

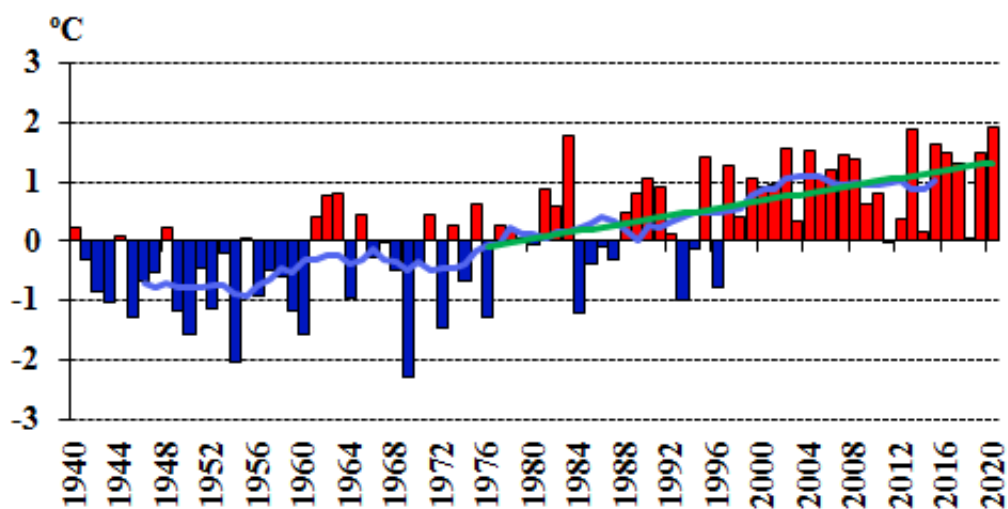


Министерство экологии, геологии и
природных ресурсов

Республиканское государственное
предприятие «Казгидромет»

Научно-исследовательский центр

***ЕЖЕГОДНЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ МОНИТОРИНГА
СОСТОЯНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА
КАЗАХСТАНА: 2020 ГОД***



Нур-Султан, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

КРАТКОЕ РЕЗЮМЕ	4
ВВЕДЕНИЕ	7
1 ОБЗОР ИЗМЕНЕНИЙ ГЛОБАЛЬНОГО КЛИМАТА И ЕГО СОСТОЯНИЯ В 2020 г.	10
2 ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА	12
2.1 Аномалии температуры воздуха в 2020 году	13
2.2 Наблюдаемые изменения температуры воздуха	27
2.3 Тенденции в экстремумах температуры приземного воздуха	34
3. АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ	43
3.1 Аномалии количества осадков в 2020 году	43
3.2 Наблюдаемые изменения количества осадков	53
3.3 Тенденции в экстремумах атмосферных осадков	60
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	61
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	64

КРАТКОЕ РЕЗЮМЕ

Особенности климата в 2020 году

В целом для Земного шара 2020 год вошел в тройку самых теплых лет за период инструментальных наблюдений. Глобальная средняя температура в 2020 г. была примерно на $1,2 \pm 0,1$ °C выше базового уровня 1850-1900 гг., используемого в качестве аппроксимации доиндустриальных уровней.

Все экстремально тёплые годы в глобальном масштабе приходятся на последние 20 лет. В Казахстане эта особенность также хорошо прослеживается, исключения составляют 1983 г. и 1995 г. В среднем по Казахстану среднегодовая температура воздуха в 2020 г. была на 1,92 °C выше климатической нормы за период 1961-1990 гг. и это первая величина в ранжированном ряду самых тёплых лет за период 1941-2020 гг. Для Акмолинской, Актюбинской, Атырауской, Костанайской, Павлодарской и Северо-Казахстанской областей 2020 год был также рекордно теплым, аномалии температуры составили от +2,23 °C до +3,16 °C. На 59 метеостанциях северного региона 2020 г. стал самым теплым годом с 1941 г.

Сумма осадков за 2020 год в среднем по территории Казахстана составила 270,7 мм (85 % нормы). Годовые суммы осадков были выше нормы в некоторых северных регионах Казахстана, максимум на 40-45 %. Дефицит осадков (30-40 %) наблюдался в западных и южных областях республики.

В среднем по территории Казахстана аномалия температуры *зимнего сезона* была рекордно высокой и составила 5,5 °C. Рекордными были также аномалии в среднем по территории западных, северных и юго-восточных регионов Казахстана (от +4,06 °C для Алматинской области до +7,35 °C для Западно-Казахстанской области). В среднем по Казахстану количество зимних осадков составило 132 % (91-ый перцентиль). В Акмолинской и Павлодарской областях выпало рекордное количество осадков за зимний период – 220 и 182 % нормы, соответственно. В Северо-Казахстанской области количество осадков превысило 95-ой перцентиль и составило 180 % нормы.

Средняя по территории Казахстана аномалия температуры *весеннего сезона* была рекордно высокой и составила +3,84 °C. В ряде областей средние по их территории аномалии температуры воздуха были экстремально высокими с вероятностью не превышения более 95 % и составляли от 2,88 °C в Жамбылской области до 4,44 °C в Восточно-Казахстанской области. В Атырауской, Мангистауской и Туркестанской областях вероятность не превышения аномалии составила 89–94 %, значения аномалий лежали в пределах 1,73-2,49 °C. Количество весенних осадков в среднем по Казахстану составило 82 %. Достаточно “влажная” весна наблюдалась в Костанайской (142 % нормы) и Северо-Казахстанской областях (121 %). В трех областях Казахстана количество осадков было значительно ниже нормы: в Карагандинской – 56 % нормы; Павлодарской – 54 % нормы; в Восточно-Казахстанской – 45 % нормы.

Значение средней по стране аномалии температуры воздуха *летнего сезона* было положительным и составило 0,86 °С (вероятность непревышения 89 %). Средняя по Атырауской области аномалия температуры была экстремально высокой: +2,16 °С с вероятностью непревышения 96 %. Также значительной была аномалия в Мангистауской области: +2,13 °С с вероятностью непревышения 91 %. Средние по территории остальных областей значения аномалии температуры составили от 0,44 °С для Карагандинской области до 1,20 °С для Актюбинской области. Количество летних осадков в среднем по территории Казахстана было на 10 % ниже нормы и составило 79,2 мм. Наименьшее количество осадков выпало в Атырауской (47 % нормы) и Северо-Казахстанской (64 % нормы) областях. На остальной территории сумма выпавших осадков составила 75-114 % нормы.

В среднем по Казахстану температура воздуха осеннего сезона была несколько ниже нормы – на 0,21 °С при вероятности непревышения 37 %. В разрезе областей аномалии были как положительные, так и отрицательные, не превышали значения стандартного отклонения за исключением Алматинской области (–1,03 °С с вероятностью непревышения 19 %) и Жамбылской области (–1,76 °С с вероятностью непревышения 13 %). В среднем по территории Казахстана количество осадков в осенний сезон составило 53,5 мм (68 % нормы, вероятность непревышения 10 %). Значительная часть территории Казахстана испытывала дефицит осадков, за исключением некоторых районов в северном Казахстане, где количество осадков было на 20-30 % выше нормы. В южной половине Казахстана количество осадков составляло, в основном, менее 60-40 % нормы, в западных регионах и в районе восточнее Аральского моря минимальное количество осадков составляло местами менее 30 %.

Изменение климата в Казахстане в период 1976-2020 гг.

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 0,22 °С/10 лет (Карагандинская область) до 0,52 °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 2,6 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, в некоторых западных и южных регионах на 2-12 %/10 лет.

Анализ тенденций в экстремумах температуры приземного воздуха и количества атмосферных осадков показал, что за период 1961 - 2020 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 продолжительности волн жары и продолжительности максимальной волны жары, увеличивается также продолжительность волн тепла в целом за год;
- наблюдается сокращение дефицита тепла в холодный период года и увеличение дефицита холода в теплый период, 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.

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 2020 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 1 и 2 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 среднееголетнее значение рассматриваемой климатической переменной за период 1961 - 1990 гг. Аномалии температуры рассчитываются как отклонения наблюденного 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 (R^2), 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.



Схема административно-территориального деления Республики Казахстан

Для оценки экстремальности температурного режима и режима осадков в конкретный год и ее изменения в период с 1961 г. используются индексы изменения климата, рекомендованные Всемирной метеорологической организацией. 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 оценить многие аспекты изменения климата, такие, например, как изменение интенсивности, частоты и продолжительности проявления экстремальности в температуре воздуха и количества осадков.

Ответственный за выпуск: ведущий инженер Управления климатических исследований Илякова Р.М. (раздел 3, краткое резюме). В подготовке бюллетеня также принимали участие: начальник Управления Долгих С.А. (введение, раздел 1), ведущий научный сотрудник Смирнова Е.Ю. (раздел 2, 3), ведущий инженер Каратай М. (климатические индексы в разделах 2 и 3), ведущий научный сотрудник Курманова М.С. (раздел 2) и старший научный сотрудник Белдеубаев Е.Е. (построение карт к разделам 2, 3, Приложения 1 и 2).

1 ОБЗОР ИЗМЕНЕНИЙ ГЛОБАЛЬНОГО КЛИМАТА И ЕГО СОСТОЯНИЯ В 2020 г.

Прошло 28 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 докладе о состоянии глобального климата за 2020 год 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.

Все ключевые климатические индикаторы и связанная с ними информация о воздействии, представленные в настоящем докладе, свидетельствуют о неослабевающем и продолжающемся изменении климата, все более частом возникновении и интенсификации экстремальных явлений, а также о серьезных потерях и ущербе, затрагивающих людей, общество и экономику. Негативная тенденция в области климата будет сохраняться и в предстоящие десятилетия, независимо от успеха в деле смягчения последствий изменения климата.

Кратко о состоянии глобального климата и рекордах погоды в 2020 г.:

– Средняя глобальная температура в 2020 г. была на $1,2 \pm 0,1$ °C выше базового уровня 1850-1900 годов (рис. 1.1), что делает 2020 год одним из трех самых теплых лет в мире за всю историю наблюдений. Оценка ВМО основана на пяти наборах данных о глобальной температуре (рис. 1.1). Разброс пяти оценок среднегодового глобального значения колеблется от 1,15 °C до 1,28 °C выше доиндустриальных уровней. Шесть лет с 2015 года стали самыми теплыми за всю историю наблюдений. Десятилетие 2011-2020 годы было самым теплым за все время наблюдений.

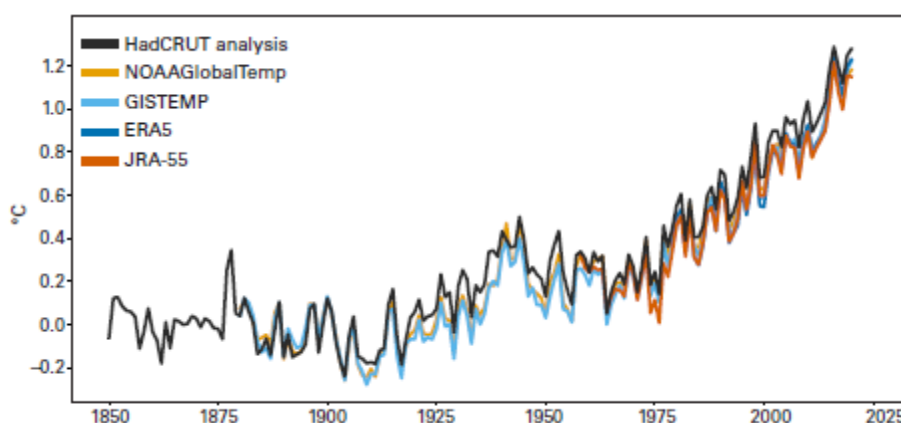


Рисунок 1.1 – Аномалии глобальной средней температуры по сравнению с базовым периодом 1850-1900 гг. в рамках пяти глобальных наборов данных.

Источник: Центр им. Гадлея Метеобюро СК

– Концентрации основных парниковых газов, CO₂, CH₄ и N₂O, продолжали расти, несмотря на временное сокращение выбросов в 2020 году, связанное с мерами, принятыми в ответ на COVID-19.

– В 2019–2020 годах было зафиксировано рекордно высокое теплосодержание океана. Темпы потепления океана за последнее десятилетие были выше долгосрочного среднего значения, что свидетельствует о продолжающемся поглощении тепла, удерживаемого парниковыми газами. В 2020 году на более 80 % территории океана была отмечена хотя бы одна морская волна тепла. Глобальный средний уровень моря в последнее время он повышается более высокими темпами, отчасти из-за ускорения таяния ледяных щитов в Гренландии и Антарктиде.

– В 2020 году минимальная протяженность арктического морского льда после летнего таяния составила 3,74 млн км², уменьшившись всего во второй раз за историю наблюдений до менее чем 4 млн км². Ледяной щит Гренландии продолжал терять массу, потеря льда из-за откалывания айсбергов приблизилась к максимальным значениям за всю 40-летнюю историю спутниковых наблюдений. Антарктида теряет примерно 175–225 гигатонн в год из-за увеличения стока крупных ледников в Западной Антарктиде и на Антарктическом полуострове. Потеря 200 гигатонн льда в год соответствует примерно двукратному годовому стоку реки Рейн в Европе.

– В 2020 году в больших частях Африки и Азии наблюдались сильные дожди и обширные наводнения.

– Во внутренних частях Южной Америки в 2020 году от сильной засухи пострадали многие районы, причем больше всего это ударило по северу Аргентины, Парагваю и западным пограничным районам Бразилии. Длительная засуха сохранялась в некоторых районах южной части Африки, особенно в Северной и Восточной Капской провинциях Южной Африки.

– В 2020 году в крупном регионе Сибирской Арктики температура превышала среднее значение более чем на 3 °С, а рекордная температура была отмечена в городе Верхоянске и составила 38 °С. В Долине Смерти в Калифорнии 16 августа температура достигла 54,4 °С, самого высокого известного значения температуры в мире, по крайней мере, за последние 80 лет.

– Сезон ураганов в Северной Атлантике 2020 года стал рекордным по количеству штормов, которым присваиваются имена, и их число достигло 30. В Соединенных Штатах Америки было зафиксировано 12 выходов на сушу, что стало рекордным значением. Последний шторм в сезоне, Йота, также был самым интенсивным, достигнув 5-й категории перед выходом на сушу в Центральной Америке. Циклон Амфан, обрушившийся 20 мая на берег недалеко от границы между Индией и Бангладеш, стал самым дорогим тропическим циклоном за всю историю северной части Индийского океана, экономический ущерб от которого, по имеющимся данным, составил около 14 миллиардов долларов США. Самым сильным тропическим циклоном в этом сезоне стал Тайфун Гони (Ролли) со средней скоростью ветра 220 км/ч (или выше). В начале октября шторм Алекс принес экстремальные ветры в западную часть Франции с порывами до 186 км/ч, а на обширной территории прошли проливные дожди. 3 октября стал самым влажным днем в среднем по территории Соединенного Королевства за всю историю наблюдений.

2 ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА

В 2020 г. в среднем по Казахстану среднегодовая аномалия температуры воздуха составила +1,92 °С относительно среднего многолетнего значения за период 1961–1990 гг. (5,4 °С) и была на 0,42 °С выше, чем в 2019 году. Среднее годовое значение температуры воздуха за последнее десятилетие 2011–2020 гг. составило +6,45 °С и превысила климатическую норму на 1,05 °С, это вторая по величине положительная декадная аномалия после рекордно теплого десятилетия 2001–2010 гг. с аномалией +1,09 °С. Последнее пятилетие 2016–2020 гг. также было самым теплым со значением среднегодовой температуры воздуха +6,67 °С, которое превысило климатическую норму на 1,25 °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 и 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.

На рисунке 2.1 представлен ранжированный ряд среднегодовых аномалий температур приземного воздуха, осреднённых по метеостанциям Казахстана за период с 1941 г. В глобальном масштабе все экстремально тёплые годы приходятся на последние 20 лет. В Казахстане эта особенность также хорошо прослеживается, исключение составляют 1983 г., который занимает третье место в ранге самых теплых лет, и 1995 г., который завершает десятку самых теплых лет.

Таблица 2.1 – Самые тёплые годы в истории наблюдений на Земном шаре (с 1850 г.) и в Казахстане за период 1941–2020 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 (янв.-дек.), 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	2004	1,55
6	2018	2002	1,53
7	2014	2019	1,50
8	2010	2016	1,48
9	2005	2007	1,46
10	2013	1995	1,41

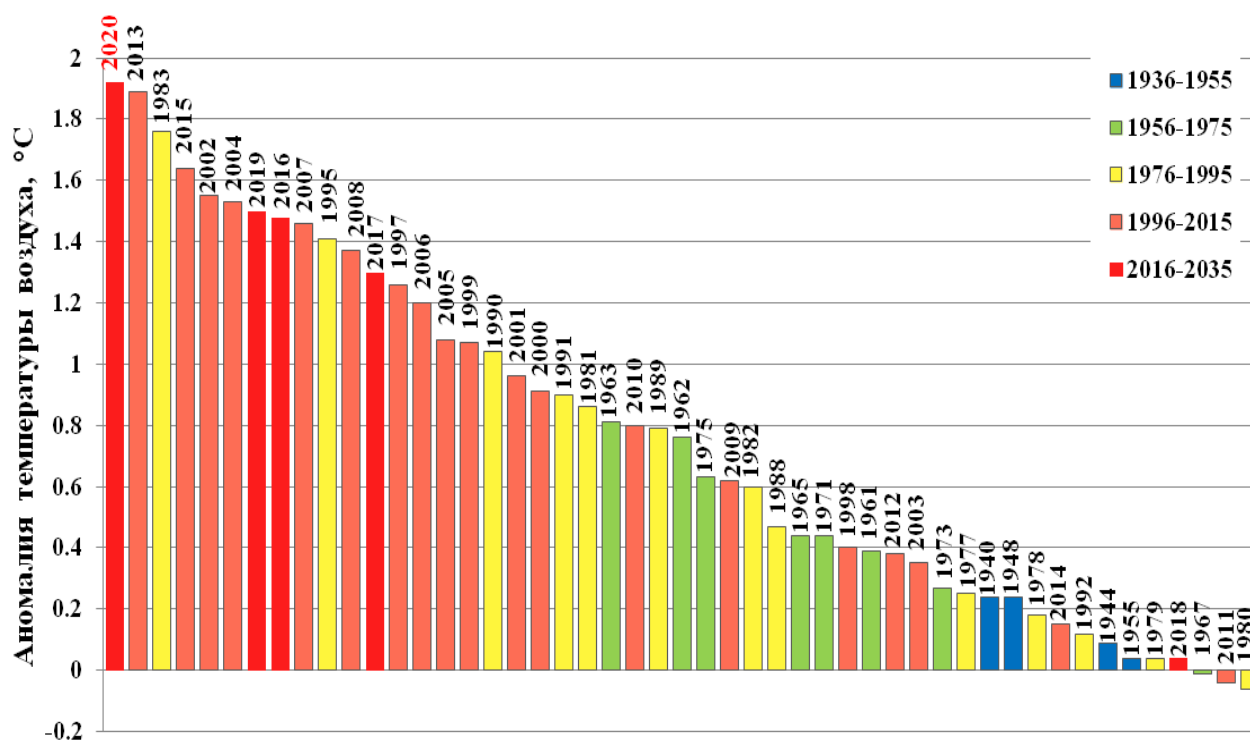


Рисунок 2.1 – Ранжированный ряд положительных аномалий среднегодовых (январь-декабрь) температур приземного воздуха, осреднённых по территории Казахстана (по данным 121 метеостанции) за период 1941–2020 гг. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961–1990 гг.

2.1 Аномалии температуры воздуха на территории Казахстана в 2020 г.

2020 г. в Казахстане (январь-декабрь) был рекордно теплым и занял 1-е место в ранжированном по убыванию ряду наблюдений с 1941 года (таблица 2.1). Максимальные значения отмечены не только для среднегодовой температуры воздуха (на 31 % метеорологических станций), но и для зимнего и весеннего сезонов (на 48 % и 37 % метеорологических станций, соответственно).

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 непревышения, рассчитанные по данным за период 1941–2020 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.

Аномалии средней годовой температуры воздуха в 2020 г. были положительными на всей территории Казахстана (рисунок 2.2, вверху). В западных, северных и восточных регионах аномалии были выше 2 °С, в крайних северных районах Костанайской, Северо-Казахстанской, Павлодарской и Восточно-Казахстанской области – выше 2-3 °С. Вероятность непревышения аномалий в перечисленных регионах была выше 95 %, что

соответствует характеристике температурных условий как «экстремально тепло» (рисунок 2.2, внизу).

Таблица 2.2 – Регионально осредненные средние годовые (январь-декабрь) и сезонные аномалии температуры воздуха в 2020 г.: νT – отклонения от средних многолетних за 1961-1990 гг., °C; $P(t \leq T_{2020})$ – вероятность неперевышения (в скобках), рассчитанная по данным за период 1941-2020 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	1,92(100)	0,86	5,54(100)	2,44	3,84(100)	1,28	0,86(89)	0,65	-0,21(37)	1,16
Алматинская	1,19(84)	0,76	4,06(100)	2,33	3,14(99)	0,99	0,61(68)	0,63	-1,03(19)	1,06
Акмолинская	2,60(100)	1,07	6,56(100)	2,84	4,87(100)	1,85	0,57(77)	1,04	0,48(54)	1,51
Актюбинская	2,23(100)	0,94	6,33(100)	2,50	3,66(97)	1,90	1,20(84)	0,93	0,08(49)	1,40
Атырауская	2,28(100)	0,82	5,91(100)	2,40	2,49(94)	1,56	2,16(96)	0,85	0,94(72)	1,20
Восточно-Казахстанская	2,04(99)	1,08	5,69(100)	2,71	4,44(99)	1,52	0,56(70)	0,79	-0,06(44)	1,50
Жамбылская	0,96(76)	0,87	4,40(99)	2,87	2,88(99)	1,00	0,65(75)	0,81	-1,76(13)	1,18
Западно-Казахстанская	2,55(99)	1,06	7,35(100)	2,74	3,18(96)	2,01	1,83(87)	1,22	0,96(75)	1,27
Карагандинская	1,29(89)	0,88	5,04(99)	2,51	3,80(99)	1,32	0,44(68)	0,83	-0,94(25)	1,39
Костанайская	2,55(100)	1,06	6,48(100)	2,75	4,33(100)	1,91	0,95(80)	1,07	0,14(49)	1,50
Кызылординская	1,76(90)	0,91	5,65(97)	2,85	3,85(96)	1,28	1,33(84)	0,95	-0,55(29)	1,21
Мангистауская ¹	1,82(97)	0,75	4,17(100)	1,88	1,73(89)	1,35	2,13(91)	0,86	1,17(73)	1,16
Павлодарская	2,97(100)	1,16	6,51(97)	3,15	5,83(100)	1,73	0,89(87)	0,94	1,03(67)	1,62
Северо-Казахстанская	3,16(100)	1,16	6,78(100)	2,94	5,26(100)	1,87	0,87(82)	1,17	1,22(70)	1,53
Туркестанская	0,75(73)	0,79	3,38(92)	2,60	2,47(94)	0,86	0,64(72)	0,85	-1,48(13)	1,10

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

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

Год был рекордно теплым и для 6-ти областей Казахстана (таблица 2.2): Акмолинской (в среднем по территории аномалия +2,60 °C), Актюбинской (аномалия +2,23 °C), Атырауской (аномалия +2,28 °C), Костанайской (аномалия +2,55 °C), Павлодарской (аномалия +2,97 °C) и Северо-Казахстанской (аномалия +3,16 °C) областей. Для Восточно-Казахстанской, Западно-Казахстанской и Мангистауской областей 2020 год вошел в число 5 % экстремально теплых лет (со средними годовыми аномалиями +2,04, +2,55 °C и 1,82 °C соответственно с вероятностью их неперевышения 97–99 %). Средняя годовая

аномалия для территории Кызылординской области вошла в 10 % экстремально высоких аномалий, – +1,76 °С. На территории южных и центральных областей Казахстана средние по территории аномалии были около 1 °С.

Таблица 2.3 – Регионально осредненные средние месячные аномалии температуры воздуха в 2020 г.: νT – отклонения от средних за 1961–1990 гг., °С; $P(t \leq T_{2020})$ – вероятность непревышения (в скобках), рассчитанная по данным за период 1941–2020 гг. и выражена в %

Регион/ область	12 (2019)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Казахстан	3,34 (92)	5,50 (97)	7,76 (99)	5,03 (94)	3,34 (95)	3,14 (100)	0,36 (65)	1,16 (87)	1,08 (75)	-0,44 (28)	1,03 (58)	-1,22 (39)
Алматинская	2,10 (81)	3,16 (87)	6,92 (100)	3,49 (82)	3,49 (96)	2,48 (97)	0,42 (56)	0,36 (62)	1,09 (80)	-0,71 (18)	-0,45 (25)	-1,95 (28)
Акмолинская	3,71 (87)	7,15 (97)	8,76 (99)	5,08 (90)	4,80 (96)	4,73 (100)	-0,83 (29)	0,71 (77)	1,85 (81)	-0,58 (34)	1,96 (73)	0,04 (51)
Актюбинская	2,77 (84)	8,04 (99)	8,20 (96)	7,49 (97)	1,14 (67)	2,34 (90)	0,98 (68)	2,43 (94)	0,18 (49)	-0,28 (35)	2,43 (81)	-1,92 (32)
Атырауская	3,03 (92)	6,40 (99)	8,23 (99)	6,80 (100)	-0,50 (42)	1,17 (75)	3,47 (94)	3,37 (99)	-0,40 (34)	0,70 (63)	2,67 (85)	-0,57 (51)
Восточно- Казахстанская	4,48 (92)	5,08 (97)	7,46 (99)	3,46 (80)	5,97 (99)	3,88 (100)	0,03 (49)	0,39 (66)	1,28 (78)	-0,54 (24)	-0,05 (32)	0,40 (52)
Жамбылская	2,86 (81)	3,09 (76)	7,23 (99)	3,50 (82)	2,54 (94)	2,59 (95)	0,57 (63)	0,49 (65)	0,93 (75)	-0,80 (23)	-0,63 (24)	-3,90 (14)
Западно- Казахстанская	3,95 (90)	8,74 (99)	9,34 (97)	9,19 (100)	-0,53 (51)	0,85 (70)	1,79 (75)	3,96 (97)	-0,19 (44)	0,20 (52)	2,99 (87)	-0,31 (51)
Карагандинская	3,83 (92)	4,05 (94)	7,27 (99)	3,32 (82)	4,56 (97)	3,51 (99)	0,13 (54)	-0,04 (53)	1,22 (72)	-0,79 (28)	0,54 (48)	-2,57 (32)
Костанайская	2,90 (81)	7,97 (97)	8,58 (99)	6,39 (95)	3,08 (86)	3,57 (99)	-0,74 (34)	1,90 (87)	1,67 (78)	-0,47 (35)	2,12 (75)	-1,20 (39)
Кызылординская	5,00 (91)	5,40 (92)	8,36 (94)	6,08 (91)	2,16 (81)	3,30 (96)	1,52 (78)	1,64 (89)	0,86 (71)	-0,46 (30)	1,38 (66)	-2,62 (24)
Мангистауская ¹	2,80 (96)	4,50 (96)	5,20 (94)	5,60 (100)	-1,10 (29)	0,70 (67)	4,10 (96)	2,80 (96)	-0,40 (30)	1,30 (73)	3,20 (87)	-1,00 (43)
Павлодарская	4,50 (90)	6,36 (95)	8,68 (99)	5,64 (95)	6,26 (100)	5,58 (100)	-0,06 (54)	0,54 (75)	2,14 (92)	-0,16 (44)	1,92 (72)	1,32 (65)
Северо- Казахстанская	3,69 (85)	7,51 (97)	9,10 (100)	6,27 (97)	4,79 (96)	4,67 (100)	-1,54 (24)	1,31 (85)	2,84 (92)	-0,06 (49)	2,69 (84)	0,96 (63)
Туркестанская	2,61 (86)	2,02 (59)	5,51 (91)	3,63 (86)	1,51 (84)	2,28 (94)	0,80 (72)	0,73 (73)	0,39 (57)	-0,76 (20)	-0,21 (32)	-3,43 (16)

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

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

Экстремально высокие годовые температуры воздуха отмечены на 91 метеостанциях юго-западных, западных, северных и восточных регионах страны, где аномалия температуры воздуха доходила до 3,9 °С, из них рекордные аномалии температуры воздуха (от +2,1 до +3,9 °С) зарегистрированы на 59 метеостанциях северного региона, где 2020 г. стал самым теплым годом с 1941 г.

