /10 лет). Основной вклад в это увеличение внес февраль (рисунок 3.11). Значимая тенденция к уменьшению также в пределах 10-15 %/10 лет наблюдается в северо-западных и центральных регионах. **Весной** значительный рост сумм осадков наблюдается в

западных и северных регионах (на 2,7 % нормы/10 лет, вклад в дисперсию 3 %). В южной половине Казахстана тенденции отсутствуют, за исключением небольших районов, где осадки значительно убывают. Среди весенних месяцев выделяется март, когда на большей части территории Казахстана фиксируется значимое увеличение месячных сумм осадков (местами на 30-40% в среднем за каждые 10 лет). **Летом** западная половина территории республики находится в зоне уменьшения осадков, восточная – в зоне увеличения, но тенденции обоих знаков редко статистически значимы. В **осенние месяцы** большая часть территории находится в зоне отрицательных тенденций в количестве осадков. Суммы осадков за осенний сезон значительно убывали по данным многих станций в Актюбинский, Костанайской, Кызылординской областях, местами в центральных и южных регионах (максимально на 15-20 % нормы/10 лет). Как результат, по данным большинства станций эти изменения статистически незначимы (рисунок 3.10), **годовые** суммы осадков существенно уменьшаются в некоторых северо-западных, центральных и южных регионах (на 6-12 % нормы/10 лет), и значимо увеличиваются лишь по данным нескольких станций в северном регионе (на 6-8 % нормы/10 лет).



значимые положительные и отрицательные значения коэффициента линейного тренда выделены синим (увеличение осадков) и красным цветом (уменьшение осадков)

Рисунок 3.10 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда годовых и сезонных сумм осадков (%/10 лет), рассчитанных за период 1976 – 2021 гг.



значимые положительные и отрицательные значения коэффициента линейного тренда выделены синим и красным цветом

Рисунок 3.11 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда месячного количества осадков (%/10 лет), рассчитанного за период 1976 – 2021 гг.

3.3 Тенденции в экстремумах атмосферных осадков

На рисунке 3.12 представлено изменение *максимальной продолжительности бездождного периода, когда суточное количество осадков составляло менее 1 мм* (индекс CDD). По территории Казахстана отмечены, в основном, слабые тенденции, как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения бездождного периода. Исключение составляют некоторые северные, северо-восточные и центральные районы, где зафиксировано уменьшение такого периода на 1–3 дня/10 лет.

