

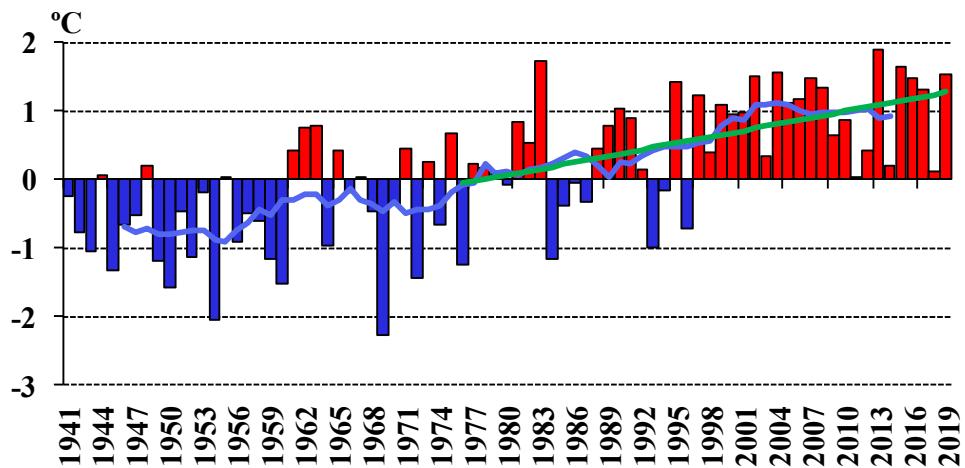


Министерство экологии, геологии и  
природных ресурсов

Республиканское государственное  
предприятие «Казгидромет»

Научно-исследовательский центр

***ЕЖЕГОДНЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ МОНИТОРИНГА  
СОСТОЯНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА  
КАЗАХСТАНА: 2019 ГОД***



Нур-Султан, 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

КРАТКОЕ РЕЗЮМЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	5
1 ОБЗОР ИЗМЕНЕНИЙ ГЛОБАЛЬНОГО КЛИМАТА И ЕГО СОСТОЯНИЯ В 2019 г.	8
2 ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА	12
2.1 Аномалии температуры воздуха в 2019 году	13
2.2 Наблюдаемые изменения температуры воздуха	29
2.3 Тенденции в экстремумах температуры приземного воздуха	37
3. АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ	43
3.1 Аномалии количества осадков в 2019 году	43
3.2 Наблюдаемые изменения количества осадков	50
3.3 Тенденции в экстремумах атмосферных осадков	56
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	59
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	61

## КРАТКОЕ РЕЗЮМЕ

### Особенности климата в 2019 году

В целом для Земного шара 2019 год вошел в десятку самых теплых лет за период инструментальных наблюдений (1850 - 2019 гг.), заняв 2-е место. Глобальная средняя температура в 2019 г. была примерно на  $1,1 \pm 0,1$  °C выше базового уровня 1850 - 1900 гг., используемого в качестве аппроксимации доиндустриальных уровней.

Среднегодовая температура воздуха 2019 г. в среднем по Казахстану была на 1,55 °C выше климатической нормы. Это пятая величина в ранжированном ряду аномалий среднегодовой температуры воздуха за период наблюдений с 1941 г. Годовая сумма атмосферных осадков в 2019 году составила 92 % нормы (294,2 мм).

Температура воздуха *зимнего сезона* (декабрь 2018 г. – февраль 2019 г.) на большей части территории республики была около нормы, средняя по Казахстану аномалия составила +1,14 °C. Экстремально тепло (вероятность превышения 96 – 99 %) было в январе в Жамбылской и Туркестанской областях. В целом по всей территории республики количество осадков составило 92 % климатической нормы или 58,1 мм. Значительный дефицит осадков (вероятность превышения 2 - 5 %) отмечен на станциях Актюбинской, Костанайской, Карагандинской и Жамбылской областей. Зима в этих районах вошла в 10 % экстремально сухих зимних сезонов. На некоторых станциях Западно-Казахстанской и Павлодарской областей были перекрыты абсолютные минимальные и максимальные сезонные значения.

*Весной 2019 года* во многих регионах республики температура воздуха была выше нормы. Средняя по Казахстану температура воздуха весеннего сезона превысила климатическую норму на +2,25 °C с вероятностью превышения 91 %. Количество осадков весеннего сезона в среднем по Казахстану составило 81,5 мм (96 % нормы, вероятность превышения 33 %). Наибольшее количество атмосферных осадков выпало в Атырауской области (236 % нормы, вероятность превышения 94 %). На двух метеостанциях Карагандинской области обновлены абсолютные максимальные и минимальные значения сезонного количества осадков.

*Летний сезон 2019 года* был относительно теплым на большей части территории Казахстана, температура воздуха в среднем по республике была на 0,97 °C выше нормы (92-й перцентиль). В южных регионах среднесезонные температуры были значительно выше нормы, в основном за счет устойчивой жаркой погоды в июле. Атмосферных осадков за летний период выпало 80,7 мм (86 % нормы, вероятность превышения 30 %). Недостаток влаги (30 - 60 % нормы, вероятность превышения 10 - 25 %) наблюдался на большей части территории республики. На МС Актогай (Карагандинская область) обновлен абсолютный минимум количества осадков летнего сезона.

Температура воздуха *осеннего сезона* в среднем по Казахстану превысила климатическую норму на 0,26 °C. В Актюбинской области были отмечены значительные аномалии температуры воздуха в пределах от  $-1,1$  °C до  $-1,7$  °C с вероятностью

непревышения 25 %. Атмосферных осадков за весь осенний сезон выпало 65,6 мм (82 % нормы, вероятность непревышения 32 %). Наиболее влажно было в северных регионах. Экстремально сухо зафиксировано в Туркестанской и Западно-Казахстанской областях (вероятность непревышения 1 - 2 %). На некоторых станциях Акмолинской, Костанайской, Западно-Казахстанской и Жамбылской областей были перекрыты абсолютные минимальные и максимальные сезонные значения.

### **Изменение климата в Казахстане в период 1976 – 2019 гг.**

В среднем по территории Казахстана за период 1976 - 2019 гг. повышение среднегодовой температуры воздуха составляет 0,31 °С каждые 10 лет. Наибольшие темпы роста наблюдаются в весенний период (0,60 °С/10 лет), наименьшие – в зимний (0,11 °С/10 лет). Все полученные тренды температуры воздуха, кроме зимнего сезона, статистически значимые. Также, в период 1976 - 2019 гг. наблюдается тенденция к увеличению годового количества атмосферных осадков на 4,3 мм/10 лет. Во все сезоны, за исключением осени, количество атмосферных осадков увеличивается на 1,9 - 3,2 мм/10 лет. Статистически значимое изменение количества осадков отмечено только весной.

Анализ тенденций в экстремумах температуры приземного воздуха и количества атмосферных осадков показал, что за период 1961 - 2019 гг.:

- прослеживается устойчивое увеличение количества дней с температурами выше 35 °С и ночей с температурами выше 20 °С, особенно заметное на юге, юго-западе и западе республики;
- повсеместно происходит увеличение общей продолжительности волн тепла и сокращение общей продолжительности волн холода;
- повсеместно наблюдается устойчивое увеличение количества дней со среднесуточной температурой выше 10 °С;
- на западе, севере и юге республики сокращается количество дней с дневными морозами, когда суточный максимум температуры воздуха ниже 0 °С;
- во многих регионах существенно сокращается количество дней с сильными морозами, когда суточный минимум температуры воздуха ниже минус 20 °С;
- наблюдается сокращение дефицита тепла в холодный период года и увеличение дефицита холода в теплый период, особенно на юго-западе и западе республики;
- на большей части территории Казахстана наблюдается уменьшение максимальных в году значений суточного количества осадков;
- доля экстремального количества осадков в годовой сумме осадков меняется, в основном, незначительно;
- наблюдаются слабые статистически незначимые как положительные, так и отрицательные тенденции максимальной продолжительности бездождного периода.

## 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 2019 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 использовались данные Республиканского гидрометеорологического фонда РГП «Казгидромет»:

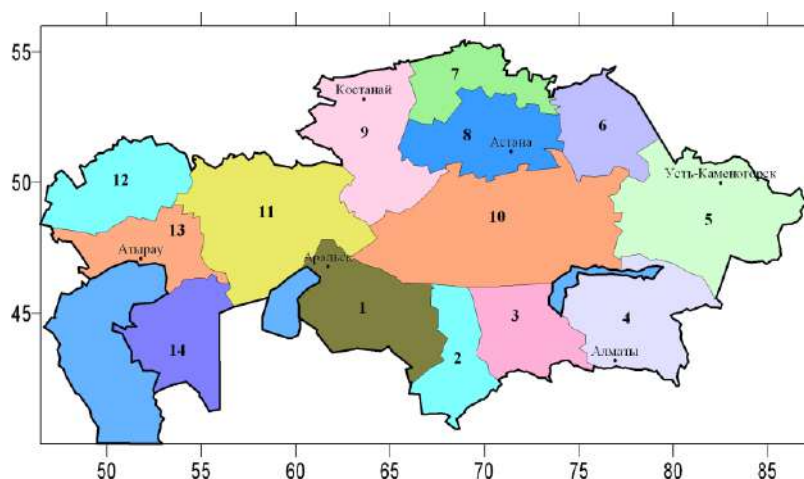
1) ряды среднемесячных температур воздуха и месячных сумм осадков с 1941 г., при этом данные более 200 метеостанций были использованы для оценки климатических норм за период 1961 - 1990 гг. и более 190 метеостанций для оценки тенденций;

2) ряды суточных максимальных и минимальных температур воздуха и суточного количества осадков с 1961 г. (более 90 метеостанций).

**Основные подходы и методы.** Под «нормой» в бюллетене понимается среднесезонное значение рассматриваемой климатической переменной за период 1961 - 1990 гг. Аномалии температуры рассчитываются как отклонения наблюдаемого значения от нормы. Аномалии количества осадков принято рассматривать как в отклонениях от нормы (аналогично температуре воздуха), так и в процентах от нормы. Вероятность неперевышения характеризует частоту (в %) появления соответствующего значения аномалии в ряду наблюдений.

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 для 14-ти областей Казахстана. Средние для территории величины аномалий метеорологических переменных рассчитаны путем осреднения станционных данных об аномалиях. Границы областей представлены на карте-схеме ниже.



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

#### Схема административно-территориального деления Республики Казахстан

Для оценки экстремальности температурного режима и режима осадков в 2019 г. и ее изменения в период с 1961 г. использовались 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 процентилю 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), ведущий научный сотрудник Монкаева Г.Е. (климатические индексы в разделах 2 и 3), ведущий научный сотрудник Курманова М.С. (раздел 2) и старший научный сотрудник Белдеубаев Е.Е. (построение карт).

## **1 ОБЗОР ИЗМЕНЕНИЙ ГЛОБАЛЬНОГО КЛИМАТА И ЕГО СОСТОЯНИЯ В 2019 г.**

Более 25 лет Всемирная метеорологическая организация (ВМО) публикует ежегодное Заявление о состоянии глобального климата, чтобы предоставить авторитетную научную информацию о глобальном климате и значительных погодных и климатических явлениях, происходящих во всем мире. Эти публикации дополняют оценочные доклады, выпускаемые Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК) каждые шесть - семь лет.

Всемирная метеорологическая организация будет продолжать пристально следить за изменчивостью и изменением климата и их последствиями. В настоящее время создается информационный портал, позволяющий отслеживать показатели состояния климата.

Кратко о состоянии глобального климата в 2019 г.:

- глобальная средняя температура в 2019 г. была на  $1,1 \pm 0,1$  °C выше доиндустриальных уровней;
- глобальная молярная доля парниковых газов в атмосфере достигла рекордных уровней;
- в 2019 г. как в Арктике, так и в Антарктике наблюдалась низкая протяженность морского льда;
- теплосодержание океана, который поглощает около 90 % тепла, удерживаемого в системе Земля в ходе роста концентрации парниковых газов, снова достигло рекордно высокого уровня в 2019 г.;
- в 2019 г. глобальный средний уровень моря достиг своего наивысшего значения с момента начала высокоточных альтиметрических наблюдений, то есть с января 1993 г.

Глобальная средняя температура в 2019 г. была примерно на  $1,1 \pm 0,1$  °C выше базового уровня 1850 - 1900 гг., используемого в качестве аппроксимации доиндустриальных уровней. 2019 г. стал вторым самым теплым годом в истории наблюдений. Оценка ВМО основана на пяти глобальных наборах данных о температуре (рисунок 1.1), при этом, согласно четырем из пяти глобальных наборов данных о температуре, 2019 г. стал вторым самым теплым, а одному – третьим. Разброс значений в пяти оценках составляет от 1,05 °C до 1,18 °C. Обновленные данные за 2019 г. согласуются с продолжающимся потеплением в диапазоне 0,1 — 0,3 °C за десятилетие.

Предварительные результаты за 2019 г., основанные на подгруппе ледников, показывают, что 2018/2019 гидрологический год стал тридцать вторым годом подряд с отрицательным балансом массы, и потеря льда превысила 1 м водного эквивалента. Восемь из десяти лет с самым высоким отрицательным балансом массы пришлось на период с 2010 г. Суммарная убыль льда с 1970 г. составляет более 23 м водного эквивалента.



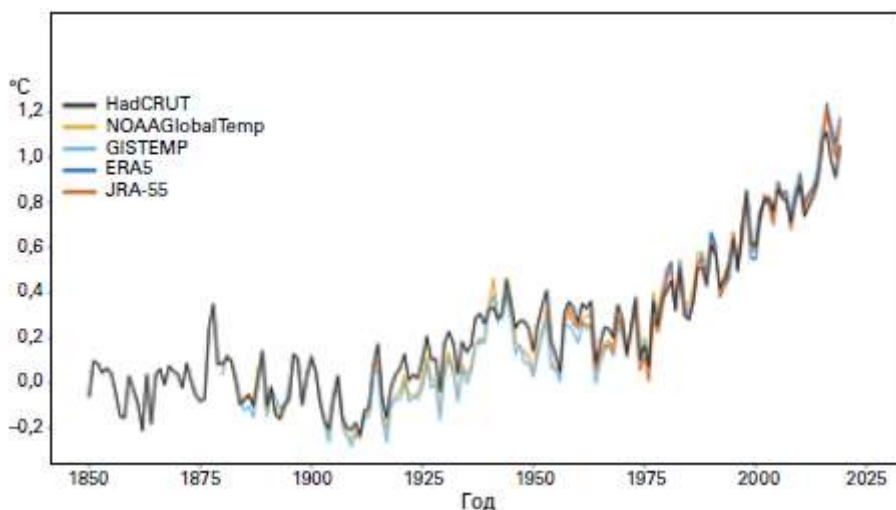


Рисунок 1.1 - Аномалии глобальной средней температуры по сравнению с базовым периодом 1850-1990 гг. в рамках пяти глобальных наборов данных. *Источник: Центр им. Гадлея Метеобюро СК.*

В 2019 г. вновь наблюдались многочисленные масштабные волны тепла. Среди наиболее значительных были две волны тепла, которые затронули Европу в конце июня и конце июля. Первая из них достигла максимальной интенсивности на юге Франции, где 28 июня в Верарге (департамент Эро) был установлен национальный рекорд в 46,0 °С (на 1,9 °С выше предыдущего рекорда). Она также затронула большую часть Западной Европы. Вторая волна тепла была более обширной: национальные рекорды были установлены в Германии (42,6 °С), Нидерландах (40,7 °С), Бельгии (41,8 °С), Люксембурге (40,8 °С) и Соединенном Королевстве (38,7 °С). Жара также распространилась на страны Северной Европы, где в Хельсинки 28 июля была зарегистрирована самая высокая температура в истории наблюдений (33,2 °С). На некоторых станциях с длинным рядом наблюдений рекорды были превышены на 2 °С и более, в частности, в Париже, где главная обсерватории Монсури зафиксировала 25 июля 42,6 °С, что на 2,2 °С выше предыдущего рекорда, установленного в 1947 г., и в Юкле (близ Брюсселя), где температура 39,7 °С на 3,1 °С превысила предыдущий максимум. На 2019 г. в общей сложности пришлось семь самых жарких дней за историю наблюдений в Австралии. Считается, что Рио-Гранде (Аргентина, 53,8° ю. ш.), где 4 февраля была зафиксирована температура 30,8 °С, стал самой южной точкой с температурой 30 °С.

Экстремально холодная погода стояла реже, чем экстремальная жара, что представляется логичным в свете глобально теплого года и согласуется с общей тенденцией к потеплению. В 2019 г. одним из районов с температурами ниже средних оказалась Северная Америка. Самое значительное похолодание за год пришло в конце зимы в центральную часть Северной Америки. Оно началось с сильной волны холода на Среднем Западе США в конце января, когда был поставлен рекорд штата Иллинойс, -38,9 °С в Маунт Кэрролл 31 января, вслед за чем в феврале и начале марта наступили затянувшиеся холода в западных внутриконтинентальных районах по обе стороны границы между США и Канадой. Средняя февральская температура в некоторых местах оказалась ниже нормы более чем на 15 °С, включая Грейт-Фоллс (штат Монтана), где среднемесячная температура была на 15,3 °С ниже нормы и более чем на 5 °С ниже предыдущего рекорда. Февраль

также оказался самым холодным месяцем за историю наблюдений для нескольких регионов западной Канады, включая Ванкувер.

При температуре близкой к средней или выше средней крайне обильные зимние осадки и осадки в начале весны привели к образованию необычайно плотного снежного покрова во многих частях Европейских Альп. С 4 по 15 января в отдельных районах Австрийских Альп выпало более 300 см снега, в то время как весенние снегопады привели к рекордной для 1 июня высоте снежного покрова, 270 см, в районе Вайсфлухйоха (Швейцария, высота 2540 м), хотя в результате очень жаркой погоды в июне снег растаял к началу июля, близко к нормальному началу бесснежного периода. Обильные снегопады сопровождались многочисленными лавинами по всему региону.

Наводнения регулярно происходили во время летнего сезона муссонов в Индии, особенно в ее западной и северной частях, а также в соседних странах. Исламская Республика Иран серьезно пострадала от наводнения в конце марта – начале апреля, причем в наибольшей степени пострадал район Шираз. Суточное количество осадков во время этого явления достигало 188 мм. Сообщалось о гибели по меньшей мере 76 человек, а также о масштабных экономических потерях. В конце января и начале февраля тропический циклон привел к выпадению экстремальных осадков и связанным с ними наводнениям на севере штата Квинсленд (Австралия). Наводнение и связанная с ним необычно прохладная погода привели здесь к большим потерям поголовья домашнего скота. Общие экономические потери составили, по оценкам, порядка 2 млрд долларов США. В конце 2018 г. и в первой половине 2019 г. от затяжных проливных дождей пострадала значительная часть центральных районов Соединенных Штатов Америки. Количество годовых осадков, усредненное по континентальной части США, за период с июля 2018 г. по июнь 2019 г. (962 мм) было самым большим за историю наблюдений. В 2019 г. общий экономический ущерб от наводнений в США оценивался в 20 млрд. долл. США, при этом особенно острые эпизоды наблюдались на реке Миссури в марте и на реке Арканзас в конце мая – начале июня. В январе в некоторых частях Южной Америки сложились крайне влажные условия. Северные районы Аргентины, Уругвай и южная часть Бразилии пострадали от крупного наводнения; потери в Аргентине и Уругвае оценивались в 2,5 млрд долл. США.

Необычно засушливые условия в сравнении с долгосрочными средними значениями наблюдались в 2019 г. в Австралии, западной Индонезии и близлежащих странах. Кроме того, на юге Африки, в Центральной Америке и в некоторых районах Южной Америки выпало аномально мало осадков. Обширные зоны с необычно большим количеством осадков наблюдались в центральных районах США, на севере Канады, в северной части России, в Юго Западной Азии, на севере Китая и в восточной части Африки.

В 2019 г. засуха затронула многие районы юго-восточной Азии и юго-западной части Тихого океана. Исключительно сухие условия преобладали с середины года в Индонезии и соседних странах, в Сингапуре рекордно сухой период стоял с июля по сентябрь. Количество осадков в китайской провинции Юньнань в период с апреля по июль стало наименьшим с 1961 г. Длительная засуха, которая в 2017 и 2018 годах установилась во

многих частях внутриматериковой восточной Австралии, расширилась и усилилась в 2019 г., особенно во второй его половине, когда отмечались самые сухие за историю наблюдений весна (ноябрь и декабрь).

## 2 ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА

В среднем по Казахстану среднегодовая аномалия температуры воздуха составила +1,55 °С относительно среднего многолетнего значения за период 1961 - 1990 гг. (5,74 °С) и была на 1,44 °С выше, чем в 2018 году. Среднее годовое значение температуры воздуха за последнее десятилетие 2010 - 2019 гг. составило +6,69 °С и превысило климатическую норму на 0,95 °С, это вторая по величине положительная декадная аномалия после рекордно теплого десятилетия 2000-2009 гг. Самым теплым десятилетним периодом на территории Казахстана с аномалией +1,11 °С является период 2000-2009 гг.

В таблице 2.1 представлены ранги десяти самых теплых лет в среднем по Земному шару (по данным наземной сети) и по Казахстану. Цветом выделены года, попавшие в оба списка самых теплых лет. Четыре самых тёплых года в Казахстане вошли в список десяти самых тёплых лет для Земного шара, 2019 год вошел в этот список.

На рисунке 2.1 представлен ранжированный ряд среднегодовых аномалий температур приземного воздуха, осреднённых по данным 124 метеостанций Казахстана за период с 1941 г. по настоящее время. 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 второе место в ранге самых теплых лет, и 1995 г., который также вошел в десятку самых теплых лет. Самым теплым годом остается 2013 г. с аномалией 1,89 °С.

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

Ранг	Земной шар	Казахстан	Аномалия среднегодовой температуры (январь-декабрь), осредненная по территории Казахстана, °С
1	2016	2013	1,89
2	2019	1983	1,72
3	2017	2015	1,66
4	2015	2004	1,56
5	2018	2019	1,55
6	2014	2002	1,51
7	2010	2007	1,49
8	2005	2016	1,49
9	2013	1995	1,43
10	2006	2008	1,35

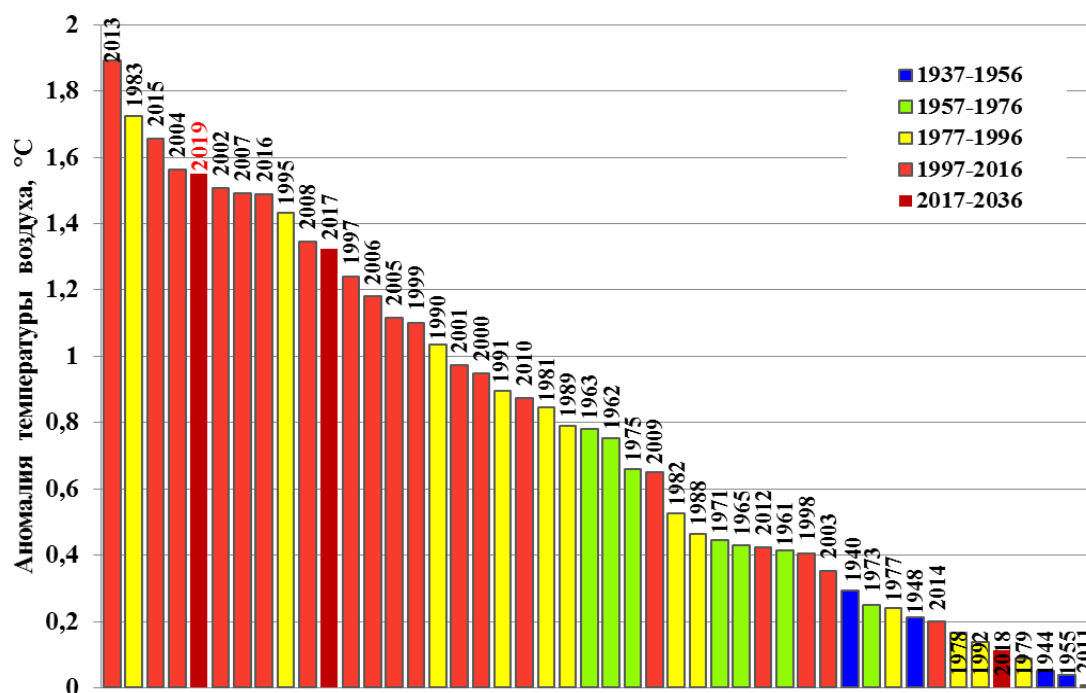


Рисунок 2.1 – Ранжированный ряд из 46 наиболее крупных положительных аномалий среднегодовых (январь-декабрь) температур приземного воздуха, осреднённых по территории Казахстана (по данным 124 метеостанций) за период 1941 - 2019 гг. Нормы рассчитаны относительно базового периода 1961 - 1990 гг.

## 2.1 Аномалии температуры воздуха в 2019 г.

В 2019 г. средняя по территории Республики аномалия температуры приземного воздуха. (январь-декабрь) заняла 5-е место в ранжированном по убыванию ряду аномалий с 1941 года (таблица 2.1).

В таблице 2.2 представлены осредненные по областям и по Казахстану в целом средние годовые и сезонные аномалии температуры воздуха, в таблице 2.3 – аномалии средней месячной температуры воздуха, наблюдавшиеся в 2019 г. Для каждого значения аномалии приведены вероятности их непревышения, рассчитанные по данным за период с 1941 г., а также среднеквадратическое отклонение за 1961 - 1990 гг. (таблица 2.2). В таблицах 2.2 и 2.3 значения температуры выше 95-го или ниже 5-го перцентиля (экстремумы соответственно высоких и низких температур) выделены жирным шрифтом и ярким цветом.

На большей части территории страны средние за год аномалии температуры воздуха были положительными (таблица 2.2; рисунок 2.2). Значительные положительные аномалии температуры воздуха в пределах 1,13 - 1,58 °С, вероятность непревышения которых была более 75 %, наблюдались во всех областях Казахстана. Очаги экстремально положительных аномалий (96 – 100 %) температуры воздуха прослеживались в южных и юго-западных регионах республики. Районы с отрицательными среднегодовыми аномалиями температуры воздуха не наблюдались. Средняя за год температура воздуха, осредненная по территории Казахстана, была значительно выше климатической нормы – на 1,55 °С, что

выше стандартного отклонения (0,85 °С). На нескольких метеостанциях юга и юго-западной части Казахстана были обновлены абсолютные максимумы среднегодовых температур воздуха. Абсолютные минимумы средней годовой температуры воздуха не были перекрыты ни на одной станции.

Температура воздуха *зимнего сезона* (декабрь 2018 г.–февраль 2019 г.) на большей части территории была близка к норме, положительные аномалии прослеживались на крайнем юге и юго-западе (рисунок 2.2). Средняя по республике аномалия температуры воздуха составила +1,14°С (таблица 2.2).

Значительные положительные аномалии температуры воздуха (выше 3 °С и с вероятностью непрывышения более 91 %), осредненные по территориям областей, наблюдались в Жамбылской и Туркестанской областях (таблица 2.2). Незначительные отрицательные аномалии средней сезонной температуры воздуха (в диапазоне от –0,90 °С до –0,08 °С) отмечались в Карагандинской, Костанайской, Павлодарской и Северо-Казахстанской областях (таблица 2.2). Внутри зимнего сезона экстремально тепло было в январе в Жамбылской и Туркестанской областях, где аномалии были выше 5 °С с вероятностью их непрывышения 97 - 98 % (таблица 2.3).

