

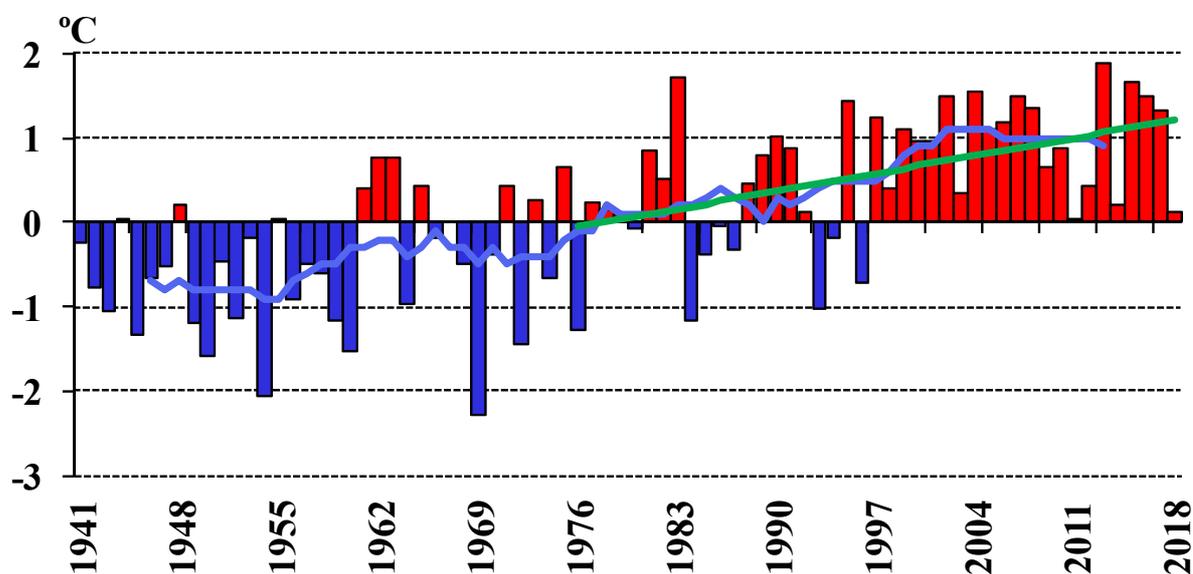


Министерство экологии, геологии и  
природных ресурсов

Республиканское государственное  
предприятие «Казгидромет»

Научно-исследовательский центр

***ЕЖЕГОДНЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ МОНИТОРИНГА  
СОСТОЯНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА  
КАЗАХСТАНА: 2018 ГОД***



Астана, 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

КРАТКОЕ РЕЗЮМЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	5
1 ОБЗОР ИЗМЕНЕНИЙ ГЛОБАЛЬНОГО КЛИМАТА И ЕГО СОСТОЯНИЯ В 2018 г.	8
2 ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА	10
2.1 Аномалии температуры воздуха на территории Казахстана в 2018 году	11
2.2 Наблюдаемые на территории Казахстана изменения температуры воздуха	23
2.3 Тенденции в экстремумах температуры приземного воздуха	30
3. АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ	35
3.1 Аномалии количества осадков на территории Казахстана в 2018 году	35
3.2 Наблюдаемые на территории Казахстана изменения количества осадков	42
3.3 Тенденции в экстремумах атмосферных осадков	48
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	51
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	53

## КРАТКОЕ РЕЗЮМЕ

### Особенности климата в 2018 году

В целом для Земного шара 2018 год вошел в десятку самых теплых лет за период инструментальных наблюдений (1850-2018 гг.), заняв 4-е место. Глобальная средняя температура воздуха была на 0,99 °С выше показателя доиндустриального базового уровня (1850-1900 гг.). Установлены новые рекордные значения содержания тепла в верхних слоях океана, а также продолжающийся рост глобального среднего уровня моря. Отмечено сокращение протяженности арктического и антарктического морского льда. В 2018 году было зарегистрировано 74 тропических циклона, что значительно превышает их долгосрочное среднее количество (63). Наводнения, экстремальные осадки и внетропические штормы стали причиной сотен человеческих жизней и разрушений десятков тысяч домов. В конце весны и летом 2018 года на значительной части Европы установились беспрецедентная жара и засуха.

Среднегодовая температура воздуха 2018 г. в среднем по Казахстану была на 0,11 °С выше климатической нормы. Это сороковая величина в ранжированном ряду аномалий среднегодовой температуры воздуха за период наблюдений с 1941 г. Годовая сумма атмосферных осадков в 2018 году в среднем по территории Казахстана составила 98 % нормы (323,2 мм).