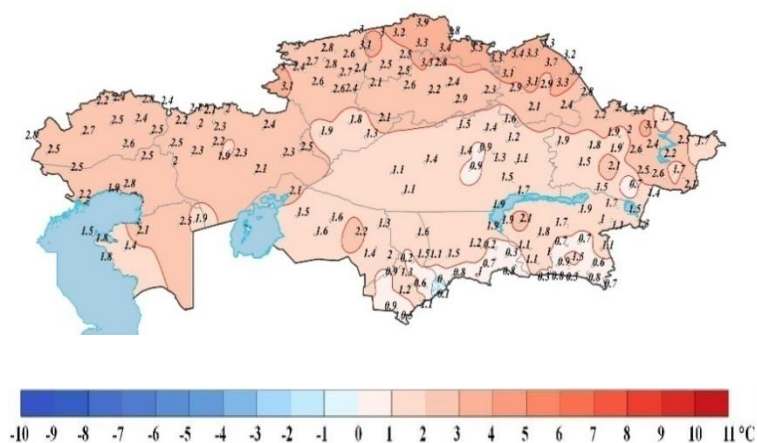
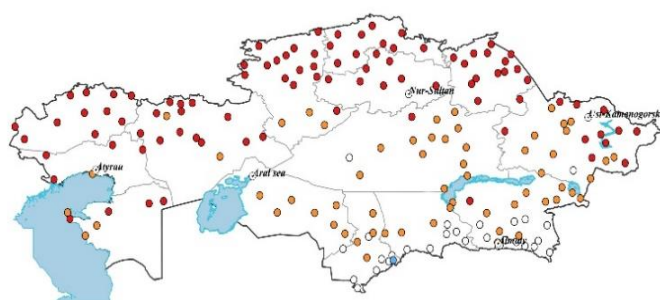


Рисунок 2.2 – Географическое распределение средних годовых аномалий температуры воздуха (вверху, °С) на территории Казахстана в 2020 г., рассчитанных относительно базового периода 1961–1990 гг., и вероятности их неперевышения (внизу), рассчитанные по данным периода 1961–2020 гг.



- (0-5 %) - экстремально холодно
- (5-25 %) - холодно
- (25-75 %) - около нормы
- (75-95 %) - тепло
- (95-100 %) - экстремально тепло

Территориальное распределение сезонных аномалий температуры воздуха в 2020 году по территории Казахстана представлено на рисунке 2.3.

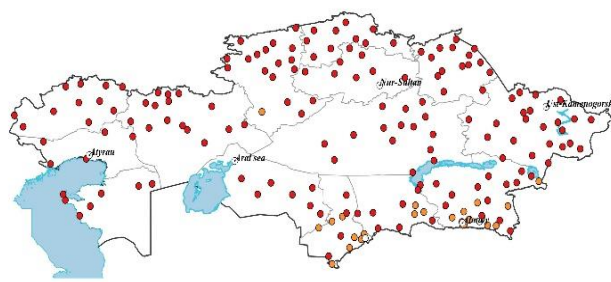
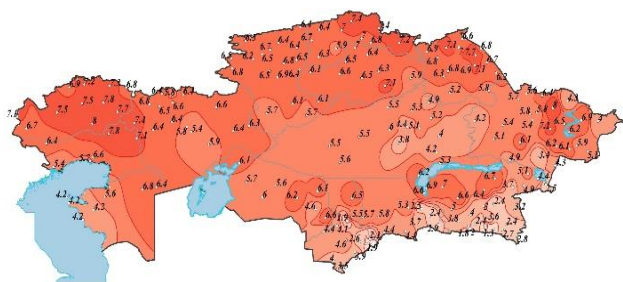
Зима 2019/2020 гг. была экстремально теплой практически на всей территории Казахстана. Аномалии, в основном, превышали 5,0-6,0 °С, а на западе, севере и востоке – 7,0 °С и даже 8,0 °С (рисунок 2.3). Практически на всех станциях Казахстана, за исключением нескольких станций в южном регионе страны, отмечались экстремально высокие температуры – выше 90-го перцентиля, в том числе на 90 метеостанциях такие высокие сезонные температуры отмечались впервые. Самые незначительные положительные аномалии составляли от 0,1 °С до 3,8 °С в некоторых районах на юге, юго-востоке и в центре Казахстана.

В среднем по территории Казахстана аномалия температуры зимнего сезона была рекордно высокой и составила 5,5 °С (таблица 2.2). Рекордными были также аномалии в среднем по территории 9 областей западных, северных и юго-восточных регионов Казахстана (от +4,06 °С для Алматинской области до +7,35 °С для Западно-Казахстанской области). Еще в 4-х областях аномалии вошли в 5 % экстремально высоких со значениями от +4,40 для Жамбылской области до +6,51 °С для Павлодарской области с вероятностью неперевышения 97-99 %. Аномалия температуры воздуха зимнего сезона в среднем по Туркестанской области составила +3,38 °С при вероятности ее неперевышения 92 %.

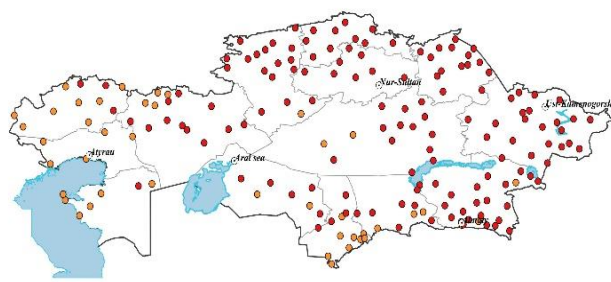
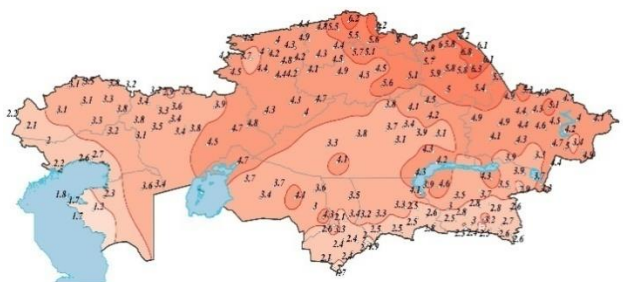
Декабрь 2019 г. в среднем по территории Казахстана аномалия температуры составила 3,34 °С (таблица 2.3). Значения осредненных по территории областей аномалий лежат в пределах 2,10-5,00 °С с вероятностью неперевышения 81-96 %. В **январе** средняя

по Казахстану аномалия температуры воздуха составила 5,50 °С (ранг 3, вероятность неперевышения 97 %).

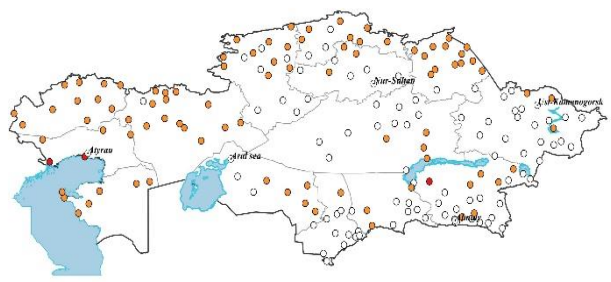
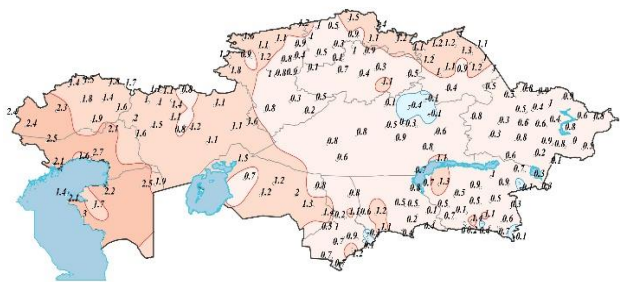
зима



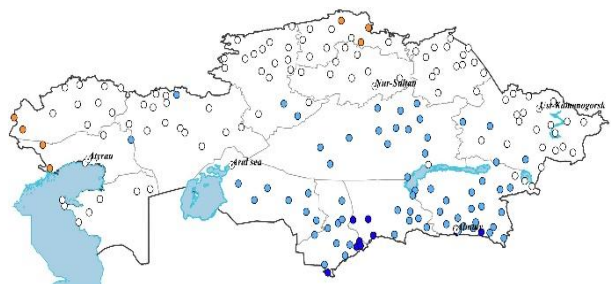
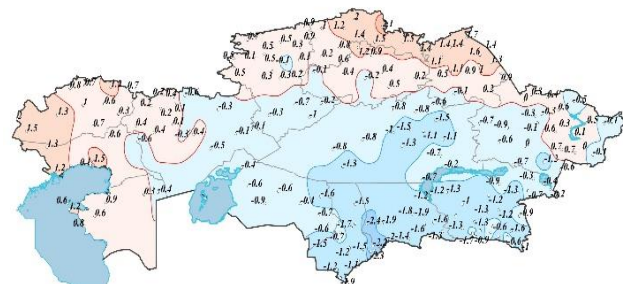
весна



лето



осень



- (0-5 %) - экстремально холодно
- (5-25 %) - холодно
- (25-75 %) - около нормы
- (75-95 %) - тепло
- (95-100 %) - экстремально тепло

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

Положительные аномалии температуры воздуха наблюдались на территории всех областей, за исключением 4-х южных областей и Карагандийской области, значения аномалий вошли в 5 % наиболее значительных и составляли от 4,50 до 8,74 °С, на 10 метеостанциях были обновлены максимумы средней месячной температуры воздуха. В **феврале** средняя по Казахстану аномалия температуры воздуха была еще более значительной и составила 7,76 °С (ранг 2, вероятность превышения 99 %). На территории 11-ти областей было экстремально тепло (вероятность превышения 97–99 %), рекордно тепло было в Северо-Казахстанской и Алматинской областях. Средние по территории областей аномалии составляют 5,20–9,34 °С. На 43 метеостанциях были установлены новые рекордные значения средней месячной температуры воздуха.

Весной, также как и в зимний период, аномалии температуры воздуха были положительными и, на большей части территории Казахстана, экстремально высокими, аномалии которых имели вероятность превышения более 95 % (рисунок 2.3). Самые незначительные аномалии температуры весеннего сезона 2020 года (в пределах 1,2–2,1 °С) охватывали некоторые районы на западе, юго-западе, юге и юго-востоке. Самые значительные аномалии (в пределах 5,1–6,8 °С) наблюдались в западных районах Северо-Казахстанской и Акмолинской областей, в Павлодарской области и местами в Восточно-Казахстанской области. На остальной территории Казахстана аномалии составили от 3,1 до 5,0 °С (рисунок 2.3).

Средняя по территории Казахстана аномалия температуры весеннего сезона была рекордно высокой и составила +3,84 °С (таблица 2.2). Значения аномалии температуры воздуха были также рекордными в Акмолинской (+4,87 °С), Костанайской (4,33 °С), Северо-Казахстанской (5,26 °С) и Павлодарской (5,83 °С) областях. В ряде областей средние по их территории аномалии температуры воздуха были экстремально высокими с вероятностью превышения более 95 % и составляли от 2,88 °С в Жамбылской области до 4,44 °С в Восточно-Казахстанской области. В Атырауской, Мангистауской и Туркестанской областях вероятность превышения аномалии составляла 89–94 %, значения аномалий лежали в пределах 1,73–2,49 °С.

На многих станциях Казахстана, за исключением станций западного региона и предгорных станций южного региона страны, отмечались экстремально высокие температуры – выше 90-го перцентиля, в том числе на 69 метеостанциях такие высокие сезонные температуры отмечались впервые.

В **марте** было тепло, средняя по Казахстану аномалия температуры составила 5,03 °С (ранг 6, вероятность превышения 94 %, таблица 2.3), рекордные значения аномалии наблюдались в западном регионе: в Западно-Казахстанской, Атырауской и Мангистауской областях, в северном регионе (Костанайская, Северо-Казахстанская и Павлодарская области) аномалии температуры воздуха были экстремально высокими с вероятностью превышения более 95 %. На более чем 20-ти метеостанциях были установлены рекордные значения средней месячной температуры воздуха. В **апреле** осредненная по территории Казахстана аномалия температуры 3,34 °С (ранг 5, вероятность превышения 95 %). Экстремально

тепло было на территории 6-ти областей с вероятностью непревышения аномалий 96-99 %, в Павлодарской области было рекордно тепло. На более чем 20-ти метеостанциях были установлены рекордные значения средней месячной температуры воздуха. В среднем по областям западного региона температуры были около или ниже климатической нормы, аномалии находились в диапазоне от 1,1 °C до минус 1,1 °C. В **мае** средняя по Казахстану рекордная аномалия температуры составила 3,14 °C (ранг 1). Осредненные по территории областей аномалии были положительными. В Северо-Казахстанской, Акмолинской, Павлодарской и Восточно-Казахстанской областях аномалии были максимально высокими и составили от 3,88 °C (Восточно-Казахстанская область) до 5,58 °C (Павлодарская область). Экстремально тепло было в ряде областей страны, средние по их территории аномалии температуры воздуха составляли от 2,48 °C в Алматинской области до 3,57 °C в Костанайской области с вероятностью непревышения 95-99 %. Температуры рекордно выше климатической нормы наблюдались на более чем 60-ти метеостанциях, расположенных на северо-востоке и востоке страны.

Летом, за редким исключением, температуры воздуха были выше нормы, но лишь в западной половине территории Казахстана аномалии превышали 1-2 °C (рисунок 2.3). Значение средней по стране аномалии температуры воздуха летнего сезона было положительным и составило 0,86 °C (вероятность непревышения 89 %, таблица 2.2). Средняя по Атырауской области аномалия температуры была экстремально высокой: +2,16 °C с вероятностью непревышения 96 %. Также значительной была аномалия в Мангистауской области: +2,13 °C с вероятностью непревышения 91 %. Средние по территории остальных областей значения аномалии температуры составили от 0,44 °C для Карагандинской области до 1,20 °C для Актыубинской области.

В **июне** средняя по Казахстану аномалия температуры составляла 0,36 °C (таблица 2.3). Температура воздуха была около климатической нормы практически на всей территории Казахстана, только в Мангистауской области наблюдалась экстремально высокая аномалия (+4,10 °C с вероятностью непревышения 96 %). Температуры ниже климатической нормы наблюдались в Северо-Казахстанской области, Костанайской, Павлодарской и Акмолинской областях: от минус 0,06 в Павлодарской области до минус 1,54 °C в Северо-Казахстанской области). В **июле** средняя по республике аномалия температуры составила 1,16 °C с вероятностью непревышения 87 %. Месяц был экстремально теплым в западной и юго-западной части страны (аномалии в диапазоне 2,80-3,96 °C). На остальной территории температуры воздуха были около климатической нормы. В **августе** осредненная по территории Казахстана аномалия температуры 1,08 °C с вероятностью непревышения 75 %. Температуры превышающие климатические нормы более чем на 2 °C, наблюдались в Северо-Казахстанской (2,84 °C) и Павлодарской (2,14 °C) областях. Температуры ниже климатической нормы на 0,19-0,40 °C наблюдались в областях западного региона.

Осенью температура воздуха выше нормы более чем на 1 °C была в крайних районах запада, севера и северо-востока Казахстана, максимальные значения аномалии составляли 1,2-2,1 °C (рисунок 2.3). Отрицательные аномалии температуры воздуха более чем на 1 °C

зафиксированы в южной половине Карагандинской области, на территории Туркестанской, Жамбылской и Алматинской областей, минимальные отрицательные аномалии составили 1,7-2,4 °С, что соответствует экстремально холодной погоде с вероятностью не превышения 0-3 % (рисунок 2.3).

В среднем по Казахстану температура воздуха была несколько ниже нормы – на 0,21 °С при вероятности не превышения 37 % (таблица 2.2). В разрезе областей аномалии были как положительные, так и отрицательные, не превышали значение стандартного отклонения за исключением Алматинской области (аномалия минус 1,03 °С с вероятностью не превышения 19 %) и Жамбылской области (аномалия минус 1,76 °С с вероятностью не превышения 13 %).

В **сентябре** средняя по Казахстану аномалия температуры составила минус 0,44 °С (таблица 2.3), температуры ниже климатической нормы на 0,2-1,5 °С наблюдались на территории 11-ти областей. Положительные аномалии в диапазоне 0,20-1,30 °С наблюдались в областях западного региона. В **октябре** осредненная по республике аномалия температуры составляла 1,03 °С при вероятности не превышения 58 %. В большинстве областей зафиксированы положительные аномалии в пределах от 0,54 °С (Карагандинская область) до 3,2 °С (Мангистауская область), только на юге и юго-востоке наблюдались отрицательные аномалии от минус 0,05 °С (Восточно-Казахстанская область) до минус 0,63 °С (Жамбылская область). В **ноябре** средняя по стране аномалия температуры составила минус 1,22 °С. Практически на всей территории отмечались отрицательные аномалии. Самые значительные отрицательные аномалии наблюдались в Жамбылской, Туркестанской и Кызылординской областях: 2,62-3,90 °С с вероятностью не превышения 14-24 %.

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 представлен анализ некоторых индексов, подчёркивающих наиболее важные черты температурного режима в 2020 г.

Суточный максимум температуры воздуха в 2020 г. (индекс TXx). На рисунке 2.4 синим цветом показаны значения абсолютных максимумов, зарегистрированных с момента открытия станции по 2020 г. Красным цветом выделены значения суточных максимумов температуры воздуха, перекрывшие в 2020 г. предыдущий абсолютный максимум. В 2020 г. значения абсолютных максимумов были превышены на двух станциях Казахстана: МС Пешной на +0,2 °С (42,4 °С) и МС Аксай на +0,0 °С (42,3 °С).

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 °С

(МС Туркестан, Шаян, Арыс, Тасты), а также в июле 1995 г., когда на МС Кызылкум температура воздуха поднималась до +51 °С.

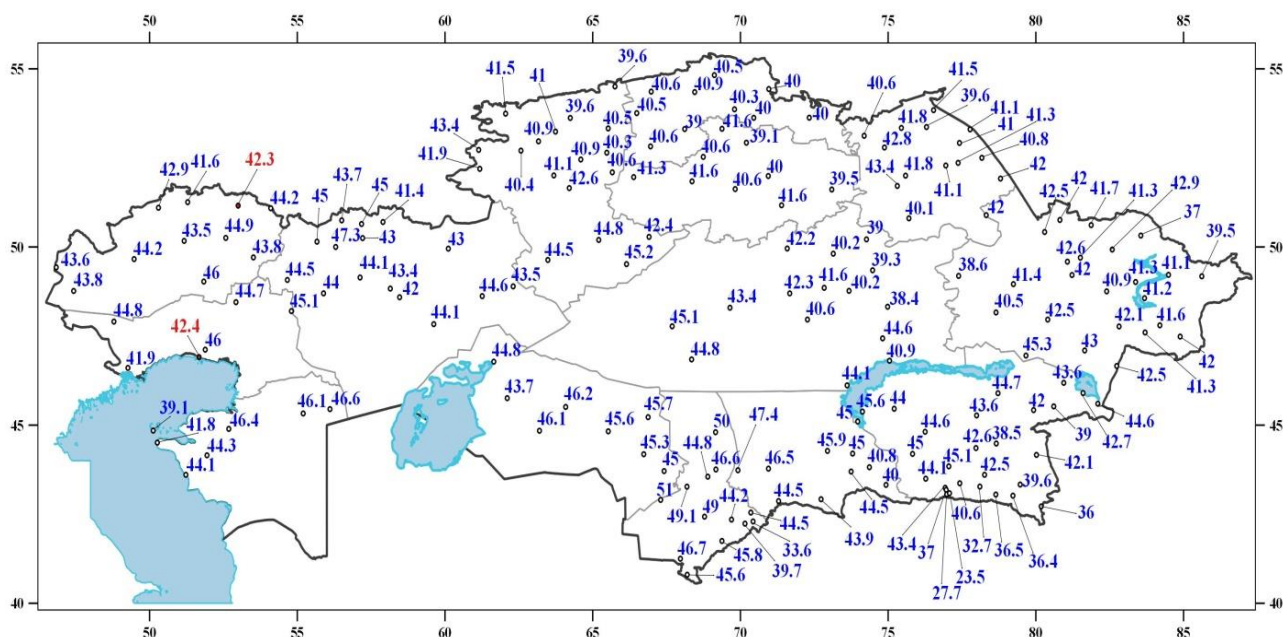


Рисунок 2.4 – Значения абсолютных максимумов температуры воздуха (°С), зарегистрированные с начала открытия метеостанции по 2020 г. Если рекордное значение максимальной суточной температуры воздуха зафиксировано в 2020 г., это значение нанесено красным цветом

Суточный минимум температуры воздуха в 2020 г. (индекс TNn). На рисунке 2.5 представлены абсолютные минимумы температуры воздуха (индекс TNn), зафиксированные с момента открытия метеостанции. В Казахстане абсолютные минимумы температуры ниже минус 50 °С зафиксированы 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 30 °С наблюдались в основном, в северных и восточных регионах Казахстана. В 2020 г., как и в 2019 г., рекорды суточных минимальных температур не были обновлены.

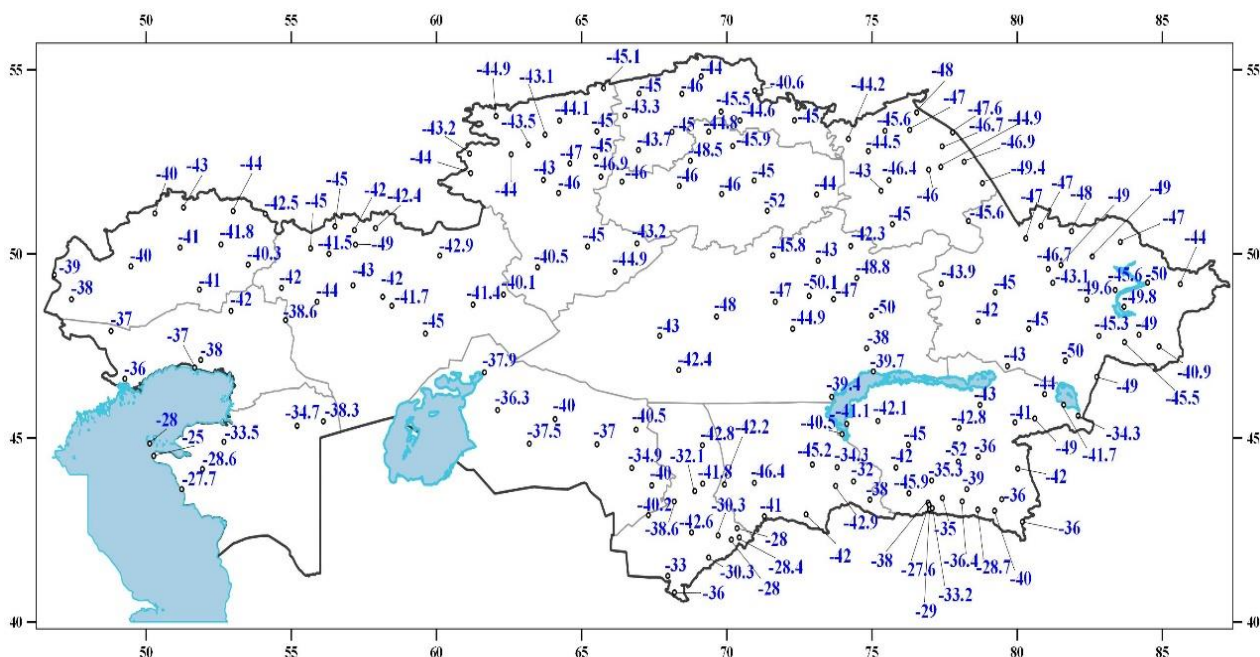


Рисунок 2.5— Значения абсолютных минимумов температуры воздуха (°C), зарегистрированные с начала открытия метеостанции по 2020 г. Если рекордное значение минимальной суточной температуры воздуха зафиксировано в 2020 г., это значение нанесено красным цветом

В период с января по май 2020 г. во многих регионах Казахстана был очень высокий *процент дней, когда максимальная температура превышала значения 90-го перцентиля (или доли теплых дней, индекс ТХ90р)*. Например, в марте, по данным большинства МС Западно-Казахстанской области, в течение всего месяца суточная максимальная температура воздуха здесь держалась выше 90-го перцентиля (рисунок 2.6). Минимальная доля теплых дней (6-20 %) зафиксирована в центральном Казахстане в предгорных и горных юго-восточных районах.

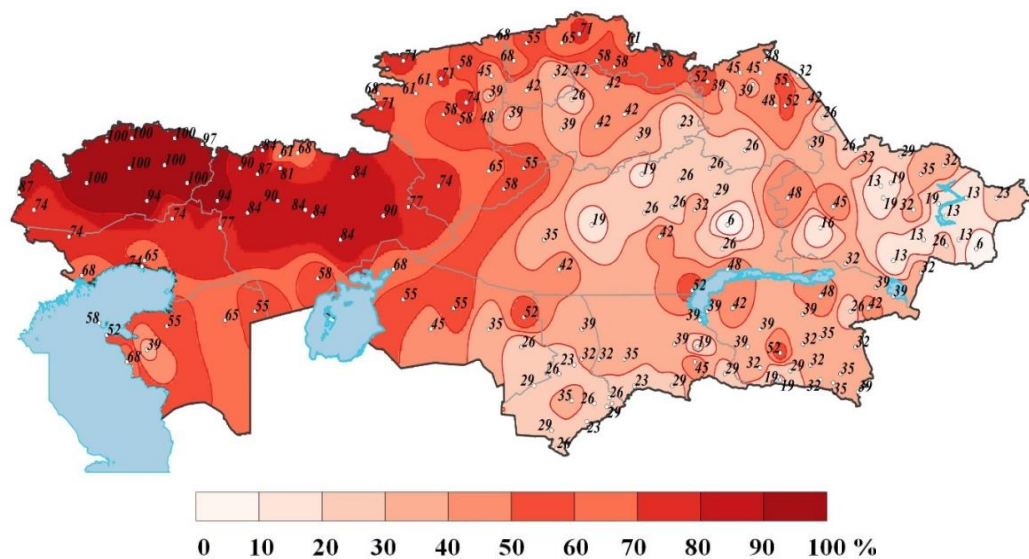


Рисунок 2.6 – Процент дней, когда максимальная температура была выше 90-го перцентиля в марте 2020 г. (индекс ТХ90р)

По рекомендации ВОЗ введен индекс, характеризующий *количество дней, когда суточный минимум температуры не опускается ниже 20 °C* (индекс TR, «тропическая ночь»), так как при таких ночных температурах организм человека не отдыхает от дневной жары. Среди летних месяцев самое большое количество таких ночей зафиксировано в июле на юго-западе и юге Казахстана (рисунок 2.7): в Мангистауской области – до 30; в Кызылординской – до 23; в Туркестанской – до 25. Минимальное количество тропических ночей, или их отсутствие, наблюдалось в северных, центральных, восточных и горных регионах Казахстана.

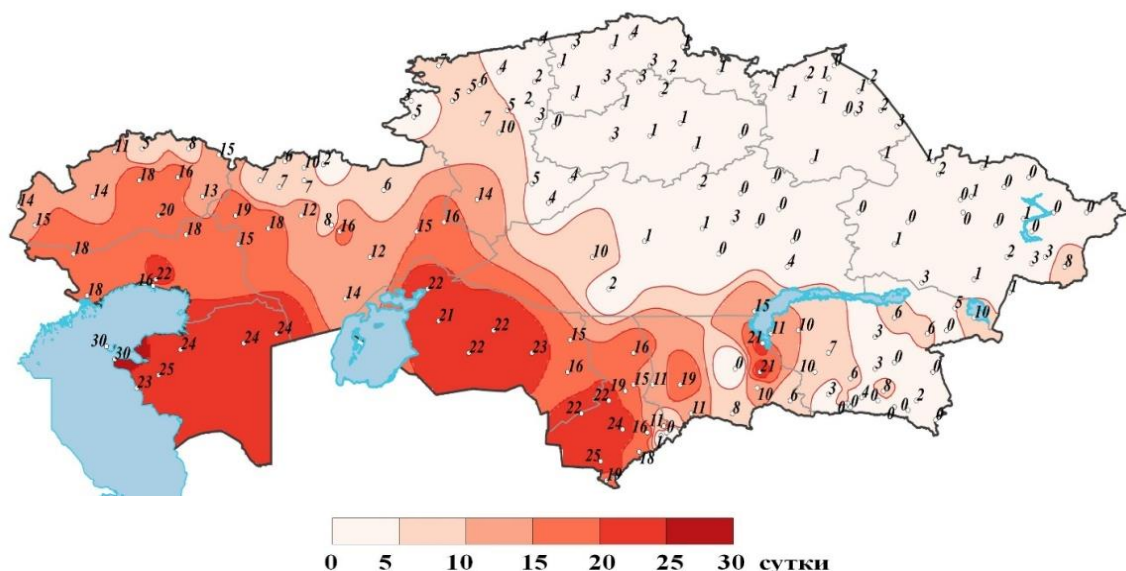


Рисунок 2.7 – Количество суток, когда суточный минимум температуры выше 20 °C в июле 2020 г. (индекс TR)

В ноябре и декабре в западных и южных регионах отмечались очень низкие для данных регионов как дневные, так и ночные температуры. В декабре в этих регионах *доля холодных ночей* (индекс TN10p), когда минимальная суточная температура опускалась ниже 10-го перцентиля, превышала 30 %, а местами даже 50 % (рисунок 2.8). Максимальное количество таких ночей зафиксировано на станции Пешной (55 %, Атырауская область).