Очаги холода (вероятностью непрывышения 22 - 25 %, рисунок 2.2) наблюдались лишь на метеостанциях Карауыл (-1.7 °С) и Лениногорск (-1.6 °С) в Восточно-Казахстанской области. Очаги экстремальных положительных аномалий с вероятностью непрывышения 96 - 99 % прослеживались в Туркестанской области на станциях Арыс, Казыгурт, Туркестан, Шардара (4,9 °С, 4,4 °С, 4,1 °С соответственно) и в Жамбылской области на МС Уюк (4,3 °С). Абсолютные максимумы и минимумы температуры зимнего сезона не были обновлены.

*Весной 2019 года* во многих регионах республики температура воздуха была выше нормы и средняя по территории Казахстана аномалия температуры воздуха весеннего сезона составила +2,25 °С с вероятностью непрывышения 91 %. Отрицательные среднесезонные аномалии температуры не прослеживались ни на одной станций (рисунок 2.2). Средние по территориям Акмолинской, Актюбинской, Атырауской, Жамбылской, Кызылординской и Туркестанской областей аномалии температуры воздуха были значительно выше нормы – на 2,19 - 3,02 °С (таблица 2.2). Внутри весеннего сезона очаги экстремального тепла не были выявлены. В мае холодно было в Восточно-Казахстанской области (аномалия минус 1,51 °С, таблица 2.3). Исторические максимумы и минимумы средней месячной температуры воздуха среди весенних месяцев не были обновлены.

Таблица 2.2 – Регионально осредненные средние годовые (январь-декабрь) и сезонные аномалии температуры воздуха в 2019 г.:  $\nu T$  – отклонения от средних многолетних значений за 1961 - 1990 гг., °C;  $P(t \leq T_{2019})$  – вероятность неперевышения (в скобках), рассчитанная по данным за период 1941 - 2019 гг. в %;  $s$  – среднее квадратическое отклонение в °C за период 1961 - 1990 гг.

Регион/область	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	$\nu T$ (P)	s	$\nu T$ (P)	s	$\nu T$ (P)	s	$\nu T$ (P)	s	$\nu T$ (P)	s
<b>Казахстан</b>	<b>1,55(96)</b>	<b>0,85</b>	1,14(64)	2,44	2,25(91)	1,26	0,97(92)	0,64	0,26(53)	1,14
Алматинская	1,58(94)	0,77	1,37(65)	2,36	2,01(89)	0,99	<b>1,45(96)</b>	<b>0,63</b>	0,43(55)	1,07
Акмолинская	1,23(84)	1,08	0,21(48)	2,84	2,06(83)	1,84	0,16(58)	1,04	0,35(51)	1,52
Актюбинская	1,47(88)	0,94	1,40(70)	2,51	3,02(93)	1,91	0,88(75)	0,92	-0,50(34)	1,40
Атырауская	1,78(93)	0,82	2,88(82)	2,40	2,25(92)	1,55	1,26(79)	0,85	-0,07(47)	1,20
Восточно-Казахстанская	1,53(91)	1,07	0,09(48)	2,71	2,31(88)	1,51	0,73(76)	0,79	0,52(55)	1,50
Жамбылская	<b>2,08(100)</b>	<b>0,85</b>	3,33(91)	2,84	2,31(91)	0,99	<b>1,81(97)</b>	<b>0,83</b>	0,24(50)	1,16
Западно-Казахстанская	1,62(85)	1,06	1,10(61)	2,74	2,75(88)	2,01	0,72(62)	1,22	0,48(66)	1,27
Карагандинская	1,11(82)	0,90	-0,13(44)	2,56	1,42(78)	1,35	-0,86(83)	0,85	-0,11(41)	1,41
Костанайская	1,27(88)	1,06	-0,08(46)	2,76	2,41(85)	1,92	0,79(78)	1,09	0,10(48)	1,49
Кызылординская	<b>2,20(96)</b>	<b>0,90</b>	2,79(79)	2,87	3,01(91)	1,21	1,64(92)	0,93	0,03(43)	1,19
Мангистауская*	<b>1,94(96)</b>	<b>0,76</b>	2,79(86)	2,26	2,04(84)	1,25	1,97(84)	0,91	0,14(45)	1,15
Павлодарская	1,13(80)	1,16	-0,90(34)	3,15	1,67(71)	1,73	-0,19(60)	0,94	0,69(55)	1,62
Северо-Казахстанская	1,11(83)	1,16	-0,19(46)	2,94	1,88(84)	1,86	-0,22(47)	1,17	0,78(60)	1,53
Туркестанская	<b>1,92(100)</b>	<b>0,79</b>	3,40(93)	2,60	2,19(92)	0,86	<b>1,44(96)</b>	<b>0,85</b>	0,18(48)	1,10

**Примечания:** 1. для Мангистауской области оценка проводилась за период с 1960 г.;

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

Таблица 2.3 – Регионально осредненные средние месячные аномалии температуры воздуха в 2019 г.:  $\nu T$  – отклонения от средних многолетних значений за 1961 - 1990 гг., °C;  $P(t \leq T_{2019})$  - вероятность непревышения (в скобках), рассчитанная по данным за период 1961 – 1990 гг. и выражена в %

Регион/ область	12 (2018)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Казахстан</b>	-1,43 (29)	2,81 (84)	2,00 (66)	5,00 (94)	1,26 (75)	0,49 (64)	0,17 (60)	<b>1,60 (97)</b>	1,15 (76)	-0,19 (38)	<b>3,05 (96)</b>	-2,09 (28)
Алматинская	-1,10 (38)	3,20 (88)	1,89 (59)	4,49 (91)	2,04 (88)	-0,52 (34)	0,17 (50)	<b>2,27 (97)</b>	1,93 (93)	1,21 (75)	1,49 (75)	-1,41 (37)
Акмолинская	-2,43 (26)	2,00 (67)	1,07 (57)	5,01 (91)	0,82 (61)	0,36 (52)	-2,31 (11)	1,28 (85)	1,52 (75)	-0,72 (28)	<b>4,34 (96)</b>	-2,56 (28)
Актюбинская	-0,51 (46)	2,76 (75)	1,94 (62)	6,04 (92)	1,03 (66)	2,00 (84)	1,75 (76)	1,65 (85)	-0,75 (28)	-2,42 (7)	3,83 (94)	-2,89 (24)
Атырауская	0,62 (61)	3,49 (78)	4,54 (80)	4,20 (92)	0,80 (67)	1,76 (84)	3,39 (92)	0,80 (69)	-0,42 (30)	-1,14 (15)	3,33 (91)	-2,40 (25)
Восточно- Казахстанская	-3,07 (17)	2,15 (73)	1,05 (53)	5,81 (92)	2,63 (85)	-1,51 (24)	-0,76 (26)	0,54 (69)	<b>2,41 (98)</b>	1,06 (75)	2,17 (88)	-1,65 (34)
Жамбылская	0,55 (56)	<b>5,23 (97)</b>	4,08 (75)	5,22 (94)	1,25 (78)	0,45 (60)	0,58 (62)	<b>3,01 (100)</b>	1,84 (92)	0,95 (66)	1,95 (84)	-2,19 (29)
Западно- Казахстанская	-0,27 (51)	1,08 (47)	2,54 (66)	4,46 (84)	1,39 (67)	2,38 (87)	2,68 (80)	0,14 (53)	-0,67 (29)	-1,82 (11)	<b>4,26 (97)</b>	-0,98 (44)
Карагандинская	-3,13 (21)	1,26 (62)	1,44 (65)	3,66 (84)	1,05 (70)	-0,44 (37)	-1,04 (20)	1,84 (94)	1,77 (82)	-0,28 (37)	3,22 (94)	-3,26 (20)
Костанайская	-2,50 (30)	1,69 (61)	0,53 (50)	5,14 (89)	0,72 (60)	1,38 (73)	-0,68 (38)	1,94 (89)	1,12 (70)	-1,54 (12)	<b>3,86 (96)</b>	-2,02 (28)
Кызылординская	-0,89 (38)	5,20 (91)	4,05 (65)	6,48 (92)	0,83 (62)	1,71 (84)	1,45 (80)	<b>3,13 (100)</b>	0,33 (53)	-0,31 (34)	<b>3,20 (96)</b>	-2,79 (17)
Мангистауская	0,41 (59)	4,09 (88)	4,03 (83)	4,03 (89)	0,11 (47)	2,04 (86)	4,25 (94)	1,67 (83)	-0,01 (38)	-0,23 (30)	3,57 (91)	<b>-2,96 (5)</b>
Павлодарская	-4,03 (16)	0,86 (55)	0,47 (47)	4,73 (87)	0,96 (55)	-0,69 (30)	-2,62 (10)	0,58 (75)	2,61 (94)	0,10 (51)	<b>4,11 (97)</b>	-2,16 (28)
Северо- Казахстанская	-2,74 (26)	2,20 (71)	-0,01 (48)	4,65 (89)	0,18 (52)	0,82 (58)	-2,24 (11)	0,71 (78)	0,85 (65)	-0,64 (32)	<b>4,06 (96)</b>	-1,10 (39)
Туркестанская	1,17 (67)	<b>5,26 (98)</b>	3,74 (71)	4,79 (94)	0,50 (60)	1,27 (78)	0,04 (52)	<b>3,10 (100)</b>	1,18 (79)	0,35 (56)	2,58 (88)	-2,37 (24)

**Примечания:** 1. для Мангистауской области оценка проводилась за период с 1960 г.;

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.



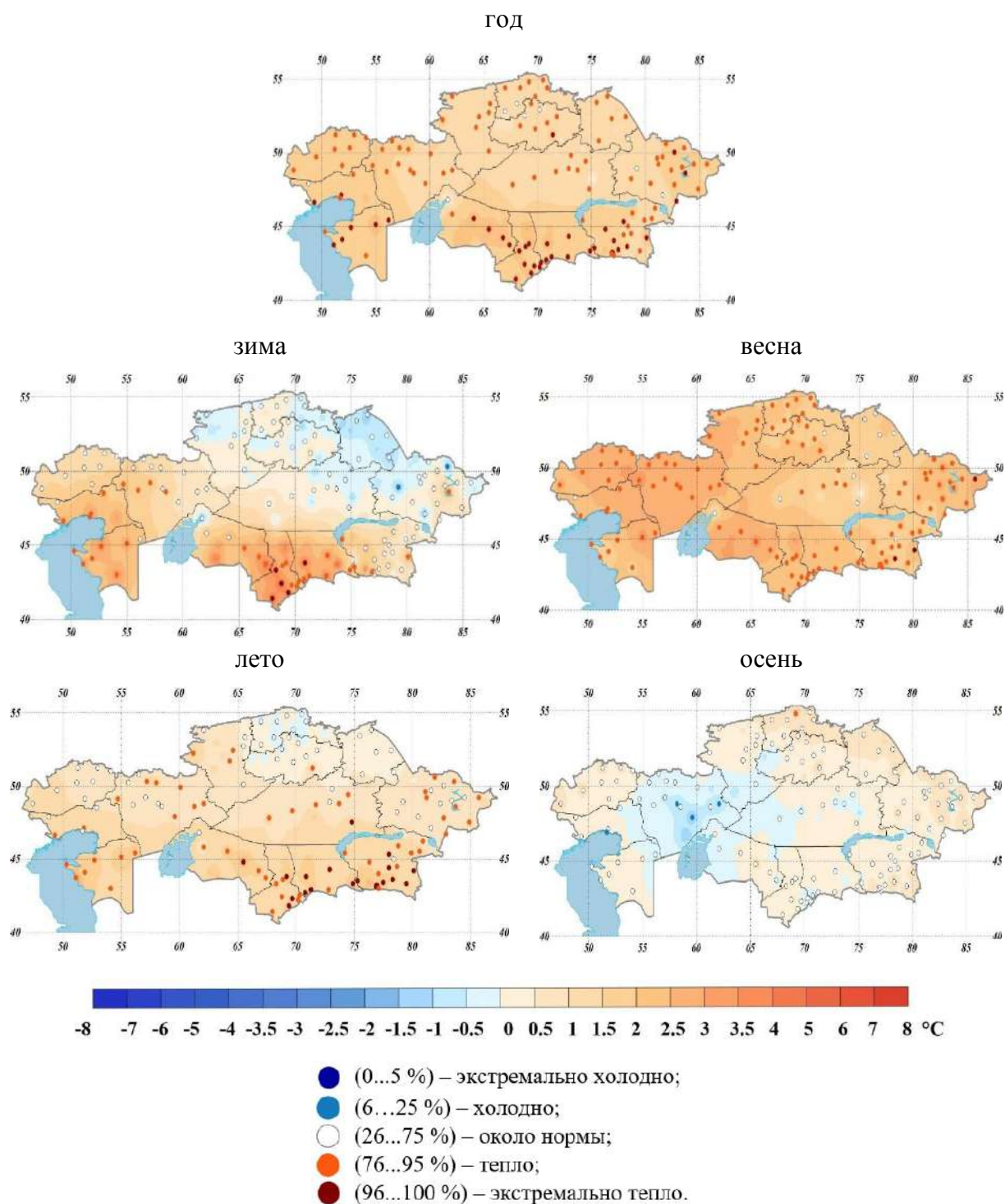


Рисунок 2.2 – Пространственное распределение аномалии температуры воздуха (°С) в 2019 г., рассчитанных относительно базового периода 1961 – 1990 гг., и вероятности непревышения значений температуры воздуха в 2019 году, рассчитанные по данным периода 1941 – 2019 гг.

*Лето 2019 года* было теплым в большинстве регионов Казахстана, в северной части страны среднесезонные температуры были около нормы (рисунок 2.2). Экстремально высокие среднесезонные температуры воздуха (вероятность непревышения 96 - 97 %) наблюдались в Алматинской, Жамбылской, Туркестанской областях (таблица 2.2). На ряде

станций, расположенных в южной половине Казахстана, были достигнуты исторические максимумы средней месячной температуры воздуха (в пределах от +24,01 °С до +32,1 °С). В результате июль в Алматинской, Жамбылской, Кызылординской, Туркестанской областях вошел в 5 % самых жарких летних месяцев (таблица 2.3). В августе были достигнуты абсолютные максимумы температуры воздуха на МС Теректы (+23,0 °С, Восточно-Казахстанская область) и Аксенгир (+25,0 °С, Алматинская область). При этом средняя по территории Восточно-Казахстанской области температура воздуха была экстремально высокой с вероятностью не превышения 98 % (таблица 2.3). Абсолютные минимумы температуры летнего сезона не были обновлены. Осредненная по территории Казахстана аномалия температуры воздуха летнего сезона 2019 года составила +0,97 °С (92-й перцентиль, таблица 2.2).

Температура воздуха *осеннего сезона* на территории страны была близка к норме, за исключением Актыубинской области, где были отмечены значительные отрицательные аномалии температуры воздуха в пределах от -1,1 °С до -1,7 °С с вероятностью менее 25 % (рисунок 2.2). Незначительные отрицательные аномалии температуры воздуха, осредненные по территориям областей наблюдались в Актыубинской (-0,50 °С), Атырауской (-0,07 °С), Карагандинской (-0,11 °С) областях (таблица 2.2). Средняя температура воздуха осеннего сезона 2019 года превысила климатическую норму на 0,26 °С. Исторические экстремумы температуры воздуха среди осенних месяцев не были обновлены ни на одной метеостанции.

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 на метеорологических станциях Казахстана за период с 1961 г. были рассчитаны следующие климатические индексы:

- TXx, максимум из суточных максимумов температуры воздуха (°С);
- TNn, минимум из суточных минимумов температуры воздуха (°С);
- DTR, суточная амплитуда температуры воздуха (°С);
- SU25, количество жарких дней с температурой выше 25 °С (дни);
- TR, или тропические ночи, количество суток, когда суточный минимум выше 20 °С (дни);
- SU35, количество жарких дней с температурой выше 35 °С (дни);
- TX90p, процент теплых дней с суточной максимальной температурой воздуха выше 90-го перцентиля;
- TN10p, процент дней, когда минимальная температура была ниже 10-го перцентиля (холодные ночи);
- WSDI, продолжительность волн тепла, или количество дней, когда, как минимум, 6 последовательных дней суточная максимальная температура воздуха была выше 90-го перцентиля (дни);

–CSDI, продолжительность волн холода, или сумма дней, когда, как минимум, 6 последовательных дней суточная минимальная температура воздуха была ниже 10-го перцентиля (дни);

–WSDI10, продолжительность волн тепла, или количество дней, когда, как минимум, 10 последовательных дней суточная максимальная температура воздуха была выше 90-го перцентиля (дни);

–GSL, продолжительность вегетационного периода или период между первой датой, когда средняя суточная температура пятидневки была  $\geq 5$  °C, и последняя дата, когда средняя суточная температура пятидневки была  $\leq 5$  °C (дни);

–TM10a, количество дней со среднесуточной температурой выше 10 °C (дни);

–GDDgrow10, сумма активных температур воздуха выше 10°C (°C);

–ID, количество суток с дневными морозами (дни);

–FDm20, количество дней с сильными морозами (дни);

–Hddheat18, дефицит тепла (°C дни);

–Cddcold23, дефицит холода (°C дни);

–CSDI3, продолжительность коротких волн холода, или сумма дней, когда, как минимум, 3 последовательных дня суточная минимальная температура воздуха была ниже 10-го перцентиля (дни);

–FD0, количество суток с ночными морозами (дни);

–RX1day, максимальное количество осадков за 1 сутки (мм);

–CDD, продолжительность бездождных периодов, отсутствовали осадки (дни);

–CWD, продолжительность периодов с осадками, или количество дней, когда, как минимум, 6 последовательных дней, когда количество выпавших осадков было равно или больше 1 мм (дни);

–R95pTOT, доля экстремального суточного количества осадков в годовой сумме осадков (%).

Данные отобранные индексы позволяют сделать оценку воздействия климатических факторов на такие отрасли как здравоохранение, водные ресурсы, сельское хозяйство, а также энергетика.

**Суточный максимум температуры воздуха в 2019 г. (индекс TXx).** На рисунке 2.3 представлены значения абсолютных максимумов температуры воздуха, зарегистрированные с начала открытия метеостанции по 2019 г. Синим цветом – значения суточных максимумов температуры воздуха, наблюдавшиеся в 2019 г, а красным цветом показаны значения абсолютных максимумов, зарегистрированных с момента открытия станции по 2018 г. В 2019 г. значения абсолютных максимумов, были превышены на двух станциях Казахстана: МС Эмба на +0,1°C (43,4 °C) и МС Пешной на +0,3 °C (41,1 °C).

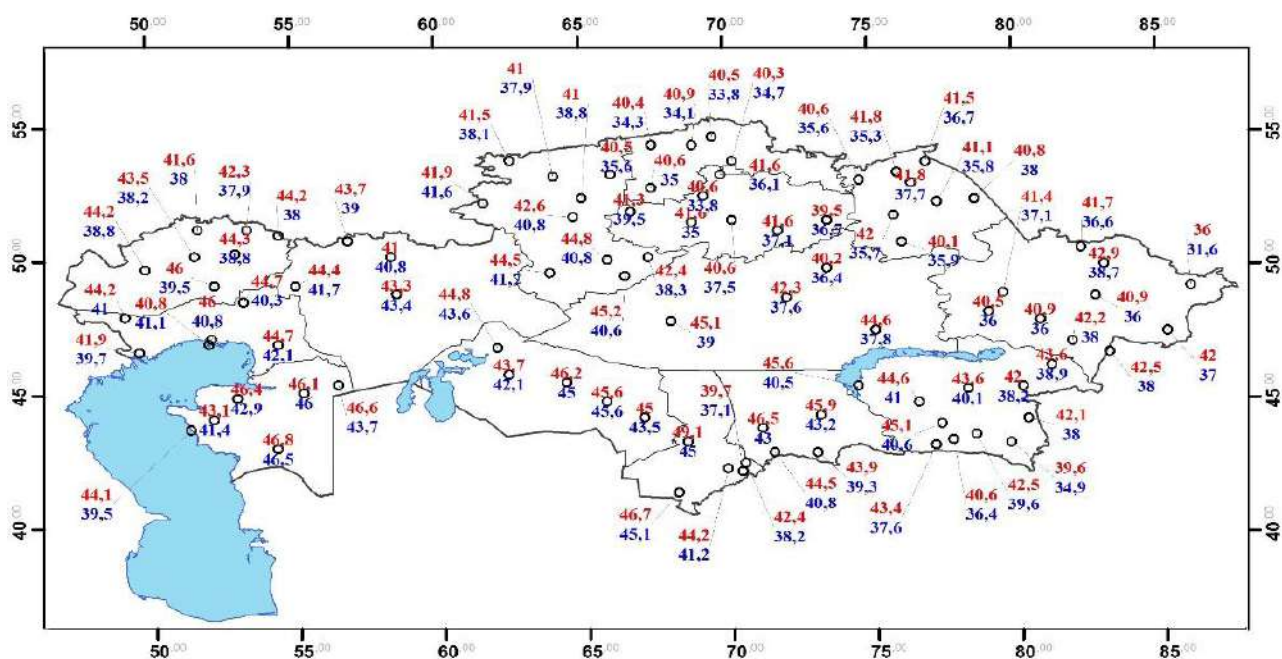


Рисунок 2.3 – Значения абсолютных максимумов температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ), зарегистрированные с начала открытия метеостанции по 2018 г. (нанесены красным цветом) и максимальные значения суточной температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ), наблюдавшиеся в 2019 г. (нанесены синим цветом)

Большинство самых высоких значений температуры воздуха (абсолютные максимумы) в Казахстане были зафиксированы в июле 1983 г., когда на некоторых метеостанциях Туркестанской области температура воздуха достигла  $+49\dots+50^{\circ}\text{C}$  (МС Туркестан, Шаян, Арыс, Тасты), а также в июле 1995 г., когда на МС Кызылкум температура воздуха поднялась до  $+51^{\circ}\text{C}$ .

Далее на рисунке 2.4 представлены абсолютные минимумы температуры воздуха (индекс TNn), зафиксированные с момента открытия метеостанции по 2018 г. (красным цветом), и синим цветом – значения минимальной температуры воздуха в 2019 г. В Казахстане абсолютные минимумы температуры ниже минус  $50^{\circ}\text{C}$  зафиксированы на 2 станциях - в январе 1931 г. на МС Шаганат ( $-54^{\circ}\text{C}$ ) и в январе 1893 г. на МС Нур-Султан ( $-52^{\circ}\text{C}$ ). В 2019 г., как и в 2018 г., рекорды суточных минимальных температур не были обновлены. Температуры воздуха ниже минус  $30^{\circ}\text{C}$  наблюдались в основном, в северных регионах Казахстана.



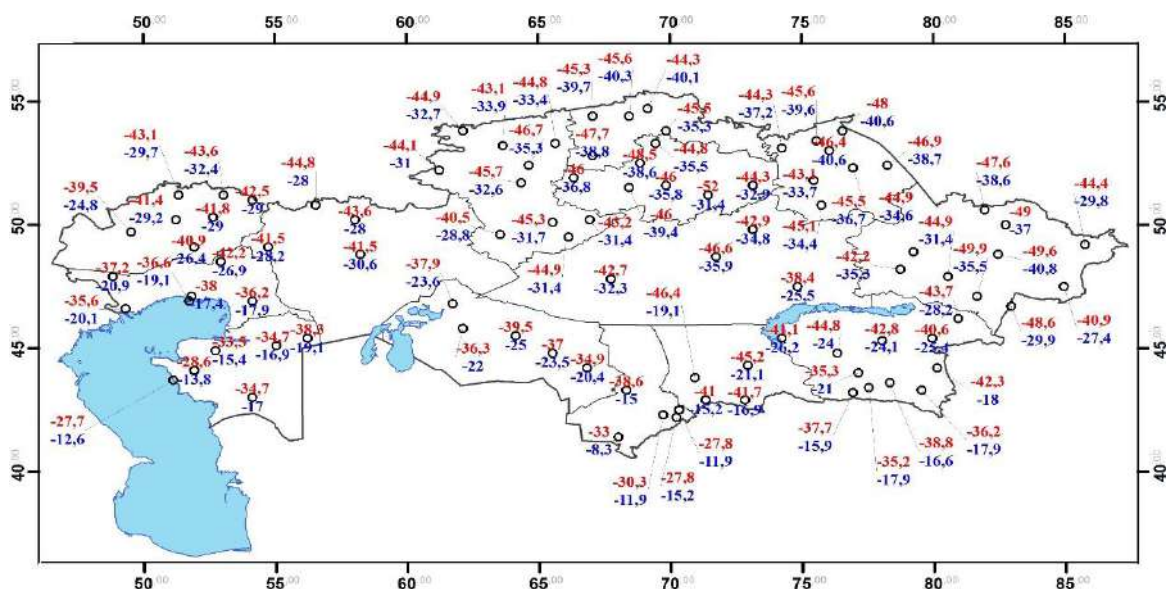


Рисунок 2.4 – Значения абсолютных минимумов температуры воздуха (°C), зарегистрированные с начала открытия метеостанции по 2018 г. (нанесены красным цветом) и минимальные значения суточной температуры (°C), наблюдавшиеся в 2019 г. (нанесены синим цветом)

**Амплитуда суточной температуры воздуха (индекс DTR)** показывает разность между наибольшим и наименьшим значением температуры воздуха в течение суток. На рисунке 2.5 представлено пространственное распределение значений суточной амплитуды температуры воздуха по территории Казахстана в 2019 г. Суточная амплитуда на территории Казахстана в 2019 г. колеблется от 9 °C до 16 °C. Наибольшая суточная амплитуда (местами до 15-16 °C) наблюдается в Кызылординской, Туркестанской, Жамбылской, Алматинской и Восточно-Казахстанской областях. В остальных регионах страны суточная амплитуда составляет 10-12 °C.

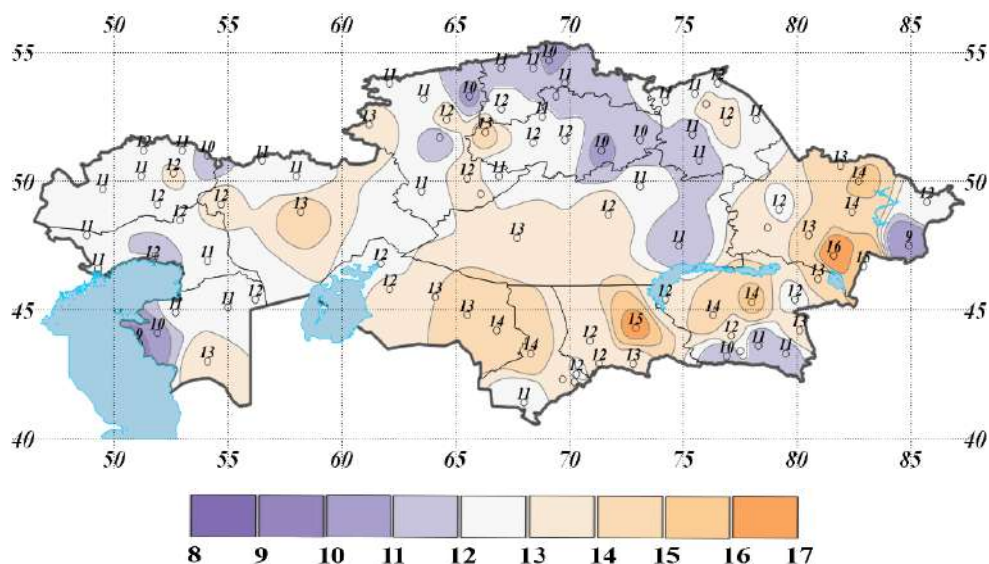


Рисунок 2.5 – Пространственное распределение значений суточной амплитуды температуры воздуха (°C) по территории Казахстана в 2019 г. (индекс DTR)

Важной является информация о количестве дней с высокой температурой воздуха – выше 25 °С и 35 °С (рис. 2.6 и 2.7). **Количество дней с температурой выше 25 °С** увеличивается с севера на юг и юго-запад, что иллюстрирует зональное распределение температуры воздуха. Максимальное количество таких дней в 2019 г. наблюдалось в Туркестанской (МС Шардара 158 дней в год), Кызылординской (128 – 145 дней в год), Мангистауской (123 – 152 дней в год) областях. Минимальное количество дней с температурой воздуха выше 25 °С (менее 50 дней в году) наблюдалось на станциях Северо-Казахстанской и Акмолинской областей и на горных станциях юга и юго-востока. Например, на МС Катон-Карагай такое количество дней наблюдалось 35 дней в году.