Температура воздуха *зимнего сезона* (декабрь 2017 г. - февраль 2018 г.) на большей части территории республики была около нормы, средняя по Казахстану аномалия составила минус 0,29 °С). *Экстремально холодно (вероятность непревышения 5 %) наблюдалось в январе на юго-западе Казахстана.* В целом по всей территории республики количество осадков составило 80 % климатической нормы или 50 мм. *Дефицит влаги 30-40 % нормы с вероятностью непревышения 3-24 % наблюдался на северо-западе, востоке и юге республики.*

*Весной 2018 г.* в северной половине территории республики среднесезонные температуры были ниже нормы, местами более чем на 1,5-2,0 °С. В южных регионах среднесезонная температура воздуха превышала норму, местами более чем на 1,5-2,0 °С. *Экстремально тепло было в марте на юге республики, экстремально холодно – в мае на северо-востоке и центральной части Казахстана.* Атмосферных осадков в среднем по территории Казахстана выпало 123 % нормы (108 мм). Экстремально влажные условия наблюдались в Павлодарской, Северо-Казахстанской и Восточно-Казахстанской областях (вероятность непревышения 97-98 %).

*Летний сезон 2018 года* был относительно теплым на большей части территории Казахстана, температура воздуха в среднем республике была на 0,6 °С выше нормы. В западных и южных регионах среднесезонные температуры были значительно выше нормы, в основном за счет устойчивой жаркой погоды в июле, когда на многих станциях были достигнуты новые абсолютные максимумы средней месячной температуры воздуха. *Экстремально жарко наблюдалось в июле в Актюбинской, Атырауской, Западно-Казахстанской, Кызылординской и Мангистауской областях (96-100 процентиля).* Количество атмосферных осадков составило 92 % нормы (90,5 мм). *На северо-востоке*

республике сумма осадков превысила норму на 32-55 %. Сухо наблюдалось на востоке и западе республики (вероятность непревышения 14-22 %).

**Осень** 2018 года была теплой на территории западного и северного Казахстана, местами зафиксированы аномалии сезонной температуры более 1,5-2,0 °С. На многих станциях центральных, южных и юго-восточных регионов сезонные температуры были значительно ниже нормы – на 1,0-1,5 °С. Средняя по Казахстану температура воздуха осеннего сезона всего на 0,17 °С превысила климатическую норму. Среднее по республике количество атмосферных осадков в осенний период составило 100 % нормы (79,8 мм). *Значительный дефицит осадков (вероятность непревышения 0-2 %) наблюдался на МС Мугоджарская, Новоалексевка (Актюбинская область), Карабау, Пешиной (Атырауская область) и Аккудук (Мангистауская область).*

### **Изменение климата в Казахстане (1976-2018 гг.)**

В среднем по территории Казахстана за период 1976 - 2018 гг. повышение среднегодовой температуры воздуха составляет 0,31 °С каждые 10 лет. Тренды средней годовой температуры, осредненной по областям Казахстана, положительные и статистически значимые. Более быстрыми темпами теплеет в юго-западных областях Казахстана (от 0,32 °С/10 лет до 0,50 °С/10 лет), более медленными – в северо-, северо-восточных и центральных областях (от 0,19 °С/10 лет до 0,23 °С/10 лет). Наибольшие темпы роста наблюдаются в весенний период (0,59 °С/10 лет), наименьшие – в зимний (0,11 °С/10 лет). Во все сезоны, кроме зимнего, повышение температуры воздуха статистически значимое. За период 1976-2018 гг. зимой, весной и летом в среднем по Казахстану наблюдается тенденция к увеличению количества осадков на 1,3-3,8 мм/10 лет, уменьшение количества атмосферных осадков осеннего сезона составило 1,0 мм/10 лет. Все полученные тренды сезонного количества осадков статистически незначимы.

Тенденции в экстремумах температуры приземного воздуха показали, что за период 1976–2018 гг.:

- по данным большинства метеостанций прослеживается положительная тенденция в суточных максимумах температуры воздуха, на некоторых станциях тенденция устойчивая;
- увеличивается повторяемость дней с экстремально высокими температурами, особенно заметно в западном и южном регионах республики;
- уменьшается повторяемость случаев с ночными и дневными заморозками по всему Казахстану;
- сокращается количество дней с жесткими морозами (с температурами ниже минус 20 °С), особенно на западе и северо-востоке республики;
- наблюдается положительная тенденция суточной амплитуды температуры воздуха на западе и отрицательная на юго-востоке и востоке республики;
- повсеместно происходит увеличение общей продолжительности волн тепла;
- увеличивается продолжительность периода вегетации (с температурами выше 5 °С и 10 °С);
- на некоторых метеостанциях зафиксированы положительные тенденции значений максимального суточного количества осадков;
- на севере и юго-востоке наметилась тенденция сокращения максимальной продолжительности бездождного периода.

## ВВЕДЕНИЕ

Климат – это природный ресурс, жизненно важный для благосостояния, здоровья и процветания 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-экономические 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 года 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 2018 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 года 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.