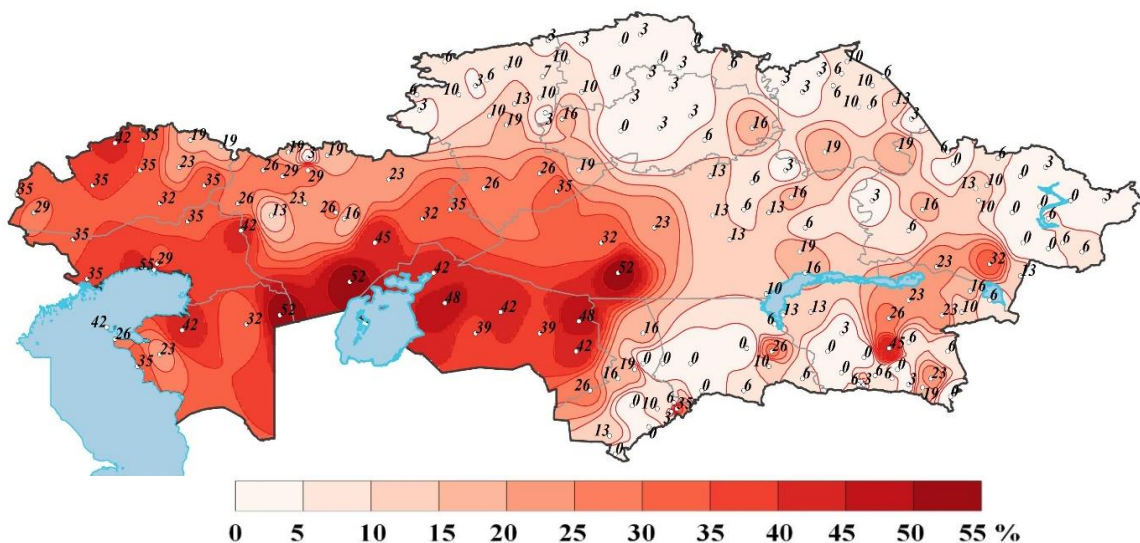


Рисунок 2.8 – Доля холодных ночей в декабре 2020 г. (индекс TN10p).
Перцентиля рассчитаны за период 1961–1990 гг.

На рисунке 2.9 представлено *количество суток за теплый период 2020 года, которые относятся к волнам жары при условии, что средняя суточная температура воздуха выше 90-го перцентиля (индекс HWF-EHF)*. Данный индекс позволяет оценить интенсивность волны жары (избыток тепла) с учетом всего суточного цикла нагрева приземного воздуха. В 2020 г. на всей территории Казахстана (за исключением горной метеорологической станции Ассы) были отмечены случаи волн жары. Во многих регионах западной половины территории Казахстана максимальная общая продолжительность волн жары превышала 20 дней. Наибольшее количество таких дней прослеживалось на территории Актюбинской (31–37 дней), Кызылординской (22–36 дней), Мангистауской (23–37 дней), Костанайской (20–37 дней) областей. Максимальное количество дней (38 дней), составивших волны жары, наблюдалось на МС Петропавловск (Северо-Казахстанская область). В восточной части страны количество таких суток, в основном, составляло 10–20 дней.

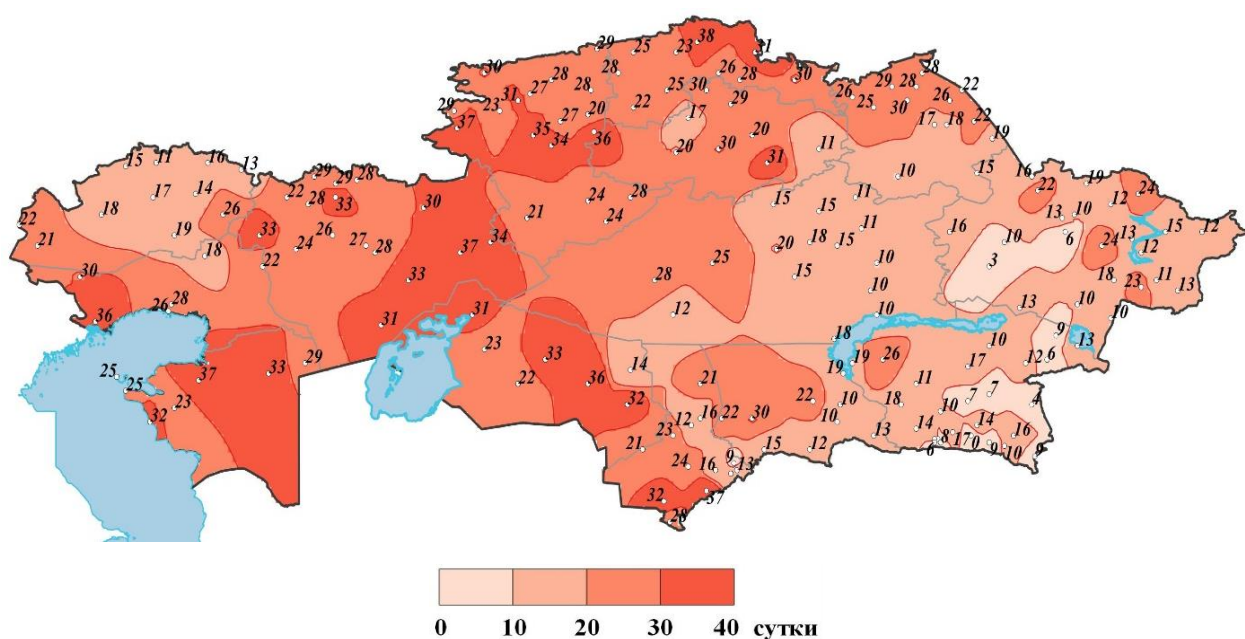


Рисунок 2.9 – Общая продолжительность волн жары в теплый период 2020 г. (индекс HWF-EHF)

Общая за весь 2020 г. продолжительность волн тепла (*сумма дней, когда суточная максимальная температура воздуха была выше 90-го перцентиля как минимум 6 последовательных дней, индекс WSDI*) была максимальной в западной части территории страны и составляла более 80 суток в году (рисунок 2.10). Максимальное значение индекса WSDI отмечалось на МС Каратобе (Западно-Казахстанская область). В восточной части страны сумма таких дней была значительно меньше. На 11-ти МС, большей частью в предгорных и горных районах, волны тепла не зафиксированы.

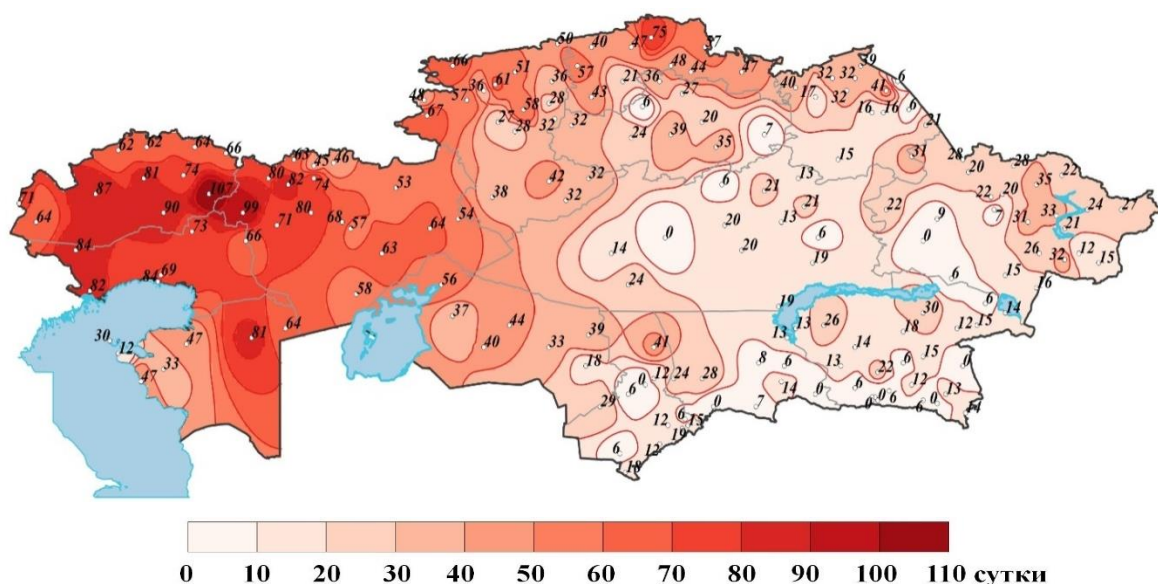


Рисунок 2.10 – Общая продолжительность волн тепла в 2020 г. (индекс WSDI)

В 2020 г. на большей части территории Казахстана количество жарких дней, *когда максимальная суточная температура была равна или выше 30 °С (индекс TXge30)*, составляло более 50 (рисунок 2.11). Больше всего таких дней (более 100) наблюдалось на западе Мангистауской и Кызылординской областей, на равнинной территории Туркестанской и Южно-Казахстанской областей. Менее 20, и даже 10 таких дней, насчитывалось в предгорных и горных районах юга, юго-востока и в отдельных северных и центральных районах республики. В горных районах на высотах более 2000 м н.у.м. максимальная суточная температура не достигала 30 °С (Алматинская область: МС Улькен Алматы - 2516 м н.у.м., МС Мынжилки - 3017 м н.у.м.; Туркестанская область: Шуылдак - 1947 м н.у.м.).

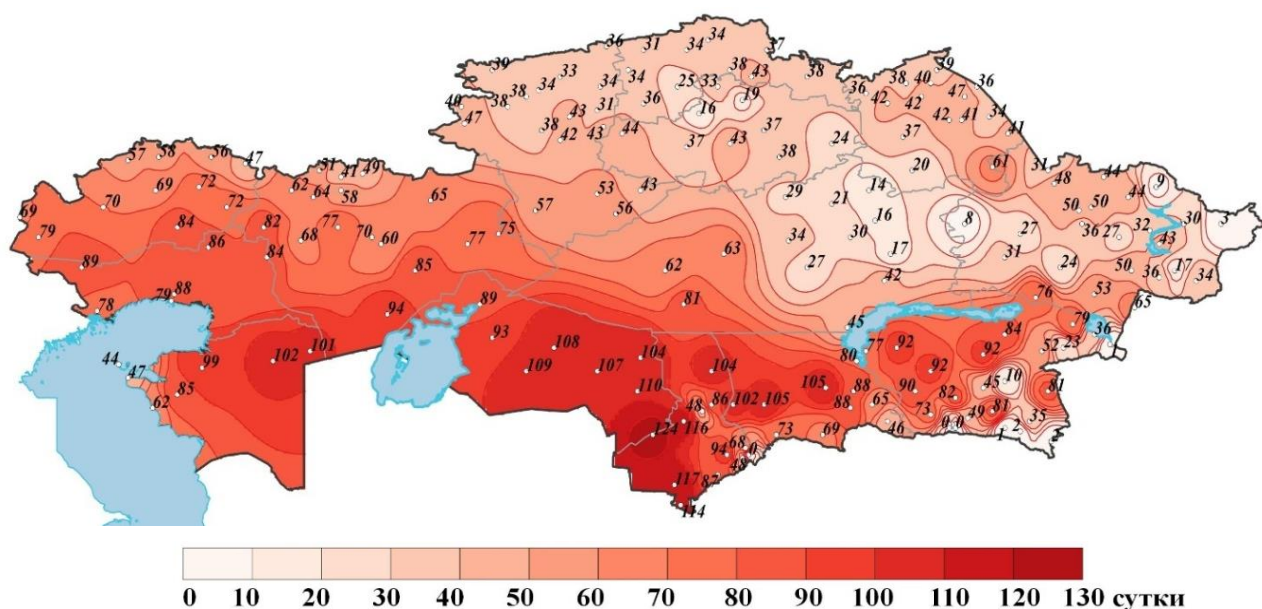


Рисунок 2.11 – Количество суток, когда максимальная суточная температура равна или выше 30 °С (индекс TXge30)

В 2020 г. на большей части территории страны более чем в 50 % случаев *суточная максимальная температура превышала значение 50-го перцентиля (индекс TXgt50p*, рисунок 2.12). В некоторых западных, северных, а также восточных районах доля таких дней была около 70 %. Максимальная доля таких дней отмечалась на МС Новый Уштаган (72 %, Атырауская область), минимальная – на МС Казыгурт (43 %, Туркестанская область).

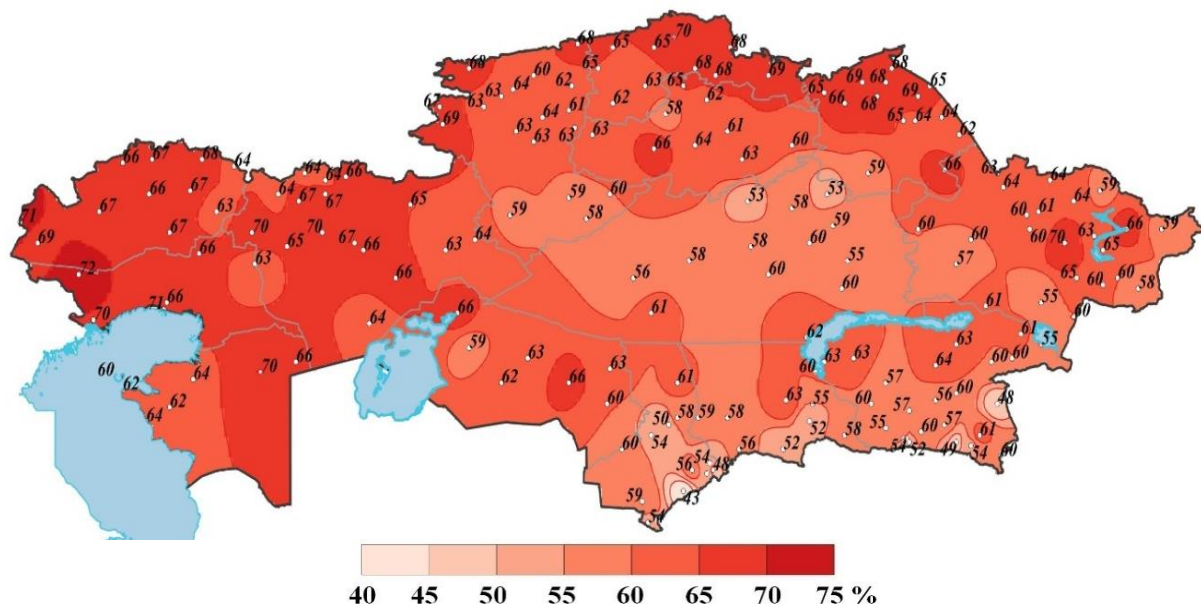


Рисунок 2.12 – Доля суток с суточной максимальной температурой выше 50-го перцентиля в 2020 г (в %, индекс TXgt50p). Перцентиля рассчитаны за период 1961–1990 гг.

2.2 Наблюдаемые на территории Казахстана изменения температуры воздуха

На рисунках 2.13–2.14 представлены временные ряды осредненных по территории Казахстана и административных областей средних годовых и сезонных аномалий температуры приземного воздуха за период 1941–2020 гг., а также линейные тенденции изменения температуры воздуха за период 1976–2020 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 – 2020 гг.: коэффициент линейного тренда, характеризующий среднюю скорость изменения аномалии температуры воздуха; и коэффициент детерминации, показывающий вклад тренда в общую дисперсию временного ряда.

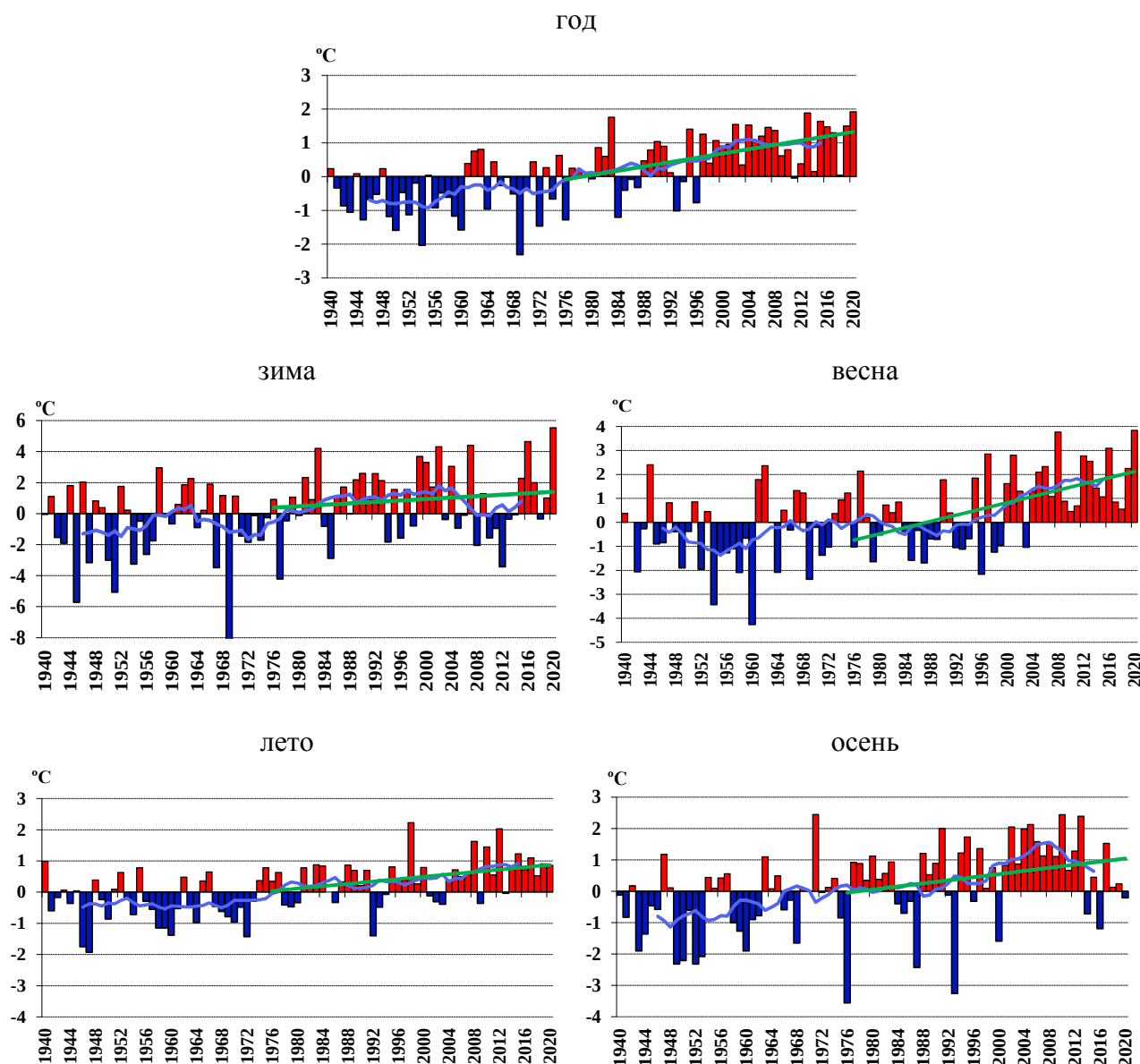


Рисунок 2.13 – Временные ряды аномалий годовой и сезонных температур воздуха (°C), осредненных по территории Казахстана за период 1941–2020 гг. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961–1990 гг. Линейный тренд за период 1976–2020 гг. выделен зеленым цветом. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением

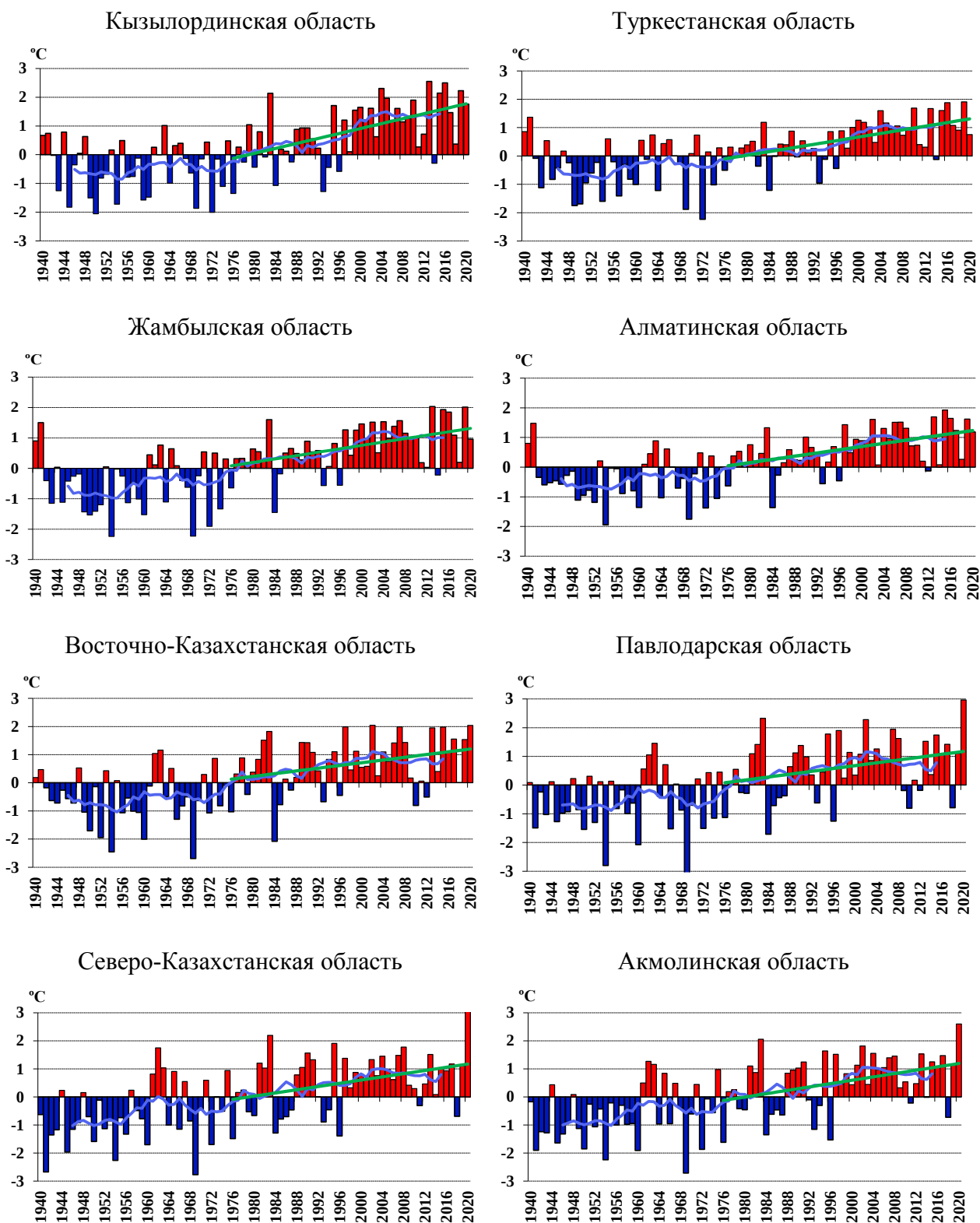


Рисунок 2.14 – Временные ряды аномалий годовых температур воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненных по областям Казахстана за период 1941–2020 гг. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961–1990 гг. Линейный тренд за период 1976–2020 гг. выделен зеленым цветом. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Лист 1

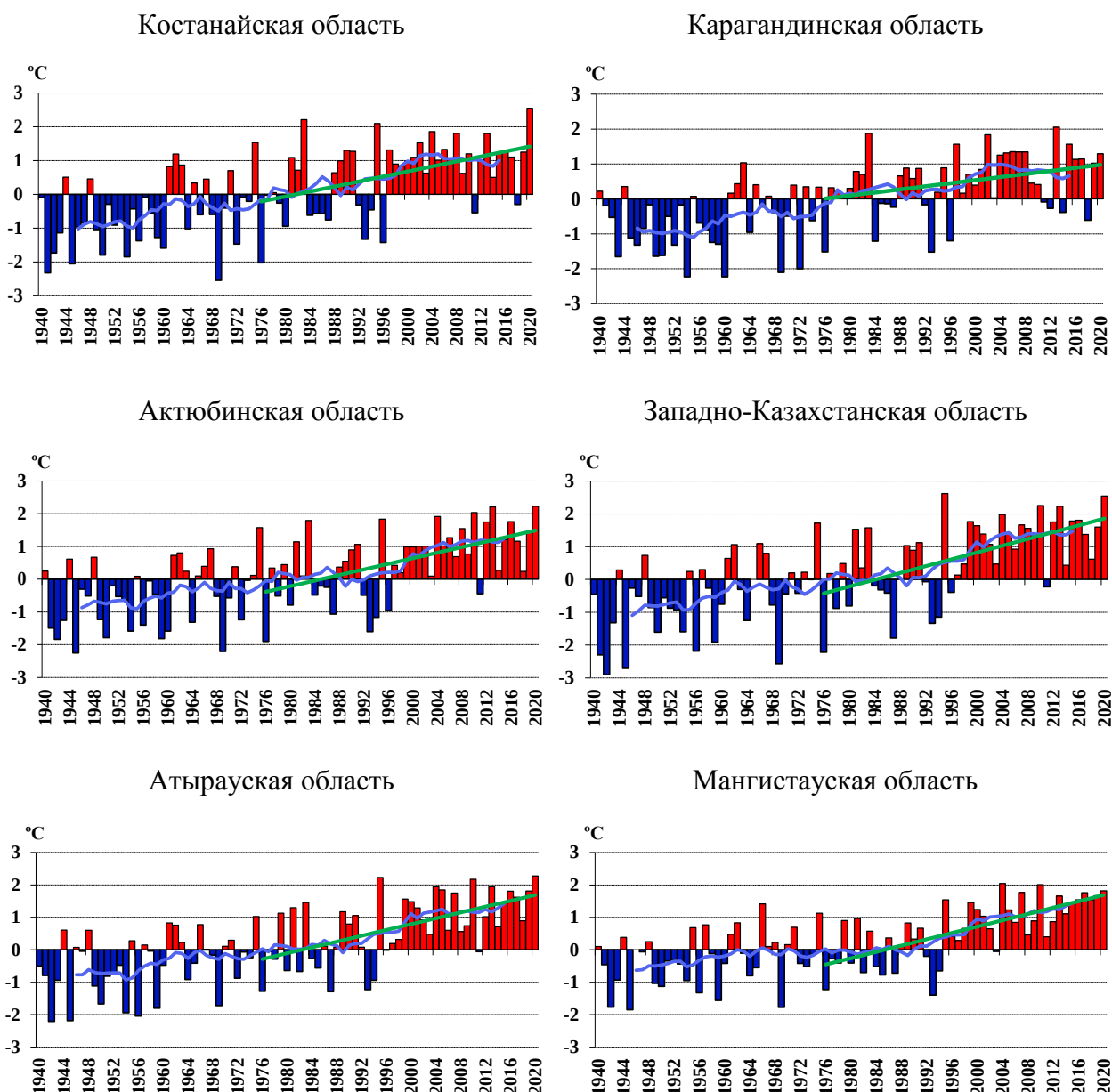


Рисунок 2.14 – Временные ряды аномалий годовых температур воздуха (°C), осредненных по областям Казахстана за период 1941–2020 гг. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961–1990 гг. Линейный тренд за период 1976–2020 гг. выделен зеленым цветом. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднение. Лист 2

На территории всех областей Казахстана в период 1976–2020 гг. наблюдается устойчивое повышение средней годовой температуры воздуха (таблица 2.4). В среднем по территории Казахстана за период 1976–2020 гг. повышение среднегодовой температуры воздуха составляет 0,32 °C каждые 10 лет. Коэффициенты линейного тренда за 1976–2020 гг. находятся в диапазоне от 0,22 °C/10 лет (Карагандинская область) до 0,52 °C/10 лет (Западно-Казахстанская область) при коэффициенте детерминации 11-34 %. Во все сезоны, кроме зимнего, повышение температуры статистически значимое (таблица 2.4).

Более детальное географическое распределение оценок тренда средней годовой, сезонной и месячной температуры воздуха (в °C/10 лет) за период 1976–2020 гг. на территории Казахстана представлено на рисунках 2.15–2.16.

Таблица 2.4 – Характеристики линейного тренда аномалий температуры приземного воздуха, осреднённых по территории Казахстана и его областей за период 1976–2020 гг.

Регион/область	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	a*	**R ²	a	R ²	a	R ²	a	R ²	a	R ²
Казахстан	0,32	26	0,23	2	0,65	29	0,19	13	0,25	6
Алматинская	0,27	25	0,19	2	0,63	31	0,20	18	0,13	2
Акмолинская	0,30	16	0,19	1	0,69	22	0,01	0	0,32	6
Актюбинская	0,43	29	0,37	3	0,65	18	0,31	11	0,39	10
Атырауская	0,45	34	0,48	7	0,51	20	0,46	33	0,37	12
Восточно-Казахстанская	0,24	11	0,06	0	0,68	26	0,15	8	0,13	1
Жамбылская	0,28	23	0,25	2	0,63	30	0,19	14	0,11	1
Западно-Казахстанская	0,52	34	0,53	6	0,60	19	0,53	24	0,45	15
Карагандинская	0,22	11	0,12	0	0,70	26	0,02	0	0,09	1
Костанайская	0,37	22	0,24	1	0,64	18	0,14	2	0,45	11
Кызылординская	0,43	30	0,40	3	0,86	34	0,28	20	0,24	5
Мангистауская	0,49	50	0,45	12	0,41	19	0,63	48	0,49	22
Павлодарская	0,25	10	0,03	0	0,72	26	0,04	0	0,24	3
Северо-Казахстанская	0,29	14	0,15	0	0,57	17	0,01	0	0,42	9
Туркестанская	0,32	34	0,34	5	0,57	30	0,22	15	0,17	4

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

** R² – коэффициент детерминации, %

*** «жирным» шрифтом выделены статистически значимые тенденции

Тренды средней годовой температуры по всей территории Казахстана были положительные и статистически значимые. Более быстрыми темпами теплеет в западных и юго-западных регионах Казахстана (от 0,28 °C/10 лет до 0,52 °C/10 лет), более медленными темпами – в центральных, северных и северо-восточных регионах (от 0,22 °C/10 лет до 0,37 °C/10 лет), а также в горных районах юга-востока (от 0,24 °C/10 лет до 0,27 °C/10 лет).