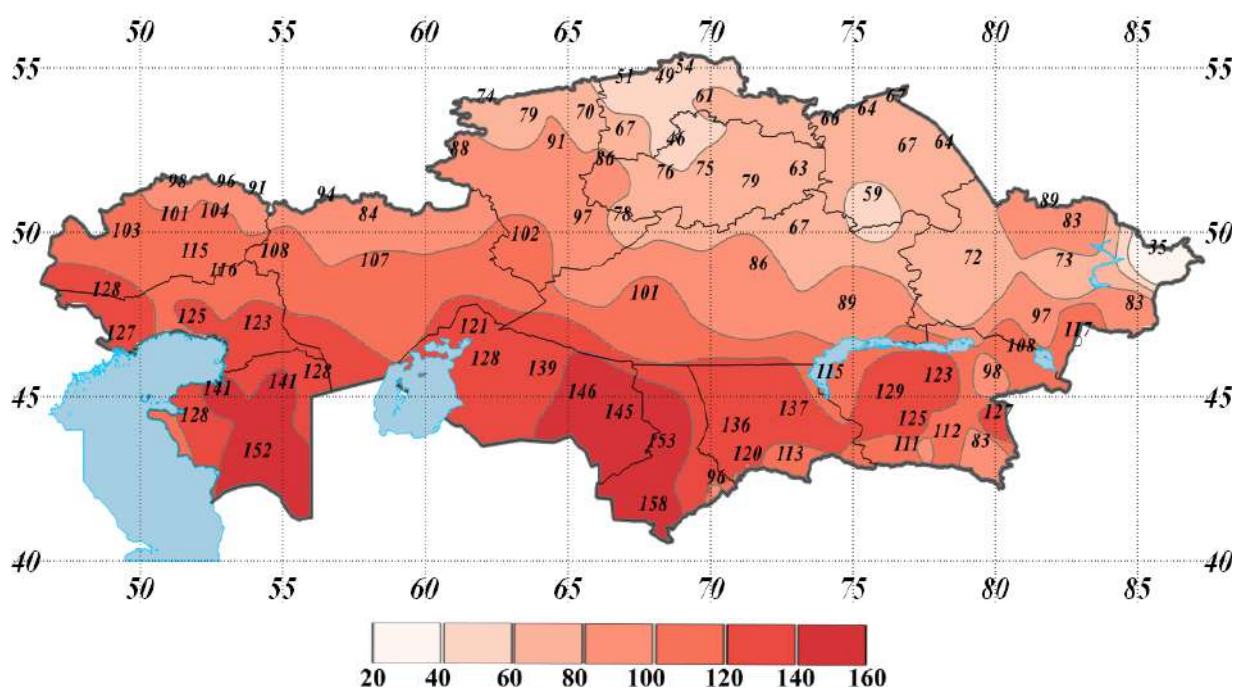


Рисунок 2.6 – Количество дней с температурой воздуха выше 25 °С в 2019 г. (индекс Su25)

**Количество дней с температурой воздуха выше 35 °С, или жаркие дни**, в 2019 г. в северных регионах республики наблюдались крайне редко (рис. 2.7 а), всего 2 – 5 дней в году, что подтверждают вероятности непрывышения (рис. 2.7 б). На востоке страны также таких дней было немного – от 3 до 13 дней в году. На юге и юго-западе Казахстана количество жарких дней составило от 40 до 67 дней в году, то есть примерно 1,5 – 2 месяца в год, вероятности непрывышения колеблются от 76 % до 100 %.

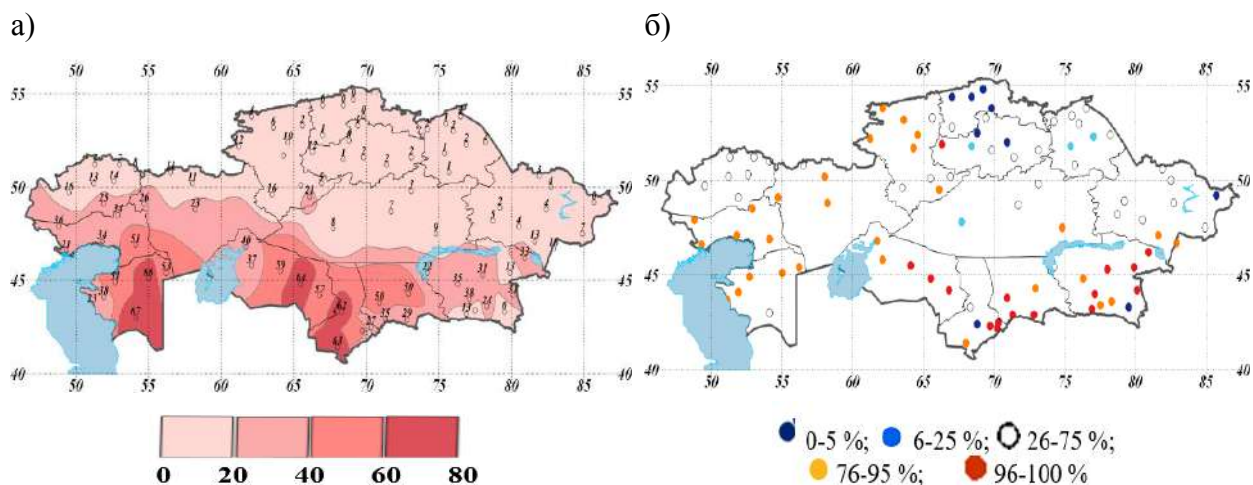


Рисунок 2.7 – Количество дней с температурой воздуха выше 35 °С (а, индекс Su35) и вероятность его неперевышения (б) в 2019 г. Вероятности рассчитаны за период 1961 - 2019 гг.

На рисунке 2.8 представлено количество суток в 2019 г., *когда суточный минимум температуры воздуха был выше 20 °С (или индекс тропических ночей)*. В 2019 г. максимальное количество тропических ночей наблюдалось в Туркестанской (38 – 74 дня), Кызылординской (28 – 56 дней), Мангистауской (47 – 66 дней в году), Атырауской (20 - 59 дней) областях. В некоторых северных и горных регионах суточный минимум не превышал 20 °С.

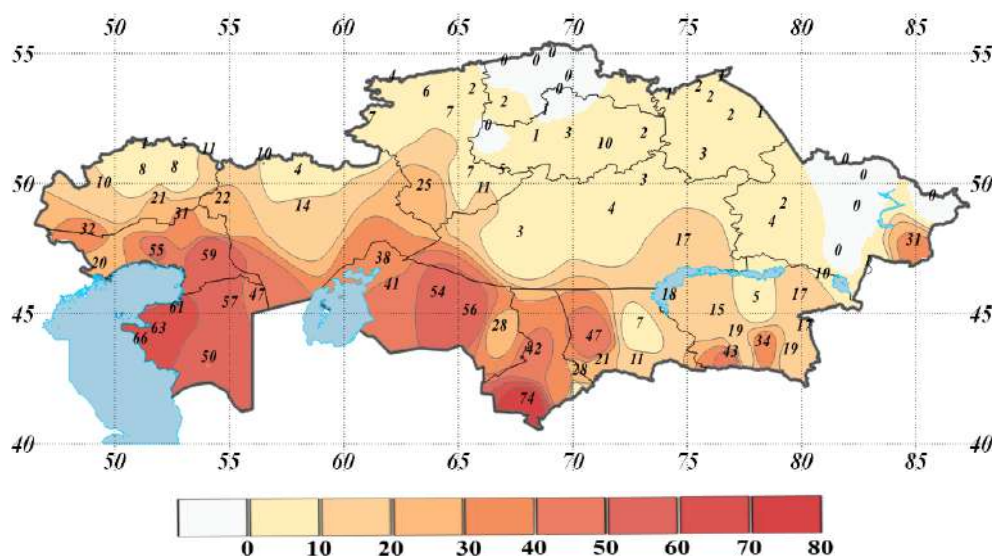


Рисунок 2.8 – Количество суток, когда суточный минимум температуры воздуха был выше 20 °С в 2019 г. (индекс TR)

*Процент теплых дней с суточной максимальной температурой воздуха выше 90-го перцентиля* (индекс Tх90р) в 2019 г. по территории Казахстана составлял от 0 % до 32 % (рисунок 2.9 а). Больше всего таких дней (20 – 32 % случаев) наблюдалось в Кызылординской, Актюбинской, Мангистауской и Западно-Казахстанской областях. Во всех других областях страны процент теплых дней колебался в пределах 11 – 19 % случаев в году. Закономерности распределения по территории Казахстана значений данного



индекса во многом согласуется с распределением количества жарких дней и продолжительности волн тепла.

**Процент холодных дней или, когда суточная минимальная температура воздуха была ниже 10-го перцентиля** (индекс Tn10p) на большей части территории Казахстана не превышал 15 % случаев (рисунок 2.9 б).

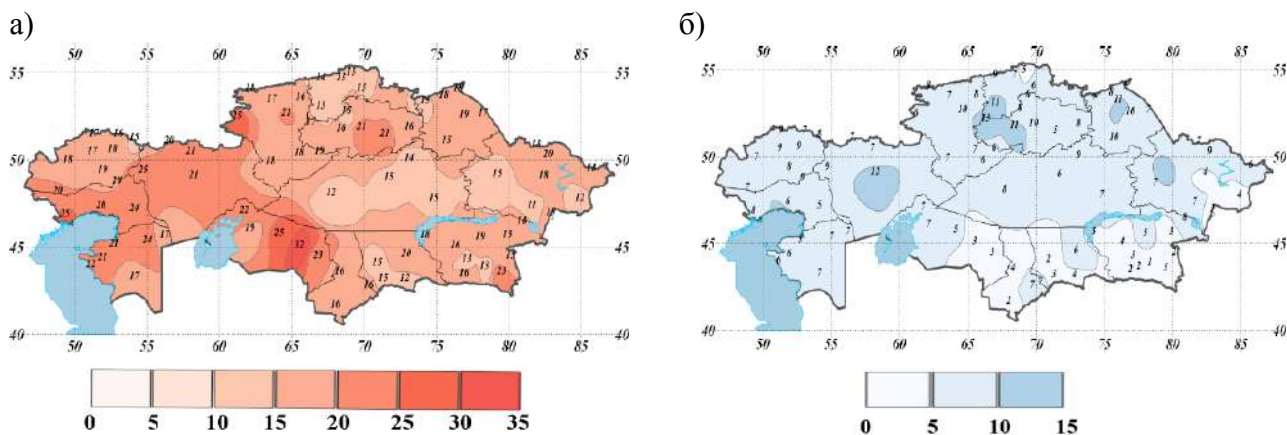


Рисунок 2.9 – Процент случаев в 2019 г., когда суточная максимальная температура была выше 90-го перцентиля (индекс Tx90p, а) и суточная минимальная температура была ниже 10-го перцентиля (индекс Tn10p, б). Перцентили рассчитаны за период 1961 - 1990 гг.

За волну тепла принято **количество дней, когда, как минимум, 6 последовательных дней суточная максимальная температура воздуха была выше 90-го перцентиля** (индекс WSDI). В 2019 г. максимальная суммарная **продолжительность волн тепла** наблюдалась в Кызылординской (22 – 37 дней), Актюбинской (32 – 38 дней), Костанайской (22 – 32 дня), Мангистауской (24 – 35 дней), Западно-Казахстанской (30 - 38 дней) областях (рисунок 2.10 а). В Алматинской, Жамбылской областях и центральной части Карагандинской области волн тепла не наблюдалось. В остальных регионах волны тепла наблюдались около 10 – 25 дней.

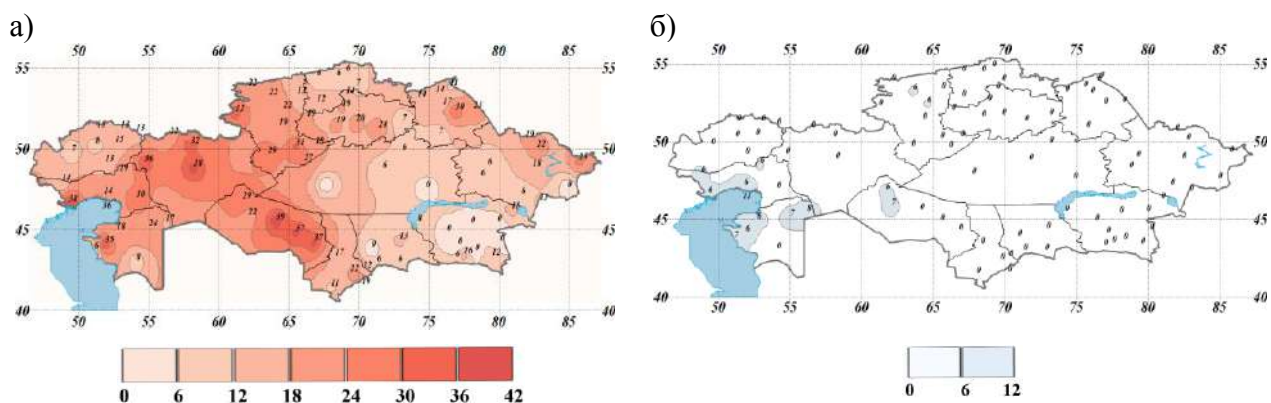


Рисунок 2.10 – Общая сумма дней в 2019 г., когда как минимум 6 последовательных дней суточная максимальная температура воздуха была выше 90-го перцентиля (а, индекс WSDI) и как минимум 6 последовательных дней суточная минимальная температура воздуха была ниже 10-го перцентиля (б, индекс CSDI). Перцентили расчитаны за период 1961 - 1990 гг.

За волну холода принято **количество дней, когда, как минимум, 6 последовательных дней суточная минимальная температура воздуха была**



*ниже 10-го перцентиля (индекс CSDI).* Волн холода на территории республики практически не наблюдалось (рисунок 2.10 б), лишь в Мангистауской и Западно-Казахстанской областях суммарная продолжительность волн холода составила 6 - 11 дней.

На рисунке 2.11 представлено распределение *суммарной продолжительности волн тепла, когда как минимум 10 последовательных дней суточная максимальная температура воздуха была выше 90-го перцентиля (индекс WSDI10)* в 2019 г. Более продолжительные волны тепла в республике наблюдаются реже, но влияние таких волн может быть более сильным. Продолжительные волны тепла, наблюдались, в основном, в Кызылординской и Туркестанской областях (10 – 23 дней/год).

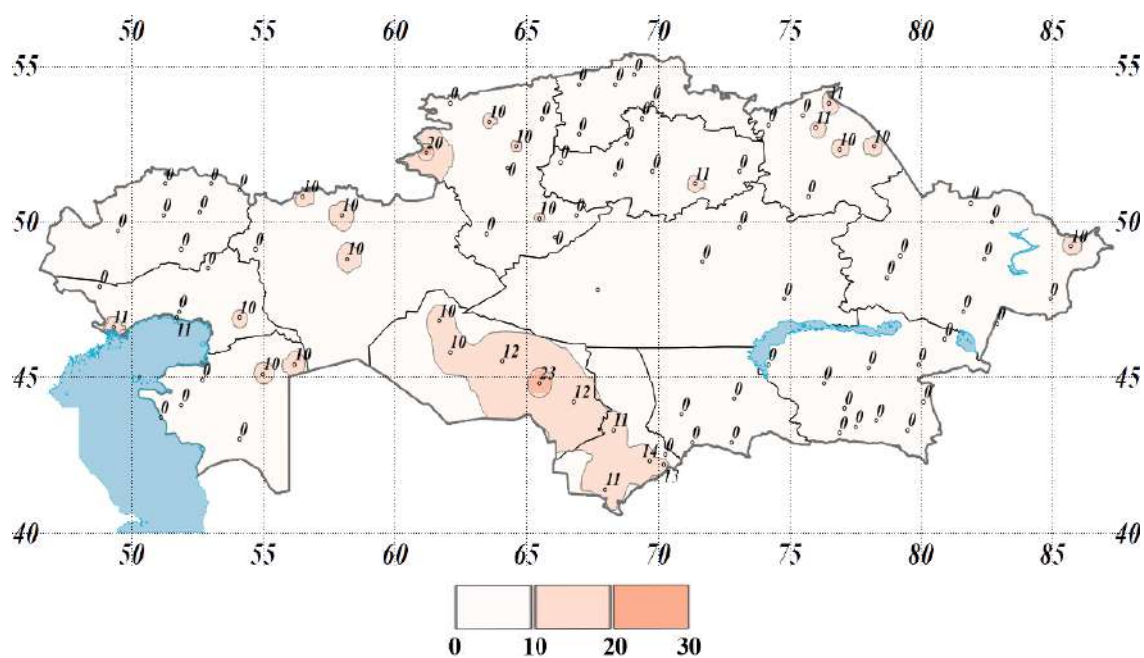


Рисунок 2.11 – Общая сумма дней в 2019 г., когда как минимум 10 последовательных дней суточная максимальная температура воздуха была выше 90-го перцентиля.

Перцентиля рассчитаны за период 1961 – 1990 гг. (индекс WSDI10)

*Индекс GSL* определяет продолжительность вегетационного периода растений как период между первой датой, когда средняя суточная температура пятидневки была  $\geq 5^{\circ}\text{C}$ , и последней даты, когда средняя суточная температура пятидневки была  $\leq 5^{\circ}\text{C}$ . На рисунке 2.12 представлено *пространственное распределение продолжительности вегетационного периода* в 2019 г. В 2019 г. наименьшая продолжительность вегетационного периода составила 145 – 192 дней в северных регионах республики. В южной половине Казахстана период вегетации продолжался более 220 дней, на крайнем юге – более 260 дней, максимум наблюдался на метеостанции Шардара и составил 311 дней в году.

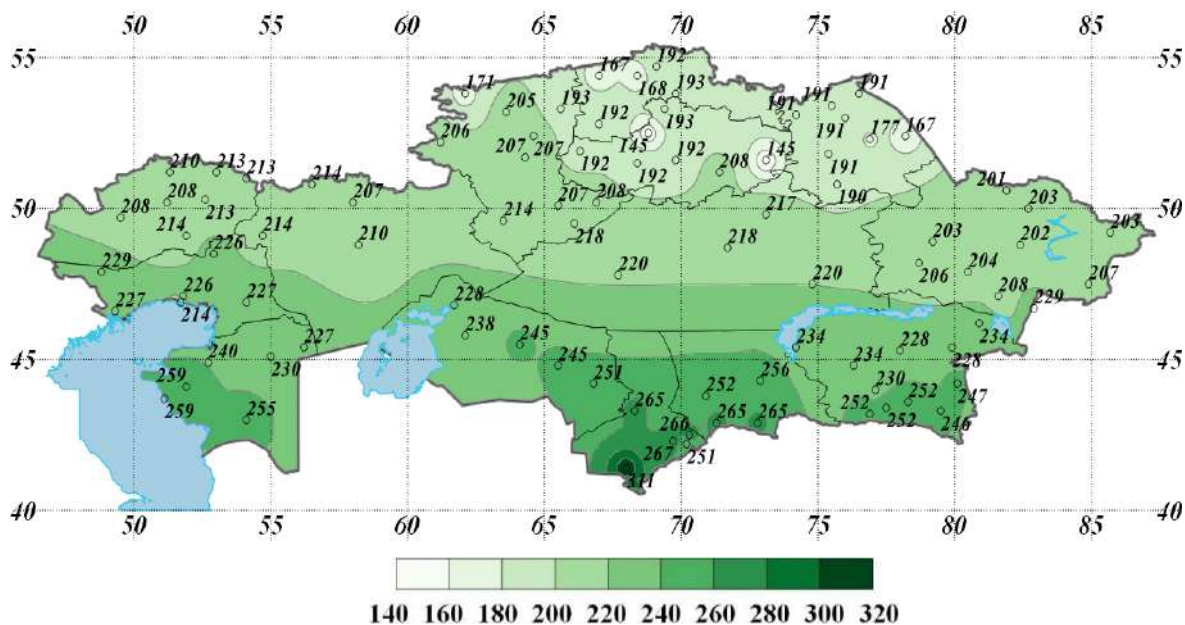


Рисунок 2.12 – Продолжительность вегетационного периода (дни) в 2019 г. (индекс GSL)

По территории Казахстана устойчивый переход температуры воздуха через  $5^{\circ}\text{C}$  в 2019 г. начинался с 23 февраля на крайнем юге по данным МС Шардара по 2 мая на севере республики по данным МС Петропавловск (рисунок 2.13 а).

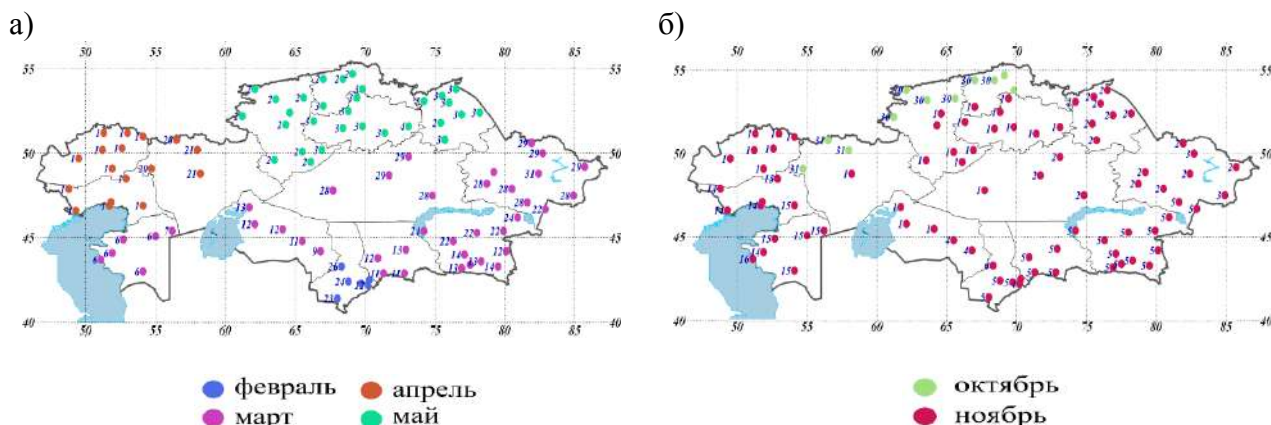


Рисунок 2.13 – Даты перехода температуры воздуха через  $5^{\circ}\text{C}$  весной и осенью 2019 г.

Устойчивый переход через  $5^{\circ}\text{C}$  осенью 2019 г. практически на всей территории Казахстана (рисунок 2.13 б) начинается в начале ноября, лишь на нескольких станциях Актюбинской, Костанайской и Северо-Казахстанской областей устойчивый переход начинается на 1 – 2 дня раньше, то есть в конце октября.

**Индекс  $TM_{10a}$  характеризует количество дней со среднесуточной температурой выше  $10^{\circ}\text{C}$**  (рисунок 2.14 а). В 2019 году в южных регионах таких дней наблюдалось от 190 дней до 246 дней, в северных и центральных регионах республики – от 126 дней до 180 дней, на востоке – от 147 дней до 196 дней, на северо-западе – от 171 дней до 190 дней, на юго-западе – от 194 дней до 214 дней.

На рисунке 2.14 (б) представлено пространственное распределение сумм активных температур воздуха за период со средней суточной температурой выше 10 °С (индекс *GDDgrow10*). В 2019 году суммы таких температур увеличиваются с севера на юг от примерно 1000 °С до более 3000 °С. Максимум суммы температур (3034 °С) наблюдается на южной МС Шардара. Минимальные суммы отмечены в горных районах, например, востоке республики на МС Катон-Карагай она составила 753 °С, данная станция находится на высоте 1081 м н.у.м.

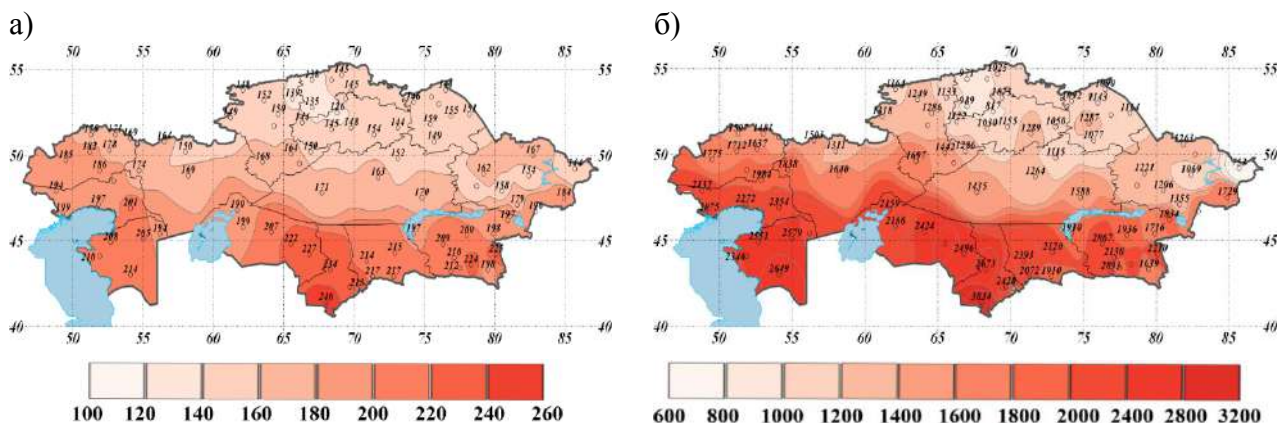


Рисунок 2.14 – Количество дней со среднесуточной температурой выше 10 °С (а, индекс *TM10a*), а также сумма активных температур воздуха выше 10 °С (б, индекс *GDDgrow10*) в 2019 г.

На рисунке 2.15 представлено количество дней с морозом, когда суточная максимальная температура воздуха была ниже 0 °С (индекс *ID*). В связи с географическим расположением для северных регионов в зимние месяцы характерны температуры, когда суточные максимумы часто опускаются ниже 0 °С, в 2019 г. таких дней здесь было от 100 дней до 130 дней.. В южных регионах суточные максимумы в зимние месяцы в основном положительны, количество дней с суточными максимумами температуры ниже 0 °С варьирует от 2 дней до 50 дней.