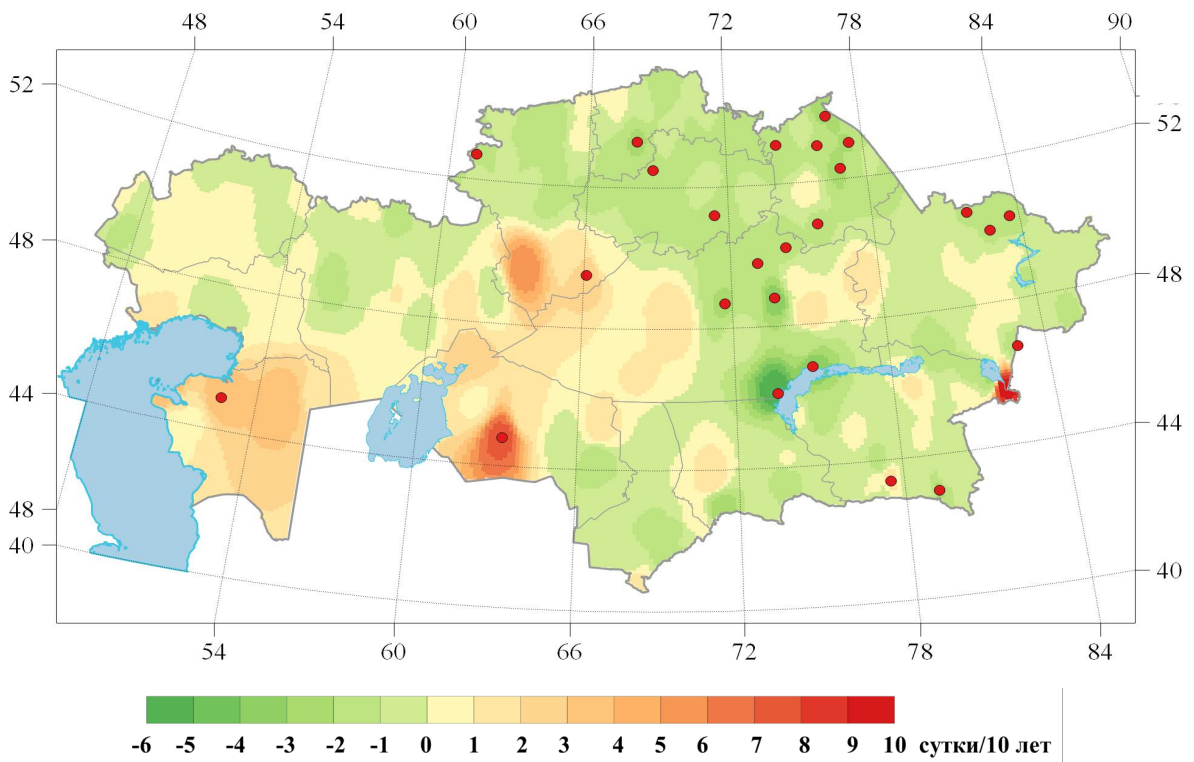


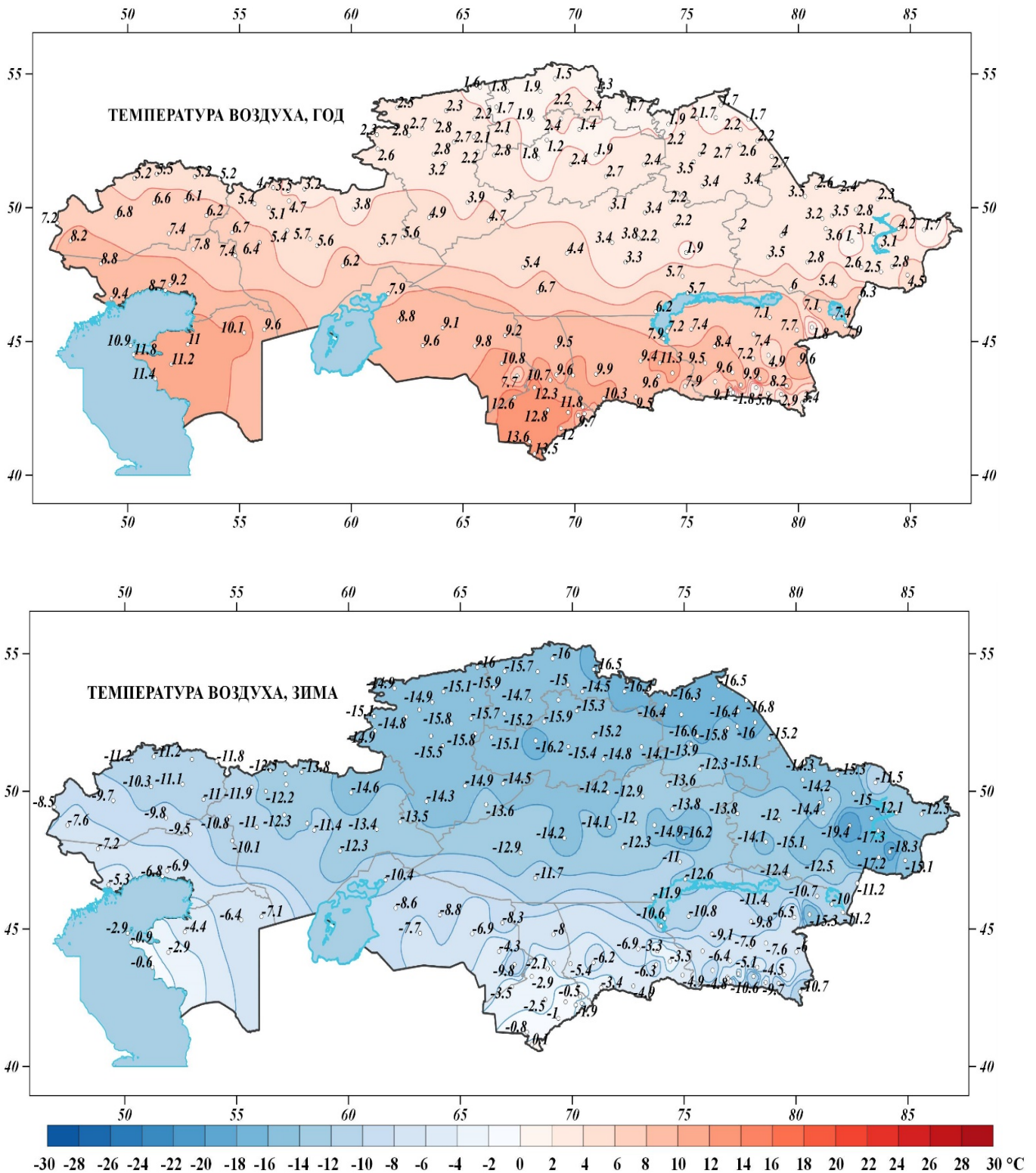
Рисунок 3.12 – Темпы изменения максимальной продолжительности бездождного периода (дни/10 лет) в период 1961 – 2021 гг. (индекс CDD)