В среднем по территории Казахстана тенденция к потеплению **зимнего** сезона составляет 0,23 °C/10 лет (таблица 2.4). Тренды **зимних** температур были положительными во всех областях, но в основном, статистически незначимы. Наиболее заметное потепление (где коэффициент детерминации составлял 5-12 %) отмечено в Западно-Казахстанской, Атырауской, Мангистауской и Туркестанской областях – на 0,34–0,53 °C/10 лет (рисунок 2.15).

В **январе** на обширных территориях северо-, северо-восточной части республики отрицательная тенденция изменения температуры воздуха составила от минус 0,08 до минус 0,48 °C/10 лет (рисунок 2.16). Статистически значимая положительная тенденция температуры воздуха в январе наблюдалась лишь на МС Казыгурт – 0,72 °C/10 лет.

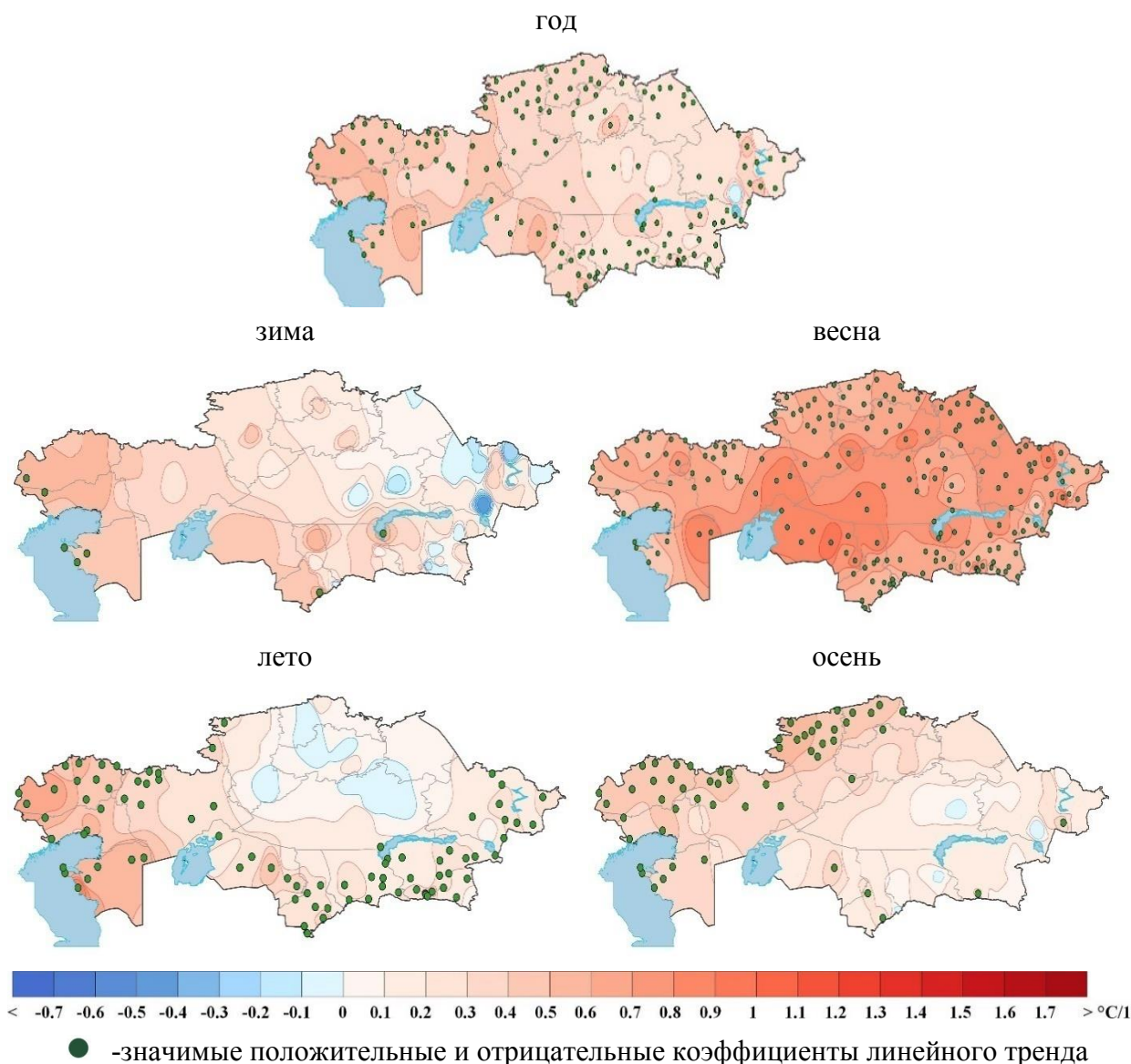


Рисунок 2.15 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда средней годовой и сезонной температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}/10$ лет), рассчитанного по данным наблюдений за период 1976–2020 гг.

В **феврале** на территории всего Казахстана прослеживается тенденция повышения температуры воздуха: на $0,01\text{--}1,17^{\circ}\text{C}/10$ лет. Статистически значимые темпы роста температуры воздуха в феврале отмечались на 12 станциях западных и южных районах республики. В **декабре** понижение температуры воздуха в диапазоне от минус $0,01$ до минус $0,59^{\circ}\text{C}/10$ лет наблюдалось в северо-восточных и южных районах республики. Статистически значимые отрицательные тенденции в декабре отмечены лишь на МС Шуылдак Туркестанской области ($-0,59^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Приведенные в таблице 2.4 оценки указывают, что во всех областях Казахстана наиболее интенсивная тенденция к потеплению наблюдается в **весенний** сезон. Диапазон изменений составляет от $0,51^{\circ}\text{C}/10$ лет (Атырауская область) до $0,70^{\circ}\text{C}/10$ лет (Карагандинская область). В среднем по Казахстану температура в весенний сезон повышаются на $0,65^{\circ}\text{C}/10$ лет (коэффициент детерминации 29 %).

Наибольшая скорость увеличения температуры воздуха отмечена в **марте** (на 0,74-1,83 °C/10 лет). В **апреле** статистически достоверные темпы роста в диапазоне от 0,33 до 1,03 °C/10 лет прослеживаются к востоку от 70° в. д, в мае – от 0,13 до 0,72 °C/10 лет к югу от 50° с. ш. (рисунок 2.16).

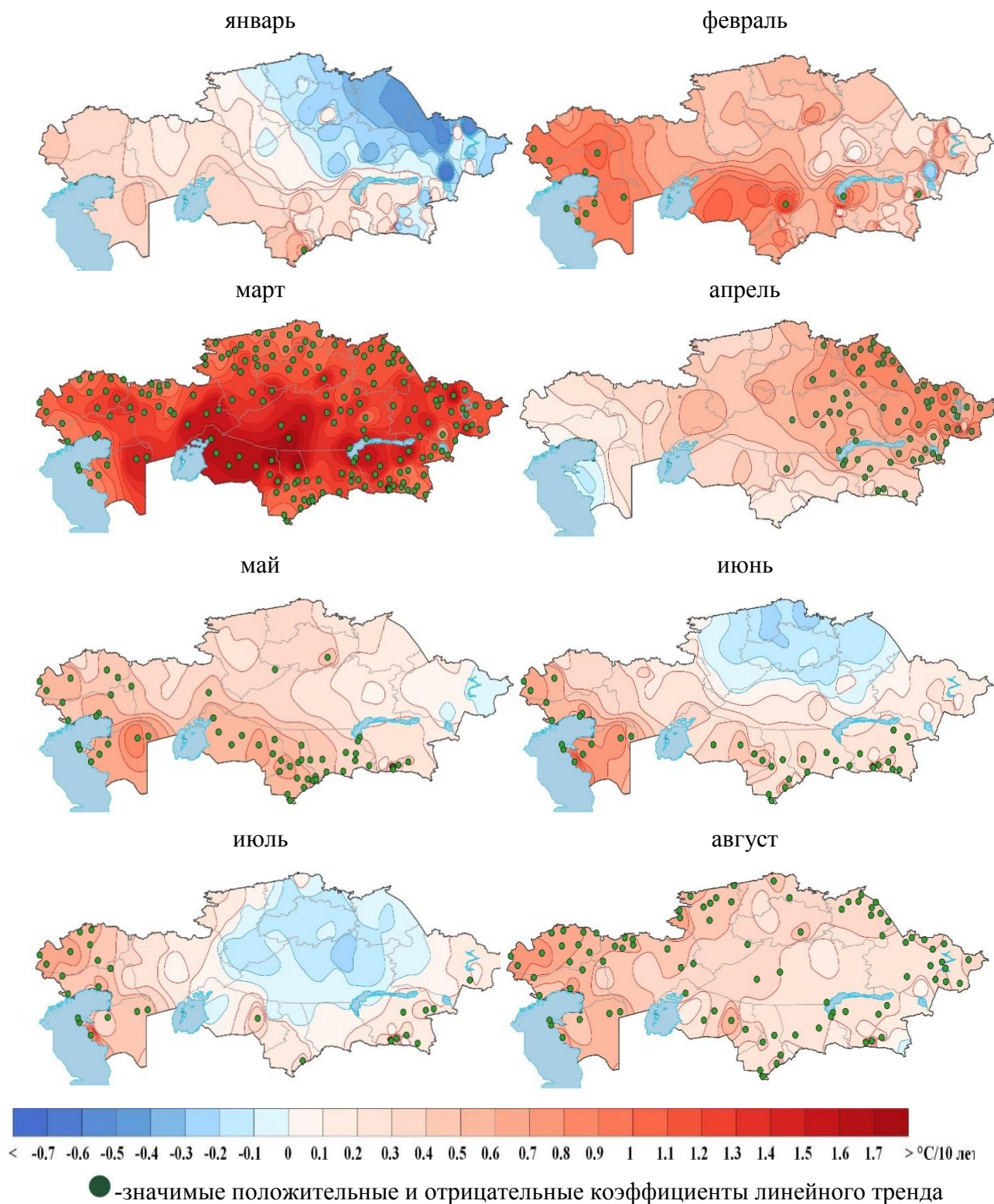


Рисунок 2.16 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда средней месячной температуры приземного воздуха (°C/10 лет), рассчитанного по данным наблюдений за период 1976–2020 гг. *Лист 1*

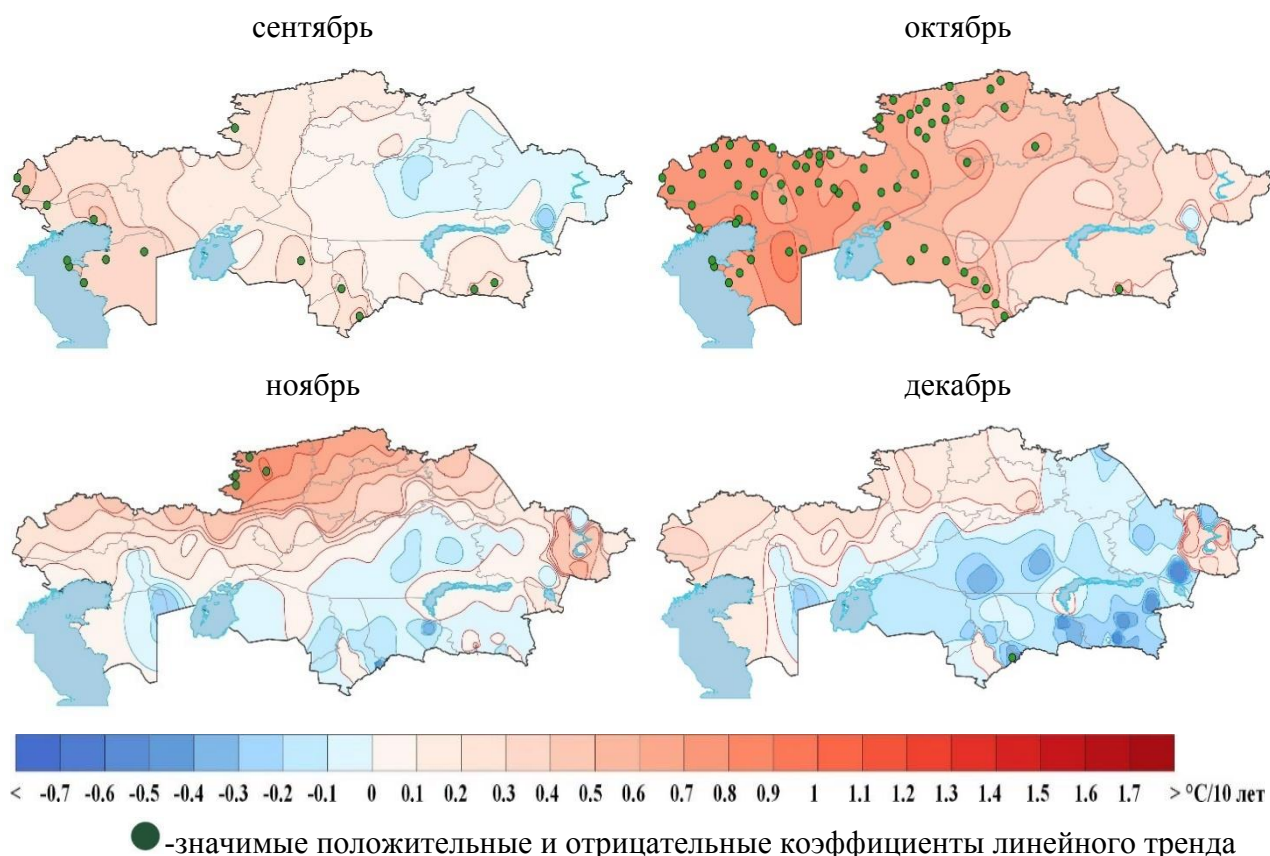


Рисунок 2.16 –Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда средней месячной температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}/10$ лет), рассчитанного по данным наблюдений за период 1976–2020 гг. *Лист 2*

Летом в среднем по Казахстану температура повышается на $0,19^{\circ}\text{C}/10$ лет (коэффициент детерминации 13 %, таблица 2.4). Наиболее значительные темпы повышения температуры отмечается в западных областях – на $0,31\text{--}0,63^{\circ}\text{C}/10$ лет. Менее интенсивное потепление наблюдается в южных и юго-восточных областях Казахстана, температуры летнего сезона имеют тенденцию повышаться на $0,15\text{--}0,20^{\circ}\text{C}/10$ лет. В северных и центральных регионах тенденции практически отсутствуют. В **июне и июле** тенденция к незначительному похолоданию наблюдается в северных и центральных районах (на $0,01\text{--}0,30^{\circ}\text{C}/10$ лет, рисунок 2.16). В **августе** в большинстве регионов Казахстана отмечается статистически значимые положительные тенденции температуры воздуха в диапазоне от $0,38$ до $0,79^{\circ}\text{C}/10$ лет.

Осенью тенденция к потеплению отмечается на территории всех областей. Наиболее значимое повышение температуры (когда коэффициент детерминации выше 5 %) наблюдается в западных областях – на $0,37\text{--}0,45^{\circ}\text{C}/10$ лет, в Костанайской, Северо-Казахстанской и Акмолинской – на $0,32\text{--}0,45^{\circ}\text{C}/10$ лет, в Кызылординской – на $0,24^{\circ}\text{C}/10$ лет. В среднем по Казахстану тренд осенних температур составляет $0,25^{\circ}\text{C}/10$ лет (коэффициент детерминации 6 %).

В **сентябре** в некоторых южных и западных регионах страны наблюдались статистически значимые темпы роста приземной температуры воздуха – на 0,34-0,49 °C/10 лет. В **октябре** статистически значимые положительные тенденции температуры воздуха в интервале от 0,50 до 0,87 °C/10 лет прослеживаются к западу от 75° в. д. В **ноябре** положительные тенденции наблюдались лишь на метеостанциях Костанайской области: МС Житикара (0,50 °C/10 лет) и МС Рудный (0,90 °C/10 лет).

2.3 Тенденции в экстремумах температуры приземного воздуха

Помимо повышения средних месячных температур воздуха в теплый период года наблюдается увеличение повторяемости жарких дней. Например, в южных и западных регионах Казахстана прослеживается статистически значимая положительная тенденция увеличения количества суток, когда температура воздуха была выше 25 °C (летний день, индекс SU25, рисунок 2.17). В Кызылординской области частота таких дней увеличивается на 4–5 суток/10лет, в Атырауской, Мангистауской областях – на 3-8 суток/10лет, в некоторых районах Жамбылской, Западно-Казахстанской, Актюбинской и Алматинской областях – на 1-4 суток/10лет. На остальной территории республики изменения в частоте незначительные.

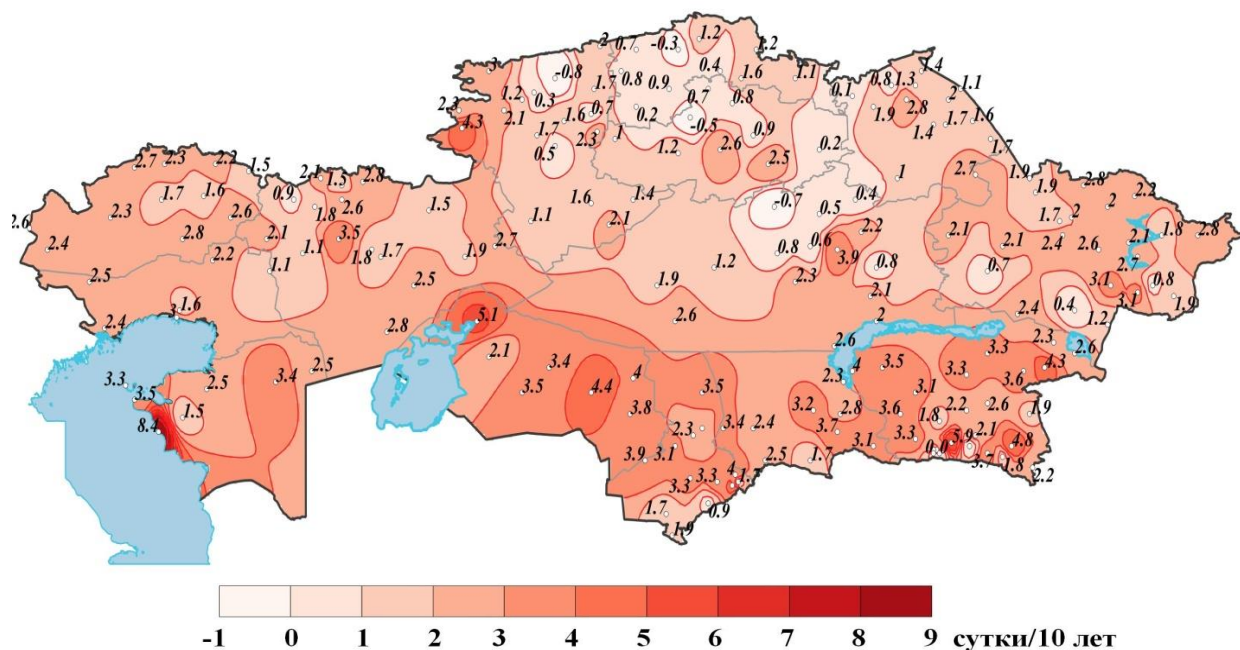


Рисунок 2.17 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда летних дней (сутки/10лет), рассчитанного за 1961–2020 гг. (индекс SU25)

За исключением северных районов, на территории Казахстана увеличивается **количество суток, когда максимальная суточная температура равна или выше 30 °C** (жаркие дни, индекс TXge30, рисунок 2.18). Наибольшая значимая тенденция наблюдалась на метеорологических станциях Актау (7,6 суток/10лет, Мангистауская область), Арал тенизи (6,9 суток/10лет, Кызылординская область), Урда (5,6 суток/10лет, Западно-Казахстанская область). На станциях Северо-Казахстанской и Акмолинской областях наблюдалась статистически незначимая отрицательная тенденция.

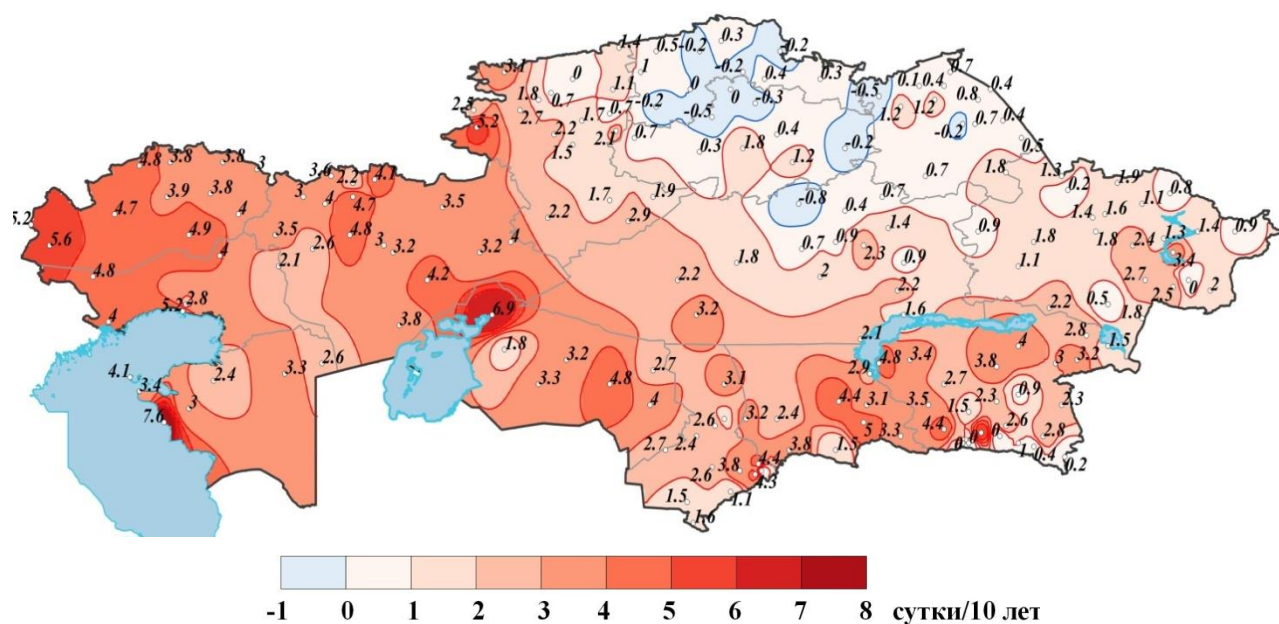


Рисунок 2.18 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда количества суток, когда максимальная суточная температура равна или выше 30 °C (сутки/10 лет), рассчитанного за период 1961–2020 гг. (индекс TXge30)

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 2.19). Наибольшая значимая положительная тенденция наблюдалась на станциях Улкен Алматы (9,8 суток/10лет) и Алматы Каменское плато (9,7 суток/10лет) в Алматинской области, Форт-Шевченко в Мангистауской области (7,2 суток/10лет).

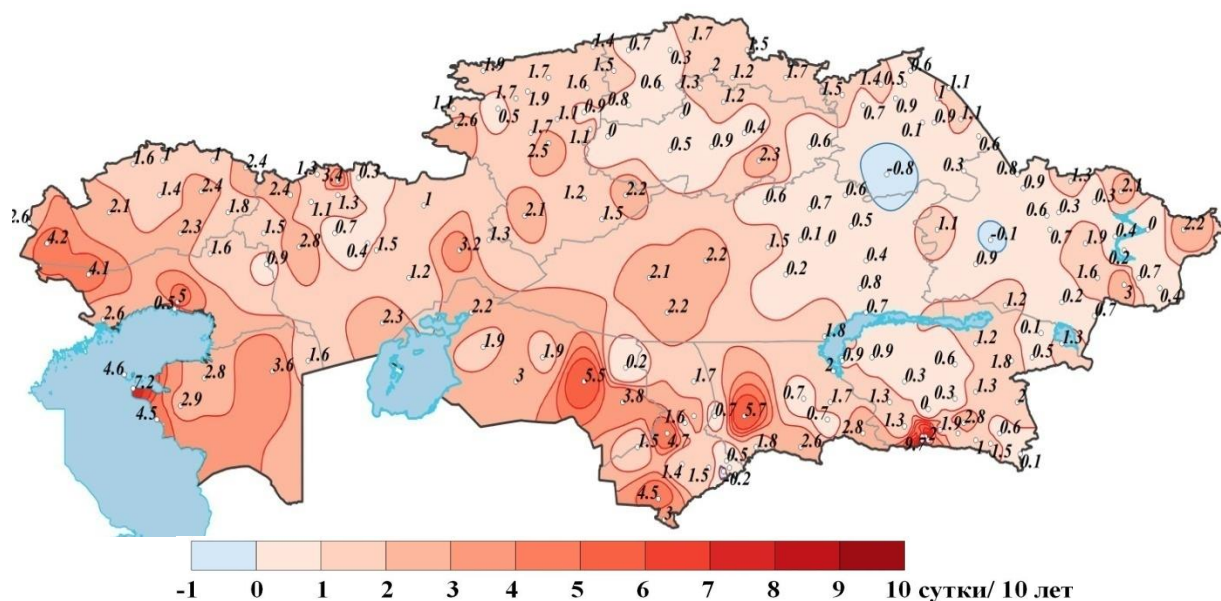


Рисунок 2.19 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда общей продолжительности волн тепла в теплый период (сутки/10лет), рассчитанного за период 1961–2020 гг. (индекс HWF/EHF)

Почти по всей территории республики наблюдается значимая положительная тенденция количества отдельных волн жары в теплый период (индекс HWN, рисунок 2.20). Наибольшая тенденция наблюдалась на станциях Казыгурт (на 2,1 случаев/10лет, Туркестанская область), Алматы Каменское плато (на 1,6 случаев/10лет, Алматинская область), Улкен Алматы (1,5 число случаев/10лет, Алматинская область).

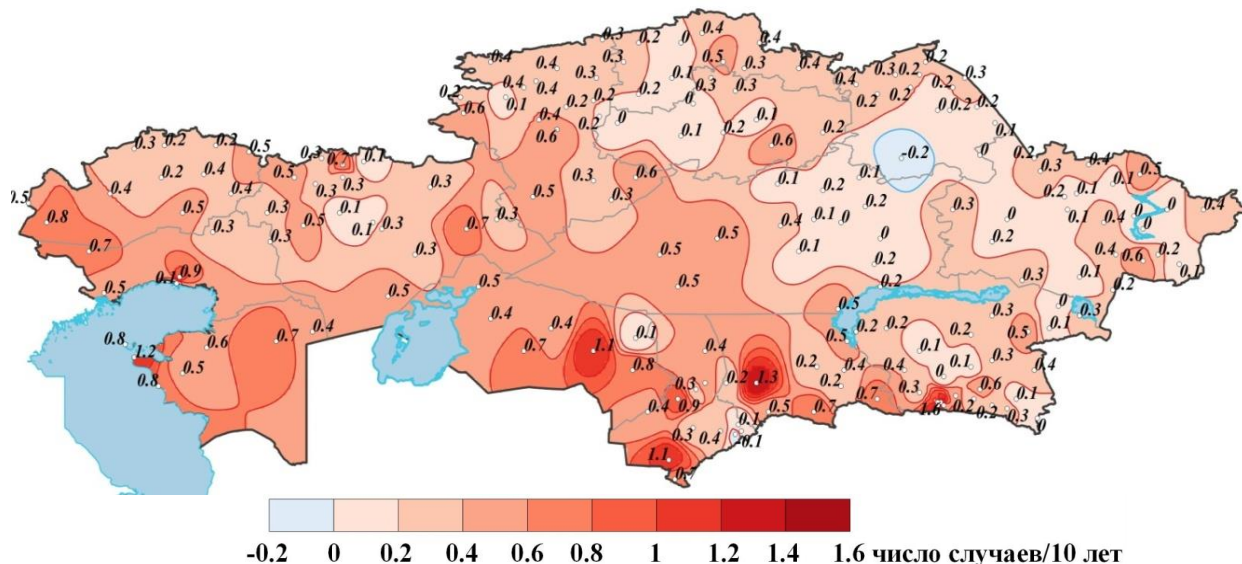


Рисунок 2.20 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда количества волн жары в теплый период (число случаев/10лет), рассчитанного за период 1961–2020 гг. (индекс HWN)

В западных и южных регионах увеличивается *продолжительность максимальной волны тепла в теплый период* (индекс HWD, рисунок 2.21). Наибольшая значимая положительная тенденция наблюдалась на станции МС Новый Уштаган (1,3 сутки/10лет, Атырауская область).