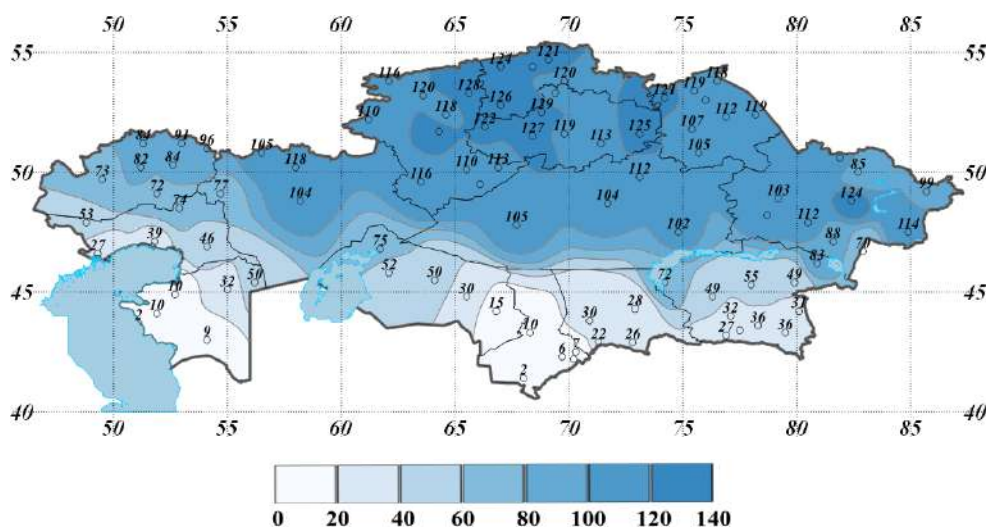


Рисунок 2.15 – Количество дней с дневными морозами в 2019 г. (индекс *ID*)



**Количество дней с сильными морозами, когда минимальная температура воздуха была ниже 20 °С** (индекс F<sub>Dm20</sub>) на территории Казахстана в 2019 году представлено на рисунке 2.16. В южных регионах страны таких дней либо не наблюдалось, либо их было не более 15 дней, в северных регионах Казахстана количество таких дней составляло от 30 дней до 40 дней, местами 50 – 60 дней.

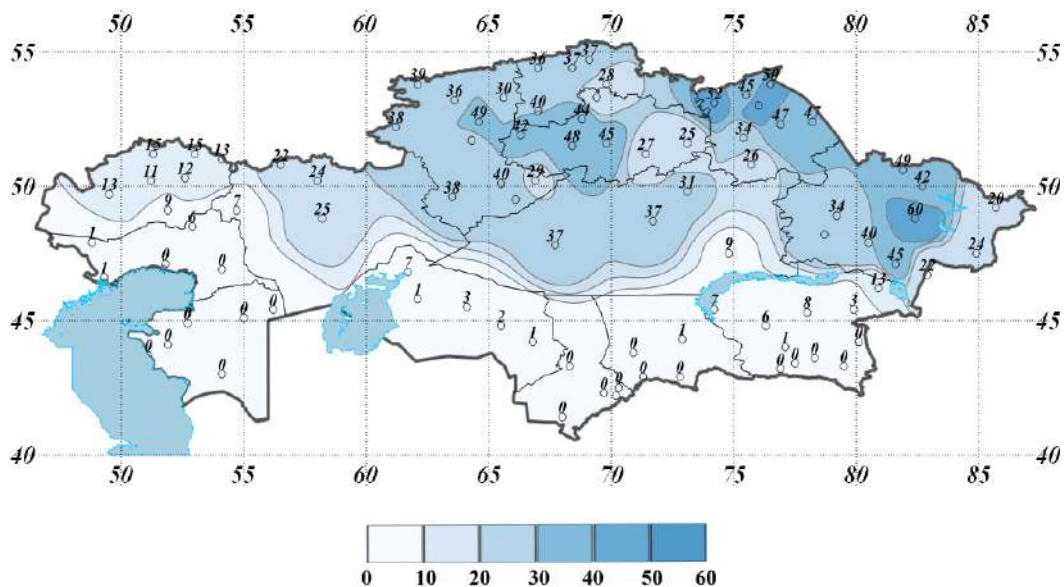


Рисунок 2.16 – Количества дней с сильными морозами в 2019 г. (индекс F<sub>Dm20</sub>)

**Индекс дефицита тепла (Hddheat)** показывает сумму разниц между комфортной температурой (здесь принята температура +18 °С) и среднесуточной температурой наружного воздуха (рис. 2.17). На севере дефицит тепла колеблется в пределах от 4000 °С до 6000 °С, на юге – от 2000 °С до 3200 °С, в других регионах – от 3200 °С до 4000 °С.

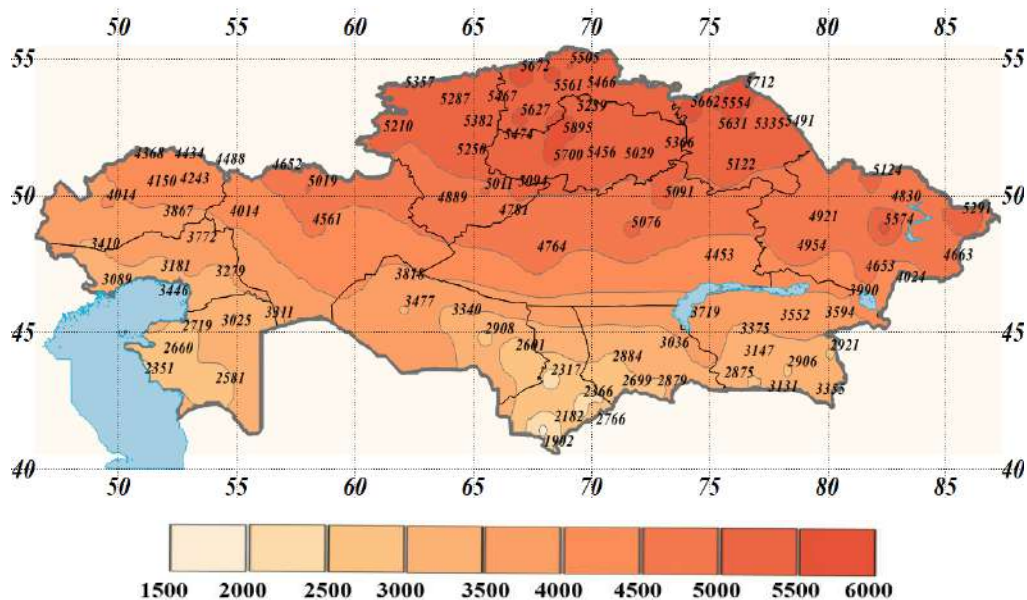


Рисунок 2.17 – Дефицит тепла (°С/дни) в холодный период года в 2019 г. (индекс Hddheat18)

**Индекс дефицита холода (cddcold23)** показывает сумму разниц между комфортной температурой в теплый период года (здесь принята температура +23 °С) и среднесуточной

температурой наружного воздуха (рисунок 2.18). В южных регионах сумма превышения комфортных температур составляет от 400 °С до 600 °С, в северных и восточных регионах республики эта цифра не превышает 100°С, а в остальных регионах – от 100°С до 400°С.

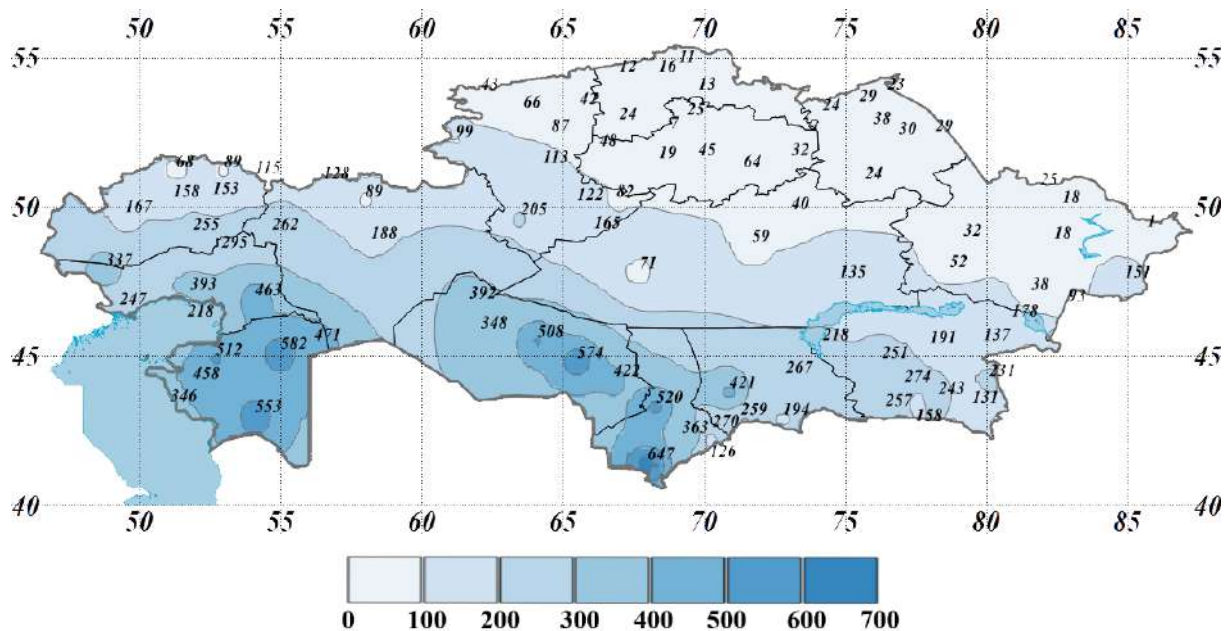


Рисунок 2.18 – Дефицит холода (°С/дни) в теплый период года в 2019 г. (индекс Cddcold23)

## 2.2 Наблюдаемые изменения температуры воздуха

На рисунках 2.19 - 2.20 представлены временные ряды осредненных по территории Казахстана и административных областей средних годовых и сезонных аномалий температуры приземного воздуха за период 1941 – 2019 гг., а также линейные тенденции изменения температуры воздуха за период 1976 – 2019 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 - 2019 гг.: коэффициент линейного тренда, характеризующий среднюю скорость изменения аномалии температуры воздуха; и коэффициент детерминации, показывающий вклад тренда в общую дисперсию временного ряда.

В среднем по территории Казахстана за период 1976 – 2019 гг. повышение среднегодовой температуры воздуха составляет 0,31 °С каждые 10 лет. Наибольшие темпы роста наблюдаются в весенний период (0,60 °С/10 лет), наименьшие – в зимний (0,11 °С/10 лет). Вклад тренда в суммарную дисперсию среднегодовых температур составляет 25 %, для остальных сезонов – от 0 % зимой до 26 % весной. Во все сезоны, кроме зимнего, повышение температуры статистически значимое (таблица 2.4).

Более детальная информация об изменении средней годовой, сезонной и месячной температуры воздуха (в °С/10 лет) по территории Казахстана за период 1976 – 2019 гг. представлена на рисунках 2.21 – 2.22.

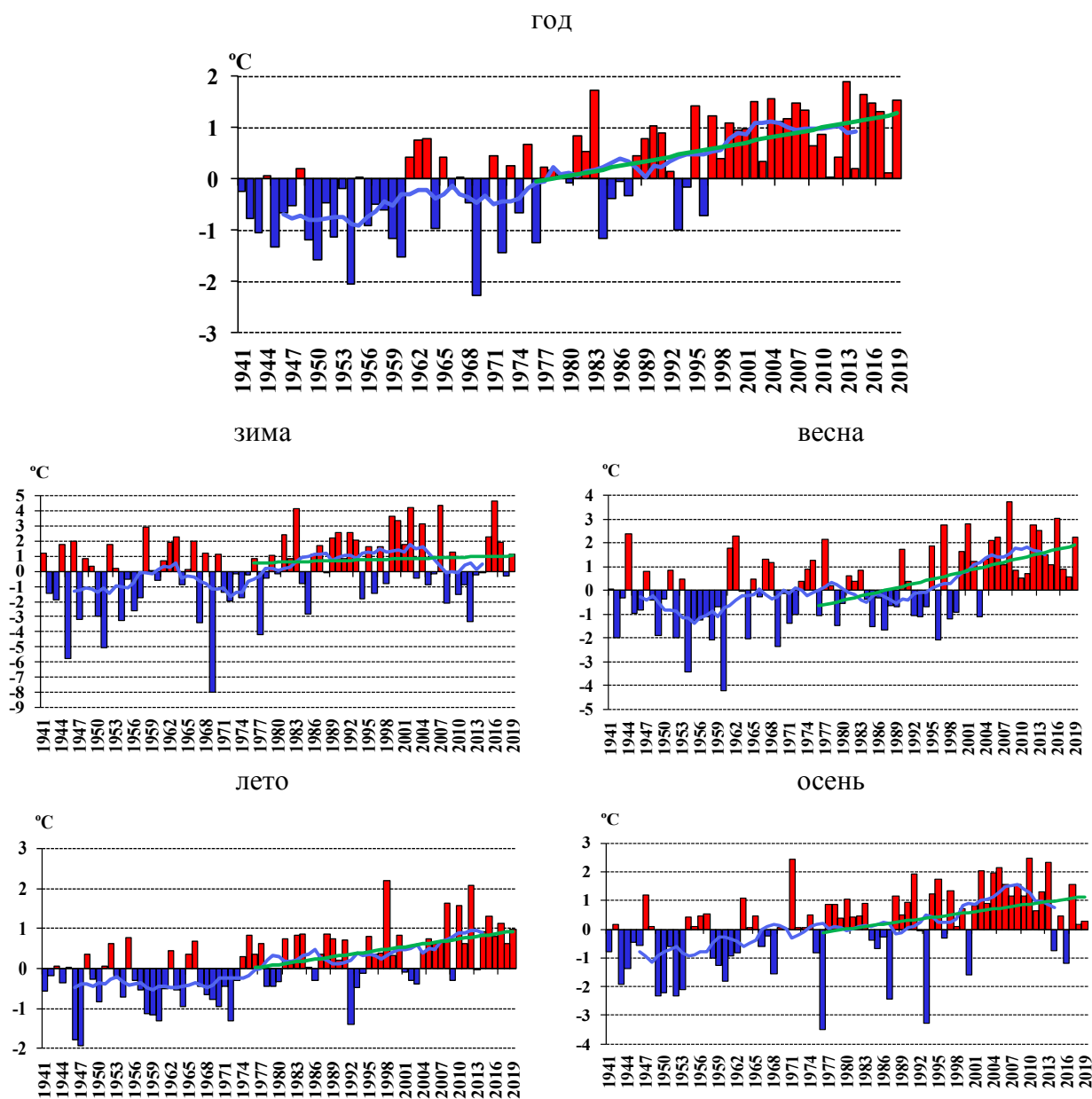


Рисунок 2.19 – Временные ряды аномалий годовых и сезонных температур воздуха (°C), осредненных по территории Казахстана за период 1941 – 2019 гг. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961 – 1990 гг. Линейный тренд за период 1976 – 2019 гг. выделен зеленым цветом. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением

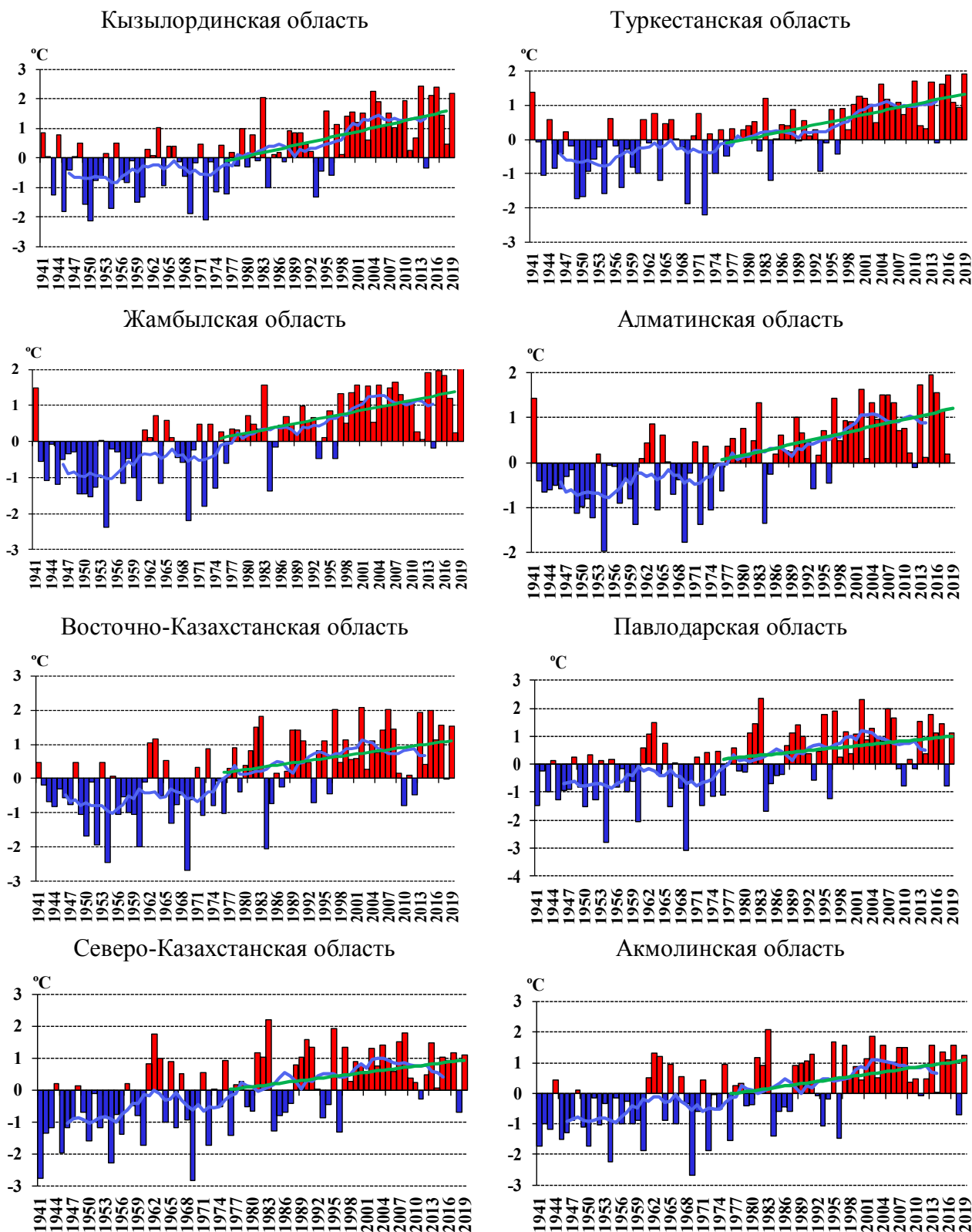


Рисунок 2.20 – Временные ряды аномалий годовых температур воздуха (°C), осредненных по областям Казахстана за период 1941 – 2019 гг. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961 – 1990 гг. Линейный тренд за период 1976 - 2019 гг. выделен зеленым цветом. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением, Лист 1

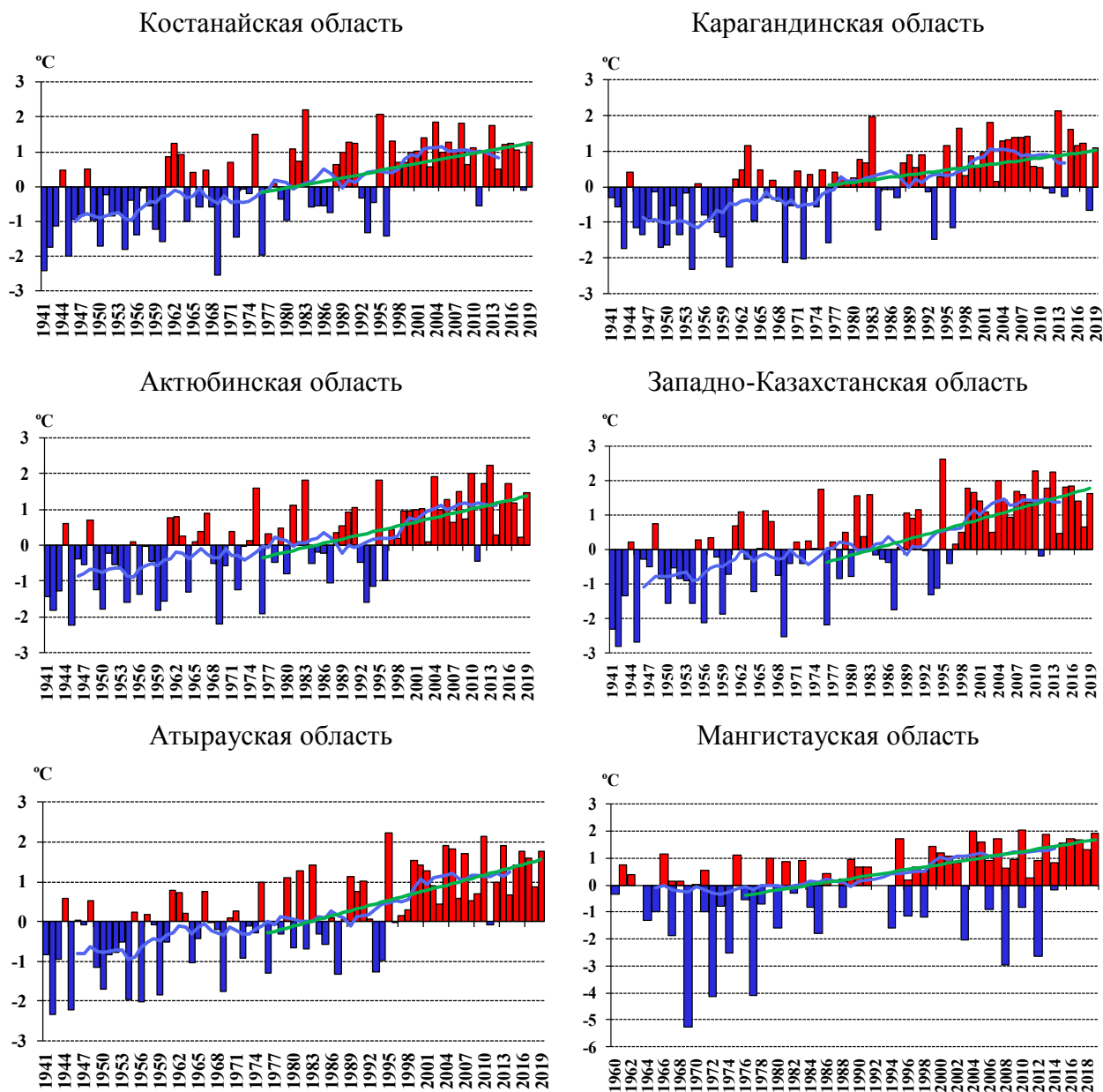


Рисунок 2.20 – Временные ряды аномалий годовых температур воздуха за период 1941 – 2019 гг., осредненных по областям Казахстана. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961 – 1990 гг. Линейный тренд за период 1976 - 2019 гг. выделен зеленым цветом. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением, Лист 2



Таблица 2.4 – Характеристики линейного тренда аномалий температуры приземного воздуха, осреднённых по территории Казахстана и его областей за период 1976 – 2019 гг.

Регион/область	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	a*	**R <sup>2</sup>	a	R <sup>2</sup>	a	R <sup>2</sup>	a	R <sup>2</sup>	a	R <sup>2</sup>
Казахстан	0,31	<b>25</b>	0,11	0	0,60	<b>26</b>	0,21	<b>15</b>	0,29	<b>8</b>
Алматинская	0,27	<b>21</b>	0,08	0	0,59	<b>27</b>	0,21	<b>18</b>	0,19	<b>5</b>
Акмолинская	0,26	<b>12</b>	0,02	0	0,61	<b>19</b>	0,00	0	0,34	<b>6</b>
Актюбинская	0,40	<b>26</b>	0,22	1	0,60	<b>15</b>	0,31	<b>10</b>	0,42	<b>11</b>
Атырауская	0,43	<b>32</b>	0,36	4	0,48	<b>18</b>	0,45	<b>31</b>	0,38	<b>12</b>
Восточно-Казахстанская	0,22	9	-0,09	0	0,62	23	0,16	8	0,16	2
Жамбылская	0,30	<b>25</b>	0,18	1	0,60	<b>27</b>	0,21	<b>16</b>	0,20	<b>5</b>
Западно-Казахстанская	0,50	<b>32</b>	0,37	3	0,56	<b>16</b>	0,53	<b>22</b>	0,46	<b>15</b>
Карагандинская	0,23	<b>10</b>	0,00	0	0,68	<b>23</b>	0,02	0	0,16	2
Костанайская	0,34	<b>18</b>	0,08	0	0,56	<b>14</b>	0,15	2	0,50	<b>13</b>
Кызылординская	0,42	<b>29</b>	0,29	2	0,79	<b>31</b>	0,27	<b>18</b>	0,28	<b>7</b>
Мангистауская	0,48	<b>46</b>	0,34	<b>5</b>	0,58	<b>27</b>	0,57	<b>40</b>	0,37	<b>11</b>
Павлодарская	0,19	<b>6</b>	-0,14	0	0,62	<b>22</b>	0,03	0	0,24	3
Северо-Казахстанская	0,22	9	-0,04	0	0,45	12	-0,01	0	0,42	9
Туркестанская	0,34	<b>36</b>	0,29	3	0,55	<b>27</b>	0,23	<b>15</b>	0,25	<b>8</b>

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

\*\* R<sup>2</sup> – коэффициент детерминации, %

\*\*\* «жирным» шрифтом выделены статистически значимые тенденции

Тренды средней годовой температуры по всей территории Казахстана были положительные и статистически значимые (рисунок 2.21). Более быстрыми темпами теплеет в западных и юго-западных регионах Казахстана (от 0,33 °C/10 лет до 0,50 °C/10 лет), более медленными темпами – в северо- и северо-восточных регионах (от 0,19 °C/10 лет до 0,34 °C/10 лет), а также в горных районах юга-востока (от 0,22 °C/10 лет до 0,27 °C/10 лет).

*Зимой* наибольшая скорость роста температуры воздуха отмечена в южных и западных регионах: от 0,22 °C/10 лет до 0,37 °C/10 лет, в Восточно-Казахстанской, Павлодарской, Северо-Казахстанской областях наметилась слабая тенденция к понижению температуры: от -0,04 °C/10 лет до -0,14 °C/10 лет (таблица 2.4). В январе на обширных территориях северо-, северо-восточной части республики отрицательная тенденция изменения температуры воздуха составила от -0,14 °C/10 лет до минус 0,59 °C/10 лет. Статистические значимые отрицательные тенденции температуры воздуха в январе прослеживались на станциях Уржар (Восточно-Казахстанская область, -0,86 °C/10 лет), СКФМ Боровое (Акмолинская область, -1,07 °C/10 лет). Значимая положительная тенденция отмечена лишь на МС Казыгурт – 0,74 °C/10 лет. В феврале на территории всего Казахстана прослеживалась тенденция повышения температуры воздуха: от 0,11 °C/10 лет до 0,74 °C/10 лет (рисунок 2.22). Статистические достоверные темпы роста температуры воздуха в феврале отмечались на метеостанциях Мангистауской области: Аккудук (0,82 °C/10 лет) и Форт-Шевченко (0,75 °C/10 лет). В декабре понижение температуры воздуха от -0,01 до -0,07 °C/10 лет наблюдалось в северо-восточных и южных районах республики. Отметим, что в предгорных

и горных районах крайнего востока, а также в западных регионах зафиксированы положительные тенденции изменения температуры воздуха от 0,12 °C/10 лет до 0,45 °C/10 лет. Все полученные тренды изменения температур воздуха в декабре статистически незначимы.