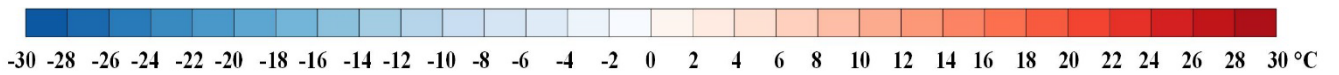
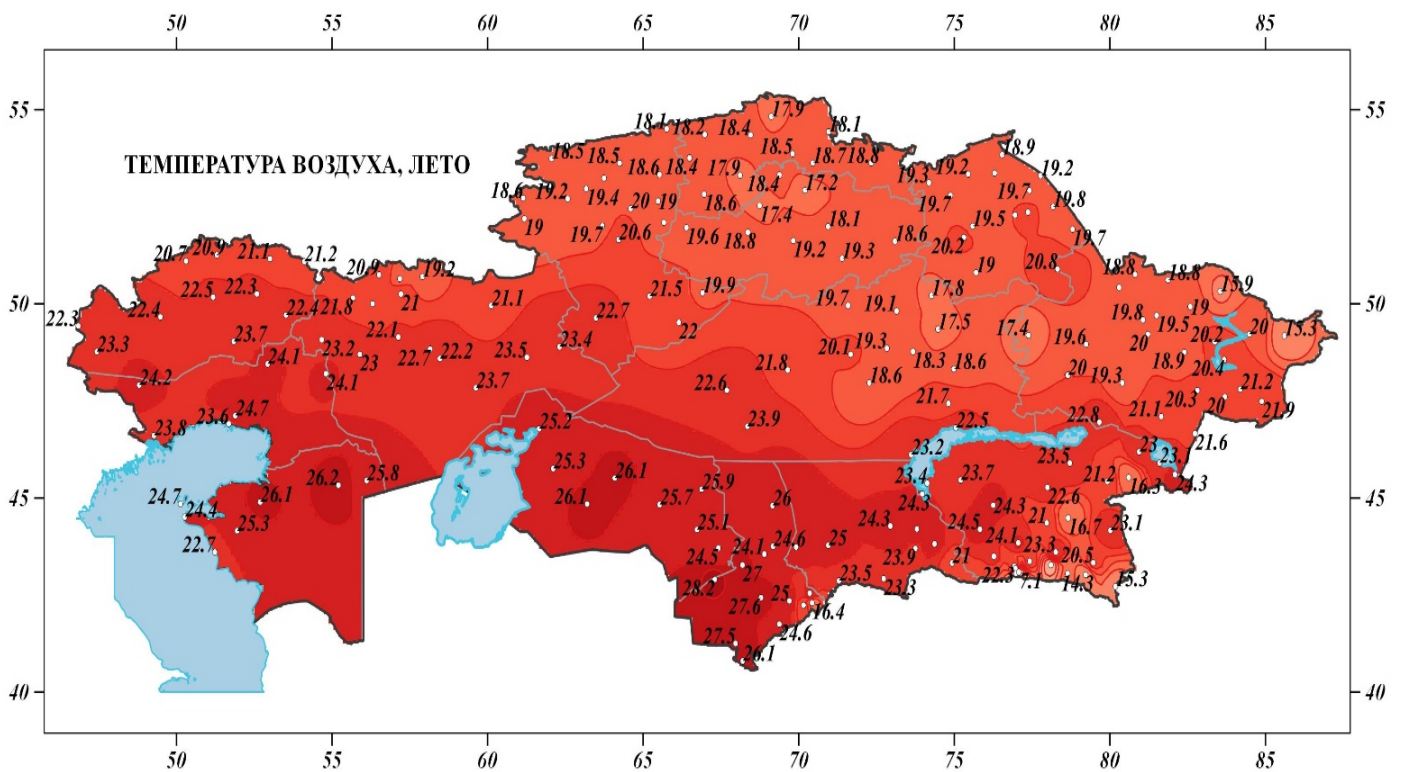
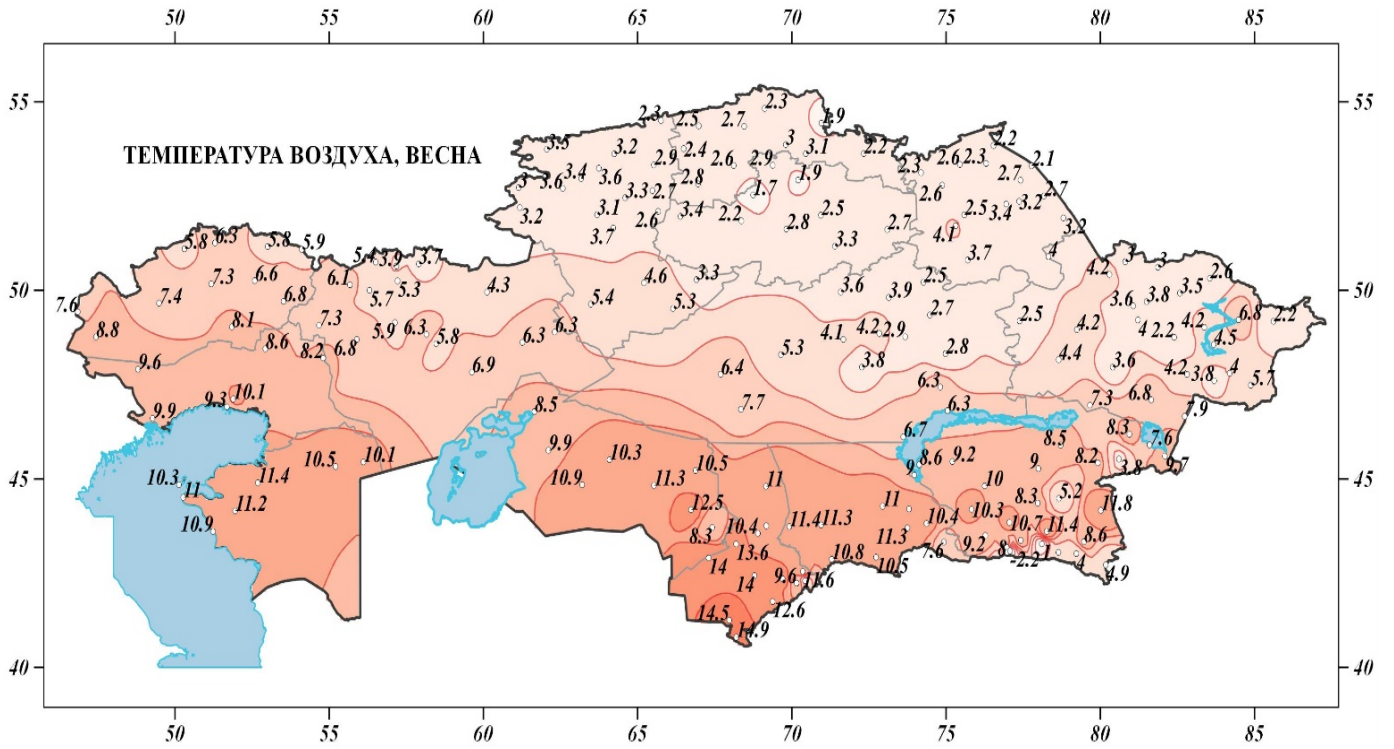
**РЕКОРДНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ МЕСЯЧНОГО КОЛИЧЕСТВА ОСАДКОВ,
УСТАНОВЛЕННЫЕ В 2021 г.**