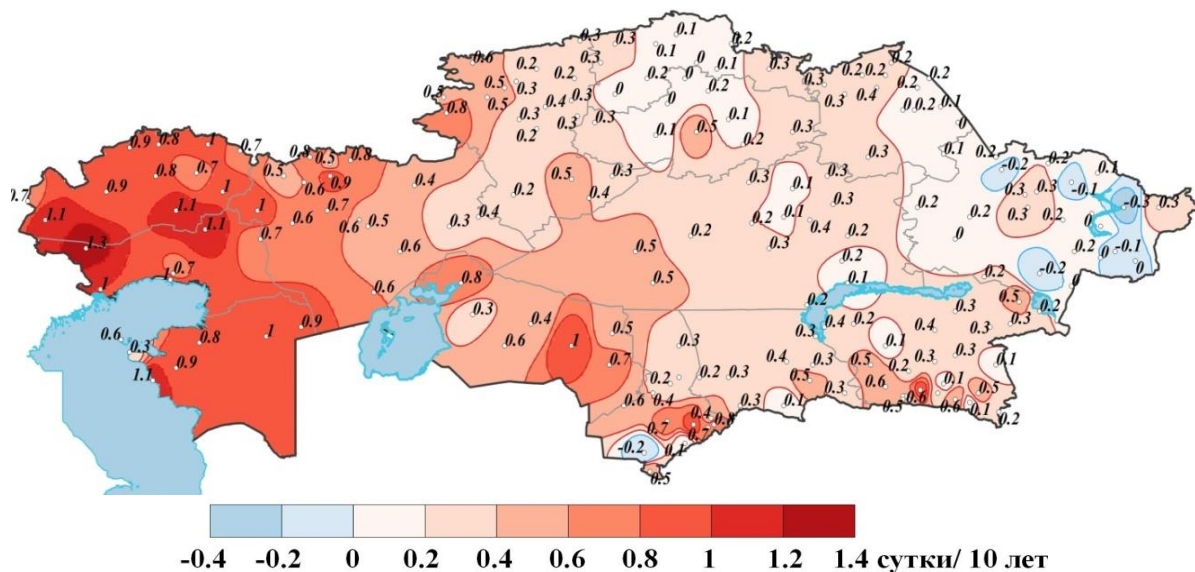


Рисунок 2.21 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда максимальной продолжительности волн тепла в теплый период (сутки/10лет), рассчитанного за период 1961–2020 гг. (индекс HWD)

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 2.22). Наиболее существенное увеличение (на 4-7 суток/10лет) наблюдается в западной половине страны, а также в северных районах и в некоторых центральных, южных и восточных регионах (на 1–3 суток/10лет).

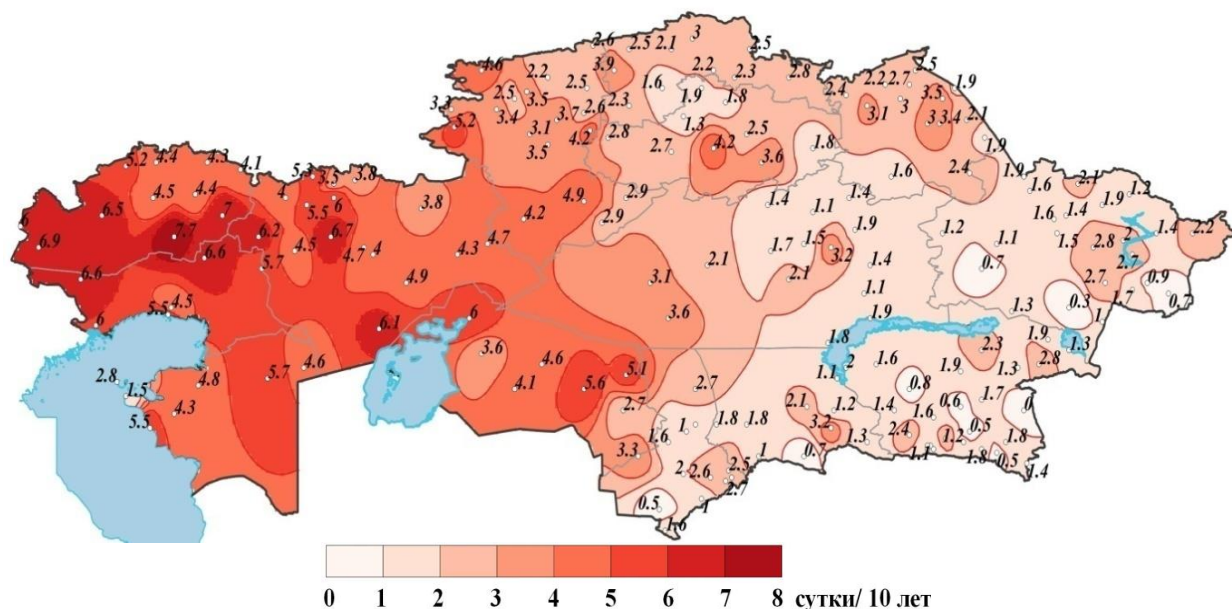


Рисунок 2.22 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда общей за год продолжительности волн тепла (сутки/10лет), рассчитанного за период 1961–2020 гг. (индекс WSDI)

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 2.23). 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).

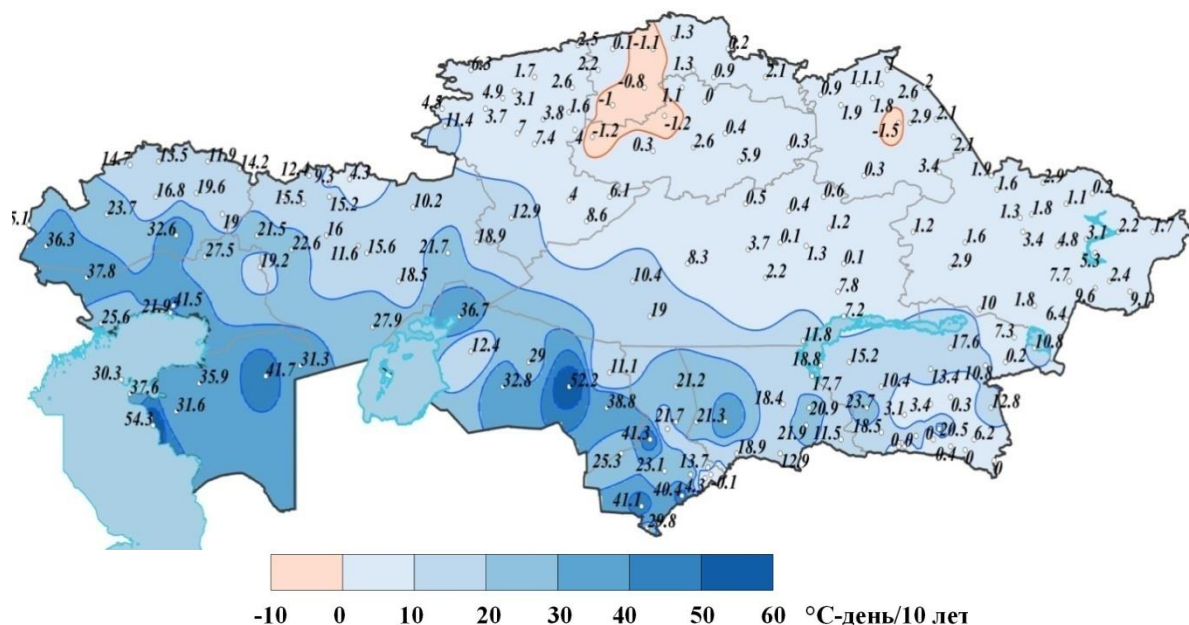


Рисунок 2.23 – Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда дефицита холода ($^{\circ}\text{C}$ день/10лет), рассчитанного за период 1961–2020 гг. (индекс CDDcold23)

На рисунке 2.24 представлено изменение *количества суток, когда минимальная температура $\geq 20^{\circ}\text{C}$ (индекс TR, количество тропических ночей)*. За последние более чем 40 лет в Казахстане прослеживается, в основном, увеличение количества таких суток: в Атырауской и Мангистауской областях на 4–8 суток/10лет, а также на 5–7 суток/10лет на некоторых станциях Кызылординской, Туркестанских областей. Таким образом, здесь ухудшаются условия для ночного отдыха организма человека от дневной жары, которая, как показано выше, тоже усиливается. На всей остальной территории республики значимых изменений в количествах суток с минимальной температурой $\geq 20^{\circ}\text{C}$ не наблюдалось.

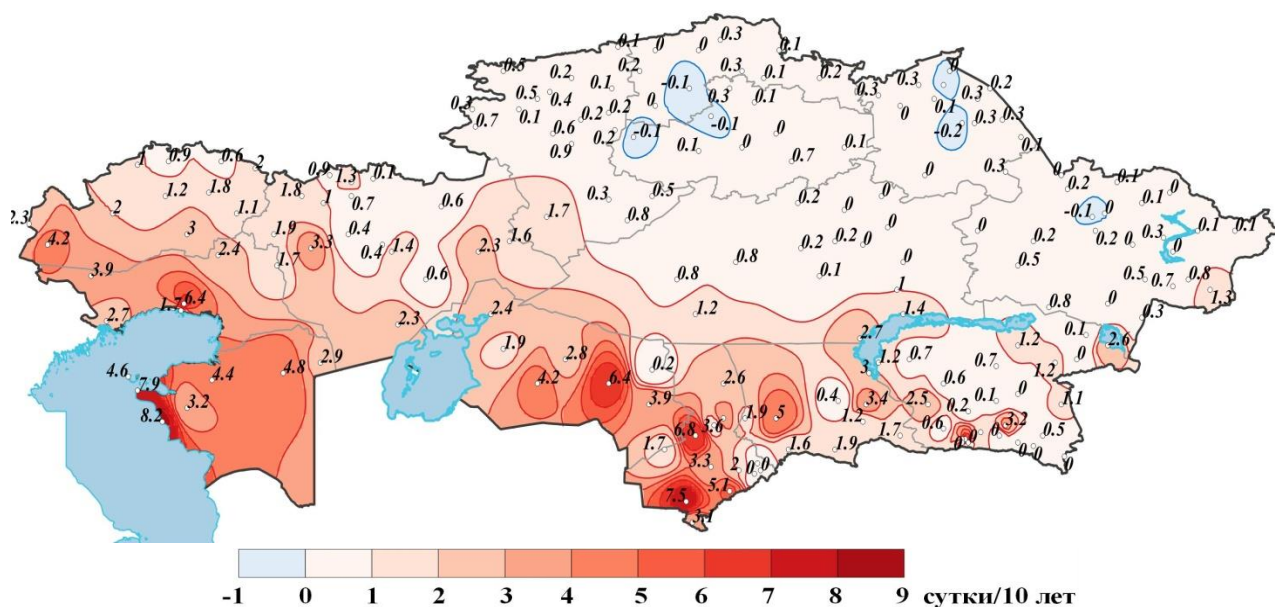


Рисунок 2.24 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда количества тропических ночей (сутки/10лет), рассчитанного за период 1961–2020 гг. (индекс TR)

На территории республики наблюдается увеличение **продолжительности вегетационного периода** (индекс GSL, рисунок 2.25) 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. В северных регионах увеличение продолжительности вегетационного периода в основном статистически незначимое.

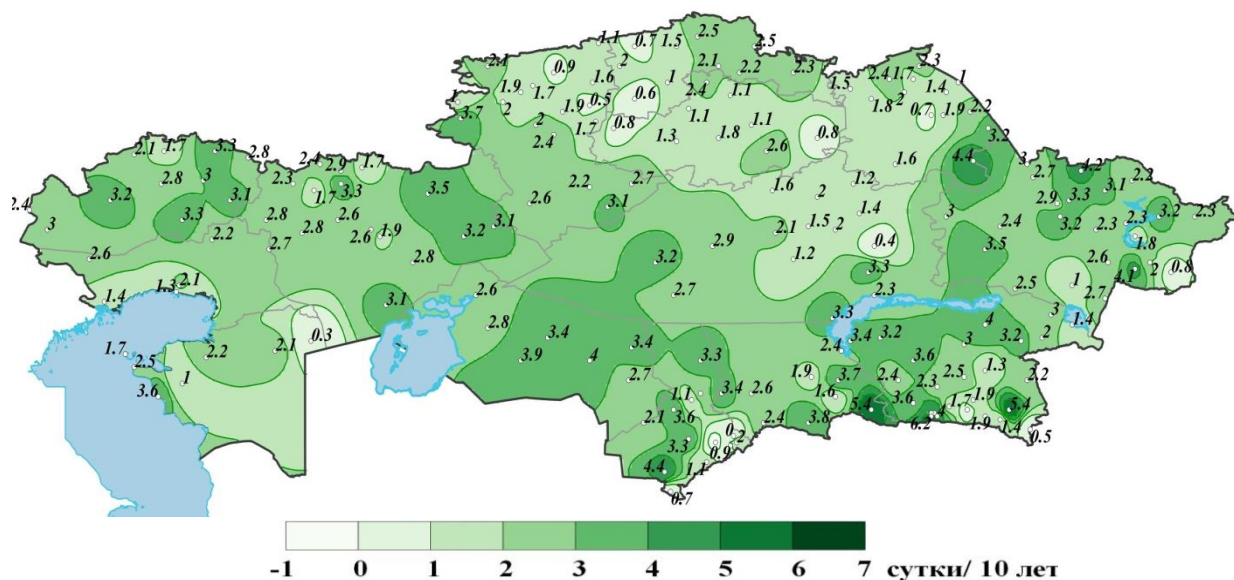


Рисунок 2.25 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда продолжительности вегетационного сезона (сутки/10лет), рассчитанного за период 1961–2020 гг. (индекс GSL)

Помимо увеличения продолжительности вегетационного периода, в южной половине территории Казахстана наблюдается статистически значимое увеличение **суммы температур в период вегетации** (индекс GDDgrow10, рисунок 2.26). 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.

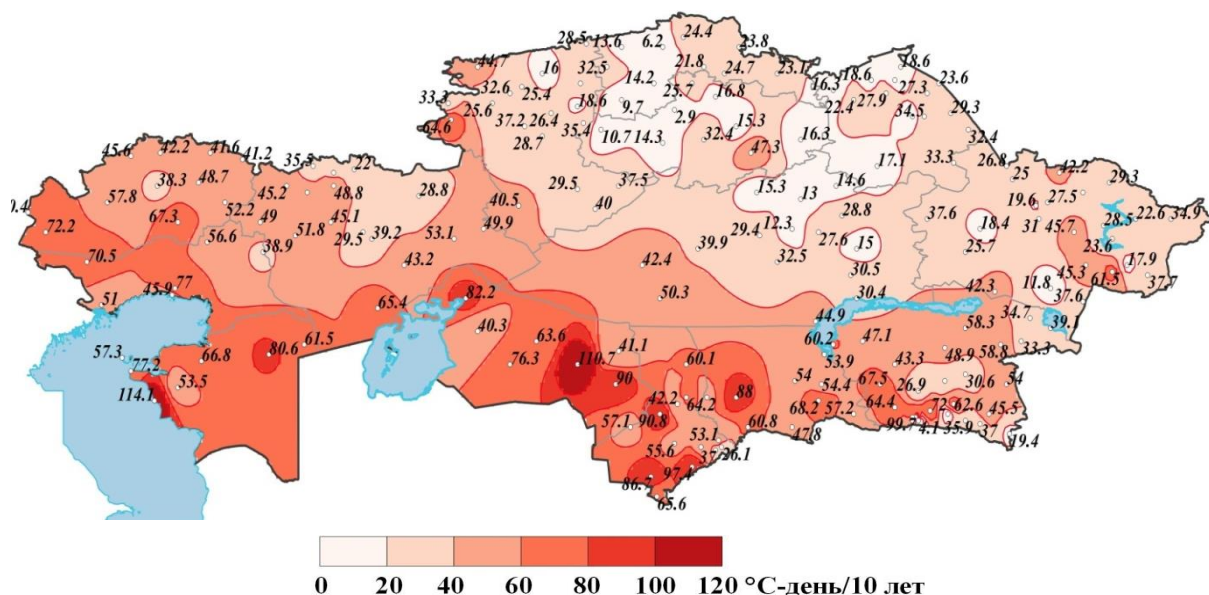


Рисунок 2.26 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда суммы температур в период вегетации (градусо-дней/10лет), рассчитанного за период 1961–2020 гг. (индекс GDDgrow10)

Как следствие повышения температуры воздуха, по всей территории Казахстана сокращается *количество суток в году, когда суточная минимальная температура равна или опускается ниже 0 °C* (сутки с заморозком, индекс FD0, рисунок 2.27). Скорость сокращения варьирует по территории от 1 до почти 7 суток/10лет. Наибольшее сокращение суток с заморозком наблюдалось на станциях Алматы Каменское плато (6,6 суток/10лет, Алматинская область), Шардара (6,3 суток/10лет, Туркестанская область), Казыгурт (5,3 суток/10лет, Туркестанской область), Туркестан (5,3 суток/10лет, Туркестанской область).

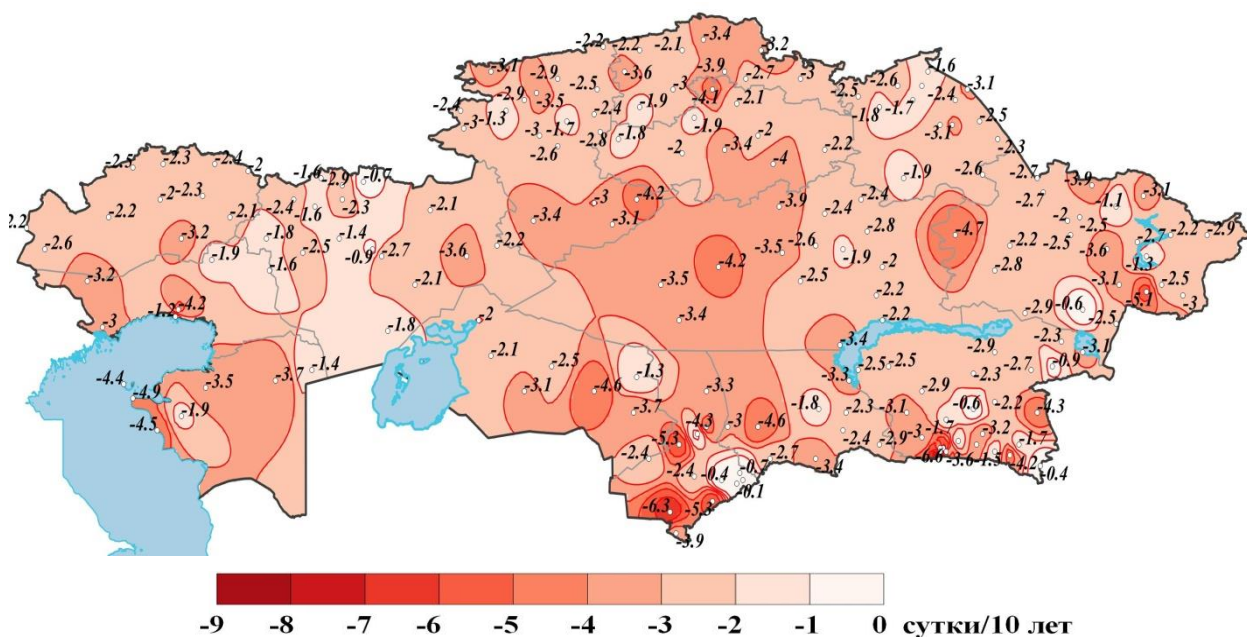


Рисунок 2.27 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда суток с заморозком (сутки/10лет), рассчитанного за период 1961–2020 гг. (индекс FD0)

По всей территории республики *уменьшается количество суток, когда суточный минимум температуры ниже минус 2 °С* (жесткие заморозки, индекс TNl_{tm2}, рисунок 2.28). Значительное сокращение количества таких суток наблюдалось на станциях Улкен Алматы (более 8 суток/10лет, Алматинская область), Алматы Каменское плато (6 суток/10лет, Алматинская область), Шардара (более 5 суток/10лет, Туркестанская область).

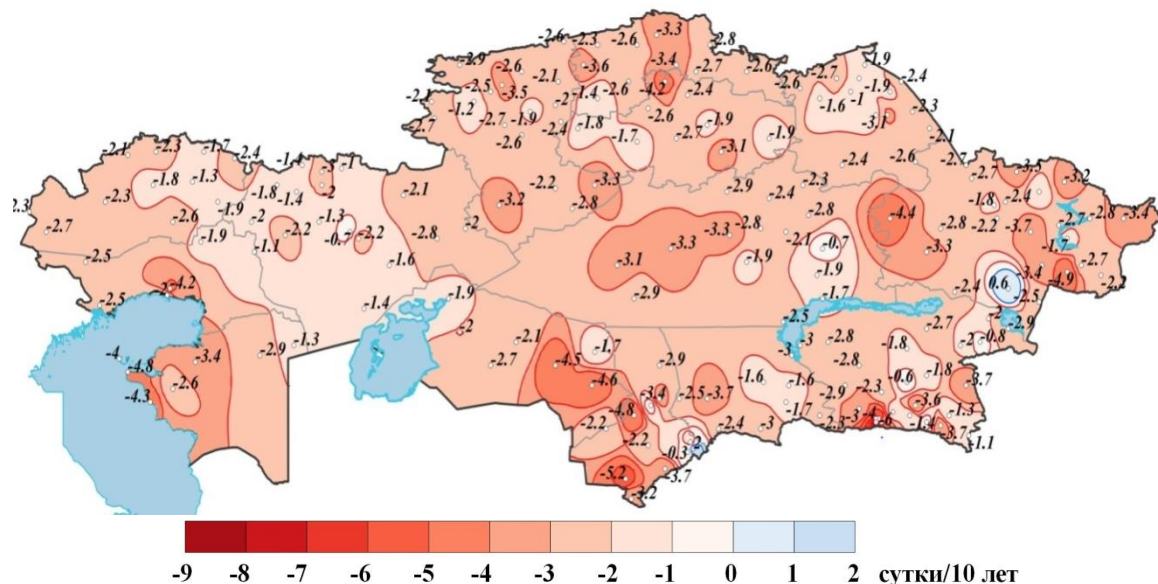


Рисунок 2.28 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда жестких заморозков (сутки/10лет), рассчитанного за период 1961–2020 гг. (индекс TNl_{tm2})

На территории республики практически повсеместно сокращается количество дней с очень жесткими заморозками (когда суточный минимум температуры воздуха ниже минус 20 °С, индекс TNl_{tm20}, рисунок 2.29). Сокращения на 3–5 суток/10лет наблюдаются на некоторых станциях Западно-Казахстанской, Восточно-Казахстанской, Костанайской, Карагандинской и Алматинской областей.

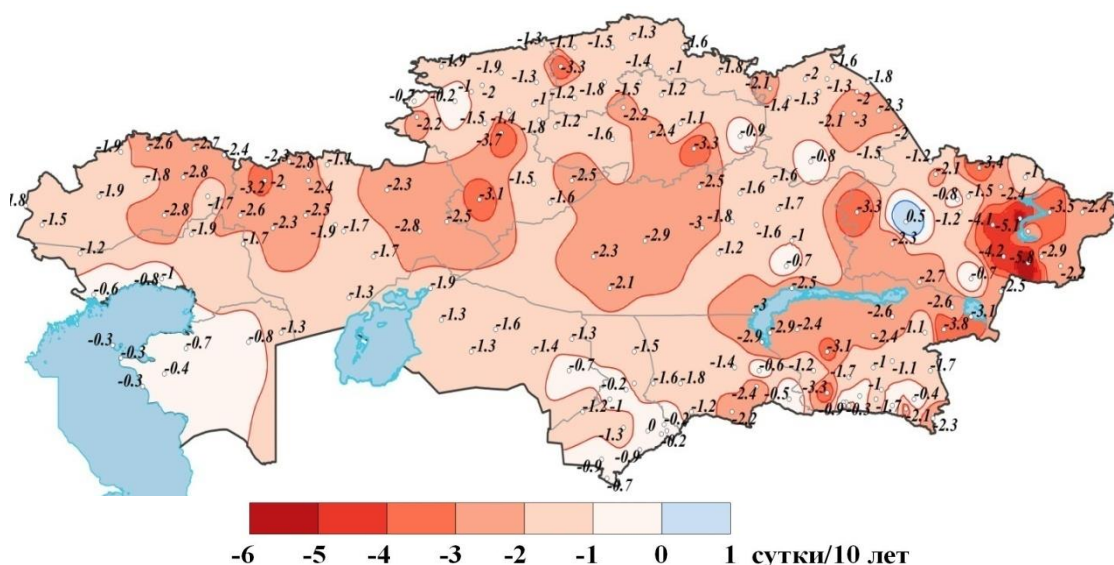


Рисунок 2.29 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда очень жестких заморозков (сутки/10лет), рассчитанного за период 1961–2020 гг. (индекс TNl_{tm20})

Сокращение количества дней с отрицательными температурами ведет к повсеместному сокращению дефицита тепла в холодный период года от 27 до 161 градусо-дней/10 лет (индекс HDDheat18, рисунок 2.30). Здесь, за пороговое значение температуры воздуха, которую желательно поддерживать в помещении, принята температура 18 °С. Максимальное сокращение (на 161 градусо-дней/10 лет) наблюдаются на МС Улкен Алматы в Алматинской области, на МС Акжар (Восточно-Казахстанской области) составило 142 градусо-дня/10 лет, на МС Нур-Султан (Акмолинская область) и МС Тимирязево (Северо-Казахстанская область) – на 136°градусо-дней/10 лет.

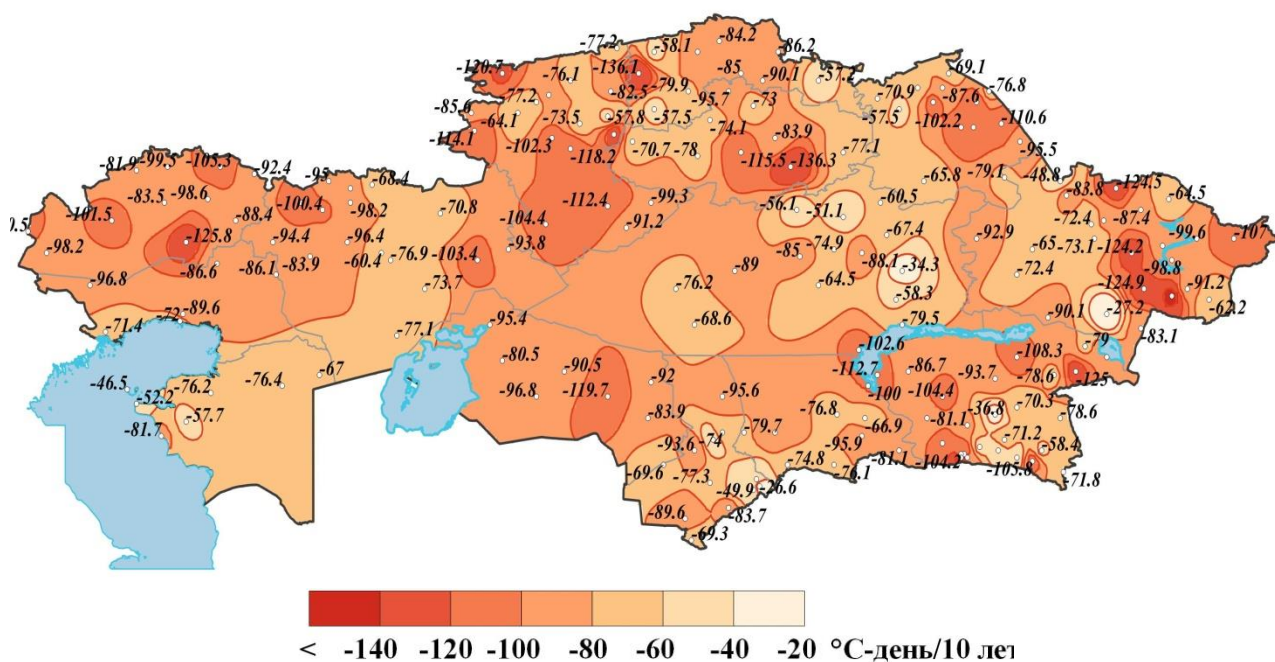


Рисунок 2.30 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда дефицита тепла (градусо-дни/10лет), рассчитанного за период 1961–2020 гг. (индекс HDDheat18)

3 АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ

3.1 Аномалии количества осадков на территории Казахстана в 2020 году

На рисунке 3.1 представлен внутригодовой ход распределения количества атмосферных осадков за 2020 г., осредненных по территории Казахстана, а также среднее многолетнее месячное количество осадков за период 1961 – 1990 гг.

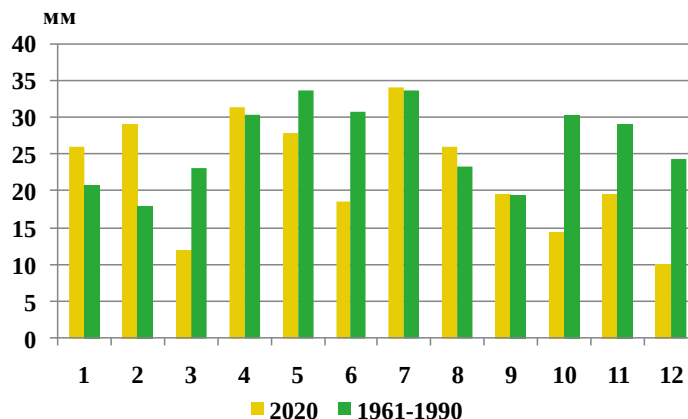


Рисунок 3.1 – Осредненные по территории Казахстана месячные суммы осадков в 2020 году и их нормы, рассчитанные за период 1961–1990 гг.