**Весной** по всей территории Казахстана наблюдается наиболее интенсивное и статистически значимое потепление от 0,38 °C/10 лет до 0,79 °C/10 лет. Все тренды средней температуры за весенний сезон статистически достоверны (рисунок 2.21). Наибольшая скорость увеличения температуры воздуха отмечена в марте (от 0,66 °C/10 лет до 1,82 °C/10 лет). В апреле статистически достоверные темпы роста (от 0,44 °C/10 лет до 1,82 °C/10 лет) прослеживаются к востоку от 70 °в.д., в мае – к югу от 50 с.ш. (от 0,36 °C/10 лет до 0,82 °C/10 лет, рисунок 2.22).

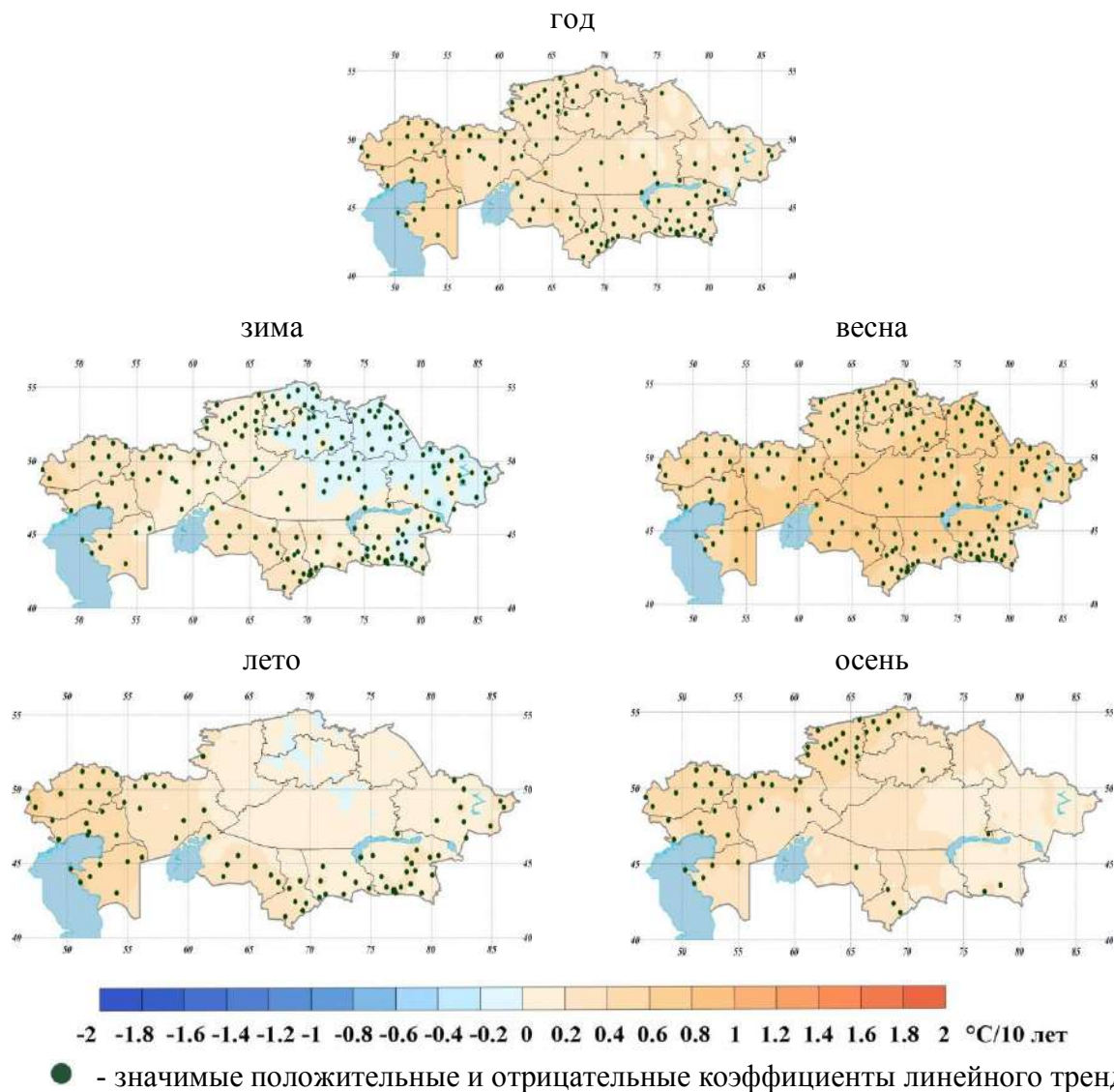
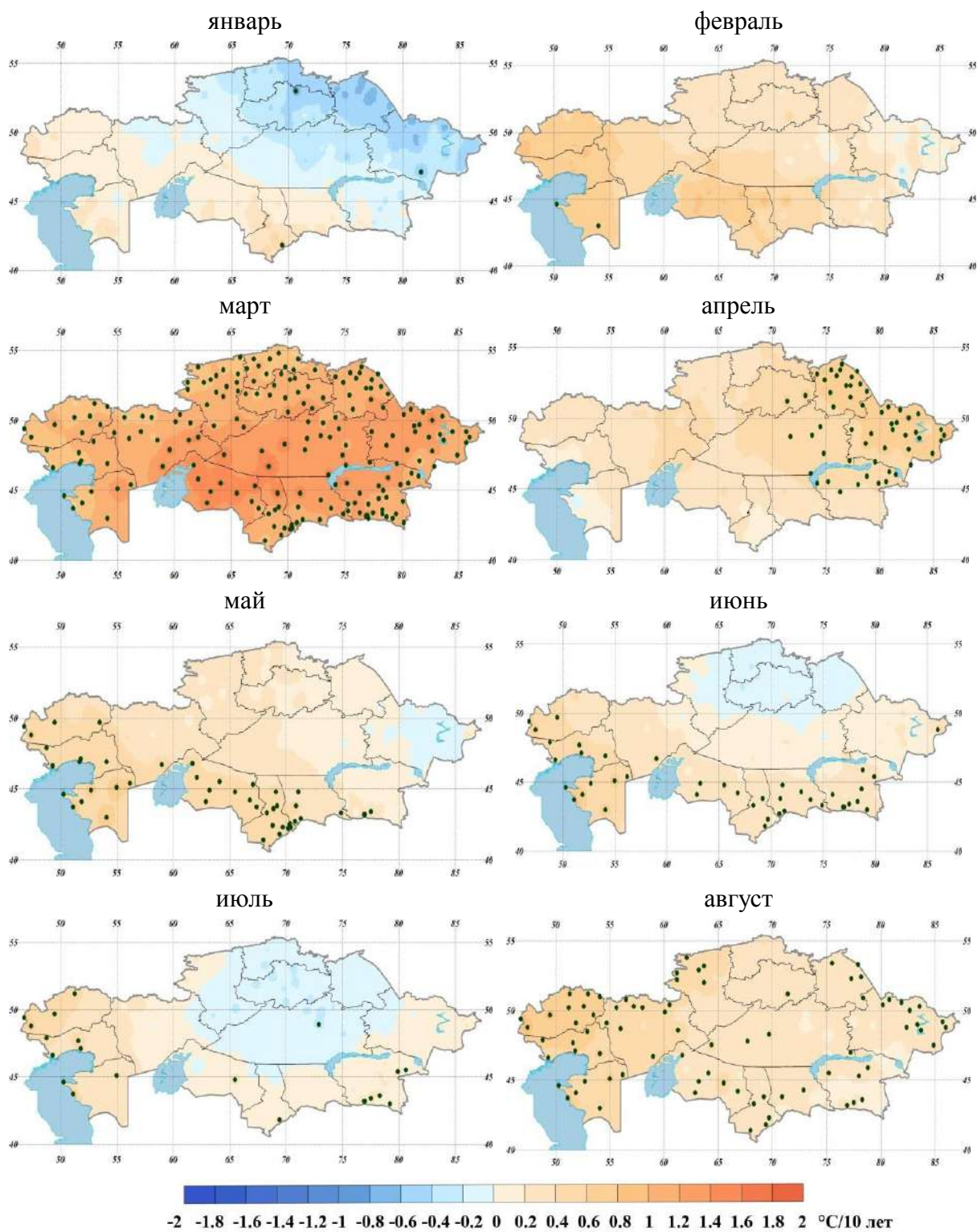


Рисунок 2.21 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда средней годовой и сезонной температуры приземного воздуха (°C/10 лет), рассчитанного по данным наблюдений за период 1976 – 2019 гг.



● -значимые положительные и отрицательные коэффициенты линейного тренда

Рисунок 2.22 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда средней месячной температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}/10$  лет), рассчитанного по данным наблюдений за период 1976 - 2019 гг. *Лист 1*

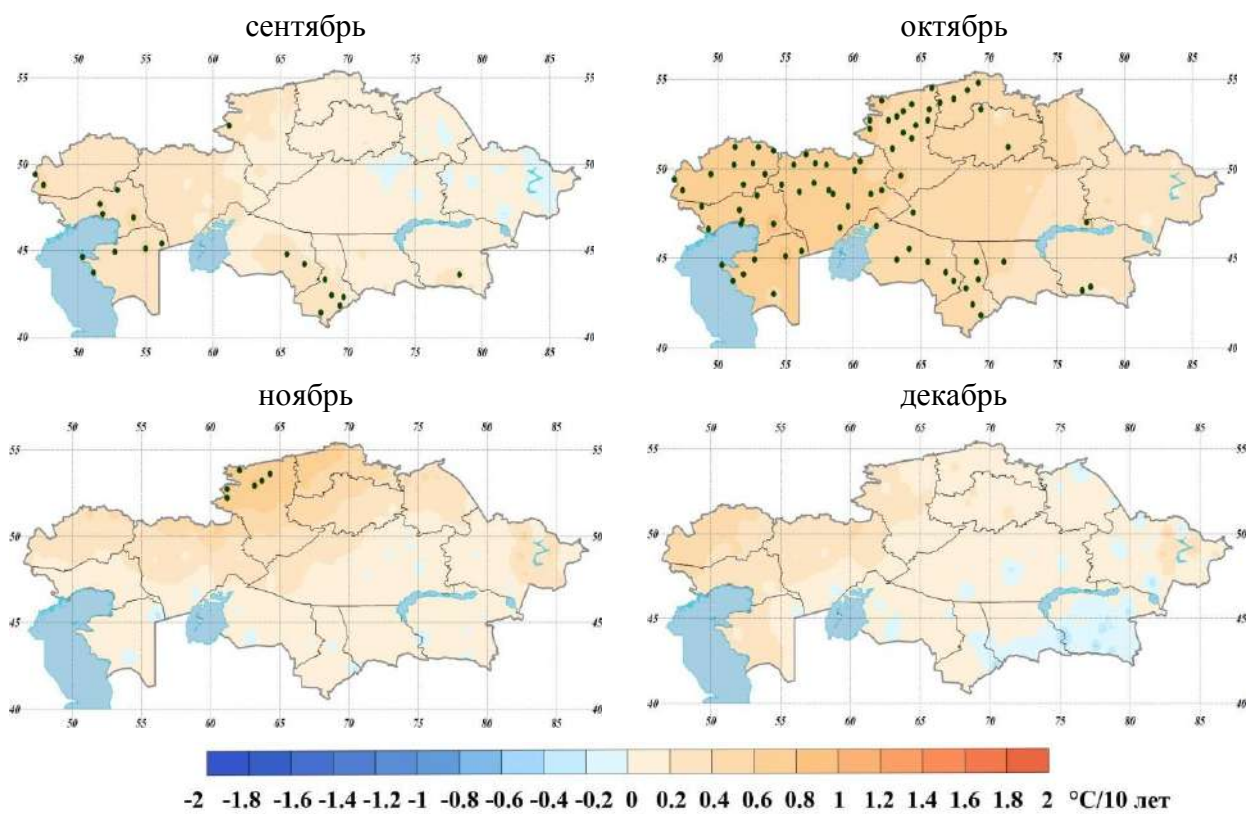


Рисунок 2.22 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда средней месячной температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}/10$  лет), рассчитанного по данным наблюдений за период 1976 - 2019 гг. *Лист 2*

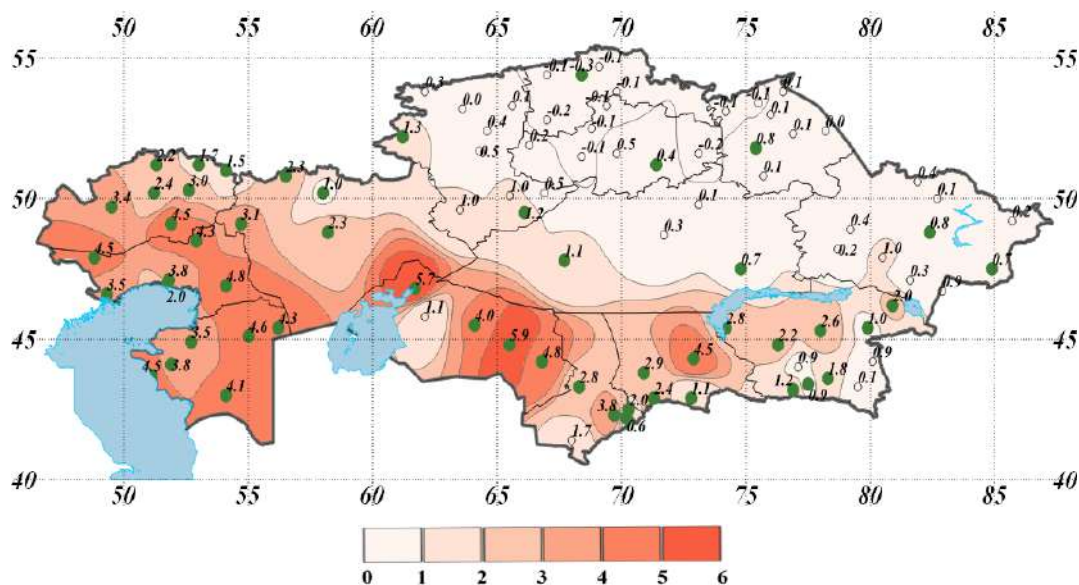
*Летом* устойчивые положительные тенденции наблюдались на востоке, а также в южных и западных районах республики (от  $0,15$   $^{\circ}\text{C}/10$  лет до  $0,92$   $^{\circ}\text{C}/10$  лет). В центральных и северных районах Казахстана тенденции изменения температуры воздуха были статистически незначимы и составляли от  $-0,11$   $^{\circ}\text{C}/10$  лет до  $0,33$   $^{\circ}\text{C}/10$  лет, за исключением МС Житикара Костанайской области, где повышение температуры воздуха было статистически значимым и составило  $0,36$   $^{\circ}\text{C}/10$  лет (рисунок 2.21). В июне и июле незначительное похолодание наблюдается в северных и центральных районах (на  $-0,01$   $^{\circ}\text{C}/10$  лет – минус  $0,33$   $^{\circ}\text{C}/10$  лет). Статистически достоверная отрицательная тенденция отмечена только на МС Жарык Карагандинской области ( $-0,33$   $^{\circ}\text{C}/10$  лет). В августе в большинстве регионов Казахстана отмечается статистически значимые положительные тенденции температуры воздуха от  $0,24$   $^{\circ}\text{C}/10$  лет до  $0,89$   $^{\circ}\text{C}/10$  лет.

*Осенью* за последние 4-и десятилетия устойчивое повышение температуры воздуха отмечено на северо-западе, западе и юге республики (от  $0,28$   $^{\circ}\text{C}/10$  лет до  $0,64$   $^{\circ}\text{C}/10$  лет). Основной вклад внесли месяцы сентябрь и октябрь, когда статистически значимая положительная тенденция температуры воздуха составила  $0,24 - 0,52$   $^{\circ}\text{C}/10$  лет и  $0,25 - 0,91$   $^{\circ}\text{C}/10$  лет, соответственно. В августе очагами наметились статистически незначимые отрицательные тенденции приземной температуры воздуха в Карагандинской, Павлодарской, Восточно-Казахстанской областях (от  $-0,01$   $^{\circ}\text{C}/10$  лет до  $-0,22$   $^{\circ}\text{C}/10$  лет, рисунок 2.22).



### 2.3 Тенденции в экстремумах температуры приземного воздуха

Во многих регионах Казахстана прослеживается статистически достоверная положительная тенденция увеличения количества суток, когда температура воздуха была выше 35 °С, это Кызылординская (4 – 6 дня/10лет), Атырауская, Мангистауская (3 - 5 дня/10 лет) области, а также в некоторых районах Жамбылской, Западно-Казахстанской, Актюбинской и Алматинской областях (1 – 2 дня/10 лет) На всей остальной территории республики тенденции также положительные, но статистически незначимые (рисунок 2.23).

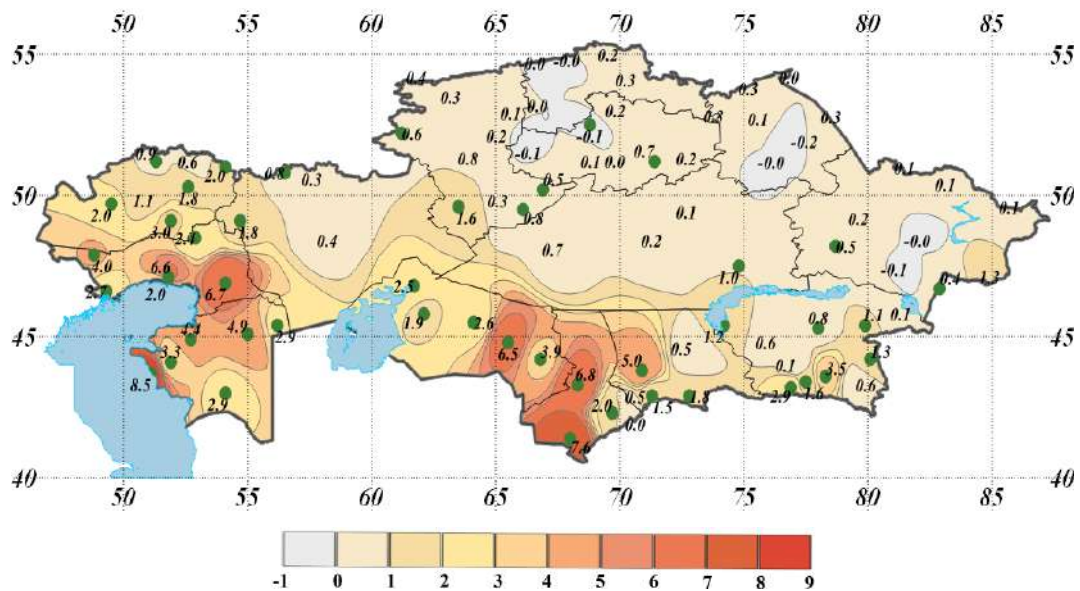


● – значимые отрицательные и положительные коэффициенты линейного тренда

Рисунок 2.23 - Пространственное распределение коэффициента линейного тренда количества дней с температурой воздуха выше 35 °С (дни/10лет), рассчитанного за период 1961 - 2019 гг. (индекс SU35)

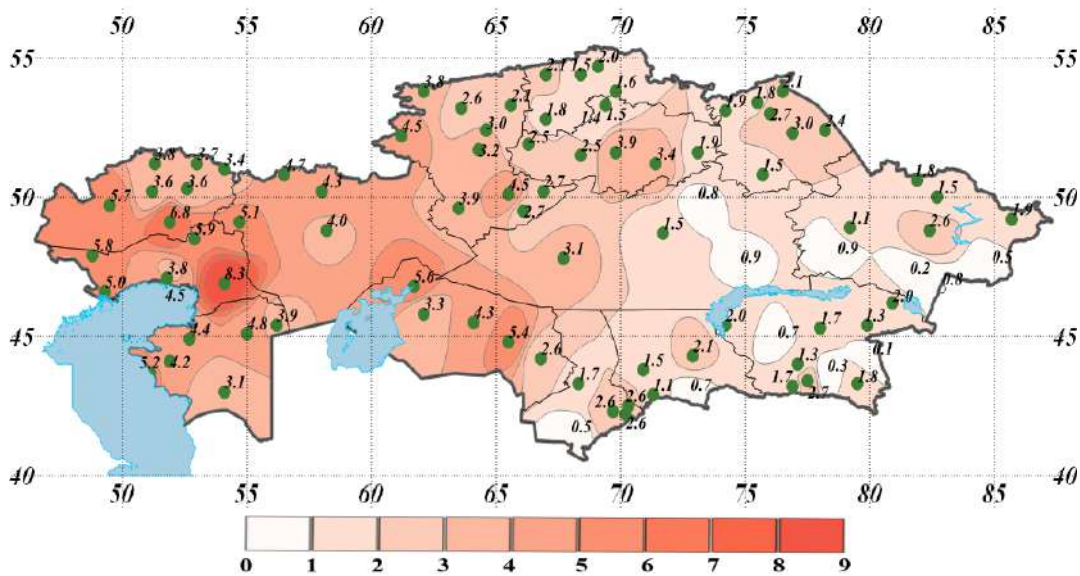
На рисунке 2.24 представлено *пространственное распределение коэффициентов линейного тренда количества суток, когда минимальная температура  $\geq 20$  °С (индекс TR, количество тропических ночей)*, рассчитанных за период 1961 - 2019 гг. За последние более чем 40 лет в Казахстане прослеживаются, в основном увеличение количества таких суток: в Атырауской и Мангистауской областях на 5 – 7 дней/10 лет, а также на 5 – 8 дней/10 лет на некоторых станциях Туркестанской, Кызылординской областей. На всей остальной территории республики значимых изменений в количествах суток с минимальной температурой  $\geq 20$  °С не наблюдалось.

*Общая за год продолжительность волн тепла* (когда, как минимум, 6 последовательных дней суточная максимальная температура воздуха была выше 90-го перцентиля, индекс WSDI) на территории республики повсеместно увеличивается (рисунок 2.25), и это увеличение статистически значимое. Наиболее существенное увеличение (на 4 – 8 дня/10 лет) наблюдается в западных регионах страны, а также в Кызылординской области. В некоторых центральных, южных и восточных районах страны увеличение статически не значимо.



● – значимые отрицательные и положительные коэффициенты линейного тренда

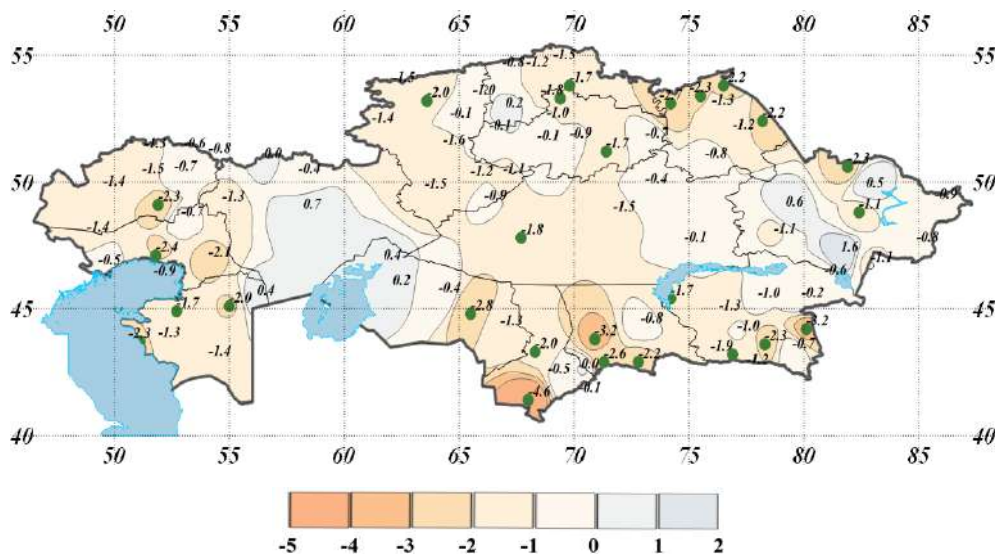
Рисунок 2.24 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда количества суток, когда минимальная температура  $\geq 20$  °C (дни/10 лет), рассчитанного за период 1961 - 2019 гг. (индекс TR)



● – значимые отрицательные и положительные коэффициенты линейного тренда

Рисунок 2.25 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда общей продолжительности волн тепла (дни/10 лет) за период 1961 - 2019 гг. (индекс WSDI)

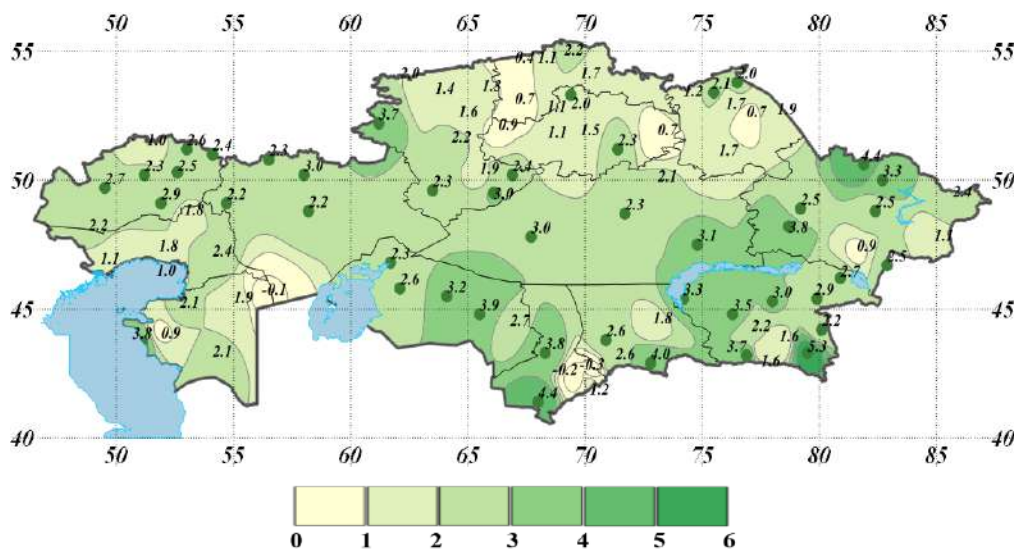
На рисунке 2.26 представлено распределение коэффициента линейного тренда *общей продолжительности коротких волн холода, когда, как минимум, 3 последовательных дня суточная минимальная температура воздуха была ниже 10-го перцентля (индекс CSDI3)*, рассчитанного за период 1961 – 2019 гг. На большей части территории Казахстана наблюдается сокращение общей продолжительности коротких волн холода на 1 - 2 дня/10 лет, местами сокращение более существенное. По данным отдельных станций отмечено незначительное увеличение общей продолжительности волн холода.