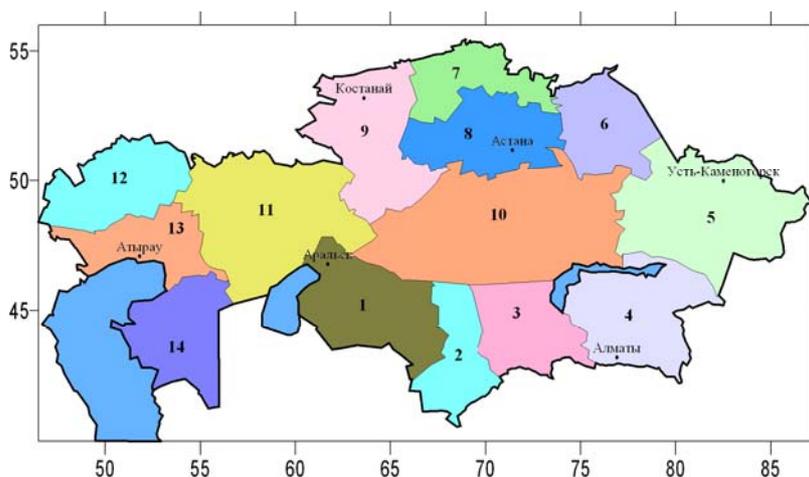
**Исходные данные.** Для подготовки бюллетеня использовались данные Республиканского гидрометеорологического фонда РГП «Казгидромет»:

- 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 1936 г. (более 90 метеостанций).

**Основные подходы и методы.** Под «нормой» в бюллетене понимается среднегодовое значение рассматриваемой климатической переменной за период 1961-1990 гг. Аномалии температуры рассчитываются как отклонения наблюдаемого значения от нормы. Аномалии количества осадков принято рассматривать как в отклонениях от нормы (аналогично температуре воздуха), так и в процентах от нормы. Вероятность превышения 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 2018 г. и ее изменения в период с 1936 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 процентиля рядов данных. Индексы позволяют оценить многие аспекты изменения климата, такие, например, как изменение интенсивности, частоты и продолжительности проявления экстремальности в температуре воздуха и количества осадков.

Ответственный за выпуск: ведущий инженер Управления климатических исследований Илякова Р.М. (раздел 3, краткое резюме). В подготовке бюллетеня также принимали участие: начальник Управления Долгих С.А. (введение, раздел 1), ведущий научный сотрудник Смирнова Е.Ю. (раздел 2), 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 2018 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.

Со времени выпуска первого Заявления о состоянии глобального климата в 1993 г. научное понимание комплексной климатической системы нашей планеты развивалось стремительными темпами. Это особенно верно в отношении понимания влияния человечества на изменение климата, а также характера и степени такого изменения. Это включает в себя способность документировать возникновение экстремальных погодных и климатических явлений и степень, в которой они могут быть связаны с влиянием человека на климат.

Кратко о состоянии глобального климата в 2018 г.:

- 2018 год стал четвертым в ряду самых теплых лет в истории наблюдений;
- 2015-2018 годы стали четырьмя самыми теплыми в истории наблюдений на фоне сохранения долгосрочной тенденции потепления;
- значения теплосодержания океанов находятся на рекордно высокой отметке, а глобальный средний уровень моря продолжает расти;
- протяженность арктического и антарктического морского льда намного ниже среднего;
- экстремальные явления погоды повлияли на жизнь людей и устойчивое развитие на всех континентах;
- средняя глобальная температура достигла отметки примерно на  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  выше доиндустриального уровня.

Глобальная средняя температура за 2018 год была, согласно оценкам, на  $0,99\pm 0,13\text{ }^{\circ}\text{C}$  выше показателя доиндустриального базового уровня (1850-1900 гг.). В отличие от двух самых теплых лет (2016 и 2017 гг.), 2018 год начался со слабого явления Ла-Нинья, с которым обычно связано понижение глобальной температуры.

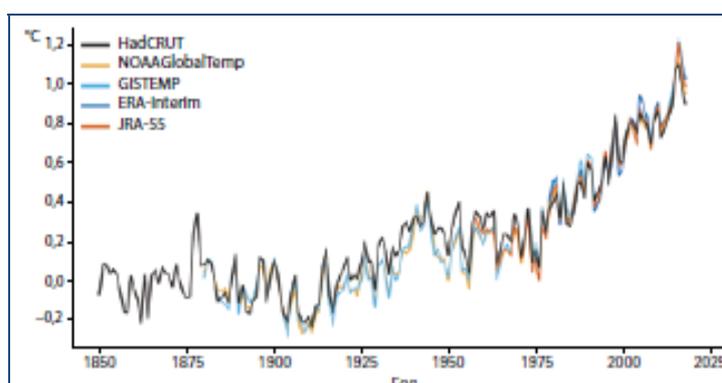


Рисунок 1.1 - Аномалии глобальной средней температуры по сравнению с базовым периодом 1850-1900 гг. в рамках пяти глобальных наборов данных. Источник: Центр им. Гадлея Метеобюро СК.

Согласно данным по континентам 2018 год вошел в топ-10 самых теплых лет для Африки, Азии, Европы, Океании и Южной Америки. На территории, простирающейся по всей Европе, части Северной Африки, Ближнего Востока и Южной Азии, также было исключительно тепло, причем ряд стран (Чехия, Франция, Германия, Венгрия, Сербия, Швейцария) пережили самый теплый год за всю историю наблюдений или один из пяти самых теплых (Бельгия, Эстония, Израиль, Латвия, Пакистан, Республика Молдова, Словения, Украина). Для Европы в целом 2018 год стал одним из трех самых теплых за всю историю метеорологических наблюдений.