Значительно выше нормы среднее по территории Казахстана количество осадков было в феврале (162 % нормы) и январе (125 % нормы), в апреле и с июля по август количество осадков лишь незначительно превысило норму – на 3-12 % (рисунок 3.1). Существенный дефицит осадков наблюдался в марте (51 %), мае, июне и с октября по декабрь (42-83 %), в мае дефицит осадков составил 17 % нормы.

В таблице 3.1 представлены значения аномалий годовых и сезонных сумм осадков, наблюдавшиеся в 2020 г. и осредненные в целом по территории Казахстана и его областям. Для каждого значения аномалии приведены вероятности непревышения, рассчитанные за период 1941 – 2020 гг. Вероятность непревышения характеризует частоту появления соответствующего значения аномалии в ряду наблюдений. Количество осадков выше 95-го или ниже 5-го процентиля выделено жирным шрифтом. На рисунке 3.2 показано территориальное распределение годового и сезонного количества осадков в 2020 г., выраженное в процентах нормы за период 1961 – 1990 гг., а также приведены вероятности непревышения годовых и сезонных сумм осадков в данном году.

Годовые суммы осадков были выше нормы в некоторых северных регионах Казахстана, максимум на 40–45 %. В южной половине Казахстана наблюдался дефицит осадков, в основном, в пределах 20–40 %, местами было экстремально сухо и дефицит составил более 50 и даже 70 %. В среднем по Казахстану годовое количество осадков в 2020 г. составило 85 % нормы (таблица 3.1), или 270,7 мм. В среднем по территории большинства областей годовое количество осадков было около нормы, на территории западных и южных областей (Атырауской, Мангистауской, Туркестанской, Жамбылской и Алматинской) дефицит осадков составил около 30–40%. Был установлен новый минимум годовой суммы осадков в Жамбылской области на МС Мойынкум (выпало 95,6 мм, предыдущий минимум составлял 96,3 мм в 1995 г.) и МС Уюк, где выпало всего 84,4 мм осадков, тогда как предыдущий минимум составлял 100,4 мм в 2013 г.

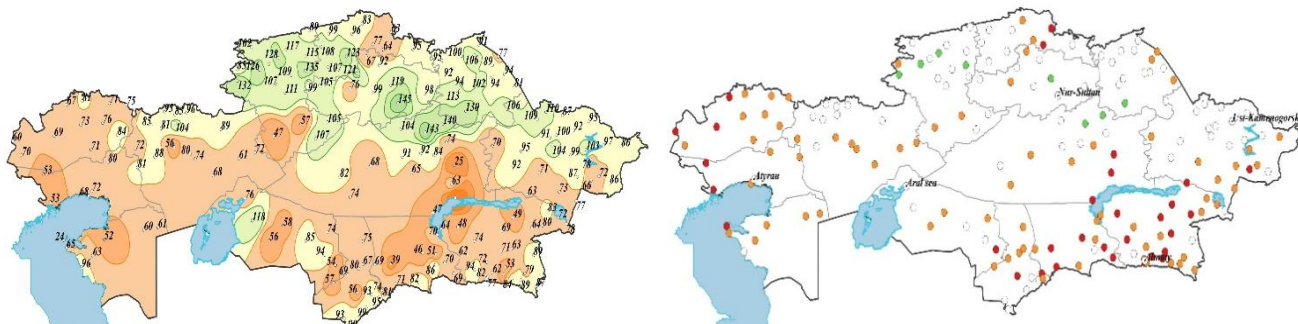
Таблица 3.1 - Регионально осредненные средние годовые (январь-декабрь) и сезонные аномалии осадков в 2020 гг.: **vR** – отклонения от средних многолетних за 1961-1990 гг., мм/сезон; **P(r≤R₂₀₂₀)** – вероятность непревышения (в скобках), рассчитанная по данным за период 1941–2020 гг. в %; **RR** – отношение R₂₀₂₀ 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	-47,0 (8)	85	20,3 (91)	132	-16,0 (17)	82	-8,8 (27)	90	-25,6 (7)	68
Алматинская	-123,3 (5)	72	6,9 (55)	110	-29,3 (29)	80	-27,1 (17)	77	-54,6 (5)	46
Акмолинская	11,5 (56)	104	58,0 (100)	222	-3,6 (44)	95	-16,8 (32)	87	-4,8 (48)	94
Актюбинская	-50,1 (24)	81	16,3 (78)	127	-1,8 (49)	103	-12,1 (39)	82	-35,0 (7)	52
Атырауская	-54,0 (5)	64	-6,9 (22)	78	-4,1 (34)	89	-21,7 (17)	47	-20,2 (10)	50
Восточно-Казахстанская	-33,9 (22)	90	24,5 (87)	141	-43,7 (1)	45	14,8 (67)	114	-16,5 (30)	82
Жамбылская	-102,5 (3)	66	-2,8 (41)	96	-29,6 (27)	75	-7,7 (29)	80	-41,9 (5)	43
Западно-Казахстанская	-75,0 (10)	73	-1,6 (56)	98	-18,7 (11)	68	-20,1 (34)	75	-28,8 (16)	63
Карагандинская	-28,8 (27)	88	20,8 (93)	141	-27,7 (10)	56	5,8 (50)	108	-15,5 (31)	73
Костанайская	20,6(58)	107	15,6 (86)	132	25,0 (83)	142	-2,4 (49)	98	-5,7 (49)	92
Кызылординская	-19,4 (30)	86	28,3 (94)	171	3,1 (63)	106	-0,7 (51)	96	-22,7 (6)	32
Мангистауская ¹	-50,6 (25)	65	-2,0 (56)	108	-17,7 (39)	62	-7,4 (56)	79	-29,1 (5)	22
Павлодарская	12,4 (54)	104	36,6 (100)	182	-25,2 (5)	54	5,2 (48)	104	8,6 (72)	112
Северо-Казахстанская	-24,1 (31)	93	37,6 (97)	180	13,5 (68)	121	-55,0 (7)	64	-7,7 (45)	91
Туркестанская	-69,9 (15)	84	32,4 (77)	122	-11,4 (39)	93	-1,8 (39)	93	-47,4 (10)	50
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.										

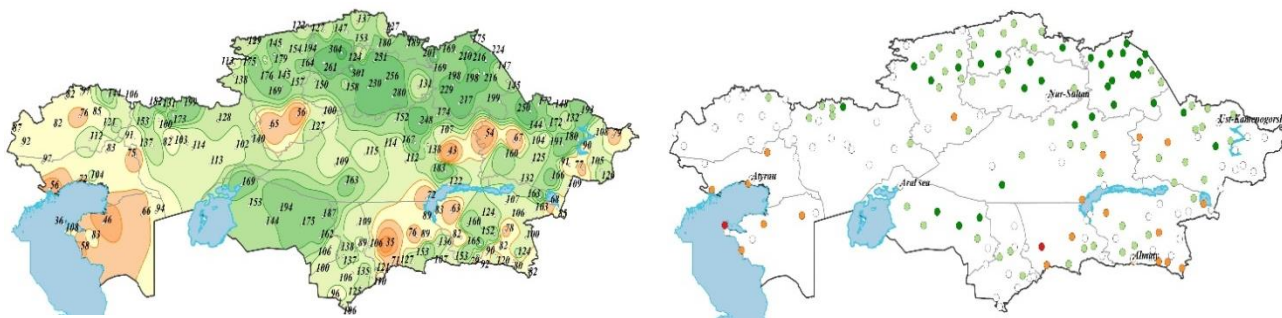
В среднем по территории Казахстана в зимний период 2020 года количество осадков превысило норму на 32 %. Недостаток влаги наблюдался весной, летом и осенью (таблица 3.1).

Зимой 2019/2020 гг. на большей части территории Казахстана осадков выпало больше нормы (рисунок 3.2). В некоторых северо-западных районах осадки превысили норму на 70-80 %, в северных регионах Казахстана количество осадков было в 1,5–3,0 раза выше нормы. По данным целого ряда станций, был обновлен максимум месячных сумм осадков (таблица 3.3). В южных и юго-восточных районах максимальное превышение нормы составляло от 70 % до почти 100 %. Осадков ниже нормы за зимний сезон выпало в Мангистауской области, где местами их количество составило менее 40 % нормы. На юге Костанайской области расположена зона, где осадков выпало менее 80 и даже менее 60 % нормы. Дефицит осадков наблюдался также на востоке Карагандинской области и западе Восточно-Казахстанской области (менее 60 % нормы), в горных районах на крайнем востоке Восточно-Казахстанской области, юге Алматинской и Жамбылской областей, а также в южном Прибалкашье (до 80 % нормы).

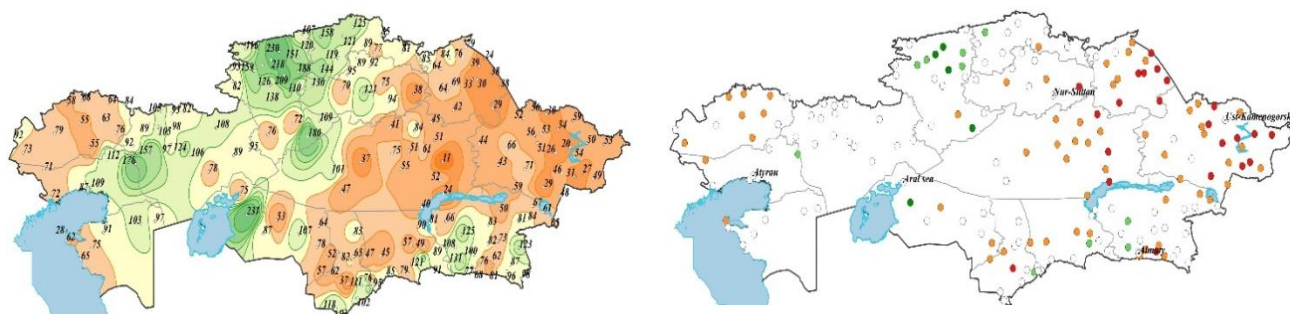
Год



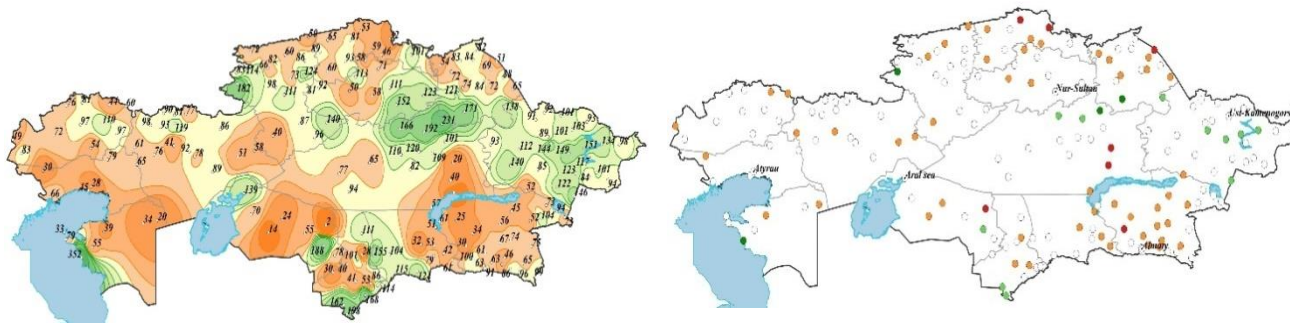
Зима



Весна



Лето



- (0-5 %) - экстремально сухо
- (5-25 %) - сухо
- (25-75 %) - около нормы
- (75-95 %) - влажно
- (95-100 %) - экстремально влажно

Рисунок 3.2 – Количество осадков в 2020 г., выраженное в % нормы, а также вероятности непревышения количества осадков, наблюдавшиеся в 2020 г., рассчитанные за период 1961 – 2020 гг. *Лист 1*

Осень

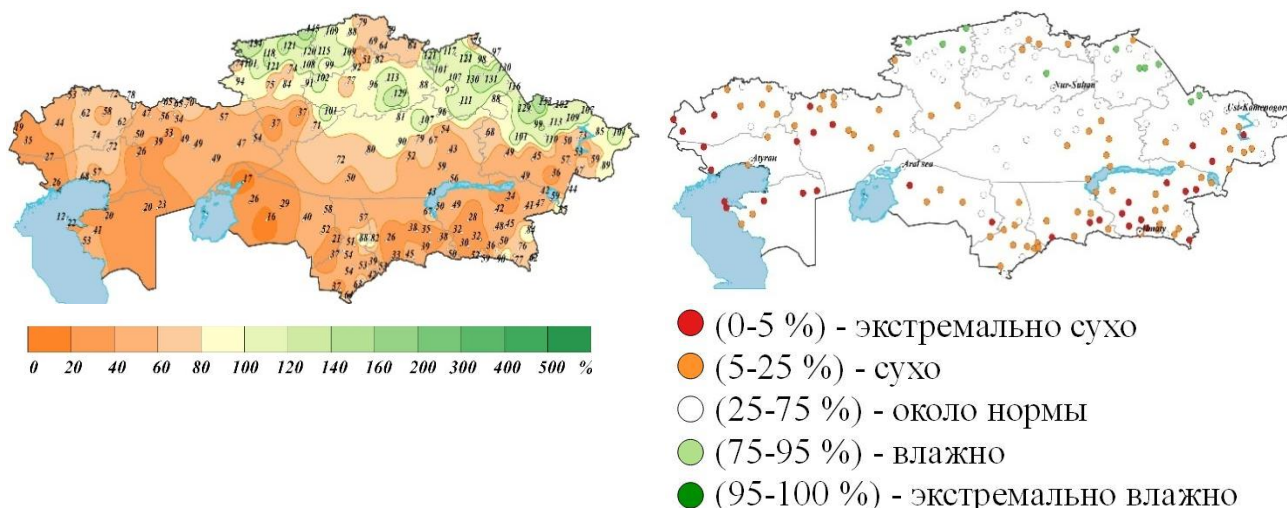


Рисунок 3.2 – Количество осадков в 2020 г., выраженное в % нормы, а также вероятности непревышения количества осадков, наблюдавшиеся в 2020 г., рассчитанные за период 1961 – 2020 гг. *Лист 2*

В результате в среднем по территории Карагандинской и Кызылординской областей количество осадков превысило 90-й процентиль и составило от 141 до 171 % нормы (таблица 3.1). В Северо-Казахстанской области среднее по территории количество осадков превысило 95-ой процентиль и составило 180 % нормы. В Акмолинской и Павлодарской областях выпало рекордное количество осадков за зимний период – 222 и 182 % нормы, соответственно. Существенный дефицит количества осадков зимнего периода отмечен в Атырауской области и составил 78 % нормы (22-ой процентиль). Среднее по территории остальных областей количество осадков было в пределах ± 20 % к норме. В среднем по территории Казахстана количество зимних осадков составило 132 % нормы (91-ый процентиль). На нескольких метеостанциях были зафиксированы новые максимумы месячных сумм осадков в зимний период (таблица 3.3).

Весной количество осадков, превышающее норму более чем на 20 %, наблюдалось на ограниченной части территории Казахстана (рисунок 3.2): на севере Костанайской области, где в некоторых районах их количество составило более 200 % нормы; в некоторых районах Северо-Казахстанской области (максимум 158 % нормы), Кызылординской области (максимум 232 % нормы на МС Казалинск за счет нескольких сильных дождей в апреле), Алматинской области (максимум 125 % нормы). Дефицит осадков в весенний период, местами существенный, ощущали некоторые западные и юго-западные регионы (минимум осадков составил менее 60 % нормы), и большая часть восточной половины Казахстана, где местами количество осадков составляло менее 30-40 % нормы и даже менее. Более чем на 30-ти метеостанциях были зафиксированы новые минимумы месячных сумм осадков для марта месяца (таблица 3.4).

В результате среднее по территории большинства областей количество осадков за весенний период было в пределах ± 20 % к норме (таблица 3.1). В Западно-Казахстанской и Жамбылской областях выпало около 70 % нормы осадков, в Костанайской – 142 % нормы. Исключение также составляют три области, где осадков выпало значительно ниже нормы: Карагандинская, где количество осадков составило всего 56 % нормы (10-ый процентиль);

Павлодарская – 54 % нормы (5-ый процентиль) и Восточно-Казахстанская область, где количество осадков было экстремально низким – всего 45 % нормы (1-ый процентиль). В среднем по Казахстану количество весенних осадков составило 82 %.

Таблица 3.2 – Регионально осредненные месячные аномалии количества осадков в 2020 г., рассчитанные как отклонения от средних многолетних значений за 1961–1990 гг., (в мм), и вероятность неперевышения (в скобках), рассчитанная по данным за период 1941–2020 гг. и выраженная в %

Регион/ область	12 (2019)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Казахстан	3,9 (69)	5,2 (81)	11,3 (94)	-11,2 (3)	1,0 (51)	-5,8 (30)	-12,3 (3)	0,4 (51)	2,8 (56)	0,1 (54)	-16,0 (6)	-9,7 (12)
Алматинская	2,8 (62)	-3,7 (37)	7,9 (74)	-4,4 (41)	-1,4 (48)	-23,5 (16)	-31,8 (1)	-0,3 (45)	5,0 (60)	-6,0 (35)	-31,6 (3)	-17,1 (15)
Акмолинская	14,4 (93)	23,4 (98)	20,3 (98)	-9,1 (6)	22,2 (98)	-16,7 (16)	-2,9 (40)	-5,7 (41)	-8,2 (43)	3,4 (63)	-8,6 (31)	0,4 (59)
Актюбинская	6,0 (72)	2,0 (67)	8,3 (86)	-4,8 (32)	6,4 (72)	0,3 (48)	-12,7 (21)	-4,7 (34)	5,4 (69)	-10,6 (25)	-14,4 (21)	-10,0 (29)
Атырауская	-9,0 (13)	8,2 (79)	-6,2 (13)	-1,2 (48)	-5,0 (36)	2,2 (50)	-12,6 (10)	-13,3 (5)	4,2 (67)	4,8 (81)	-12,8 (0)	-12,2 (11)
Восточно- Казахстанская	3,2 (65)	9,3 (84)	12,0 (92)	-6,9 (17)	-10,1 (16)	-26,7 (5)	-4,8 (35)	17,5 (79)	2,2 (54)	7,7 (77)	-9,1 (41)	-15,1 (11)
Жамбылская	0,6 (60)	-1,5 (48)	-1,9 (40)	-29,7 (0)	4,2 (60)	-4,1 (50)	-15,8 (2)	-0,9 (46)	9,0 (86)	-4,0 (37)	-27,7 (5)	-10,3 (30)
Западно- Казахстанская	-9,8 (34)	-6,2 (36)	14,4 (92)	-11,5 (15)	-6,8 (29)	-0,4 (43)	-3,5 (51)	-20,9 (8)	4,2 (70)	3,6 (65)	-15,4 (12)	-17,1 (24)
Карагандинская	8,4 (83)	6,2 (82)	6,2 (81)	-13,1 (0)	-5,4 (34)	-9,2 (37)	-6,8 (31)	9,6 (68)	-0,6 (53)	-4,7 (37)	-15,1 (11)	4,2 (69)
Костанайская	0,7 (54)	1,7 (63)	13,2 (92)	-0,9 (45)	0,8 (48)	25,1 (93)	-15,0 (24)	-3,0 (59)	15,5 (79)	5,9 (72)	-0,5 (59)	-11,1 (21)
Кызылординская	13,4 (94)	8,0 (87)	6,9 (77)	-17,3 (0)	18,1 (91)	2,4 (67)	-6,7 (13)	2,7 (78)	3,2 (74)	-3,9 (34)	-12,7 (0)	-6,2 (30)
Мангистауская ¹	-11,5 (0)	9,9 (88)	3,6 (77)	-10,5 (31)	-11,2 (30)	4,0 (82)	-14,9 (0)	-9,3 (21)	16,8 (91)	-13,5 (0)	-11,7 (0)	-3,9 (45)
Павлодарская	10,6 (87)	12,5 (97)	13,5 (97)	-6,7 (10)	-0,5 (53)	-18,0 (5)	-13,2 (20)	34,1 (86)	-15,6 (18)	14,7 (86)	-11,5 (25)	5,4 (75)
Северо- Казахстанская	7,0 (72)	13,6 (96)	17,0 (97)	6,0 (74)	4,1 (60)	3,4 (51)	-16,8 (18)	-25,1 (16)	-13,1 (32)	3,2 (59)	-1,5 (59)	-9,4 (25)
Туркестанская	1,8 (56)	4,7 (56)	25,9 (86)	-53,7 (0)	8,6 (64)	33,7 (83)	-7,0 (16)	-6,0 (40)	11,2 (89)	-2,8 (54)	-35,7 (0)	-8,9 (41)

Примечания: 1. для Мангистауской области оценка проводилась только по МС Форт Шевченко;
2. значения выше 95-го или ниже 5-го процентиля выделены жирным шрифтом и ярким цветом.

Таблица 3.3 – Станции с обновленными абсолютными месячными значениями количества осадков (мм) в *зимний период* 2019/2020 г.

Область	Станция	Абсолютный максимум в 2020 г., мм	Абсолютный минимум в 2020 г., мм	Предыдущее абсолютное значение, мм
декабрь 2019 г.				
Павлодарская	Коктобе	37,6		37,3 (2017 г.)
январь				
Акмолинская	Акколь	67,4		57,0(1964 г.)
Акмолинская	Аршалы	36,6		36,3 (1997г.)
Акмолинская	Астана	52,0		50,8 (1964 г.)
Восточно-Казахстанская	Семипалатинск	37,9		30,8 (1971 г.)
Северо-Казахстанская	Саумалколь	64,9		49,7 (1989 г.)
февраль				
Алматинская	Алматы ОГМС	67,5		68,7 (1987 г.)
Акмолинская	Акколь	42,2		42,0 (1966 г.)
Акмолинская	Астана	45,1		41,8 (1966 г.)
Акмолинская	Балкашино	56,4		49,5 (1966 г.)
Павлодарская	Коктобе	27,8		25,6 (1996 г.)
Павлодарская	Лозовая	28,2		25,6 (2000 г.)
Северо-Казахстанская	Рузаевка	39,2		31,4 (1998 г.)
Восточно-Казахстанская	Семиарка	28,0		27,4 (1966 г.)

Летом количество осадков, превышающее норму более, чем на 20 %, также как и в весенний период, наблюдалось на относительно небольших территориях в различных частях Казахстана: на западе и на юго-востоке Костанайской области (максимум составляет около 180 % нормы); на стыке Акмолинской, Карагандинской и Павлодарской областей (выше 160–180 % нормы); в Восточно-Казахстанской области (с максимумом выше 140 % нормы); в некоторых южных районах Кызылординской, Туркестанской и Жамбылской областей (с максимумом выше 160 % нормы). Значительно ниже нормы летних осадков выпало в западных и северных регионах Казахстана, в некоторых районах Карагандинской, Кызылординской, Туркестанской и Жамбылской областей, в Алматинской области (местами их количество составило здесь менее 40-60 % нормы). Минимум осадков в процентном выражении отмечен на северо-востоке Кызылординской области – всего 2 % нормы сезонной суммы осадков (рисунок 3.2). По данным ряда станций был зафиксирован новый минимум месячных сумм осадков, в основном, в июне (таблица 3.5).

Как результат, количество летних осадков в среднем по территории Казахстана было на 10 % ниже нормы за счет дефицита осадков более чем на 20 % в среднем по территории 4-х областей (таблица 3.1): Алматинской (77 % нормы), Западно-Казахстанской (75 % нормы), Северо-Казахстанской (64 % нормы) и Атырауской (47 % нормы).

Таблица 3.4 – Станции с обновленными абсолютными месячными значениями количества осадков (мм) в *весенний период* 2020 г.

Область	Станция	Абсолютный максимум в 2020 г., мм	Абсолютный минимум в 2020 г., мм	Предыдущее абсолютное значение, мм
март				
Алматинская	Айдарлы		3,0	3,0(1962, 1951 гг.)
Алматинская	Куйган		0,8	1,1(1983 г.)
Акмолинская	Ерейментау		5,5	5,6 (1971 г.)
Акмолинская	Коргалжын		2,4	2,8 (2001 г.)
Восточно-Казахстанская	Актогай		0	0,4 (1970 г.)
Карагандинская	Кызылжар		0,5	0,7 (1988 г.)
Карагандинская	Кызылтау		2,3	4,5 (1996 г.)
Костанейская	Екидин		0,8	1,4 (1994 г.)
Кзылординская	Жосалы		0	1,0 (1955 г.)
Кзылординская	Кызылорда		0,4	2,8 (1944 г.)
Кзылординская	Шиили		0,3	2,1 (2000 г.)
Жамбылская	Кордай		12,2	14,1 (1951 г.)
Жамбылская	Шокпар		3,2	6,8 (1944 г.)
Жамбылская	Саудакент		2,2	2,4 (1947, 1946 гг.)
Жамбылская	Хантау		0	0,3 (2001 г.)
Жамбылская	Кулан		5,3	6,7 (1947 г.)
Жамбылская	Отар		5,2	6,9 (1967 г.)
Жамбылская	Тараз		5,0	6,9 (2000 г.)
Жамбылская	Толе би		4,6	8,3 (2001 г.)
Жамбылская	Чиганак		0	0,2 (1983 г.)
Туркестанская	Тасарык		13,9	29,8 (1974 г.)
Туркестанская	Туркестан		1,0	3,4 (2000 г.)
Туркестанская	Шардара		1,9	6,8 (1990 г.)
Туркестанская	Кызылкум		0,8	1,7 (1999 г.)
Туркестанская	Жетысай		4,7	14,8 (1962 г.)
Туркестанская	Шолакорган		2,7	2,6 (1947 г.)
Туркестанская	Шуылдак		27,2	32,6 (1997г.)
Туркестанская	ауылТ.Рыскулова		9,5	21,0(1983 г.)
Туркестанская	Ащысай		1,8	19,9 (1944 г.)
апрель				
Костанайская	Екидин	64,9		50,9 (1972 г.)
Кызылординская	Казалы	93,7		82,1 (1967 г.)
май				
Восточно-Казахстанская	Акжар		0,3	1,8 (1961 г.)

Таблица 3.5 – Станции с обновленными абсолютными месячными значениями количества осадков (мм) в *летний период* 2020 г.

Область	Станция	Абсолютный максимум в 2020 г., мм	Абсолютный минимум в 2020 г., мм	Предыдущее абсолютное значение, мм
июнь				
Алматинская	Айдарлы		2,2	2,9 (2001 г.)
Алматинская	Жаланап		17,1	22,9 (2018 г.)
Алматинская	Когалы		11,1	11,5 (2008 г.)
Алматинская	Жаркент		2,2	3,4 (1971 г.)
Алматинская	Кыргызсай		4,9	11,8 (1995 г.)
Алматинская	Матай		0,8	1,0 (1974 г.)
Жамбылская	Мойынкум		0	0,6(1974 г.)
июль				
Костанайская	Михайловка		3,1	3,7 (1995 г.)
август				
Мангистауская	Актау	75,6		40,4 (1962 г.)
Туркестанская	Шуылдак	62,2		52,5 (1974 г.)

Осенью значительная часть территории Казахстана испытывала дефицит осадков, за исключением некоторых районов в северном Казахстане, где количество осадков было на 20-30 % выше нормы (рисунок 3.2). В южной половине Казахстана количество осадков составляло, в основном, менее 60–40 % нормы, в западных регионах и в районе восточнее Аральского моря минимальное количество осадков составляло местами менее 30 %. На 3-х станциях был зафиксирован новый минимум месячных сумм осадков, в основном, в октябре (таблица 3.6).

В среднем по территории Казахстана количество осадков составило 68 % нормы (7-й процентиль, таблица 3.1). Дефицит осадков осеннего сезона наблюдался в Карагандинской области (73 % нормы), а также в западных и южных областях: в Западно-Казахстанской области среднее по территории количество осадков составило 63 % нормы (16-ый процентиль), в Актюбинской и Атырауской областях – 52 и 50 % нормы соответственно, в Туркестанской – 50 % нормы (что ниже 10-го процентиля); в Кызылординской – 32 % нормы (6-ый процентиль); в Алматинской- 46 % нормы, в Жамбылской – 43 % нормы, и малое количество осадков за осенний период в Мангистауской области – всего 22 % нормы (5-ый процентиль).

Таблица 3.6 – Станции с обновленными абсолютными месячными значениями количества осадков (мм) в *осенний период* 2020 г.

Область	Станция	Абсолютный максимум в 2020 г., мм	Абсолютный минимум в 2020 г., мм	Предыдущее абсолютное значение, мм
октябрь				
Туркестанская	Тасарык		0	1,0(1954 г.)
Туркестанская	Шуылдык		3,8	7,9 (2007 г.)
ноябрь				
Восточно-Казахстанская	Аксуат		1,9	2,3 (1995 г., 1969 г.)

Для оценки экстремальности количества осадков в 2020 году использовались индексы изменения климата, предложенные Всемирной Метеорологической Организацией. Ниже представлен анализ некоторых наиболее показательных индексов осадков и особенностей распределения их значений по территории Казахстана в 2020 году.