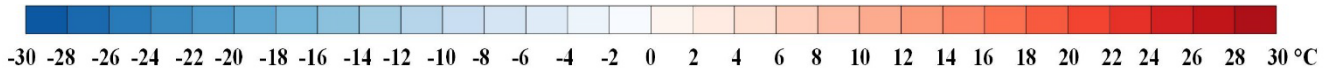
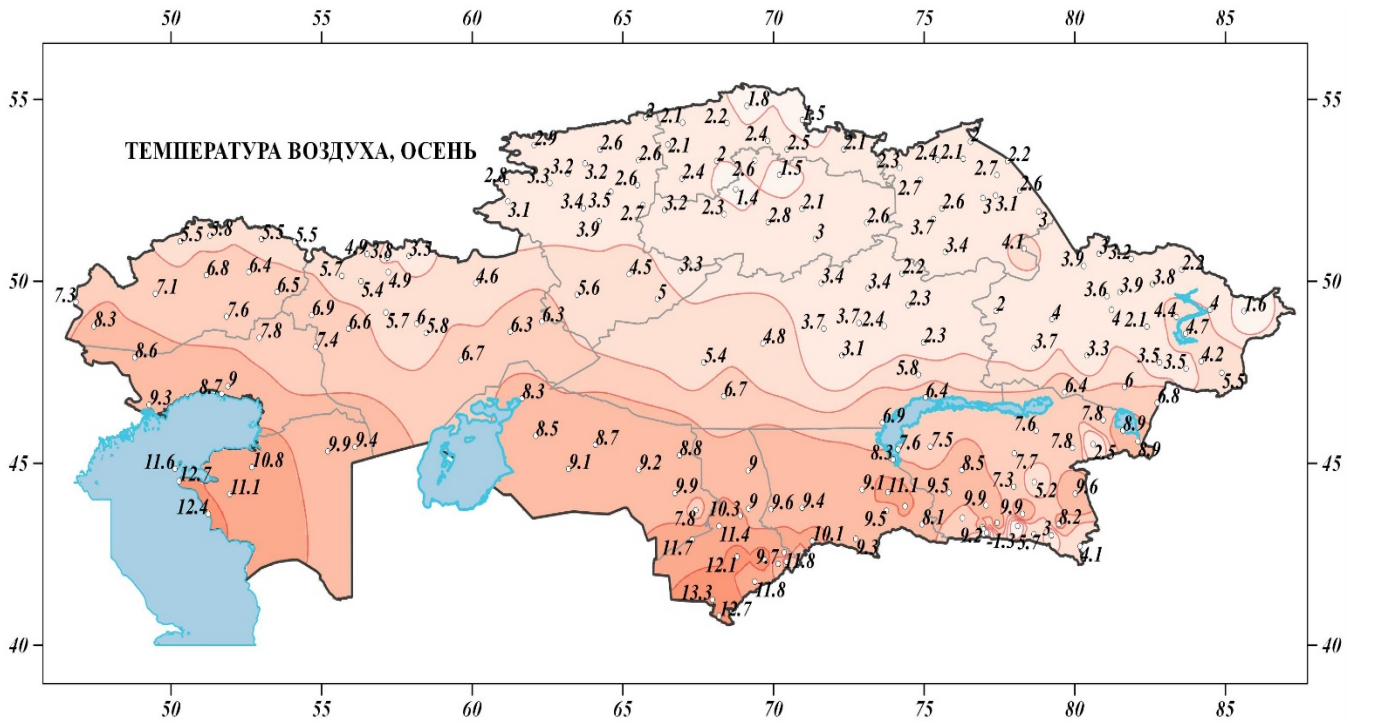
№№ пп	Наименование МС	Область	Макси- мальное количество осадков, мм	Предыдущее максимальное количество осадков, мм	Мини- мальное количество осадков, мм	Предыдущее минимальное количество осадков, мм
	Декабрь, 2020 г.					
1	Нура	Актюбинская			1,2	1,70 (1976)
2	Мынжилки	Алматинская			1,8	2,70 (1967)
3	Кишкенеколь	Северо- Казахстанская			1,2	1,40 (1974)
4	Туркестан	Туркестанская			1,0	1,40 (1999)
	Февраль, 2021 г.					
1	Есиль	Акмолинская	33,7	28,60 (2001)		
2	Жалтыр		46,7	44,76 (1958)		
3	Мугоджарская	Актюбинская	49,8	48,06 (1944)		
4	Учарал	Алматинская	61,1	54,05 (1941)		
5	Лениногорск	Восточно- Казахстанская	63,3	52,50 (1966)		
6	Зайсан		47,2	46,76 (1958)		
7	Тобол	Костанайская	62,0	60,10 (1985)		
8	Михайловка		35,2	31,60 (2001)		
9	Караменды		35,6	31,00 (1985)		
10	Костанай		45,5	40,00 (2007)		
11	Сарыколь		62,4	54,70 (2008)		
12	Кушмурун		37,8	31,80 (2001)		
13	Тимирязево	Северо- Казахстанская	62,1	34,30 (1966)		
14	Явленка		37,9	29,40 (1966)		
	Март					
1	Нур-Султан	Акмолинская	52,3	48,30 (2008)		
2	Уштобе	Алматинская	86,0	75,40 (1958)		
3	Саудакент	Жамбылская	90,8	69,08 (1956)		
4	Урда	Западно- Казахстанская	72,0	62,57 (1946)		
5	Ертис	Павлодарская	39,0	34,80 (2010)		
6	Шолаккорган	Туркестанская	68,0	62,27 (1956)		
	Апрель					
1	Шарбакты	Павлодарская			0,0	0,70 (1997)
2	Шар	Восточно- Казахстанская			1,2	1,30 (1967)