В 2018 году отмечены новые рекордные значения содержания тепла в верхнем 700-метровом (данные с 1955 г.) и в верхнем 2000-метровом (данные с 2005 г.) слоях океана, что превысило предыдущие рекордные значения, зарегистрированные в 2017 году.

Глобальный средний уровень моря в 2018 году был примерно на 3,7 мм выше, чем в 2017 году, и самым высоким в истории наблюдений. За период с января 1993 по декабрь 2018 года средний темп прироста составил  $3,15 \pm 0,3$  мм в год, в то время как расчетное ускорение было 0,1 мм в год. Ускоренная потеря ледяной массы ледяных щитов является основной причиной ускорения глобального повышения среднего уровня моря, что подтверждается спутниковой альтиметрией (World Climate Research Programme Global Sea Level Budget Group, 2018).

Протяженность арктического морского льда была значительно ниже среднего уровня в течение всего 2018 года и находилась на рекордно низких уровнях на протяжении первых двух месяцев этого года. Годовой максимум пришелся на середину марта, а площадь за март месяц составила 14,48 млн км<sup>2</sup>, что примерно на 7 % ниже среднего показателя за 1981-2010 годы. Это третий самый низкий показатель в марте за период 1979-2018 годы. Только в марте 2016 и 2017 годов площади были меньше.

Протяженность морского льда в Антарктике также была значительно ниже средней в течение всего 2018 года. Его месячная протяженность в январе стала второй среди самых небольших, а в феврале – самой низкой. Годовой минимум протяженности морского льда наблюдался в конце февраля, а среднемесячное значение составило 2,28 млн км<sup>2</sup>, что на 33 % ниже среднего и является рекордно низким.

Предварительные результаты за 2018 год, основанные на подгруппе контрольных ледников, показывают, что 2017/18 гидрологический год был тридцать первым годом подряд с отрицательным балансом массы.

В 2018 году было зарегистрировано 74 тропических циклона, что значительно превышает их долгосрочное среднее количество, которое составляет 63 циклона. Особенно активным был бассейн северо-восточной части Тихого океана с величиной аккумулированной энергии циклонов в 316 кт<sup>2</sup>, наивысшей со времени начала составления надежных рядов спутниковых наблюдений.

Наводнения, экстремальные осадки и внетропические штормы стали причиной сотен человеческих жертв. Десятки тысяч домов было разрушено. Несколько миллионов человек были размещены во временных жилищах.

В конце весны и летом 2018 года на значительной части Европы установились беспрецедентная жара и засуха. Температуры намного превышали средние значения, а осадков выпадало намного меньше среднего с апреля и далее в большей части Северной и Западной Европы.

## 2 ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА

В среднем по Казахстану среднегодовая аномалия температуры воздуха составила +0,11 °С относительно среднего многолетнего значения за период 1961-1990 гг. (5,74 °С) и была на 1,21 °С ниже, чем в 2017 году. Среднее годовое значение температуры воздуха за последнее пятилетие 2014-2018 гг. составило +6,70 °С. Самый теплый пятилетний период на территории Казахстана с аномалией +1,34 °С является период 2004-2008 гг. Средняя температура воздуха за последнее десятилетие 2009-2018 гг. превысила климатическую норму на 0,86 °С, это вторая по величине положительная декадная аномалия после рекордно теплого десятилетия 1999-2008 гг.

В таблице 2.1 представлены ранги десяти самых теплых лет в среднем по Земному шару (по данным наземной сети) и по Казахстану. Каждому году, который входит в 10 самых тёплых лет для Земного шара и для Казахстана присвоен свой цвет заливки, что позволяет легко судить о количестве и ранге попавших в оба списка самых теплых лет. Четыре самых тёплых года в Казахстане вошли в список десяти самых тёплых лет для Земного шара, 2018 год не 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. В глобальном масштабе все экстремально тёплые годы приходятся на последние 20 лет. В Казахстане эта особенность также хорошо прослеживается, исключения составляют 1983 г., который занимает второе место в ранге самых теплых лет, и 1995 г., который также вошел в десятку самых теплых лет.