Суточный максимум количества осадков в 2020 г. (индекс $Rx1day$). На рисунке 3.3 представлены значения абсолютных максимумов суточного количества осадков, зарегистрированные с начала открытия метеостанции по 2020 г. (показаны синим цветом). Красным цветом выделены значения суточных максимумов количества осадков, перекрывшие в 2020 г. предыдущий абсолютный максимум. В 2020 г. значения абсолютных максимумов были превышены на четырех метеорологических станциях Казахстана: на МС Актау за сутки выпало 65,5 мм, предыдущий максимум был в 1975 г. и составил 51,4 мм; на МС Корнеевка – 54 мм (предыдущий максимум в 1962 г. составил 43,4 мм); на МС Аксенгир – 49,1 мм (предыдущий максимум в 1981 г. составил 39,1 мм); на МС Жаланашколь – 50,6 мм (предыдущий максимум в 1978 г. составил 27,9 мм).

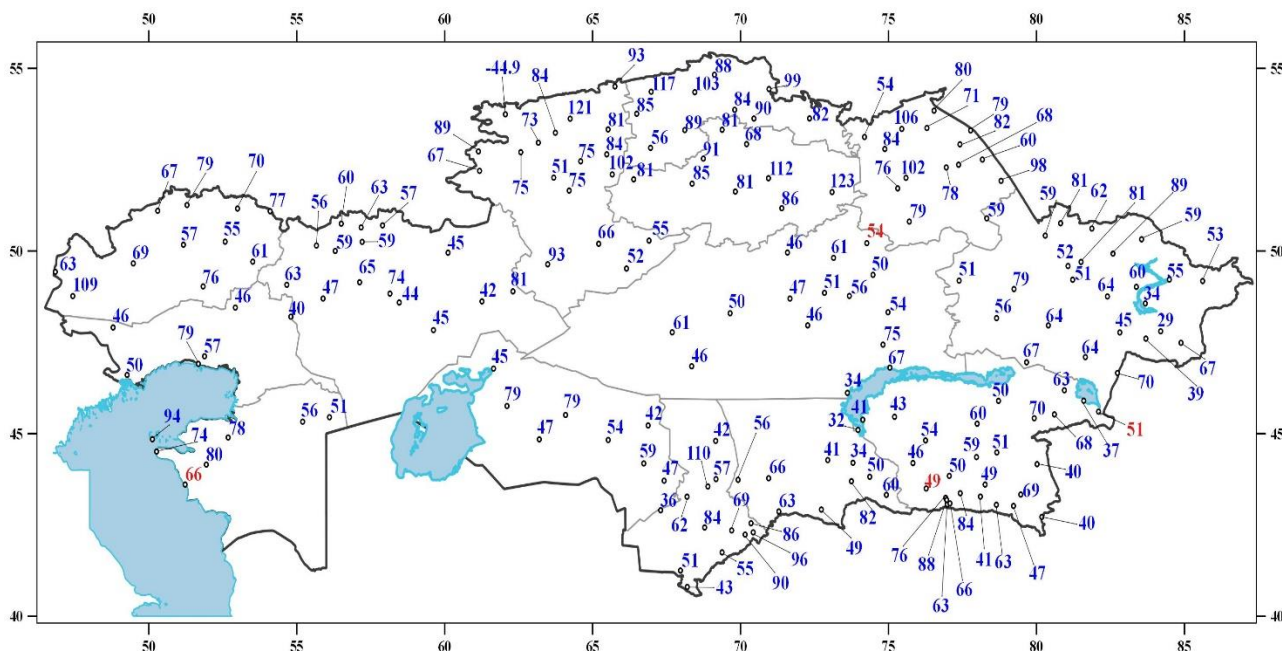


Рисунок 3.3 – Абсолютный максимум суточного количества осадков (мм), выбранный за период с начала открытия метеостанции по 2020 год. Если рекордное суточное количество осадков зафиксировано в 2020 г., значение нанесено красным цветом

В 2020 г. доля очень сильных осадков (когда суточное количество осадков превышало 95-й процентиль, индекс $g95ptot$) в годовой сумме осадков на большей части территории Казахстана составляла менее 20 % (рисунок 3.4). Более значительный вклад очень сильных осадков (более 40–50%) отмечен в Костанайской области и северо-восточнее Аральского моря. Максимальное значение индекса $g95ptot$ зафиксировано на МС Казалы (56 %). На некоторых станциях Актюбинской, Кызылординской, Мангистауской, Восточно-Казахстанской и Карагандинской областей доля экстремального количества осадков также достаточно высокая и составляла 32 – 56 %. На более чем 30-ти МС в различных регионах Казахстана суточное количество осадков не достигало 95-го процентиля.

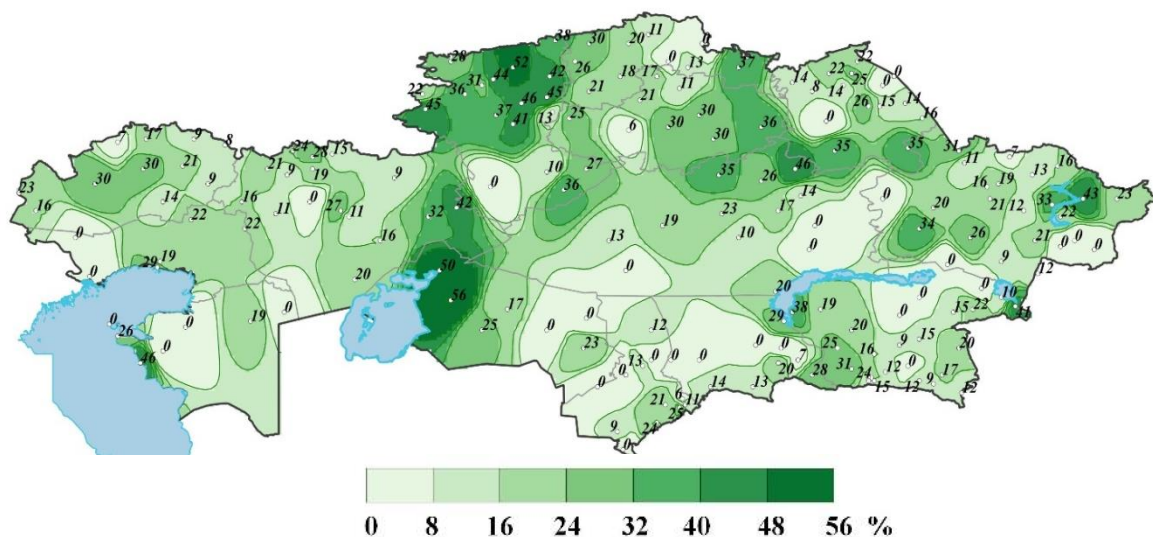


Рисунок 3.4 – Доля (в %) экстремального количества осадков в годовой сумме осадков в 2020 г. Экстремальное количество осадков рассчитано как сумма суточного количества осадков, превышающего 95-й процентиль

В условиях засушливого климата Казахстана очень важным является индекс CDD, который показывает *максимальную продолжительность бездождного периода*, когда суточное количество осадков составляло менее 1 мм (рисунок 3.5).

В 2020 г. наибольшая максимальная продолжительность бездождного периода наблюдалась на юго-западе и юге республики (рисунок 3.5). На некоторых метеостанциях этого региона продолжительность периода без осадков составила 93 – 173 дня в году. Наибольшая продолжительность бездождного периода зафиксирована на МС Кызылорда и МС Злиха Кызылординской области (121 и 173 дня в году) соответственно. Наименьшая продолжительность бездождного периода (15 – 19 дней в году) зафиксирована на северо-востоке Казахстана: на МС Дмитриевка, Семипалатинск и Шар Восточно-Казахстанской области. На остальной территории республики продолжительность бездождного периода была 20-36 дней.

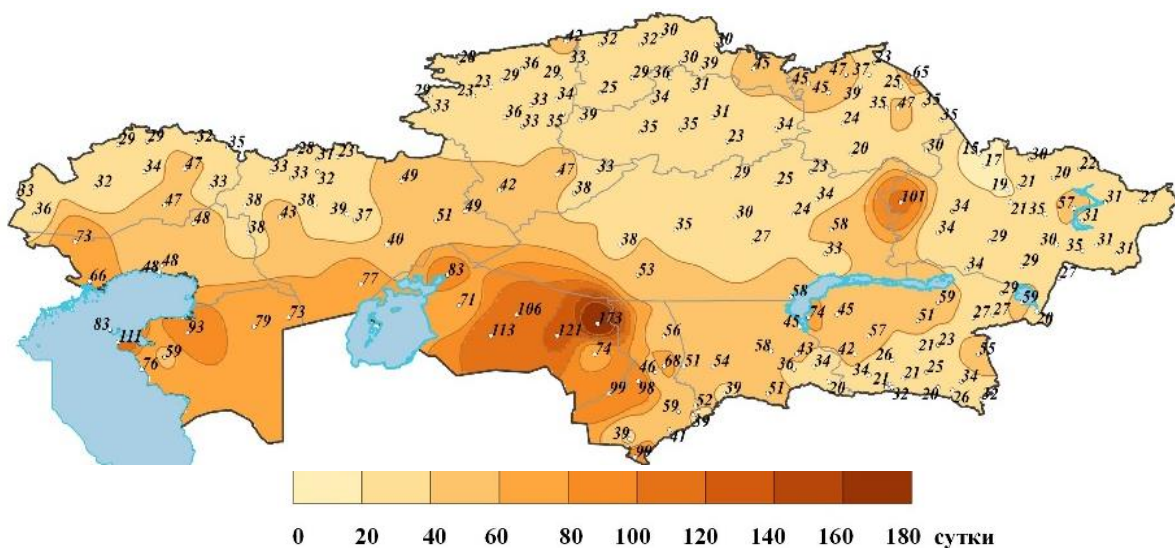


Рисунок 3.5 – Максимальная продолжительность бездождного периода (в днях) в 2020 г.

3.2 Наблюдаемые изменения количества осадков

В отличие от температуры воздуха, изменение режима атмосферных осадков на территории Казахстана за исследуемый период представляет собой более пеструю картину. 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 1941-2020 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. 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 (рисунки 3.6 и 3.7).

В среднем по Казахстану в период 1976 – 2020 гг. наблюдается незначительная тенденция к увеличению *годового* количества атмосферных осадков на 2,6 мм/10 лет (таблица 3.7). Положительная тенденция среднего по территории областей количества осадков (от 0,3 до 12,8 мм/10 лет) отмечена в большинстве случаев. В Жамбылской, Кызылординской, Западно-Казахстанской, Актюбинской и Мангистауской областях наблюдается уменьшение годового количества осадков на 4,5 – 7,8 мм/10 лет. Статистически значимое увеличение годовых сумм осадков выявлено в Северо-Казахстанской и Акмолинской областях, где вклад тренда в суммарную дисперсию составил 5–7 %. Во все сезоны, за исключением осени, наблюдается тенденция к увеличению среднего по территории Республики количества атмосферных осадков от 1,1 мм/10 лет до 2,8 мм/10 лет. В осенний сезон прослеживается отрицательная тенденция количества осадков (-1,9 мм/10 лет). Все оценки трендов сезонных сумм осадков статистически незначимы (рисунки 3.6, 3.7; таблица 3.7). Далее дано более детальное описание сезонных особенностей изменения режима осадков в областном разрезе.

В *зимний период* в среднем по Казахстану осадки незначительно увеличивались на 1,1 мм/10 лет. Тенденции к увеличению осадков наиболее ощутимы (коэффициенты детерминации составляют 5–9 %) в Акмолинской области (4,1 мм/10 лет) и в Прикаспийском регионе - в Атырауской области (2,4 мм/10 лет) и в Мангистауской области (2,3 мм/10 лет), а также на юге в Алматинской (4,0 мм/10 лет) и Туркестанской (3,1 мм/10 лет) областях. Заметное уменьшение осадков отмечается в Западно-Казахстанской области (2,7 мм/10 лет).

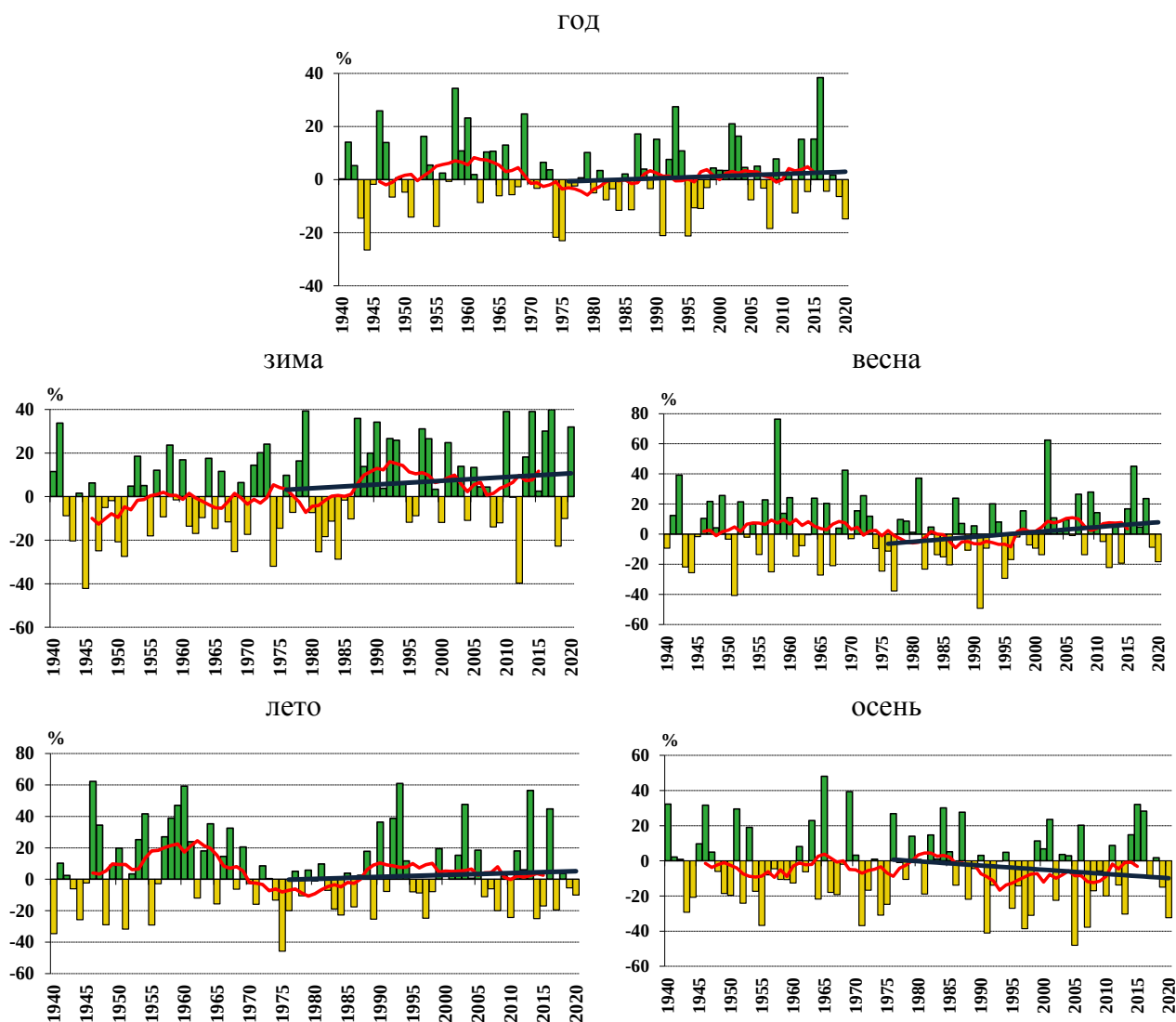


Рисунок 3.6 – Временные ряды аномалий годовых и сезонных сумм осадков (%) пространственно осредненных по территории Казахстана за период 1941 – 2020 гг. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961 – 1990 гг. Линейный тренд за период 1976 – 2020 гг. выделен черным цветом. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением

Весной на территории большинства областей тенденции в количестве осадков положительные. В среднем по Казахстану осадки увеличиваются на 2,8 мм/10 лет. На западе (Западно-Казахстанская, Атырауская области), севере (Костанайская, Северо-Казахстанская и Павлодарская области) республики осадки увеличиваются с наибольшей скоростью (3,8 - 8,6 мм/10 лет при коэффициенте детерминации 7-22 %). Наибольший вклад в увеличение осадков весеннего сезона приходится на март месяц, когда устойчивые статистически значимые тренды наблюдаются практически на всей территории Казахстана.

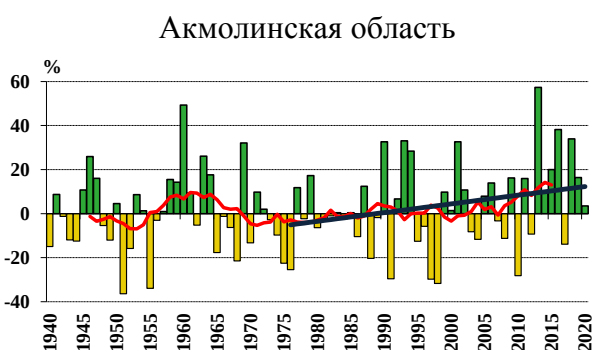
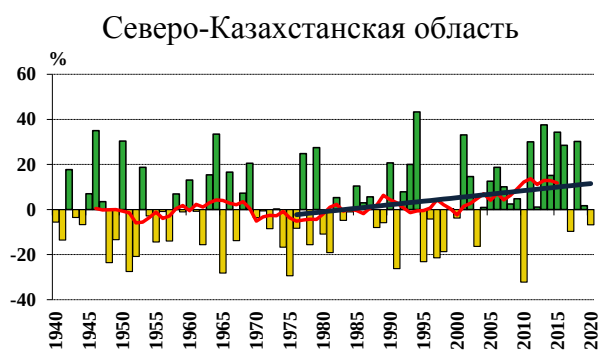
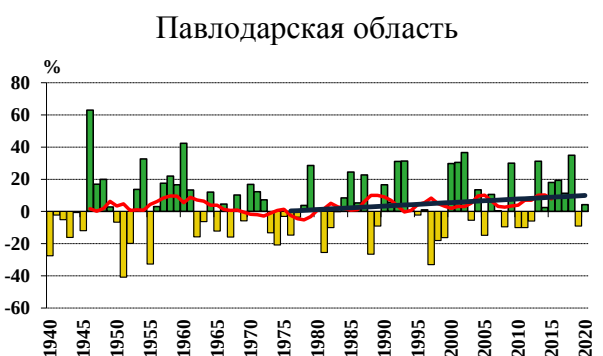
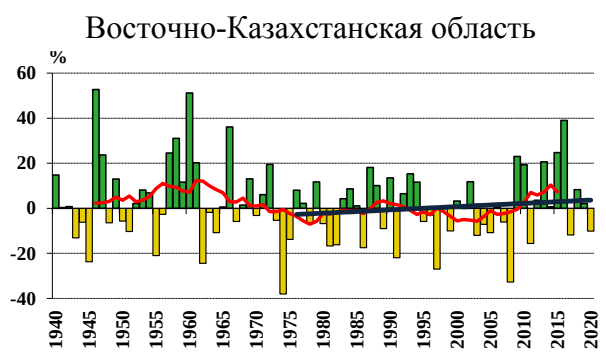
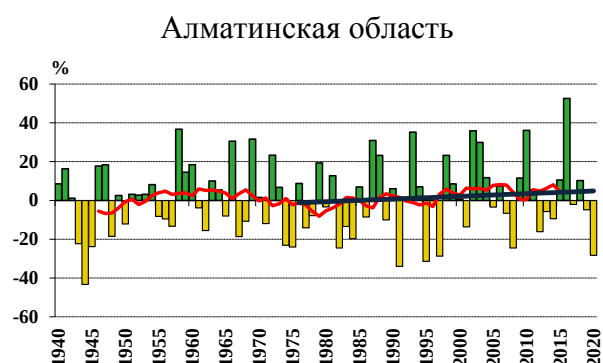
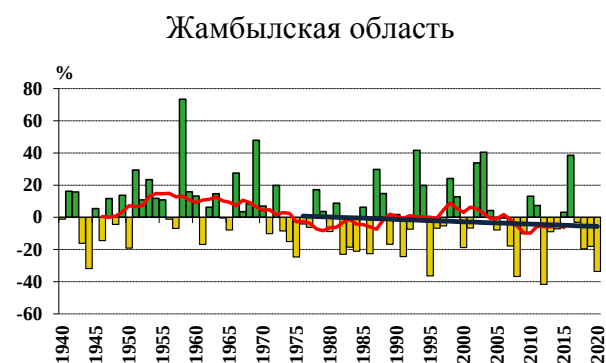
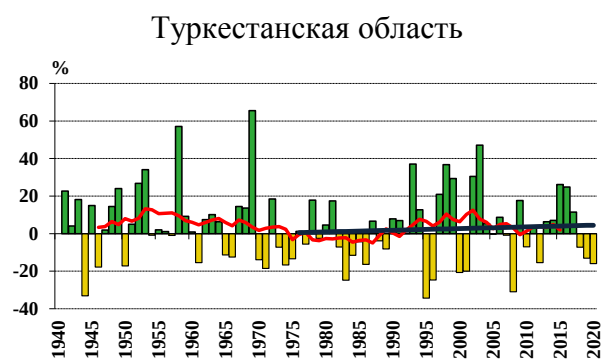
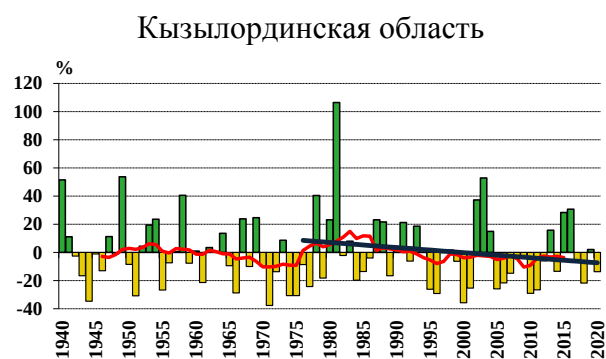


Рисунок 3.7 – Временные ряды аномалий годовых сумм осадков (%) за период 1941 - 2020 гг., пространственно осредненных по областям Казахстана. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961 – 1990 гг. Линейный тренд за период 1976 – 2020 гг. выделен черным цветом. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Лист 1

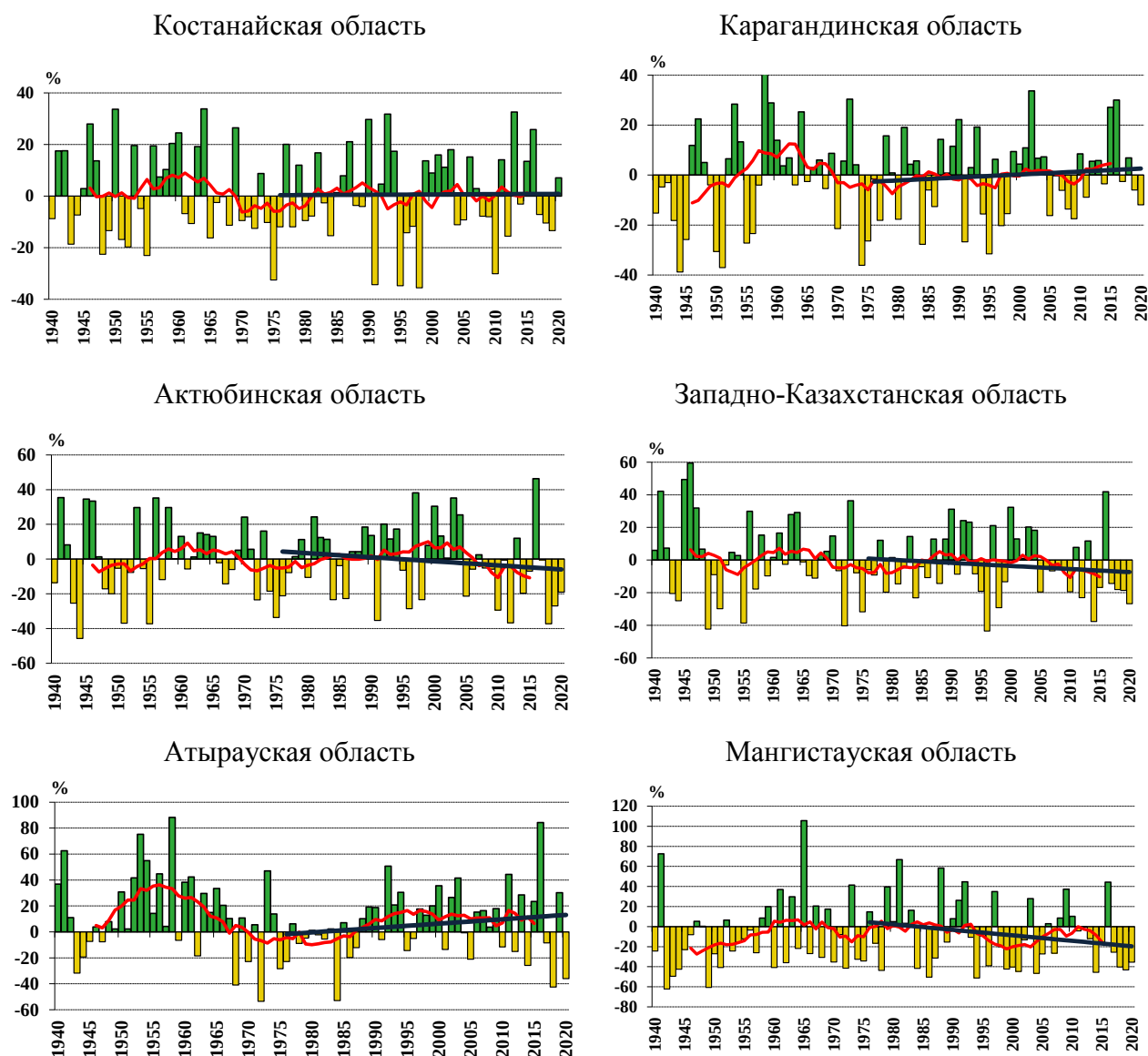


Рисунок 3.7 – Временные ряды аномалий годовых сумм осадков (%) за период 1941 - 2020 гг., пространственно осредненных по областям Казахстана. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961 – 1990 гг. Линейный тренд за период 1976 – 2020 гг. выделен черным цветом. Сглаженная кривая получена 11 летним скользящим осреднением. Лист 2

Летом среднее по Казахстану количество осадков незначительно увеличивалось – на 1,1 мм/10 лет. В западных регионах Казахстана (Атырауская, Западно-Казахстанская, Актыубинская области) осадки уменьшались на 2,3–4,6 мм/10 лет. Все полученные оценки тенденций в средних по территории областей количества осадков летнего сезона статистически незначимы, за исключением Карагандиской области, где значимое увеличение атмосферных осадков составило 4,4 мм/10 лет.

Осенью на территории большинства областей тенденции в количестве осадков отрицательные, в среднем по Казахстану тенденция составила минус 1,9 мм/10 лет. Наиболее значительные темпы уменьшения осадков отмечаются в Актыубинской,

Костанайской, Мангистауской и Кызылординской областях (3,1–5,1 мм/10 лет с коэффициентом детерминации 7–13 %).

Таблица 3.7 – Характеристики линейного тренда аномалии сезонных и годовых сумм атмосферных осадков (мм/10 лет, %/10 лет), осредненных по территории Казахстана и его областей за период 1976–2020 гг. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961–1990 гг.