№№ пп	Наименование МС	Область	Макси- мальное количество осадков, мм	Предыдущее максимальное количество осадков, мм	Мини- мальное количество осадков, мм	Предыдущее минимальное количество осадков, мм
	Май					
1	Актобе	Актюбинская			0,0	0,40 (2010)
2	Карабутак				0,0	0,60 (2019)
3	Аул №4	Алматинская			0,0	0,45 (1955)
4	Амангельды	Костанайская			0,0	0,60 (1991)
5	Шалдай	Павлодарская			1,0	2,00 (1974)
	Июнь					
1	Диевская	Костанайская			1,1	3,70 (1998)
2	Караменды				1,8	1,90 (1975, 1955)
3	Толе би	Жамбылская			0,3	0,60 (1984)
	Июль					
1	Актау	Мангистауская	52,2	45,50 (1995)		
2	Актобе	Актюбинская	149,4	136,94 (1941)		
	Август					
1	Красноармейка	Павлодарская	118,0	84,20 (1985)		
2	Успенка		103,9	102,60 (1991)		
1	Аркалык	Костанайская			0,4	1,20 (1953)
2	Аршалинский з/свх.				0,7	1,50 (2007, 1971)
3	Житикара				0,5	1,00 (2008)
4	Рудный				0,6	4,00 (2004)
5	Тобол				0,4	2,90 (1966)
6	Жаныбек	Западно- Казахстанская			0,0	0,12 (1951)
7	Кос-Истек	Актюбинская			0,0	0,70 (2007)
	Октябрь					
1	Нарынкол	Алматинская	67,4	67,20 (1987)		
	Ноябрь					
1	Шиели	Кызылординская			0,2	0,46 (1960)
2	Ассы	Алматинская			1,9	2,60 (1988)
	Декабрь, 2021 г.					
1	Жетыконур	Карагандинская	32,9	31,70 (2015)		
1	Балкаш	Карагандинская			1,6	1,61 (1965)
2	Бектауата				2,7	2,99 (1965)