Таблица 2.1 – Десять самых тёплых лет в истории наблюдений на Земном шаре (с 1850 г.) и в Казахстане (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	<b>2016</b>	2013	1,90
2	<b>2017</b>	1983	1,73
3	<b>2015</b>	<b>2015</b>	1,66
4	<b>2018</b>	2004	1,56
5	<b>2014</b>	2002	1,51
6	<b>2010</b>	2007	1,50
7	<b>2005</b>	<b>2016</b>	1,49
8	<b>2013</b>	1995	1,44
9	<b>2006</b>	2008	1,35
10	<b>2009</b>	<b>2017</b>	1,32

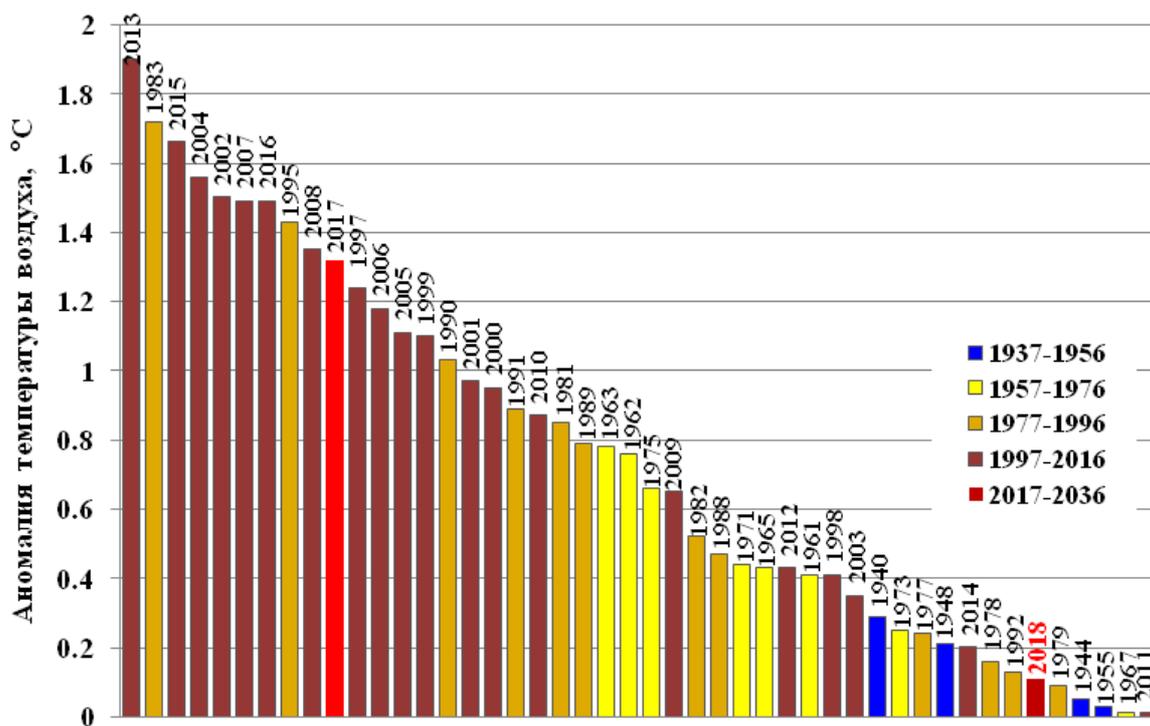


Рисунок 2.1 – Ранжированный ряд положительных аномалий среднегодовых (январь-декабрь) температур приземного воздуха, осреднённых по территории Казахстана (по данным 124 метеостанций) за период 1941-2018 гг. Нормы рассчитаны относительно базового периода 1961-1990 гг.

## 2.1 Аномалии температуры воздуха на территории Казахстана в 2018 г.

2018 г. (январь-декабрь) занял лишь 41-е место в ранжированном по убыванию ряду наблюдений 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 2018 г. Для каждого значения аномалии приведены вероятности их непревышения, рассчитанные по данным за период 1941-2018 гг., 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 (соответственно теплые и холодные экстремумы) выделены жирным шрифтом и ярким цветом.

На большей части территории Казахстана средняя за год температура воздуха была близка к норме (таблица 2.2; рисунок 2.2). Значительные положительные аномалии температуры воздуха, вероятность непревышения которых была более 75 %, наблюдались в Мангистауской, Туркестанской, Атырауской (0,90 °C) областях. Средние по территории этих областей аномалии составили, соответственно 1,30 °C, 0,92 °C и 0,90 °C с вероятностью непревышения 74-81 %. Обширные районы со значительными отрицательными аномалиями температуры воздуха, вероятность непревышения которых была менее 25 %, прослеживались в Северо-Казахстанской, Акмолинской (-0,72), Карагандинской (-0,64), Павлодарской (-0,76), Северо-Казахстанской (-0,72) областях.

Средние по территории этих областей аномалии составили от минус 0,64 до минус 0,76 °С с вероятностью непревышения 25-31 %. Средняя за год температура воздуха, осредненная по территории Казахстана, была незначительно выше климатической нормы, всего на 0,12 °С, что значительно меньше стандартного отклонения (0,85 °С). В Костанайской области на метеостанции Торгай был перекрыт минимум среднегодовой температуры воздуха и составил 1,9 °С (предыдущий минимум 2,5 °С наблюдался в 1969 г.).

Таблица 2.2 – Регионально осредненные средние годовые (январь-декабрь) и сезонные аномалии температуры воздуха в 2018 г.:  $vT$  – отклонения от средних многолетних за 1961 - 1990 гг., °С;  $P(t \leq T_{2018})$  – вероятность непревышения (в скобках), рассчитанная по данным за период 1941-2018 гг. в %;  $s$  – среднее квадратическое отклонение в °С за период 1961 - 1990 гг.