Регион/область	Ед. изм.	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
		*а	**R ²	а	R ²	а	R ²	а	R ²	а	R ²
Казахстан	мм	2,6	1	1,1	1	2,8	4	1,1	1	-1,9	2
	%	0,8		1,7		3,2		1,2		-2,4	
Алматинская	мм	6,0	1	4,0	5	1,7	0	1,7	0	-0,6	0
	%	1,4		5,8		1,1		1,5		-0,6	
Акмолинская	мм	12,8	7	4,1	9	3,3	4	5,4	2	0,3	0
	%	4,0		8,7		4,8		4,1		0,3	
Актюбинская	мм	-6,2	2	-1,2	1	4,3	4	-4,0	3	-5,1	10
	%	-2,3		-2,0		6,7		-5,8		-7,1	
Атырауская	мм	5,1	3	2,4	5	7,4	15	-2,3	2	-2,0	2
	%	3,4		7,6		19,5		-5,6		-4,9	
Восточно-Казахстанская	мм	4,9	2	0,9	0	1,7	1	3,3	3	-0,5	0
	%	1,5		1,4		2,2		3,2		-0,6	
Жамбылская	мм	-4,5	1	0,4	0	-3,0	1	1,8	1	-2,9	2
	%	-1,5		0,6		-2,5		4,8		-3,9	
Западно-Казахстанская	мм	-5,3	2	-2,7	5	5,0	9	-4,6	4	-2,8	2
	%	-1,9		-4,1		8,6		-5,8		-3,5	
Карагандинская	мм	2,9	1	0,3	0	0,7	0	4,4	5	-2,1	2
	%	1,2		0,5		1,0		6,2		-3,5	
Костанайская	мм	0,3	0	-1,0	1	6,6	19	-0,9	0	-4,0	7
	%	0,1		-2,0		11,0		-0,9		-5,4	
Кызылординская	мм	-5,1	3	0,5	0	-0,6	0	-0,7	0	-3,8	13
	%	-3,6		1,1		-1,2		-3,6		-11,5	
Мангистауская	мм	-7,8	5	2,3	5	-5,6	8	-0,9	0	-3,1	5
	%	-5,5		9,7		-12,0		-2,7		-8,4	
Павлодарская	мм	6,4	2	0,8	1	3,8	7	2,3	1	0,1	0
	%	2,2		1,7		6,9		1,9		0,2	
Северо-Казахстанская	мм	11,0	5	1,5	1	8,6	22	1,7	0	-0,4	0
	%	3,1		3,2		13,1		1,1		-0,4	
Туркестанская	мм	3,9	0	3,1	1	2,7	0	1,5	1	-2,4	1
	%	0,9		2,1		1,6		6,0		-2,5	

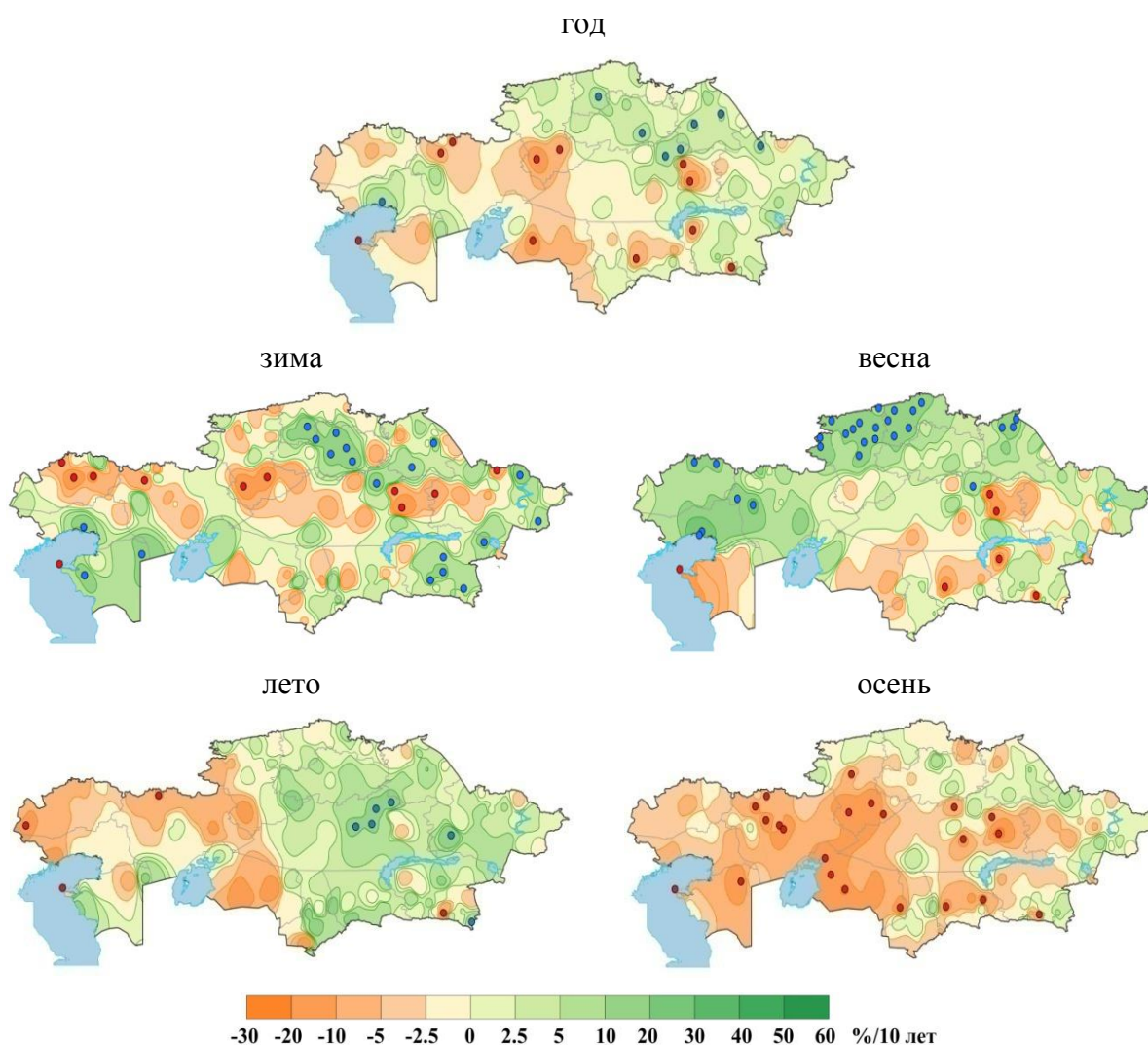
* а – коэффициент линейного тренда, %/10лет, мм/10 лет;

** R² – коэффициент детерминации, %

*** - статистически значимые тенденции выделены жирным шрифтом

Более детальную информацию о характере изменения режима осадков в Казахстане дает пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда годовых, сезонных и месячных сумм осадков (%/10 лет), рассчитанных за период 1976 – 2020 гг. и представленных на рисунках 3.8 и 3.9.

По территории республики наблюдается пятнистость в распределении знака изменения годового и сезонного количества осадков (рисунок 3.8).



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

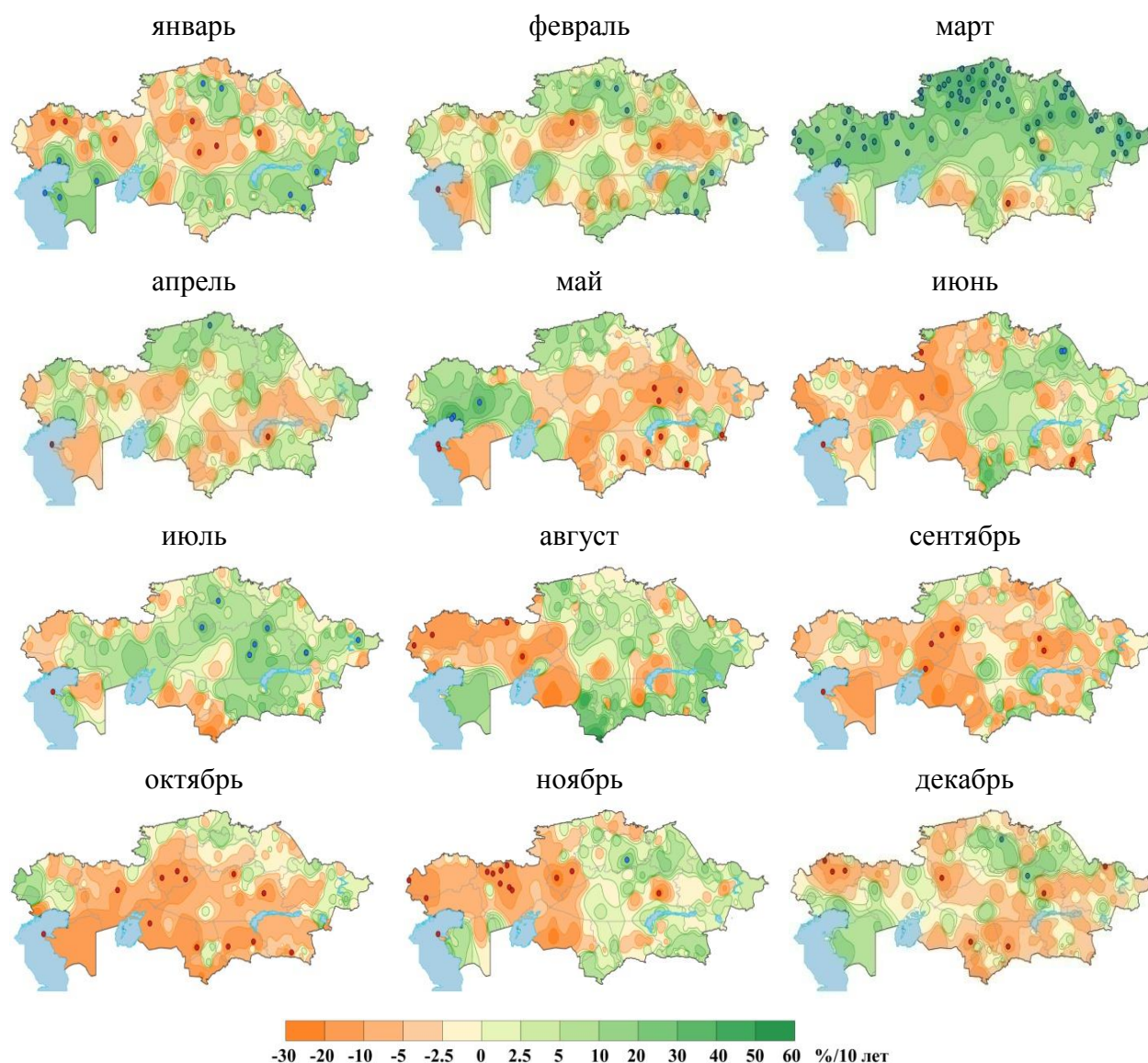
Рисунок 3.8 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда годовых и сезонных сумм осадков (%/10 лет), рассчитанных за период 1976 – 2020 гг.

Тренды *годового* количества осадков на большей территории Казахстана были, как положительные, так и отрицательные, но, в основном, незначимы. Устойчивое увеличение количества осадков прослеживается на некоторых метеостанциях северо-востока республики (5 – 10 %/10 лет). Статистически значимое уменьшение количества осадков (7 – 22 %/10 лет) отмечено в некоторых районах северо-запада, юга и центральной части Казахстана.

Устойчивые положительные тенденции в *зимний* период от 7 до 20 %/10 лет наблюдаются местами в Атырауской, Мангистауской областях, в северных, юго-восточных и восточных регионах (8–15 %/10 лет). На северо-западе и в центральной части территории республики уменьшение количества осадков составляет 10–19 %/10 лет.

Весной положительные статистически значимые тренды (9 – 21 %/10 лет) отмечены, в основном, на западе и северо-западе республики. Более быстрыми темпами (на 4 - 22 %/10 лет) осадки увеличиваются в марте.

В **летний** период в западном регионе республики отрицательные тенденции количества осадков составили 1 – 12 %/10 лет, но тренды в основном незначимы, за исключением МС Урда (Западно-Казахстанская область), Родниковка (Актюбинская область) и Кулалы остров (Мангистауская область), где значимое уменьшение количества осадков составило 12 - 20 % /10 лет. На МС Баршатас Восточно-Казахстанской области, на метеостанциях Жанаарка, Жарык, Караганда и Корнеевка Карагандинской области устойчивый положительный тренд осадков летнего сезона составил 11 – 14 %/10 лет.



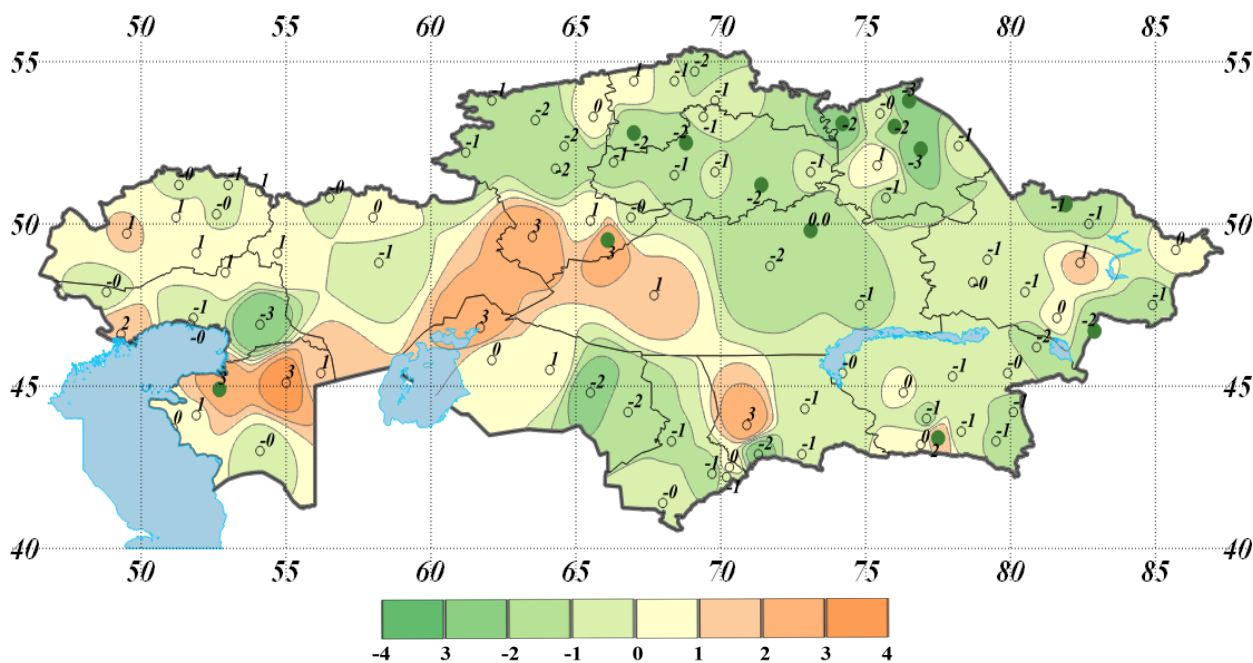
значимые положительные и отрицательные значения коэффициента линейного тренда выделены синим и красным цветом

Рисунок 3.9 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда месячного количества осадков (%/10 лет), рассчитанного за период 1976 – 2020 гг.

Для большей части территории Казахстана характерен отрицательный тренд в количестве осадков как в целом для **осеннего сезона** (местами до 25 %/10 лет, рисунок 3.8), так и для отдельных месяцев осени (рисунок 3.9). Статистически значимое уменьшение сезонного количества осадков на некоторых станциях составило 7 – 25 %/10 лет. Слабая положительная тенденция в количестве осадков осеннего сезона (1 – 6 %/10 лет) отмечается на юго-востоке, северо-востоке и центральной части республики, но тренды незначимы.

3.3 Тенденции в экстремумах атмосферных осадков

На рисунке 3.10 представлено изменение максимальной **продолжительности бездождного периода, когда суточное количество осадков составляло менее 1 мм** (индекс CDD). По территории Казахстана отмечены слабые тенденции, как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения бездождного периода на 1–3 дня/10 лет. Тренды, в основном, незначимы, за исключением некоторых станций северных и северо-восточных регионов, где зафиксировано уменьшение такого периода.

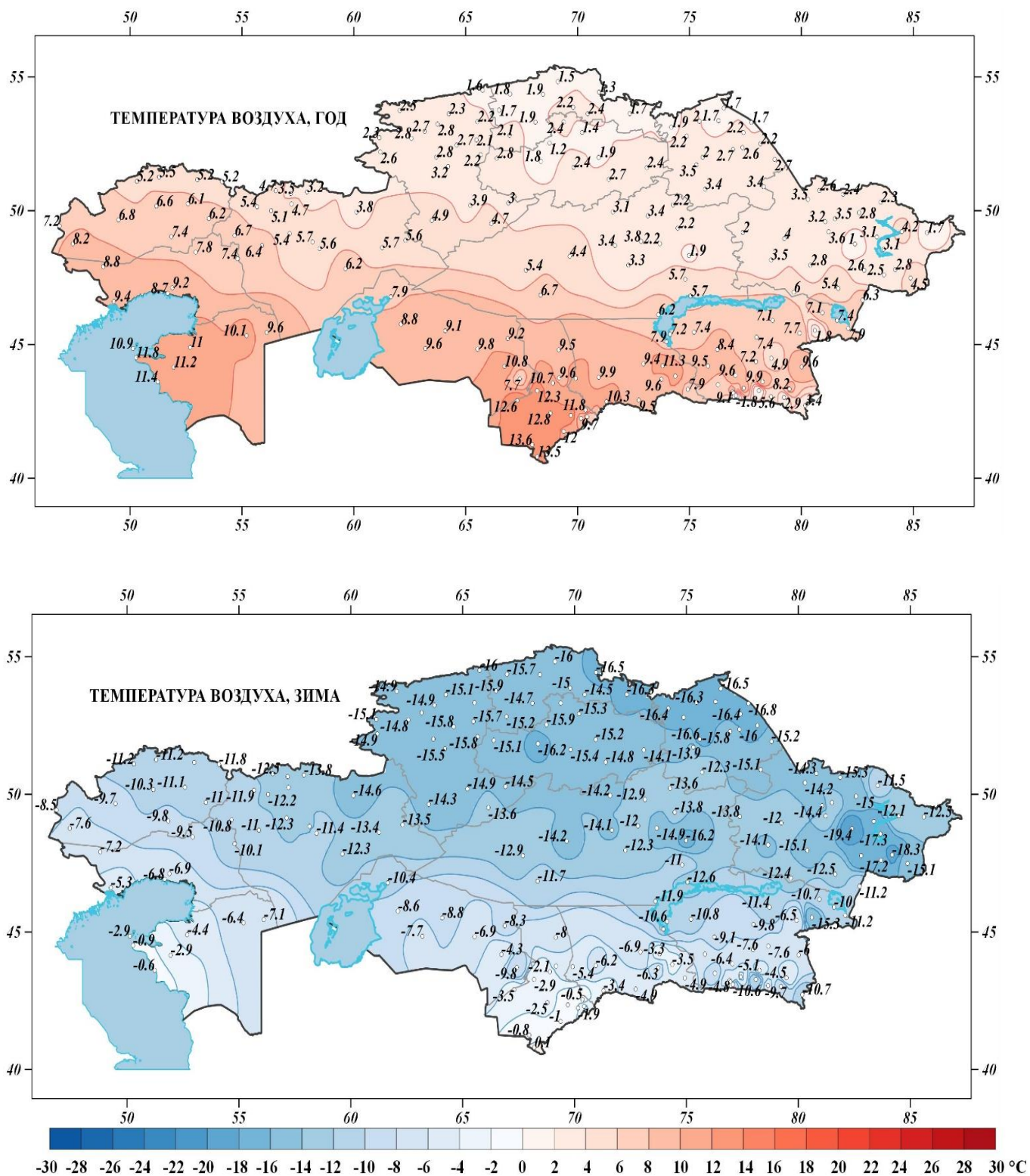


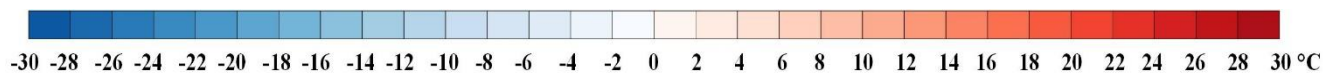
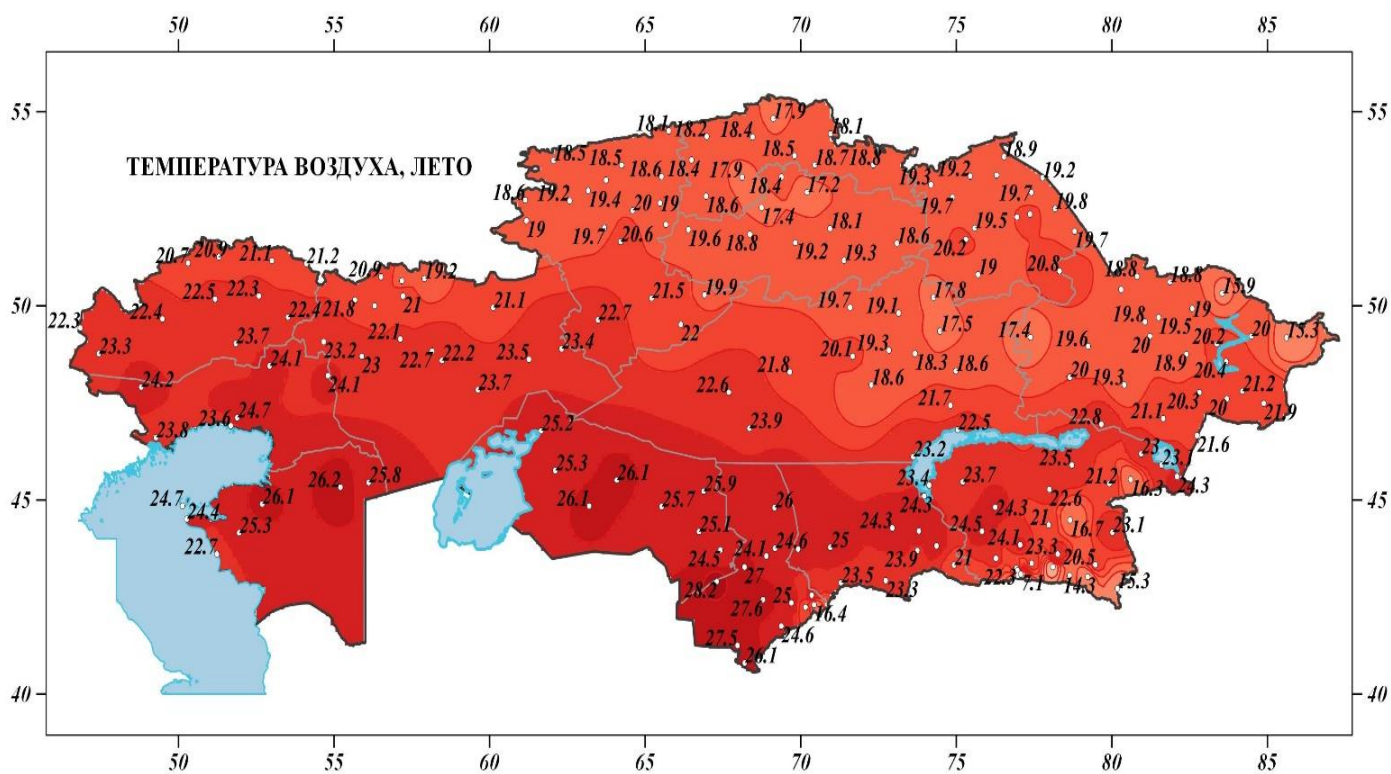
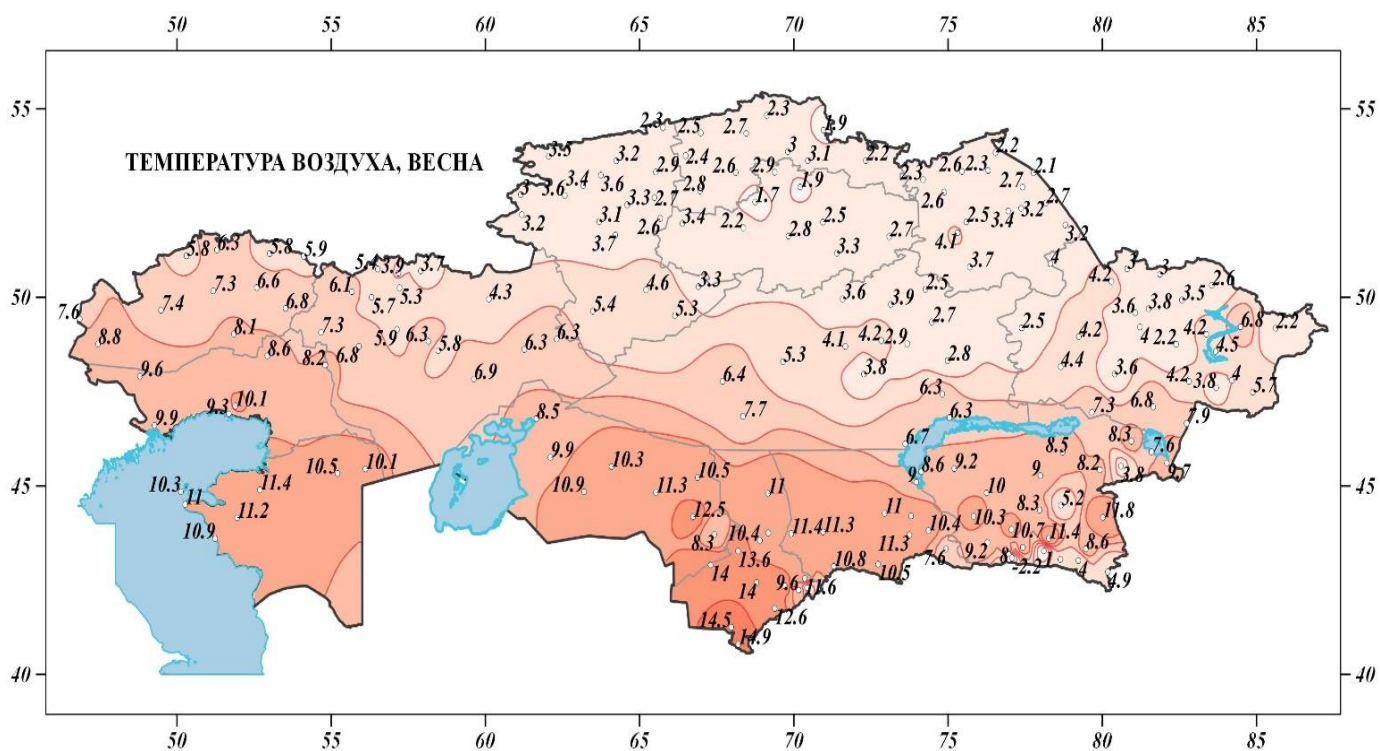
● – значимые отрицательные и положительные коэффициенты линейного тренда

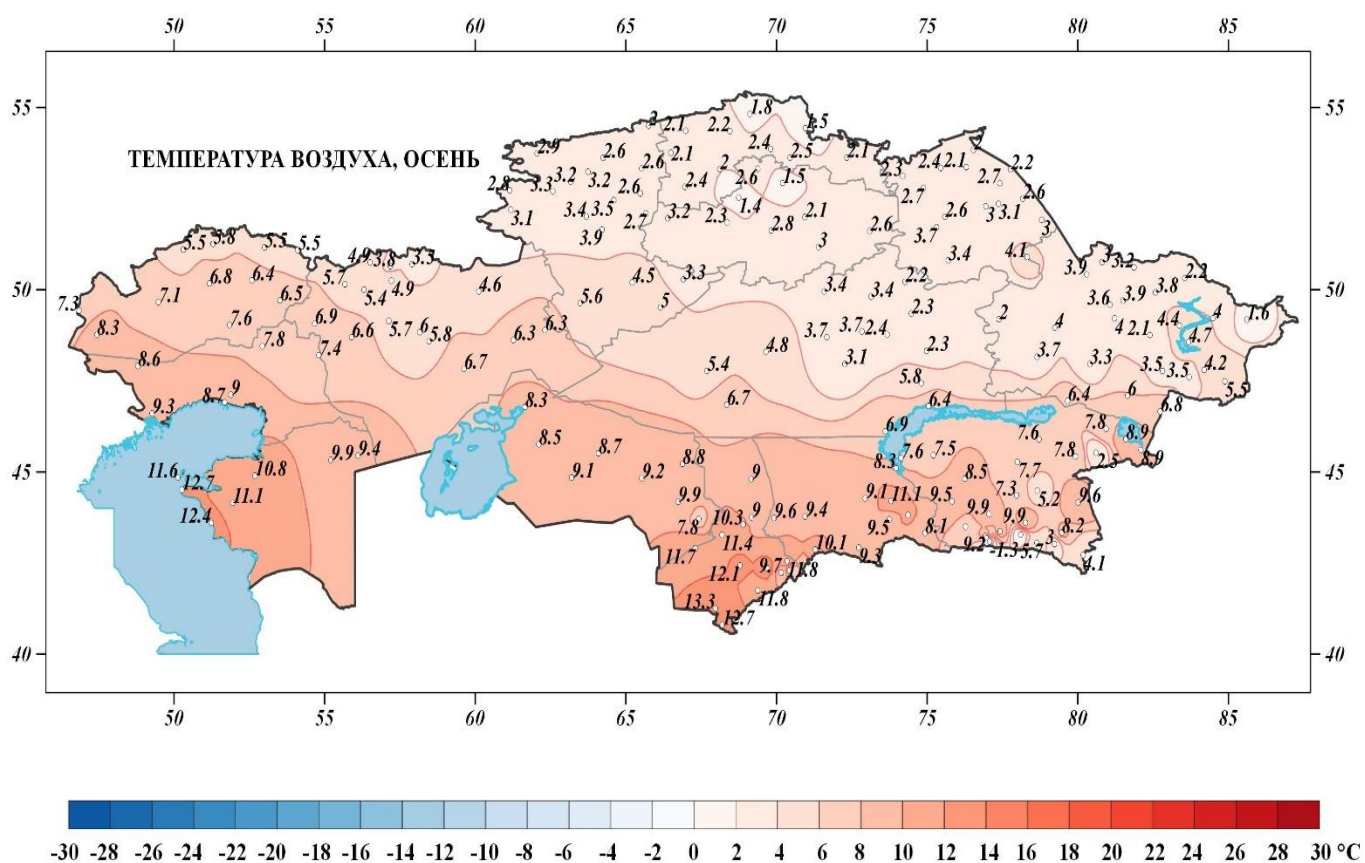
Рисунок 3.10 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда максимальной продолжительности бездождного периода (дни/10 лет), рассчитанного за период 1961 – 2020 гг. (индекс CDD)

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

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







ПРИЛОЖЕНИЕ 2

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