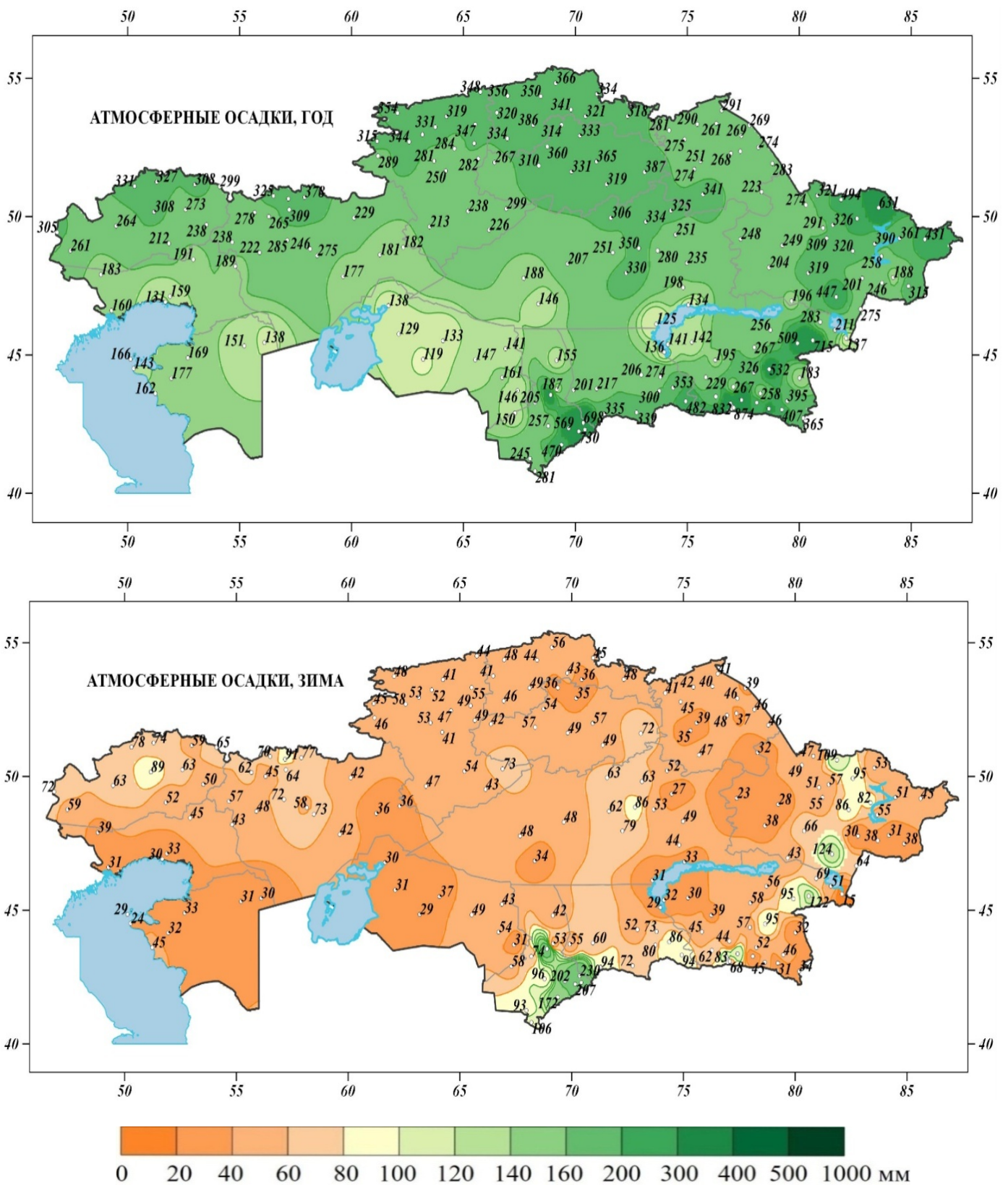
**ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕГОДОВЫХ И
СРЕДНЕСЕЗОННЫХ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА ПО ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА,
РАССЧИТАННЫХ ЗА ПЕРИОД 1961–1990 гг.**