Регион/область	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	$vT$ (P)	$s$								
<b>Казахстан</b>	0,11(51)	0,85	-0,29(40)	2,44	0,60(61)	1,26	0,64(70)	0,64	0,17(50)	1,14
Алматинская	0,19 (48)	0,77	-0,67(36)	2,36	1,97(89)	0,99	0,75(77)	0,63	-0,72(23)	1,07
Акмолинская	-0,72(28)	1,08	-0,79(35)	2,84	-1,22(25)	1,84	-0,55(35)	1,04	0,81(58)	1,51
Актюбинская	0,22(53)	0,95	-0,20(40)	2,51	-0,20(49)	1,91	0,65(68)	0,92	0,68(71)	1,40
Атырауская	0,87(74)	0,82	0,39(48)	2,40	0,65(61)	1,55	1,43(84)	0,85	0,95(75)	1,20
Восточно-Казахстанская	-0,01(44)	1,07	-0,25(44)	2,71	1,50(74)	1,51	1,00(88)	0,79	-0,48(32)	1,50
Жамбылская	0,25(49)	0,85	-0,96(32)	2,84	2,04(88)	0,99	0,83(79)	0,83	-0,95(23)	1,17
Западно-Казахстанская	0,64(66)	1,06	1,27(63)	2,74	-0,69(40)	2,01	1,38(76)	1,22	1,13(75)	1,27
Карагандинская	-0,64(25)	0,90	-0,63(40)	2,57	0,17(51)	1,35	-0,10(46)	0,85	-0,95(23)	1,40
Костанайская	-0,12(46)	1,06	-0,59(33)	2,76	-0,85(37)	1,92	0,24(58)	1,09	1,64(77)	1,49
Кызылординская	0,47(59)	0,90	-0,46(37)	2,87	1,05(64)	1,21	1,00(77)	0,93	0,09(44)	1,19
Мангистауская*	1,28(81)	0,76	0,39(46)	2,26	1,56(77)	1,26	2,12(87)	0,91	0,80(60)	1,16
Павлодарская	-0,76(28)	1,16	-1,47(28)	3,15	-0,66(29)	1,73	-0,32(37)	0,93	0,76(57)	1,62
Северо-Казахстанская	-0,72(31)	1,15	-0,51(40)	2,94	-1,63(22)	1,86	-0,69(27)	1,17	1,44(77)	1,53
Туркестанская	0,93(80)	0,80	0,53(42)	2,60	1,89(88)	0,86	0,92(85)	0,84	-0,37(31)	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.

На метеостанции Торгай был также обновлен минимум температуры воздуха за теплый период (апрель-октябрь) до +12,8 °С, что почти на 2 °С ниже предыдущего минимума (+14,6 °С), наблюдавшегося в 1964 г.

Температура воздуха *зимнего сезона* (декабрь 2017 г. февраль 2018 г.) на большей части территории страны была близка к норме (рисунок 2.2) и средняя по республике аномалия температуры воздуха составила минус 0,29 °С (40-ой перцентиль, таблица 2.2). Значительные отрицательные аномалии температуры воздуха с вероятностью

непревышения менее 25 % наблюдались в юго-восточных и северо-восточных районах. Отрицательные аномалии, осредненные по территориям областей, лежат в пределах от  $-0,20$  °C (40-ой процентиль) для Актюбинской области до  $-1,48$  °C (28-ой процентиль) для Павлодарской. Внутри зимнего сезона экстремально холодно было в январе (вероятность непревышения 5 %) в Алматинской (минус  $4,89$  °C) и Восточно-Казахстанской (минус  $6,17$  °C) областях (таблица 2.3). Положительная аномалия средней сезонной температуры воздуха прослеживалась в Атырауской ( $0,39$  °C), Западно-Казахстанской ( $1,27$  °C), Мангистауской ( $0,39$  °C), Туркестанской ( $0,53$  °C) областях (таблица 2.2).