● – значимые отрицательные и положительные коэффициенты линейного тренда

Рисунок 2.26 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда общей продолжительности коротких волн холода (дни/10 лет) за период 1961 – 2019 гг. (индекс CSDI3)

В целом по территории республики наблюдается увеличение *продолжительности вегетационного периода (индекс GSL)* на 2 – 5 дня/10 лет (рисунок 2.27). Статистически значимое увеличение на 3 – 5 дня/10 лет прослеживается по данным большинства станций Западно-Казахстанской, Актюбинской, Кызылординской, Туркестанской, Жамбылской, Алматинской, Карагандинской и Восточно-Казахстанской областей. В северных регионах страны увеличение продолжительности вегетационного периода в основном статистически незначимое.

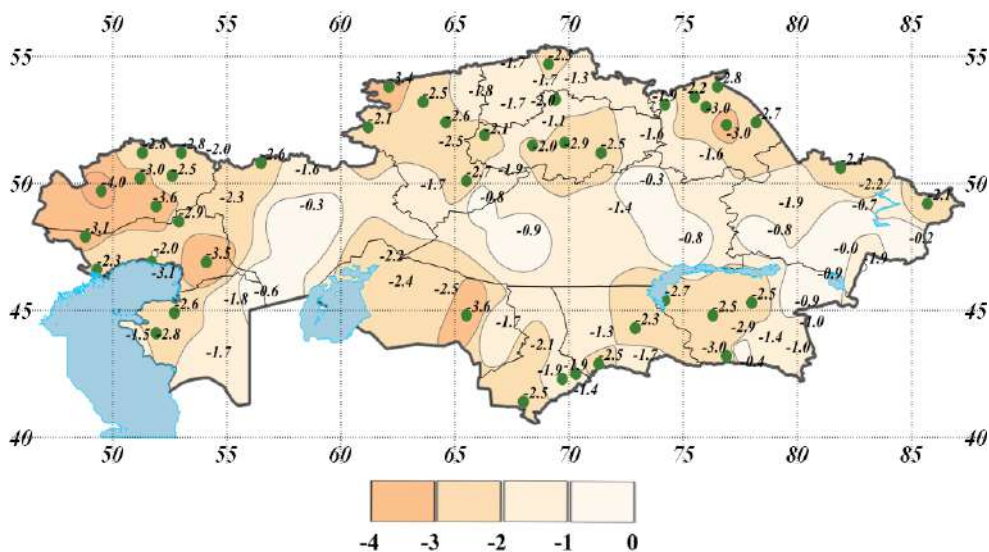


● – значимые отрицательные и положительные коэффициенты линейного тренда

Рисунок 2.27 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда продолжительности вегетационного периода (дни/10 лет) за период 1961 - 2019 гг. (индекс GSL)



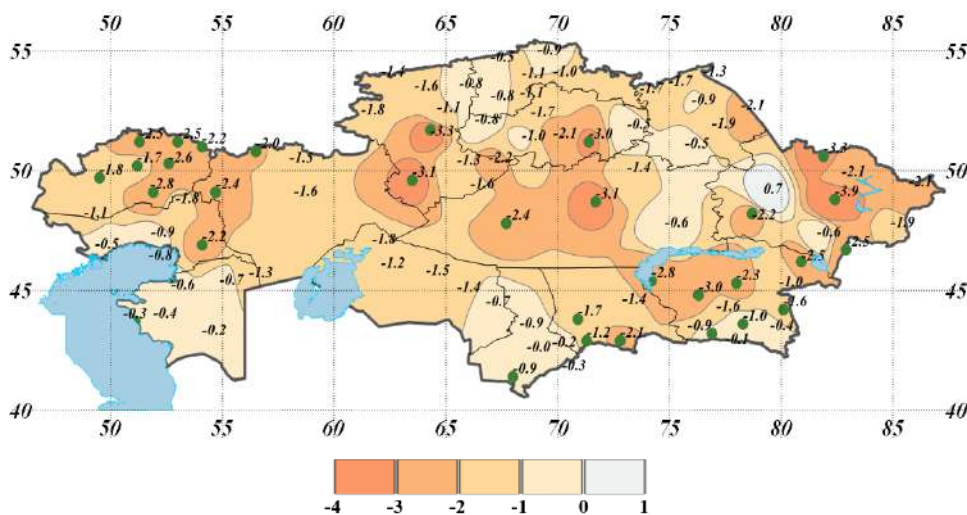
Значимое статистическое сокращение (3 – 4 дня/10 лет) *количества дней с дневными морозами, когда суточный максимум температуры ниже 0 °С* (индекс ID0) наблюдается на большей части территории западных, южных и северных регионов Казахстана.



● – значимые отрицательные и положительные коэффициенты линейного тренда

Рисунок 2.28 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда числа случаев с суточным максимумом температуры воздуха ниже 0 °С (дни/10 лет) за период 1961 - 2019 гг. (индекс ID0)

На территории республики практически повсеместно на 1–3 дня/10 лет сокращается количество дней с *сильными морозами (когда суточный минимум температуры воздуха ниже минус 20 °С, индекс FDM20)*, сокращение на 3-4 дня/10 лет наблюдаются на некоторых станциях Западно-Казахстанской, Восточно-Казахстанской, Костанайской, Карагандинской и Алматинской областей.



● – значимые отрицательные и положительные коэффициенты линейного тренда

Рисунок 2.29 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда количества суток в году с сильными морозами (когда суточный минимум температуры воздуха ниже минус 20 °С) за период 1961-2019 гг. (индекс FDM20)



На рисунке 2.30 представлено пространственное распределение коэффициентов линейного тренда *дефицита тепла (индекс hddheat18)*, рассчитанных за период 1961 - 2019 гг. Повсеместно по территории страны, наблюдается значимое сокращение дефицита тепла от 20 °С-дни/10 лет до 140 °С-дни/10 лет. Максимальное сокращение наблюдаются на МС Нур-Султан (131°С/10 лет), МС Кызылорда (121°С/10 лет), МС Кульсары (116°С-дни/10 лет), МС Тайпак (121°С-дни/10 лет).

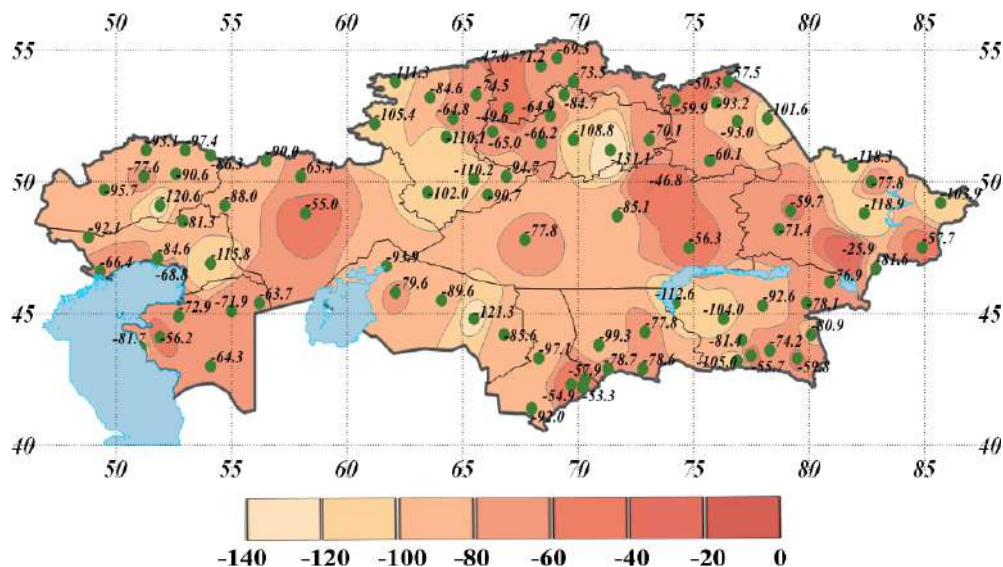
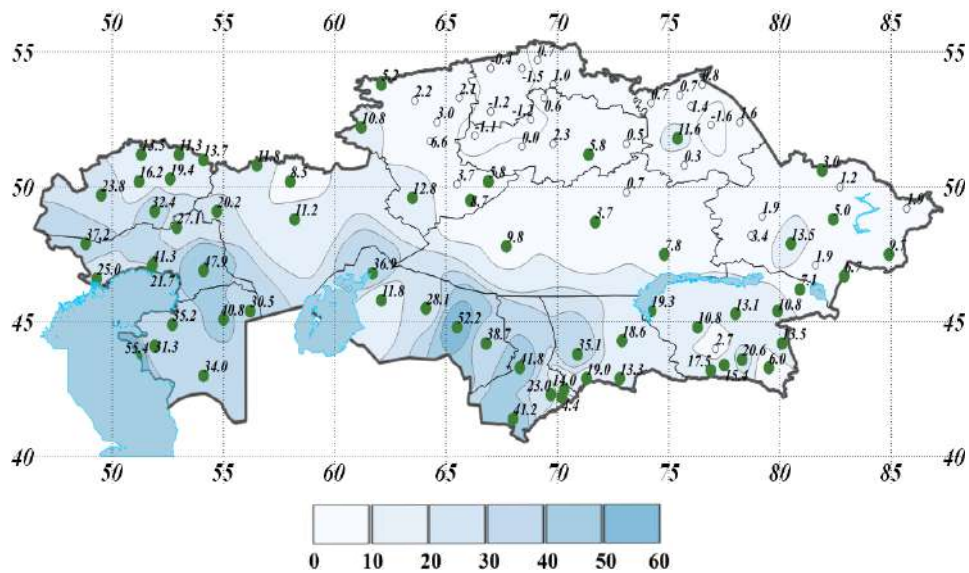


Рисунок 2.30 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда дефицита тепла (°С-дни/10лет) за период 1961 - 2019 гг. (индекс hddheat18)

Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда *дефицита холода (индекс cddcold23)*, рассчитанных за период 1961 - 2019 гг., представлено на рисунке 2.31. На территории страны с севера на юго-запад наблюдается увеличение дефицита холода от 10 до 60 °С-дни каждые 10 лет. Максимум увеличения дефицита холода наблюдается в Атырауской, Мангистауской, Кызылординской, Туркестанской областях (на 30-50 °С-дни/10 лет).



● – значимые отрицательные и положительные коэффициенты линейного тренда

Рисунок 2.31 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда дефицита холода (°C-дни/10лет), рассчитанного за период 1961 - 2019 гг. (индекс cddcold23)

### 3 АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ

#### 3.1 Аномалии количества осадков в 2019 году

На рисунке 3.1 представлен внутригодовой ход распределения количества атмосферных осадков за 2019 г., пространственно осредненных по территории Казахстана, а также среднее многолетнее месячное количество осадков за период 1961 – 1990 гг. Максимальное количество осадков в 2019 г. приходится на апрель (39,5 мм, 125 % нормы), июнь (36,8 мм, 108 % нормы) и декабрь (27,5 мм, 114 % нормы). В мае, июле, октябре и ноябре дефицит количества осадков составил 27 – 38 % нормы.

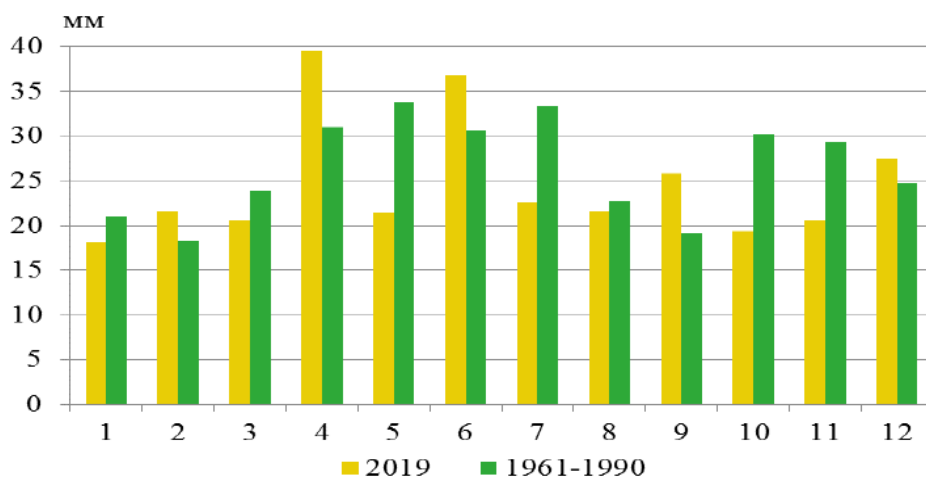


Рисунок 3.1 – Месячные суммы осадков в 2019 г. и среднемноголетнее количество осадков за период 1961-1990 гг., осреднённые по территории Казахстана

Далее представлены значения аномалий годовых и сезонных сумм осадков (таблица 3.1), а также аномалии количества осадков по месяцам (таблица 3.2), наблюдавшиеся в 2019 г. и осредненные в целом по территории Казахстана и его областям. Для каждого значения аномалии приведены вероятности неперевышения, рассчитанные за период 1941 - 2019 гг. Вероятность неперевышения характеризует частоту появления соответствующего значения аномалии в ряду наблюдений. Количество осадков выше 95-го или ниже 5-го перцентиля выделено жирным шрифтом.

На рисунке 3.2 показано территориальное распределение годового и сезонного количества осадков в 2019 г., выраженное в процентах нормы за период 1961 – 1990 гг., а также приведены вероятности неперевышения годовых и сезонных сумм осадков в данном году.

В среднем по территории Казахстана годовая сумма атмосферных осадков в 2019 году составила 92 % нормы (294,2 мм). Количество осадков варьируется от 76 % (Актюбинская область) до 117 % нормы (Атырауская область). Экстремально сухо (вероятность неперевышения 0 – 5 %) было на некоторых станциях Актюбинской, Костанайской, Карагандинской и Жамбылской областей. Абсолютные максимумы и минимумы количества осадков по территории Казахстана перекрыты не были (рисунок 3.2, таблицы 3.1, 3.2).

Таблица 3.1 – Регионально осредненные годовые и сезонные аномалии количества осадков в 2019 г:  $vR$  - отклонения от средних многолетних значений за 1961 – 1990 гг., - мм;  $P(r \leq R_{2019})$  - вероятность непревышения, рассчитанная по данным за период 1941 – 2019 гг. и выражена в %;  $RR$  - отношение  $R_{2019}$  к норме, выраженное в %

Регион/область	Год			Зима			Весна			Лето			Осень		
	$vR$	$P$	$RR$	$vR$	$P$	$RR$	$vR$	$P$	$RR$	$vR$	$P$	$RR$	$vR$	$P$	$RR$
<b>Казахстан</b>	-23,0	21	92	-5,7	35	90	-7,2	33	96	-5,8	30	86	-13,0	32	82
Алматинская	-21,9	50	96	9,7	58	114	-31,0	28	79	5,7	52	103	-11,4	50	86
Акмолинская	48,1	79	114	-1,2	47	100	6,0	65	108	-19,5	32	86	41,1	94	154
Актюбинская	-68,3	11	76	-19,1	23	69	-14,0	20	83	-21,0	23	68	-29,4	11	61
Атырауская	27,7	69	117	-7,2	21	77	54,3	94	236	3,0	62	108	-12,0	24	71
Восточно-Казахстанская	-0,9	55	98	-13,0	32	83	-7,4	41	91	13,6	65	112	-9,5	46	88
Жамбылская	-61,4	14	80	-20,1	16	73	-8,8	44	92	-9,4	26	87	-30,0	14	59
Западно-Казахстанская	-52,3	20	82	6,7	71	110	1,0	47	103	10,8	57	104	<b>-43,1</b>	<b>2</b>	<b>45</b>
Карагандинская	-25,0	29	88	-9,6	34	83	-14,6	28	80	-20,3	25	70	3,9	64	99
Костанайская	-31,1	32	87	-20,2	10	60	-7,8	29	86	-18,5	26	79	6,4	66	109
Кызылординская	-2,8	61	99	10,1	74	121	5,4	67	115	-12,9	11	33	-17,7	12	47
Мангистауская*	-55,8	40	94	0,1	55	108	-29,1	79	133	-11,1	20	62	-18,6	42	87
Павлодарская	-26,6	28	91	-11,4	15	74	-6,2	33	89	-17,0	28	89	-7,8	37	89
Северо-Казахстанская	8,8	55	102	-8,3	34	83	-7,6	32	89	1,0	47	101	12,4	74	113
Туркестанская	-57,0	20	88	-3,9	33	91	-1,6	48	103	-4,6	30	73	<b>-59,8</b>	<b>1</b>	<b>34</b>

**Примечания:** 1. для Мангистауской области оценка проводилась за период 1960 – 2019 гг.  
2. значения выше 95-го и ниже 5-го перцентиля выделены жирным шрифтом и ярким цветом

**Зима 2018/2019 гг.** В целом по всей территории республики количество осадков составило 92 % климатической нормы или 58,1 мм (рисунок 3.2, таблицы 3.1, 3.2). Сухо было в Актюбинской, Костанайской, Павлодарской, Жамбылской, Атырауской и областях, где осадков за зимний период выпало 59 – 77 % нормы с вероятностью непревышения 10 - 23 %. Значительный дефицит осадков (вероятность непревышения 2 – 5 %) отмечен на станциях Актюбинской, Костанайской, Карагандинской и Жамбылской областей. В январе экстремально сухо наблюдалось в Атырауской и Павлодарской областях (вероятность непревышения 3 %). Зима в этих районах вошла в 10 % экстремально сухих зимних сезонов. На некоторых станциях Западно-Казахстанской и Павлодарской областей были перекрыты абсолютные значения (таблица 3.3).

**Весна.** Количество осадков весеннего сезона в среднем по Казахстану составило 81,5 мм (96 % нормы, вероятность непревышения 33 %). Наибольшее количество

атмосферных осадков выпало в Атырауской области (236 % нормы, вероятность неперевышения 94 %), где экстремально влажным был апрель (с вероятностью неперевышения 100 %). На двух метеостанциях Карагандинской области обновлены абсолютные значения количества осадков (таблица 3.4).

Таблица 3.2 – Регионально осредненные месячные аномалии количества осадков в 2019 г.:  $\nu T$  – отклонения от средних многолетних значений за 1961 - 1990 гг., - мм;  $P(r \leq R_{2019})$  - вероятность неперевышения (в скобках), рассчитанная по данным за период 1941 – 2019гг. и выражена в %

Регион/ область	12 (2018)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Казахстан</b>	-6,2 (23)	-3,0 (34)	3,3 (66)	-3,5 (32)	8,6 (75)	-12,3 (10)	6,3 (61)	-10,7 (8)	-1,2 (47)	6,7 (87)	-10,8 (16)	-8,7 (17)
Алматинская	-3,9 (34)	-0,6 (51)	14,2 (87)	<b>-21,8 (5)</b>	8,8 (69)	-18,1 (23)	21,9 (87)	-23,7 (10)	7,5 (69)	14,4 (91)	-18,5 (32)	-7,2 (38)
Акмолинская	-8,0 (14)	-3,9 (39)	10,6 (93)	12,4 (85)	10,9 (80)	-17,3 (12)	8,8 (62)	-27,6 (14)	-0,9 (52)	<b>33,8 (98)</b>	-0,1 (60)	7,3 (83)
Актюбинская	-9,1 (24)	-8,5 (25)	-2,1 (38)	4,0 (62)	-2,2 (52)	-15,8 (8)	<b>-19,2 (3)</b>	0,7 (56)	-2,5 (52)	0,9 (67)	-13,5 (21)	<b>-16,8 (5)</b>
Атырауская	1,6 (58)	<b>-8,0 (3)</b>	-0,9 (39)	-5,3 (28)	<b>28,4 (100)</b>	31,1 (92)	-3,7 (47)	3,1 (69)	3,7 (66)	-1,7 (61)	4,4 (65)	<b>-14,7 (3)</b>
Восточно- Казахстанская	-11,7 (7)	2,6 (64)	-3,6 (38)	<b>-13,7 (1)</b>	3,5 (50)	2,8 (61)	26,3 (88)	-12,0 (25)	-0,5 (52)	-1,5 (53)	-6,3 (50)	-1,7 (44)
Жамбылская	-10,8 (28)	-6,1 (37)	-3,4 (34)	-4,9 (43)	18,2 (82)	-22,2 (12)	3,1 (56)	-7,9 (25)	-4,5 (32)	5,2 (75)	-29,2 (7)	-6,0 (41)
Западно- Казахстанская	7,5 (80)	0,3 (64)	-1,2 (50)	10,8 (78)	1,0 (55)	-10,8 (11)	-10,1 (29)	15,2 (80)	-4,9 (47)	-2,4 (52)	-12,0 (17)	<b>-28,6 (0)</b>
Карагандинская	-7,3 (20)	-9,9 (17)	7,4 (83)	-2,2 (46)	4,0 (64)	-16,4 (14)	6,1 (66)	-17,7 (11)	-8,7 (34)	6,0 (82)	0,1 (67)	-2,1 (53)
Костанайская	-10,1 (16)	-9,3 (20)	-1,0 (44)	6,3 (70)	1,5 (48)	-15,7 (14)	-1,2 (52)	-23,3 (15)	5,9 (58)	11,0 (83)	-2,9 (50)	-1,4 (52)
Кызылординская	-0,2 (53)	3,9 (56)	6,7 (73)	<b>21,3 (98)</b>	-5,7 (44)	-9,5 (14)	-5,5 (12)	-4,5 (35)	-2,9 (35)	-0,6 (70)	-8,0 (29)	-9,1 (21)
Мангистауская	0,4 (55)	1,6 (50)	1,0 (66)	1,9 (64)	15,5 (84)	-1,4 (47)	-11,7 (8)	0,2 (55)	0,4 (62)	0,3 (69)	-8,5 (18)	2,0 (61)
Павлодарская	-5,6 (17)	<b>-12,0 (3)</b>	6,3 (87)	-3,8 (29)	15,2 (89)	<b>-17,6 (5)</b>	29,5 (87)	-25,1 (10)	-21,4 (10)	2,7 (52)	-3,3 (56)	-7,3 (33)
Северо- Казахстанская	-4,6 (35)	-6,5 (30)	3,0 (73)	4,0 (67)	1,9 (56)	-13,4 (23)	4,3 (55)	-8,9 (41)	5,7 (60)	25,6 (92)	-2,7 (53)	-10,4 (21)
Туркестанская	-11,8 (30)	2,7 (51)	4,6 (47)	-16,2 (32)	39,9 (92)	-25,3 (14)	4,5 (53)	-4,8 (44)	-4,2 (20)	-1,9 (55)	-29,1 (7)	-28,9 (17)

**Примечания:** 1. для Мангистауской области оценка проводилась за период 1960-2019 гг.;

2. значения выше 95-го или ниже 5-го перцентиля выделены жирным шрифтом и ярким цветом.

Таблица 3.3 – Станции с обновленными абсолютными значениями количества осадков (мм) за зимний период 2019 г.

Область	Станция	Абсолютный максимум в 2019 г.	Абсолютный минимум в 2019 г.	Предыдущее абсолютное значение
Западно-Казахстанская	Джаныбек	121,1		114,9 (2010 г.)
Павлодарская	Лозовая		19,8	20,1 (1981 г.)
Восточно-Казахстанская	Кайнар		3,9	4,4, (1974 г.)

Таблица 3.4 – Станции с обновленными абсолютными значениями количества осадков (мм) за весенний период 2019 г.

Область	Станция	Абсолютный максимум в 2019 г.	Абсолютный минимум в 2019 г.	Предыдущее абсолютное значение
Карагандинская	Балкаш	109,2		89,7 (1972 г.)
	Актогай		10,7	10,8 (2006 г.)

**Лето.** В среднем по территории республики атмосферных осадков выпало 80,7 мм (86 % нормы, вероятность неперевышения 30 %). Недостаток влаги (30 – 60 % нормы, вероятность неперевышения 11 – 25 %) наблюдался в Кызылординской, Мангистауской, Актюбинской и Карагандинской областях. Экстремально сухо было в июне в Актюбинской области (вероятность неперевышения 3 %). На северо-востоке, юго-востоке, а также в центральной части республики вероятность неперевышения количества осадков составила 10 – 25 %. На МС Актогай (Карагандинская область) обновлен абсолютный минимум количества осадков летнего сезона (таблица 3.5).

Таблица 3.5 – Станции с обновленными абсолютными значениями количества осадков (мм) за летний период 2019 г.

Область	Станция	Абсолютный максимум в 2019 г.	Абсолютный минимум в 2019 г.	Предыдущее абсолютное значение
Карагандинская	Актогай		15,8	18,0 (1945 г.)

**Осень.** Атмосферных осадков за весь осенний сезон выпало 65,6 мм (82 % нормы, вероятность неперевышения 32 %). Наиболее влажно отмечено на территории Костанайской, Северо-Казахстанской и Акмолинской областей, где сумма осадков составила 109 %, 113 % и 154 % нормы соответственно. Для Акмолинской области экстремально влажным был сентябрь (вероятность неперевышения 98 %). Наиболее сухо наблюдалось на юге и западе республики (34 – 47 % нормы). Экстремально сухо зафиксировано в Туркестанской и Западно-Казахстанской областях (вероятность неперевышения 1 – 2 %). Абсолютные значения количества осадков были обновлены на нескольких станциях (таблица 3.6)





Для оценки экстремальности количества осадков в 2019 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 2019 году.

На рисунке 3.3 красным цветом показаны значения абсолютных максимумов суточного количества осадков, определенные за период с начала открытия метеостанции по 2018 г., синим цветом – значения суточных максимумов, наблюдавшиеся в 2019 г. (индекс Rx1day). Абсолютный максимум суточного количества осадков в 2019 г. не был перекрыт ни на одной метеостанции Казахстана.