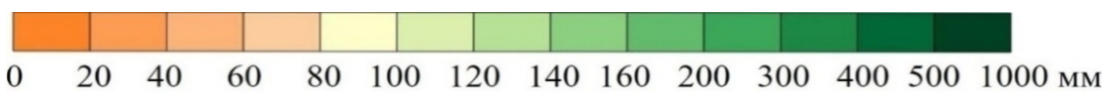
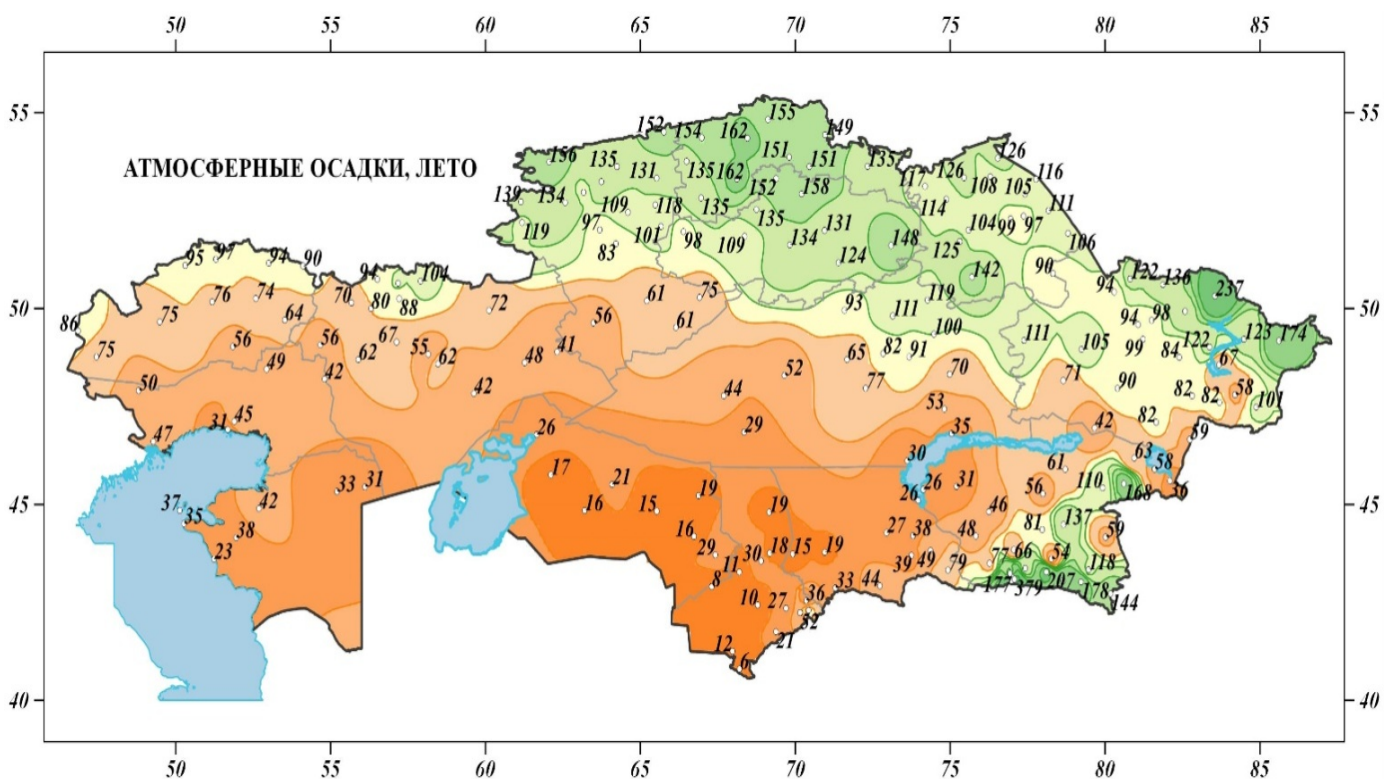
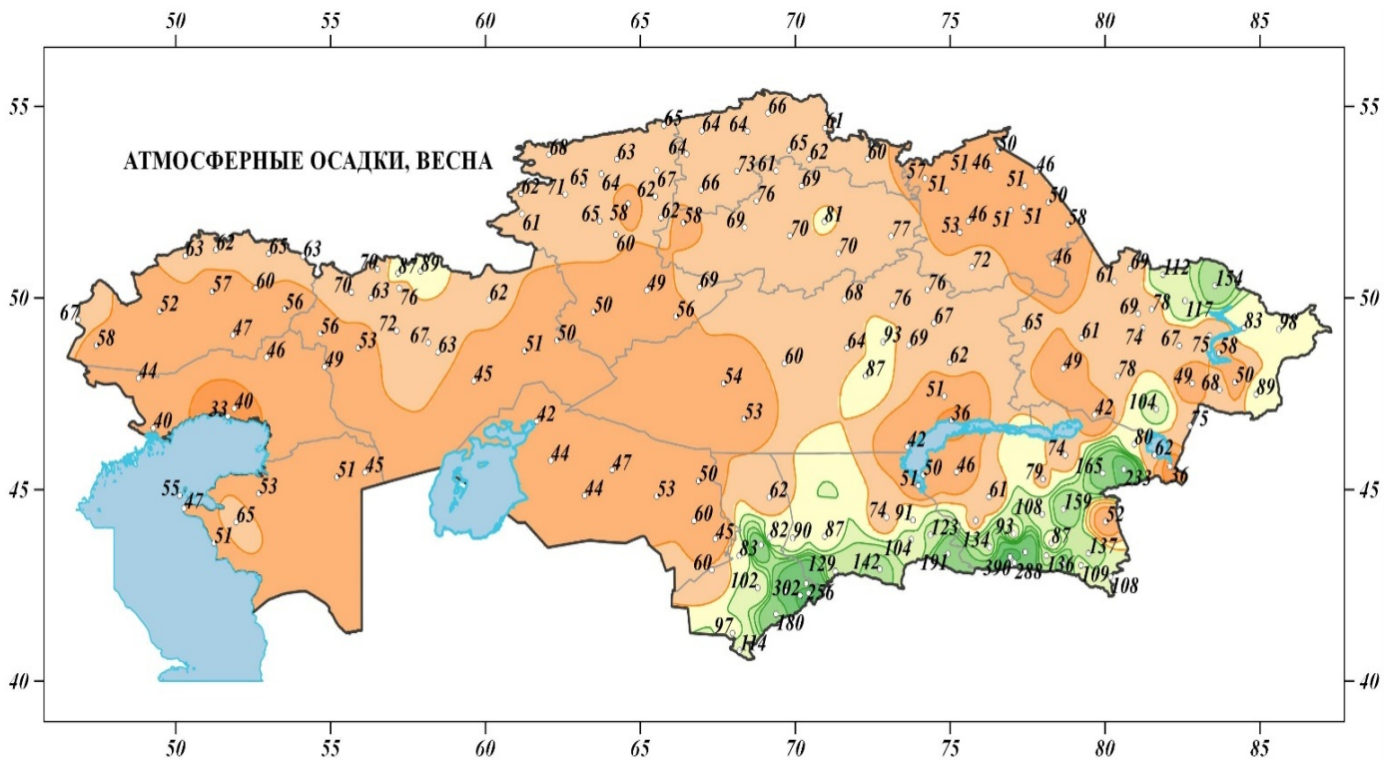