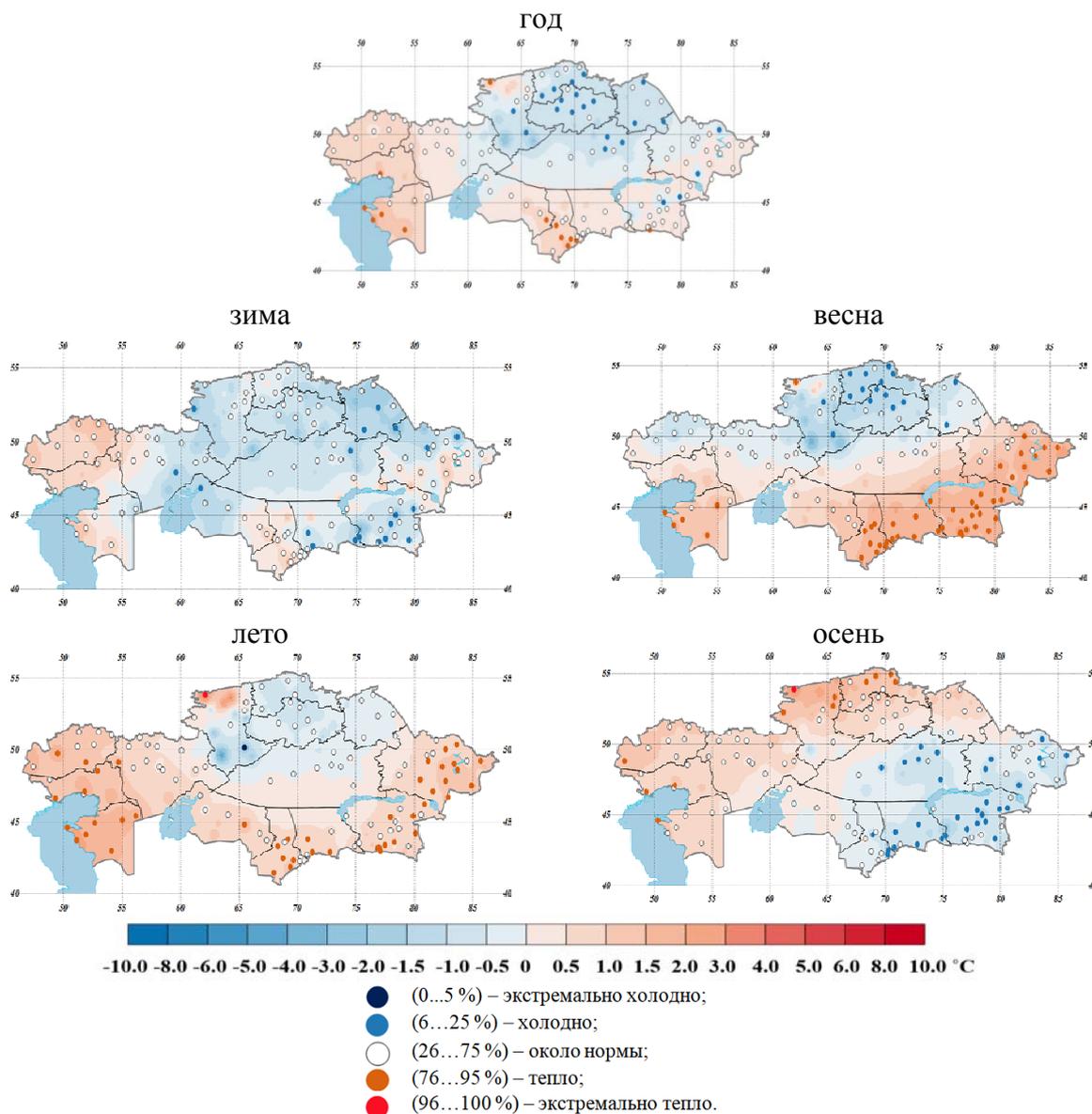


Рисунок 2.2 – Пространственное распределение аномалий температуры воздуха (°C) в 2018 году, рассчитанных относительно базового периода 1961 - 1990 гг., и вероятности их непревышения, рассчитанных по данным периода 1941 - 2018 гг.

Очаги холода (с вероятностью непревышения 7-25 %, рисунок 2.2) наблюдались в районах метеостанций Шалкар ( $-1,8$  °C, Актюбинская область), Бесоба ( $-2,1$  °C, Карагандинская область), Лениногорск, Семиарка, Шар ( $-2,6$  °C,  $-3,0$  °C,  $-1,6$  °C,

соответственно, Восточно-Казахстанская область), Джетыгара (-1,8 °С, Костанайская область), Баянауыл, Павлодар (-1,4 °С, -1,7 °С, Павлодарская область), Алматы Каменское плато, Есик, Кыргызсай, Сарканд, Сарыозек, Талдыкорган (-1 °С, -2,7 °С, -1,1 °С, -3,4 °С, соответственно, Алматинская область), Тараз, Кордай, Отар, Уюк (-1,4 °С, -1,3 °С, -1,3 °С, -1,4 °С, соответственно, Жамбылская область). Абсолютные максимумы и минимумы температуры зимнего сезона не были обновлены.