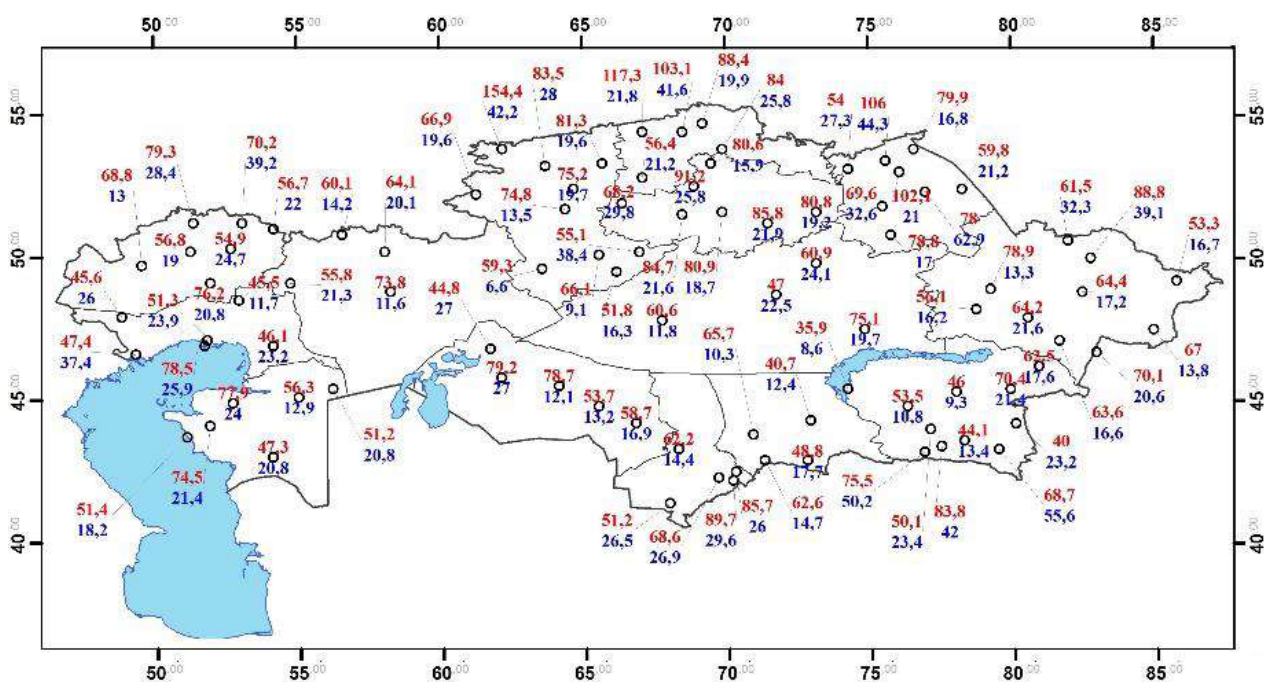


Рисунок 3.3 – Абсолютный максимум суточного количества осадков (мм), выбранный за период с начала открытия метеостанции по 2018 год (нанесен красным цветом) и максимальное количество осадков, выпавшее за сутки в 2019 году (нанесен синим цветом), мм

На рисунке 3.4 представлена доля количества осадков, выпавших за сутки с экстремально большим количеством осадков (более 95-го перцентиля), в сумме осадков за весь 2019 г. Для расчета использовались индексы R95 и PRPTOT. Индекс осадков R95 показывает количество осадков, превышающей 95-й перцентиль, индекс PRPTOT - количество осадков за год. Наибольшая доля экстремального количества осадков наблюдались на метеостанциях западного региона страны – МС Сам (64 %), Атырау (63 %) и Кульсары (52 %). На некоторых станциях Акмолинской, Карагандинской, Павлодарской и Восточно-Казахстанской областей доля экстремального количества осадков также достаточно высокая и составляет 32 – 42 %.

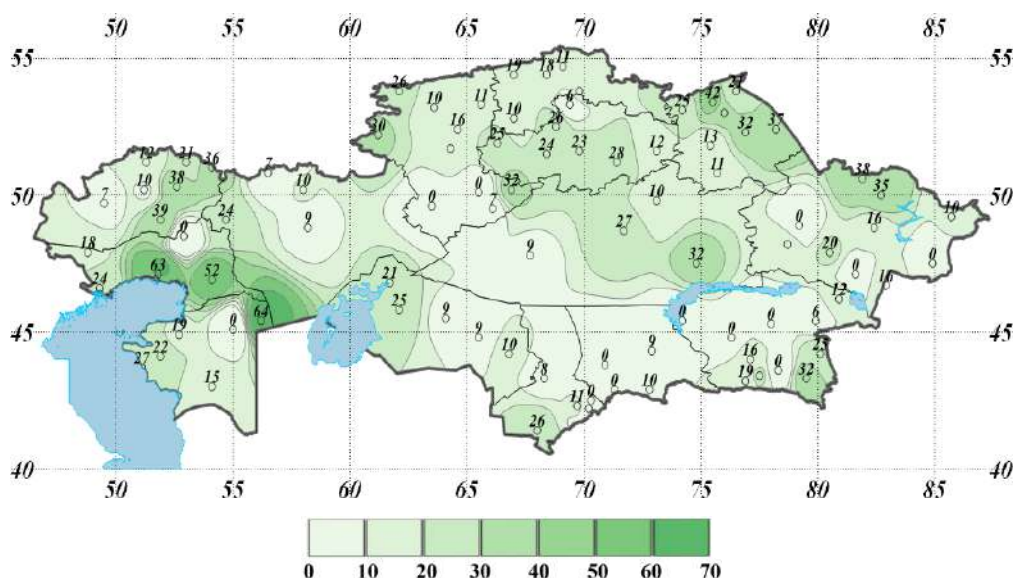


Рисунок 3.4 – Доля (в %) экстремального количества осадков в годовой сумме осадков в 2019 г. Экстремальное количество осадков рассчитано как сумма суточного количества осадков, превышающего 95-й процентиль

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).

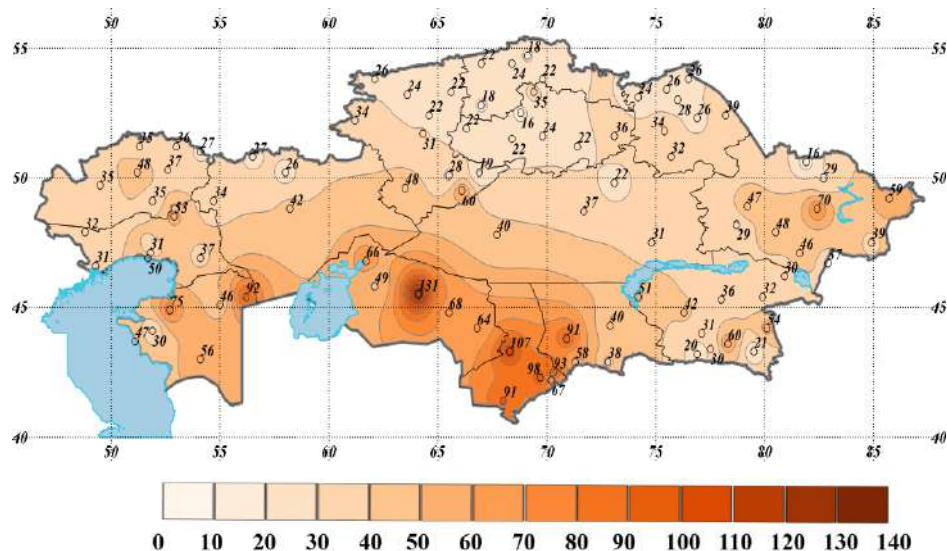


Рисунок 3.5 – Максимальная продолжительность бездождного периода (в днях) в 2019 г.

В 2019 г. наибольшая максимальная продолжительность бездождного периода наблюдается на юго-западе республики (рисунок 3.5). На некоторых метеостанциях этого региона продолжительность периода без осадков составила 91 – 131 дней в году. Наибольшая продолжительность бездождного периода зафиксирована на МС Туркестан и МС Жусалы Кызылординской области (107 и 131 дня в году) соответственно. Наименьшая продолжительность бездождного периода (16 - 34 дней в году) отмечена на севере Казахстана.



Результаты расчета *максимальной продолжительности дождливого периода в 2019 г., когда количество выпавших осадков было равно или больше 1 мм* (индекс CWD), представлены на рисунке 3.6. Максимальная продолжительность периода с осадками в 2019 г. составила 2 – 8 дней. Наибольший по продолжительности дождливый период (6 - 7 дней) наблюдался в северных и восточных регионах страны, а также на МС Уральск Западно-Казахстанской области и МС аул Турара Рыскулова Жамбылской области (6 и 8 дней, соответственно).

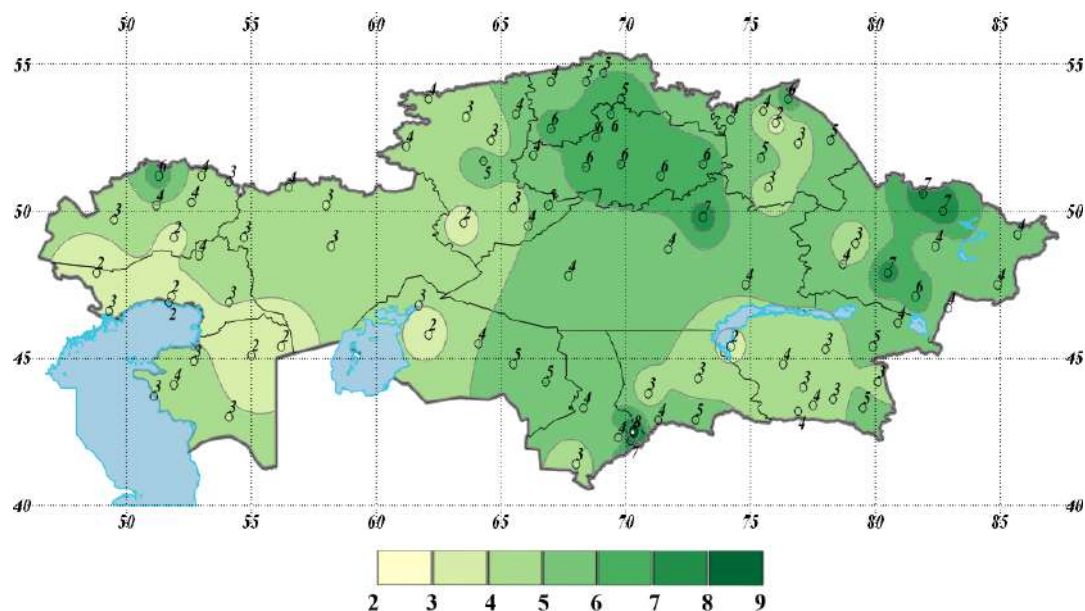


Рисунок 3.6 – Максимальная продолжительность периода (в днях) в 2019 году, когда количество выпавших осадков было равно или больше 1 мм

### 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 – 2019 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. За последние десятилетия наблюдалось чередование коротких периодов с положительными и отрицательными аномалиями количества осадков (рисунки 3.7 и 3.8).

В среднем по Казахстану в период 1976 – 2019 гг. наблюдается тенденция к увеличению годового количества атмосферных осадков на 4,3 мм/10 лет (таблица 3.7). Положительная тенденция среднего по территории областей количества осадков (от 1,6 до 14,1 мм/10 лет) отмечена в большинстве случаев. В Жамбылской, Мангистауской, Актыбинской, Западно-Казахстанской и Кызылординской областях наблюдается

уменьшение годового количества осадков на 1,6 - 5,4 мм/10 лет. Статистически достоверное увеличение годовых сумм осадков выявлено только на севере Казахстана, где вклад тренда в суммарную дисперсию составил 7 %. Во все сезоны наблюдается тенденция к увеличению среднего по территории Республики количества атмосферных осадков от 1,9 мм/10 лет до 3,2 мм/10 лет, за исключением осени, где прослеживается отрицательная тенденция количества осадков (1,3 мм/10 лет). Статистически значимое изменение количества осадков было только весной (рисунки 3.7, 3.8; таблица 3.7).

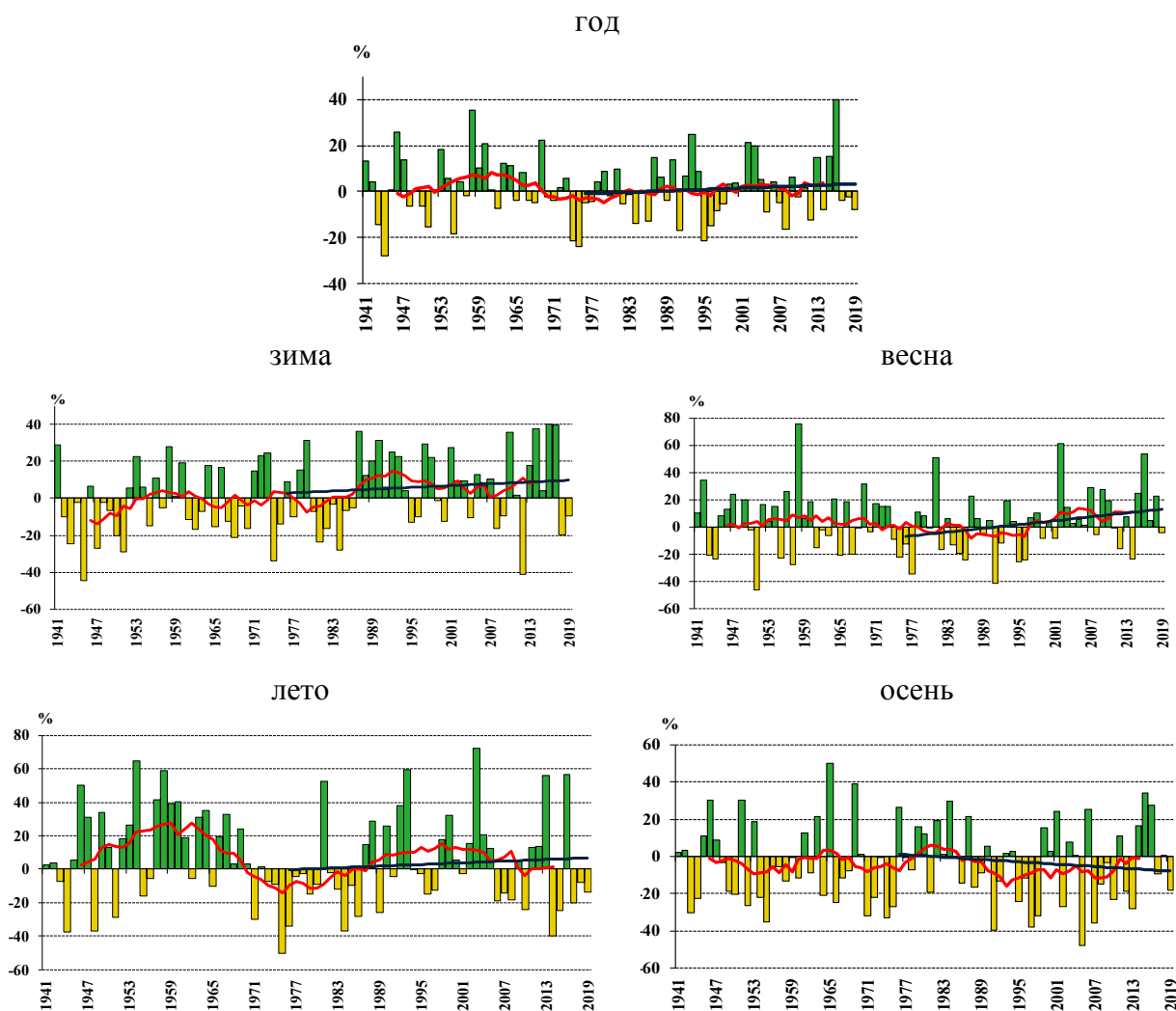


Рисунок 3.7–Временные ряды аномалий годовых и сезонных сумм осадков (%) пространственно осредненных по территории Казахстана за период 1941 - 2019 гг. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961 - 1990 гг. Линейный тренд за период 1976 - 2019 гг. выделен черным цветом. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением

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 – 2019 гг. и представленных на рисунках 3.9 и 3.10.

По территории республики наблюдается пятнистость в распределении знака изменения годового и сезонного количества осадков (рисунки 3.9; 3.10).



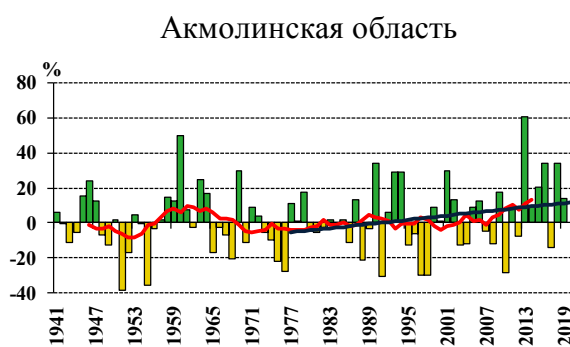
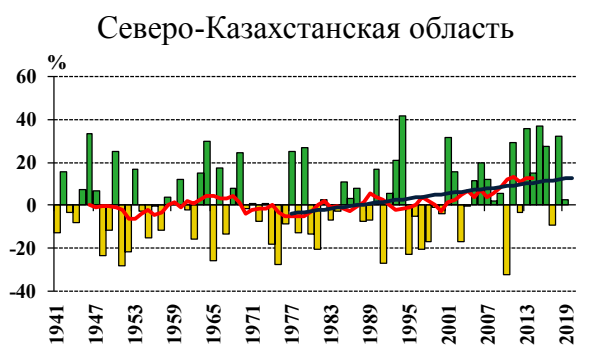
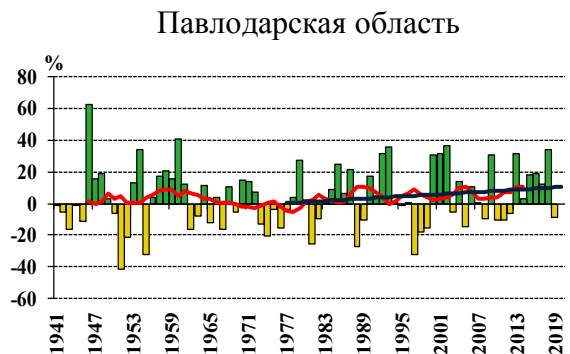
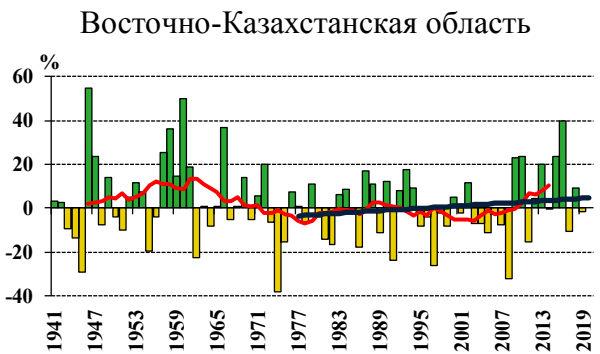
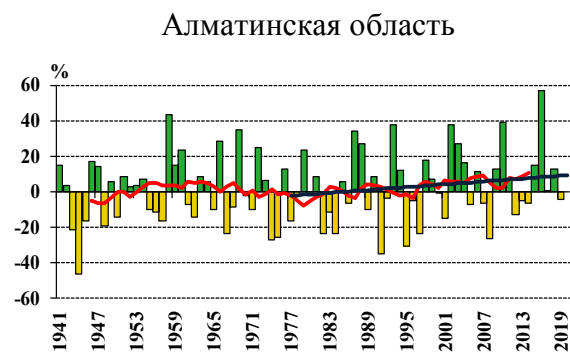
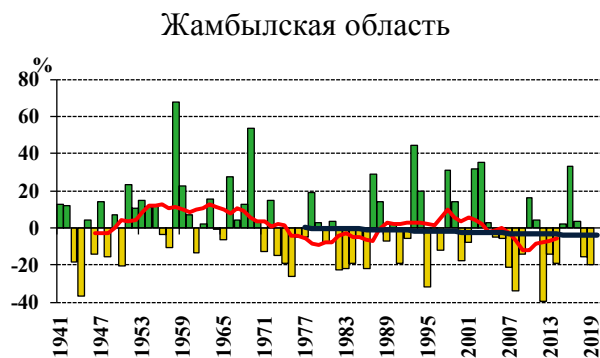
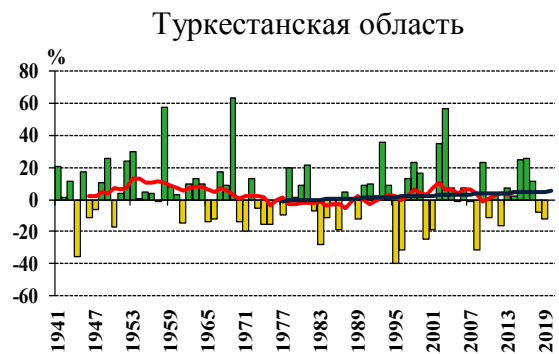
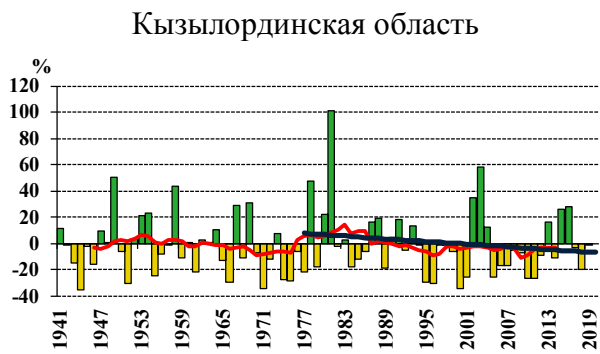


Рисунок 3.8 – Временные ряды аномалий годовых сумм осадков (%) за период 1941 - 2019 гг., пространственно осредненных по областям Казахстана. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961 - 1990 гг. Линейный тренд за период 1976 - 2019 гг. выделен черным цветом. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Лист 1

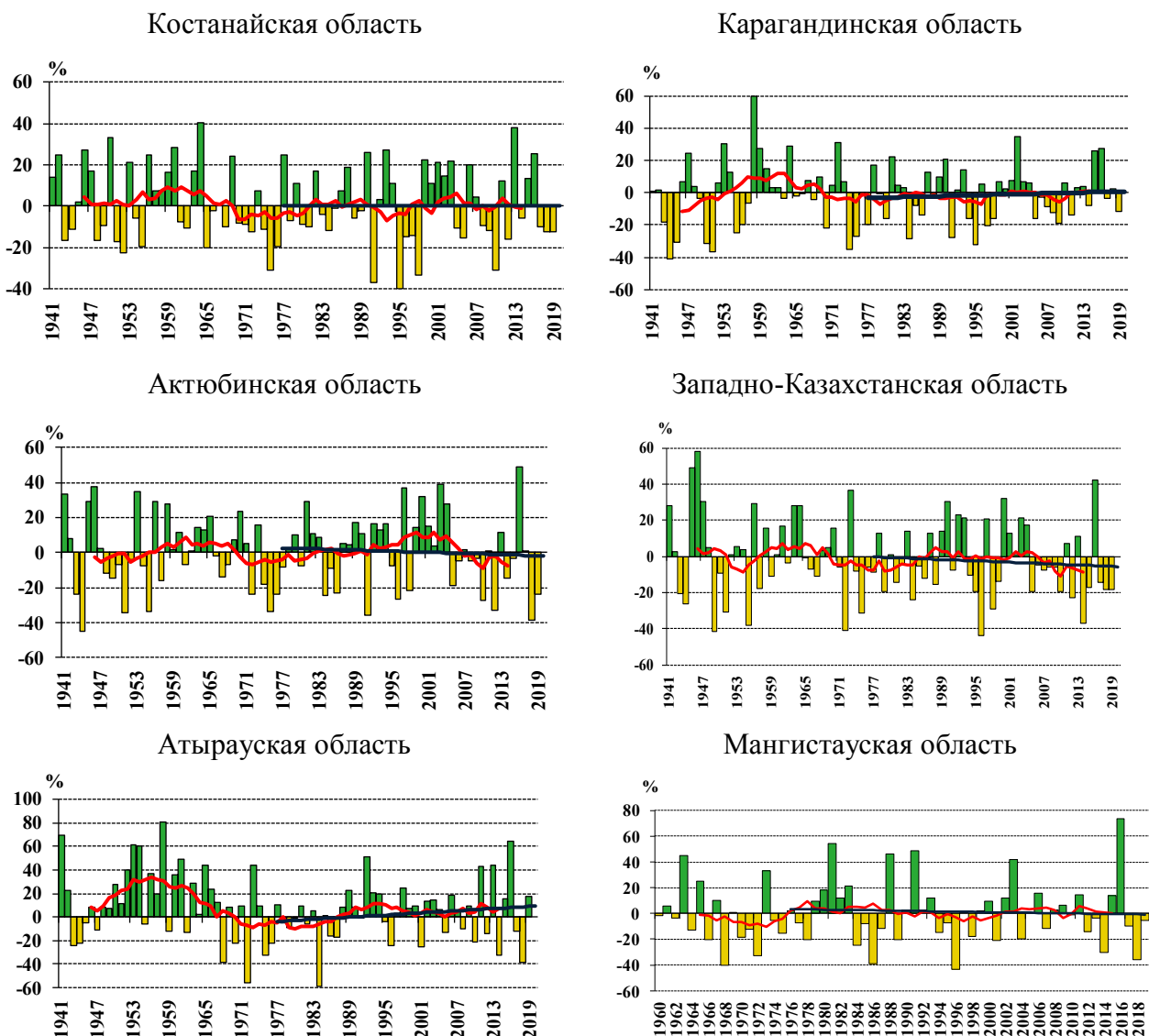


Рисунок 3.8 – Временные ряды аномалий годовых сумм осадков (%) за период 1941 - 2019 гг., пространственно осредненных по областям Казахстана. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961 - 1990 гг. Линейный тренд за период 1976 - 2019 гг. выделен черным цветом. Сглаженная кривая получена 11 летним скользящим осреднением. Лист 2

Тренды *годового* количества осадков на большей территории Казахстана были, в основном, положительны, но незначимы. Устойчивое увеличение количества осадков прослеживается на некоторых метеостанциях северо-востока республики (4 – 13 %/10 лет). Статистически значимое уменьшение количества осадков (7 - 31 %/10 лет) отмечено на станциях Костанайской, Карагандинской и Жамбылской областей.

Устойчивые положительные тенденции в *зимний* период наблюдаются на северо-востоке (4 - 7 %/10 лет), юго-востоке (4 - 9 %/10 лет) и юго-западе (7 - 12 %/10 лет) Казахстана.

*Весной* скорость роста количества осадков по всей территории Казахстана составляет 1 - 26 %/10 лет. Положительные статистически значимые тренды (4 - 14 %/10 лет) отмечены,

в основном, на северо-западе республики. Более быстрыми темпами (4 - 21 %/10 лет) осадки увеличиваются в марте.

Таблица 3.7 – Характеристики линейного тренда (мм/10 лет, %/10 лет) аномалий сезонных и годовых сумм атмосферных осадков, осредненных по территории Казахстана и его областей за период 1976-2019 гг. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961-1990 гг.