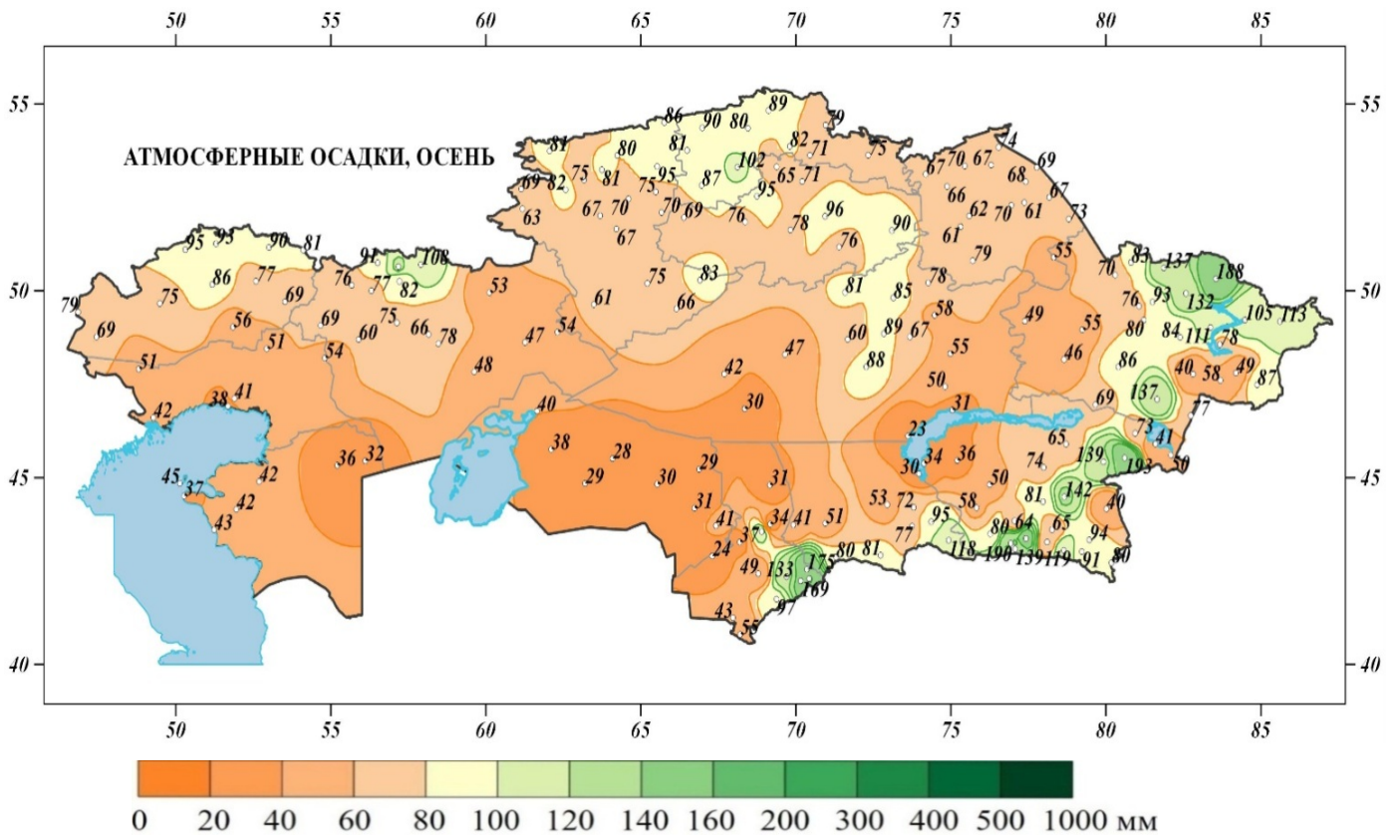




**ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГОДОВЫХ И СЕЗОННЫХ СУММ
ОСАДКОВ ПО ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА, РАССЧИТАННЫХ ЗА ПЕРИОД
1961-1990 гг.**







Бюллетень составлен в управлении климатических исследований
Научно-исследовательского центра РГП "Казгидромет"
Адрес: 010000, Республика Казахстан, г. Астана, проспект Мәңгілік ел 11/1
Тел. +7 (7172) 79-83-32
e-mail: info@meteo.kz

При использовании материалов бюллетеня
обязательна ссылка на РГП «Казгидромет»