Регион/область	Ед. изм	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
		*а	**R <sup>2</sup>	а	R <sup>2</sup>	а	R <sup>2</sup>	а	R <sup>2</sup>	а	R <sup>2</sup>
Казахстан	мм	4,3	2	0,9	1	3,2	<b>5</b>	1,5	1	-1,3	1
	%	1,0		1,6		4,6		1,6		-2,1	
Алматинская	мм	10,5	3	4,4	<b>6</b>	2,8	1	2,7	1	0,8	0
	%	2,7		6,6		2,2		2,5		1,2	
Акмолинская	мм	13,6	<b>7</b>	3,1	<b>6</b>	3,5	4	6,2	3	0,6	0
	%	4,0		6,8		4,9		4,7		0,9	
Актюбинская	мм	-3,2	1	-1,0	0	5,1	<b>5</b>	-3,4	2	-4,4	7
	%	-1,1		-1,5		8,4		-4,7		-5,9	
Атырауская	мм	4,8	3	2,6	<b>6</b>	7,2	<b>15</b>	-3,0	3	-1,6	1
	%	3,0		7,8		18,2		-6,4		-3,8	
Восточно-Казахстанская	мм	5,9	2	0,2	0	3,2	3	3	2	-0,3	0
	%	1,9		0,8		3,6		3,7		0,0	
Жамбылская	мм	-1,6	0	0,8	0	-2,6	1	2,2	1	-1,7	1
	%	-1,0		1,0		-2,5		5,4		-2,9	
Западно-Казахстанская	мм	-3,6	1	-2,8	<b>5</b>	6,1	<b>12</b>	-4,5	4	-2,2	1
	%	-1,2		-3,7		10,5		-5,8		-2,7	
Карагандинская	мм	3,7	1	-0,5	0	1,3	1	4,9	<b>6</b>	-2,0	2
	%	0,9		-2,2		2,0		6,5		-3,9	
Костанайская	мм	1,6	0	-1,4	1	7,3	<b>19</b>	-0,3	0	-4,0	<b>6</b>
	%	0		-2,7		11,4		-0,5		-5,1	
Кызылординская	мм	-5,4	3	-0,8	1	-8,0	0	-7,8	0	-3,4	<b>9</b>
	%	-3,4		-0,5		-1,0		-4,7		-9,9	
Мангистауская	мм	-1,6	0	3,4	<b>11</b>	-3,6	4	0,7	0	-1,6	2
	%	-1,0		10,5		-6,7		2,5		-4,5	
Павлодарская	мм	6,9	3	-0,3	0	5,0	<b>11</b>	2,7	1	-0,2	0
	%	2,4		-0,6		9,4		2,6		-0,4	
Северо-Казахстанская	мм	14,1	<b>7</b>	0,6	0	9,1	<b>23</b>	4,3	1	0,2	0
	%	3,9		1,2		13,8		2,8		0,1	
Туркестанская	мм	6,7	1	2,7	1	3,1	1	1,8	1	-1,1	0
	%	1,4		1,0		1,8		6,5		-0,2	

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

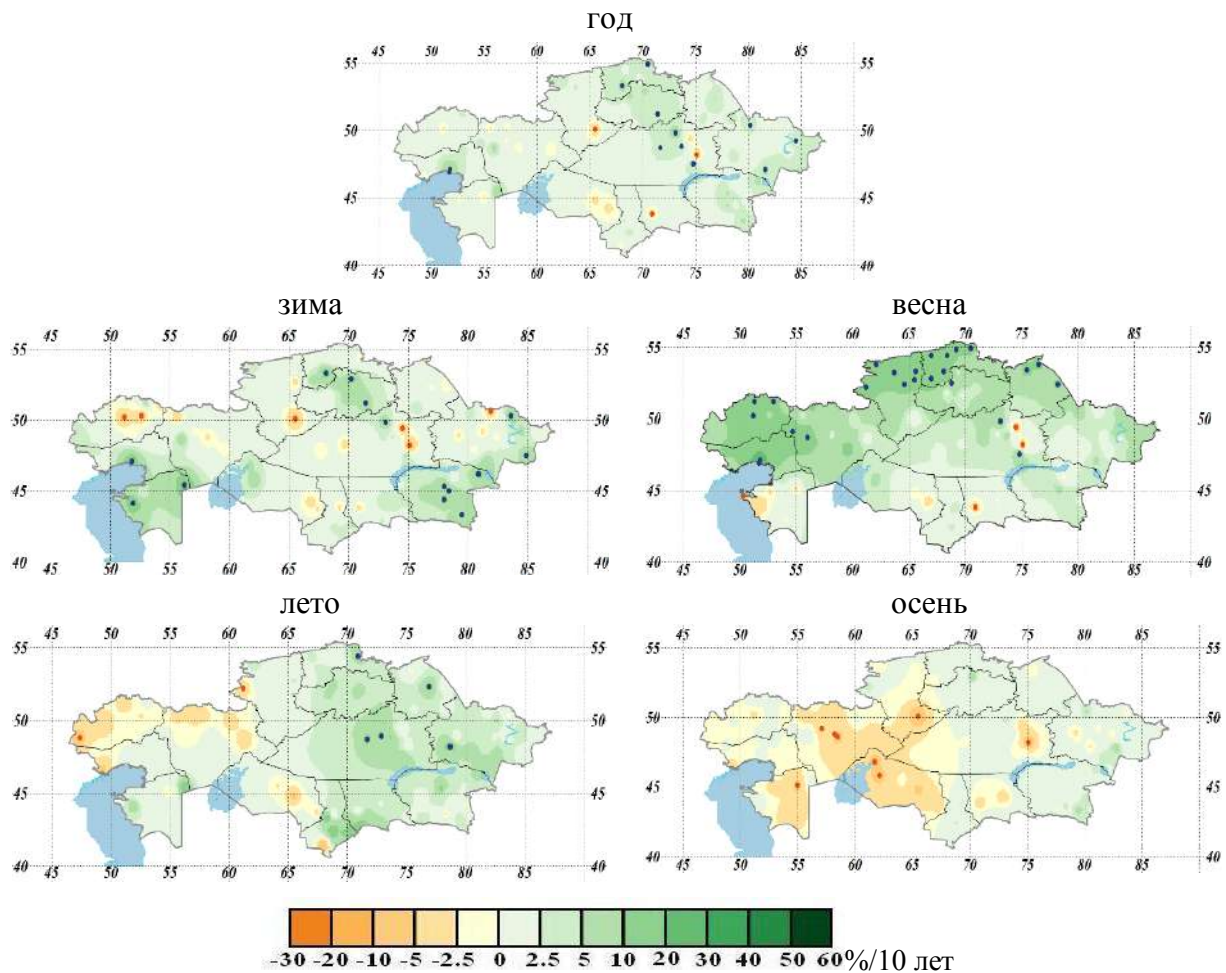
\*\* R<sup>2</sup> – коэффициент детерминации, %

\*\*\* - статистически значимые тенденции выделены жирным шрифтом

В *летний* период в западном регионе республики отрицательные тенденции количества осадков составили 0,1 - 12 %/10 лет, но тренды в основном незначимы, за исключением МС Жетыконур (Карагандинская область) и Урда (Западно-Казахстанская область), где значимое уменьшение количества осадков составило 4 - 5 % /10 лет. На нескольких метеостанциях Северо-Казахстанской, Восточно-Казахстанской, Карагандинской

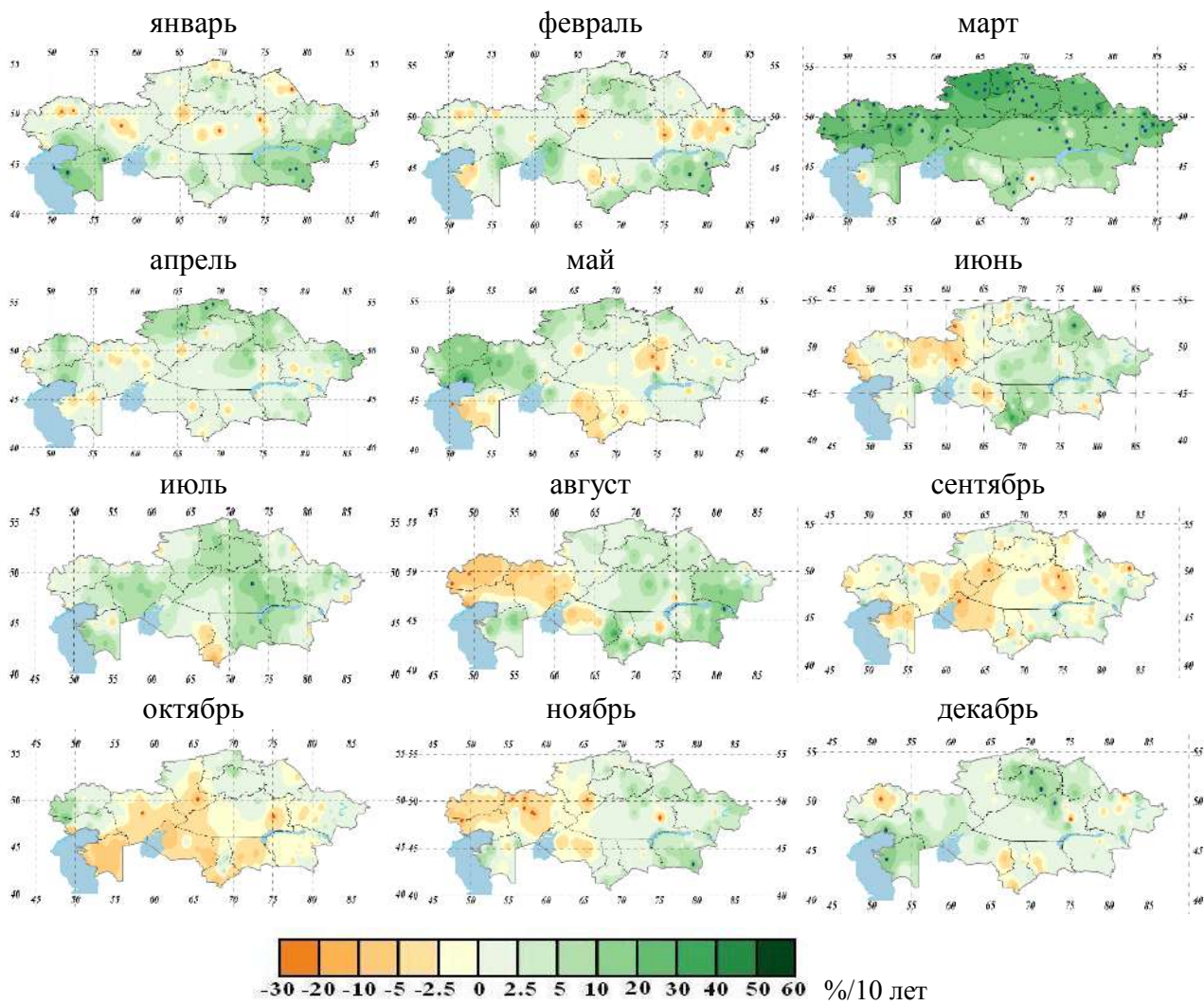
и Павлодарской областей устойчивый положительный тренд летнего сезона составил 4 - 6 %/10 лет.

**Осенью** отрицательный тренд прослеживается на большей части территории Казахстана (1 - 21 %/10 лет). Статистически значимые значения уменьшения количества осадков на некоторых станциях составили 6 - 31 %/10 лет. Слабая положительная тенденция в количестве осадков (1 - 6 %/10 лет) отмечается на юго-востоке, северо-востоке и центральной части республики. Все полученные тренды незначимы.



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

Рисунок 3.9 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда годовых и сезонных сумм осадков (%/10 лет), рассчитанных за период 1976 - 2019 гг.



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

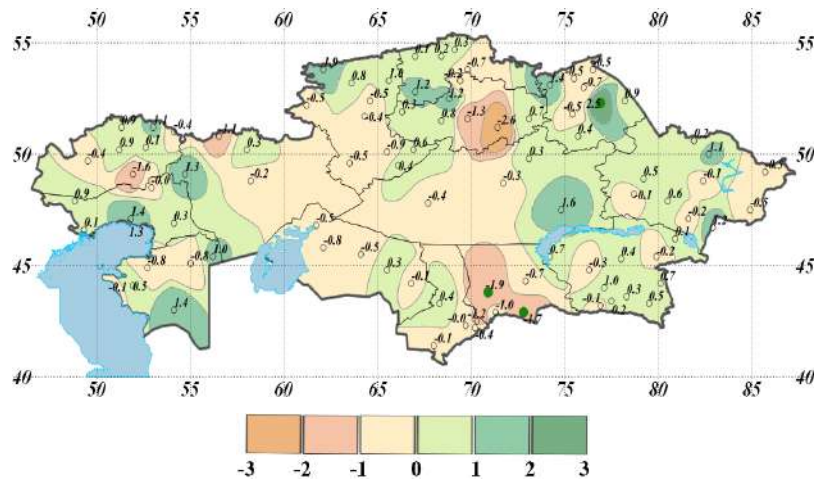
Рисунок 3.10 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда месячного количества осадков (%нормы/10 лет), рассчитанного за период 1976 – 2019 гг.

### 3.3 Тенденции в экстремумах атмосферных осадков

Анализ тенденций в экстремумах атмосферных осадков выполнен за период 1961 - 2019 гг. на основе наиболее показательных индексов, предложенных ВМО.

На большей части территории Казахстана наблюдается уменьшение максимального суточного количества осадков на 1,0 - 2,6 мм/10 лет ((индекс Rx1day, рисунок 3.11), которое, в основном, статистически незначимое. На МС Уюк (Жамбылская область) отмечено устойчивое уменьшение максимального суточного количества осадков на 1,9 мм/10 лет. Значимое увеличение максимального суточного количества осадков на 1,7 мм/10 лет и 2,5 мм/10 лет отмечено на МС Кулан (Жамбылская область) и МС Павлодар соответственно.

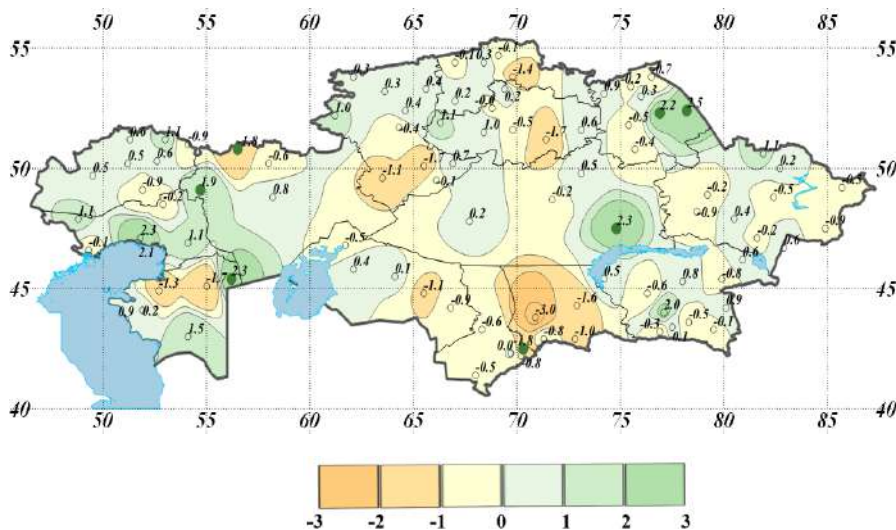




● – значимые отрицательные и положительные коэффициенты линейного тренда

Рисунок 3.11 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда максимальных в году значений суточного количества осадков (мм/10 лет), рассчитанного за период 1961 - 2019 гг. (индекс  $Rx1day$ )

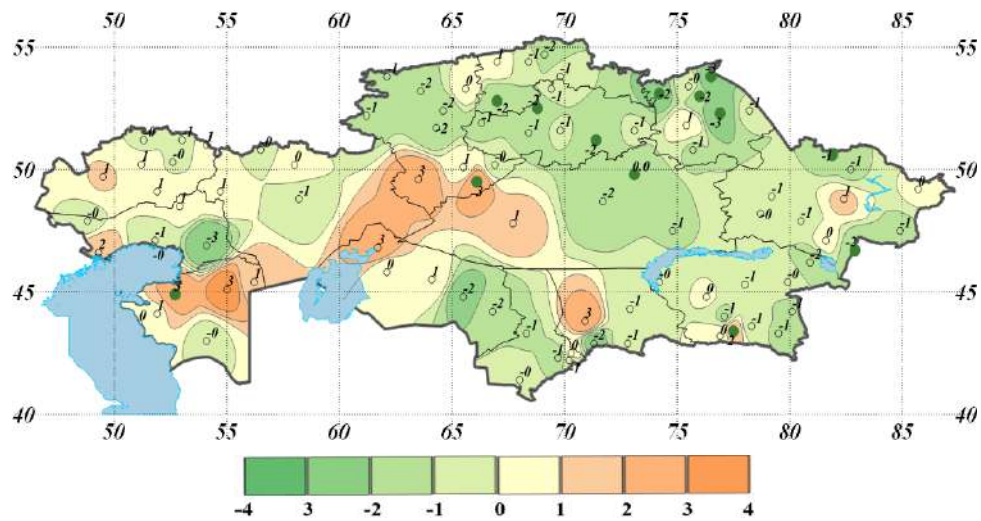
Анализ тренда в значениях *доли (%/10 лет) экстремального количества осадков в годовой сумме осадков (индекс  $R95pTOT$ )* показал, что в целом по Казахстану наблюдались незначительные статистически незначимые тенденции, как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения на 0,01 - 2,0 % каждые 10 лет (рисунок 3.12). На МС Бектауата (Карагандинская область), Павлодар и Шарбакты (Павлодарская область), Уил (Актюбинская область), Сам (Мангистауская область) устойчивое увеличение доли экстремального количества осадков в годовой сумме составило 1,9 - 2,5 % каждые 10 лет. Статистически значимое уменьшение доли экстремального количества осадков в годовой сумме зафиксировано на МС Мартук (Актюбинская область) и аул Турара Рыскулова (Туркестанская область) на 1,8 % каждые 10 лет.



● – значимые отрицательные и положительные коэффициенты линейного тренда

Рисунок 3.12 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда доли (%/10 лет) экстремального количества осадков в годовых суммах осадков, рассчитанного за период 1961 - 2019 гг. (индекс  $R95pTOT$ )

В условиях засушливого климата Казахстана очень важным является индекс CDD (максимальная продолжительность бездождного периода, когда суточное количество осадков составляло менее 1 мм). На рисунке 3.13 представлено пространственное распределение коэффициента линейного тренда максимальной продолжительности бездождного периода (дни/10 лет), рассчитанного за период 1961 - 2019 гг. По территории Казахстана отмечены слабые тенденции, как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения на 1 - 3 дня/10 лет. Тренды, в основном, незначимы, за исключением некоторых станций северных и северо-восточных регионов.

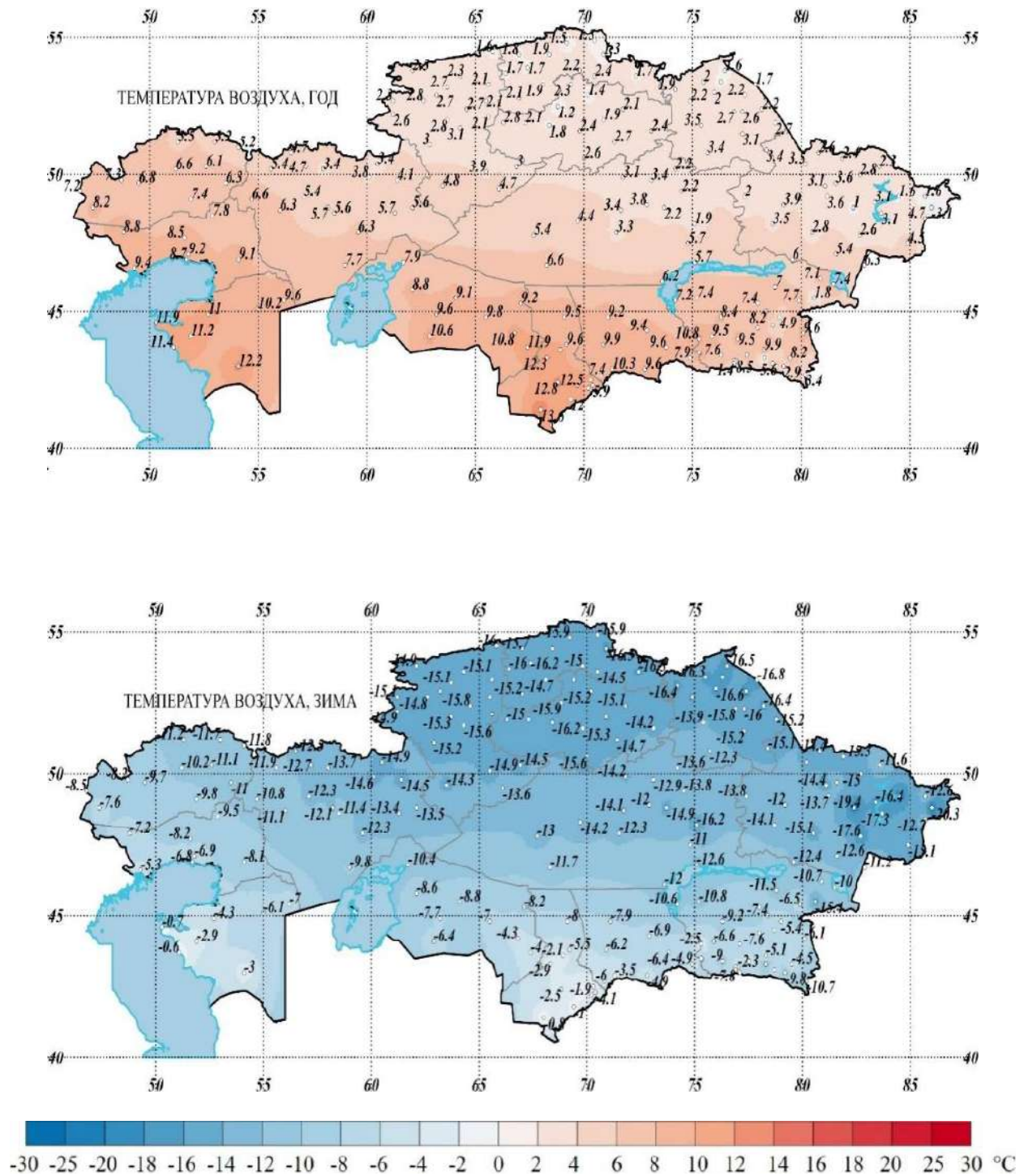


● – значимые отрицательные и положительные коэффициенты линейного тренда

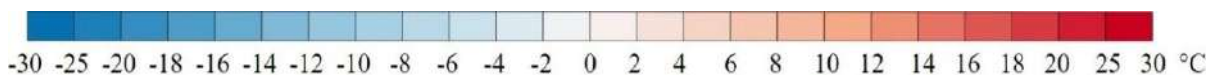
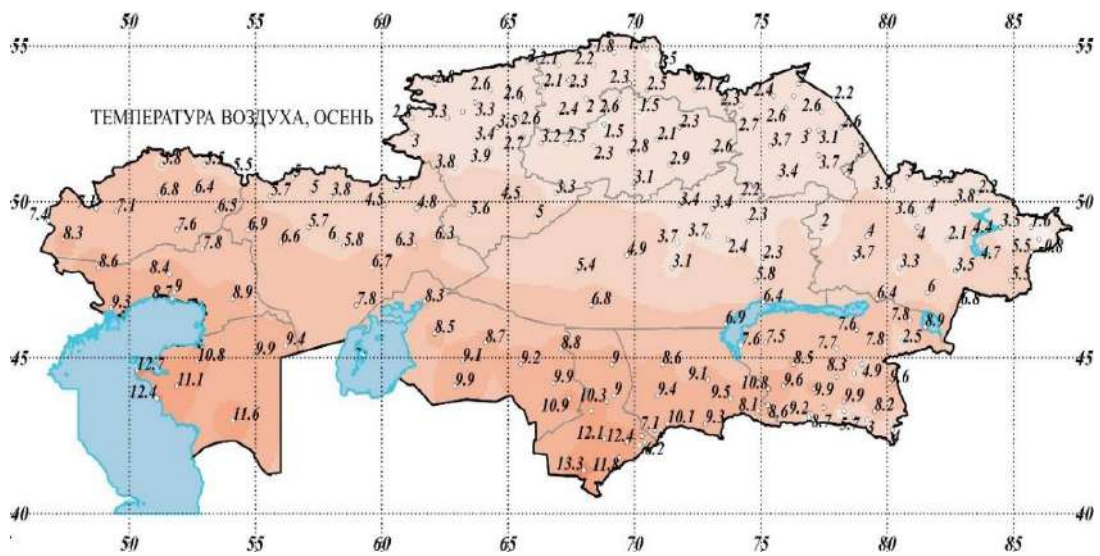
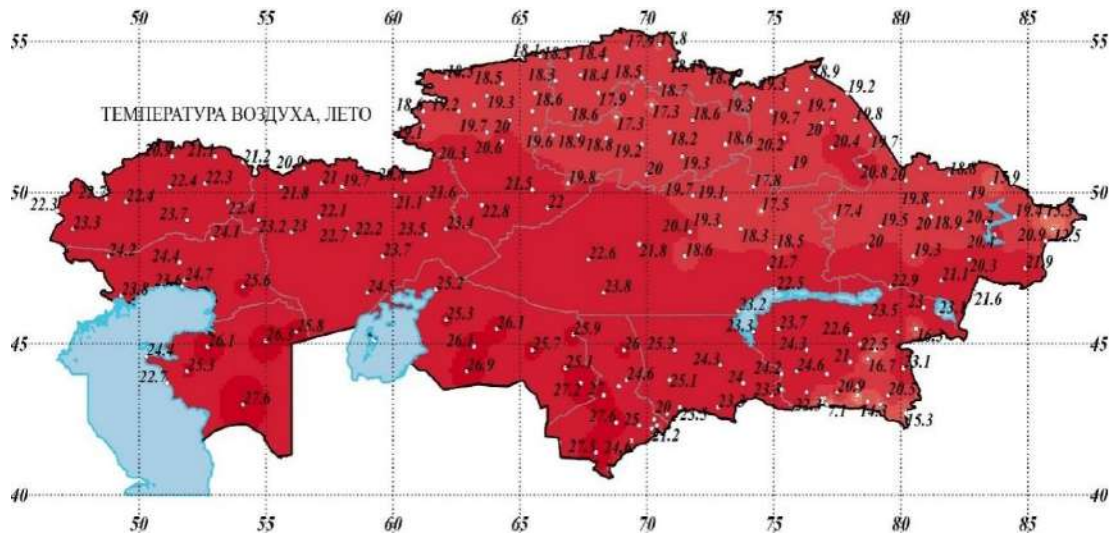
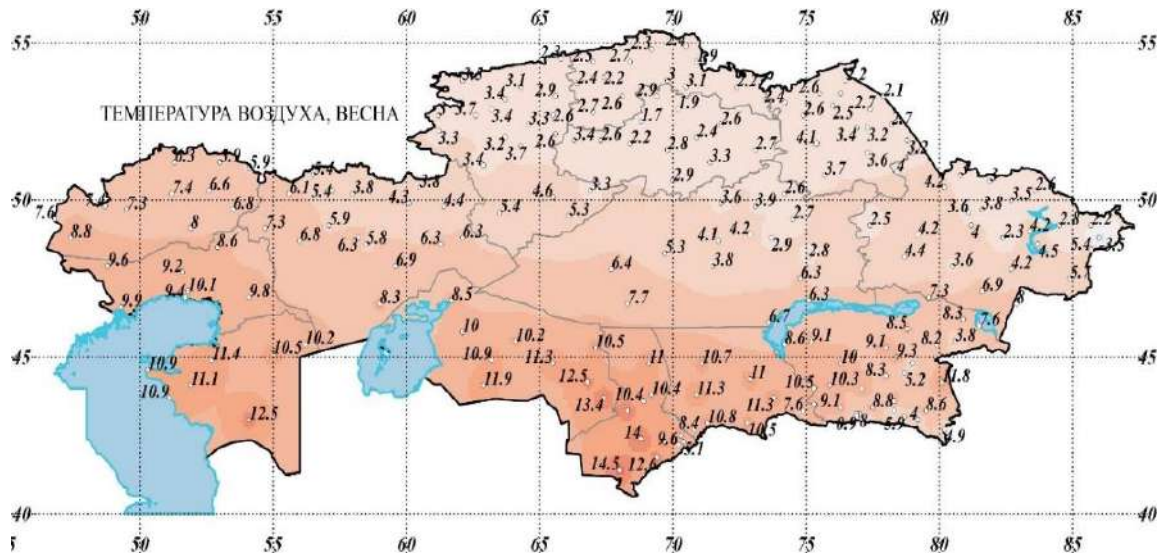
Рисунок 3.13 - Пространственное распределение коэффициента линейного тренда максимальной продолжительности бездождного периода (дни/10 лет), рассчитанного за период 1961 - 2019 гг. (индекс CDD)

# 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.