**Весна 2018 года.** В северной половине территории республики среднесезонные аномалии температуры были отрицательные (рисунок 2.2). В некоторых северных регионах температура была значительно ниже нормы. В результате в Северо-Казахстанской и Акмолинской областях средние по их территории температуры воздуха были намного ниже нормы: на 1,22 и 1,63 °С, соответственно (таблица 2.2). В южной половине республики температура воздуха была выше нормы, на обширных территориях Мангистауской, Туркестанской, Алматинской и Восточно-Казахстанской областей – значительно выше нормы. Как следствие, средние по их территории температуры воздуха были выше нормы на 1,50-1,97 °С (таблица 2.2). Среди весенних месяцев экстремально тепло было в марте в Алматинской и Жамбылской областях, средние по области аномалии были здесь около 6 °С с вероятностью непревышения 97 % (таблица 2.3). Исторические максимумы средней месячной температуры марта зафиксированы на метеорологических станциях Бакты (+5,8 °С) и Заповедник Маркаколь (-5,3 °С) Восточно-Казахстанской области и на МС Алаколь (+4,7 °С) и Учарал (+5,3 °С) Алматинской области. В мае экстремально холодно было в Акмолинской (3,00 °С), Восточно-Казахстанской (2,74 °С), Карагандинской (2,57 °С), Павлодарской (3,87 °С), Северо-Казахстанской (2,98 °С) областях. В этих районах май вошел в 5 % экстремально холодных месяцев *весеннего сезона* (таблица 2.3). На ряде станций установлены исторические минимумы температуры воздуха в мае, это станции Актогай (+8,9 °С), Голубовка (+8,8 °С), Ертис (+8,8 °С), Жолболды (+9,2 °С), Коктобе (+10,4 °С), Красноармейка (+9,7 °С), Лозовая (+8,6 °С), Успенка (+9,2 °С), Федеровка (+8,5 °С). Средняя по территории Казахстана аномалия температуры воздуха *весны* составила +0,60 °С (таблица 2.2).

**Лето 2018 года** было теплым на большей части территории Казахстана, в западных и южных регионах среднесезонные температуры были значительно выше нормы (рисунок 2.2), в основном, за счет устойчивой жаркой погоды в июле, когда на многих станциях были достигнуты новые абсолютные максимумы средней месячной температуры воздуха: Атырау (+31,2 °С), Кульсары (+32,0 °С), Пешной (+28,7 °С) Атырауской области; Аккудук (+34,1 °С), Бейнеу (+33,2 °С), Кызан (32,5 °С), Сам (+32,1 °С), Тущибек (31,2 °С), Форт-Шевченко (+29,7 °С) Мангистауской области; Аяккум (+30,0 °С) Актюбинской области; Карабалык (+26,7 °С), Костанай (25,7 °С), Михайловка (24,8 °С) Костанайской области; Казыгурт (+29,2 °С) Туркестанской области; Карак (+30,8 °С), Кызылорда (+30,8 °С), Ширик-Рабат (+32,0 °С) Кызылординской области. В результате июль в Актюбинской и Западно-Казахстанской областях вошел в 5 % самых жарких летних месяцев, средние температуры по Атырауской, Кызылординской и Мангистауской областям были самыми высокими за всю историю наблюдений (таблица 2.3). В июне также

были обновлены некоторые экстремумы: абсолютные минимумы на метеостанциях Аралколь (16,3 °С), Железнодорожный свх. (15,3 °С), Торгай (16,0 °С), Екидын (17,7 °С). Экстремально тепло в июне было в районе МС Карабалык (Костанайская область), где зафиксирована аномалия температуры воздуха +4,5 °С с вероятностью непревышения 100 %. На данной станции новый максимум температуры воздуха (16,4 °С) достигнут также для средней за теплый период температуры, предыдущий максимум (16,0 °С) был зафиксирован 2012 г. В августе обновлен минимум средней месячной температуры на МС Торгай (18,0 °С) Костанайской области. Осредненная по территории Казахстана аномалия температуры воздуха летнего сезона 2018 г. составила +0,6 °С (70-й процентиль, таблица 2.2).

Таблица 2.3 – Регионально осредненные средние месячные аномалии температуры воздуха в 2018 г.:  $\nu T$  – отклонения от средних за 1961 - 1990 гг., °С;  $P(t \leq T_{2018})$  - вероятность непревышения (в скобках), рассчитанная по данным за период 1941 – 2018 гг. и выражена в %

Регион/ область	12 (2017)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Казахстан</b>	0,50 (58)	-3,01 (16)	1,60 (57)	2,38 (79)	0,36 (54)	-0,96 (22)	0,04 (54)	1,27 (89)	0,60 (67)	0,23 (50)	1,89 (84)	-1,61 (35)
Алматинская	0,62 (62)	<b>-4,89</b> <b>(5)</b>	2,13 (61)	<b>6,00</b> <b>(97)</b>	1,04 (68)	-1,08 (22)	0,82 (72)	0,22 (55)	1,22 (85)	-0,29 (29)	0,84 (62)	-2,67 (22)
Акмолинская	1,18 (64)	-4,13 (18)	0,60 (51)	-0,24 (45)	-0,44 (38)	<b>-3,00</b> <b>(5)</b>	-1,44 (20)	-0,02 (66)	-0,11 (40)	-0,12 (44)	2,24 (80)	0,33 (51)
Актюбинская	-0,53 (45)	-1,22 (28)	1,13 (51)	-1,13 (38)	-0,09 (53)	0,60 (64)	-1,14 (27)	<b>2,99</b> <b>(98)</b>	0,06 (45)	1,05 (76)	2,64 (88)	-1,64 (33)
Атырауская	0,45 (61)	-1,11 (25)	1,87 (62)	-0,20 (45)	-0,23 (53)	2,39 (93)	0,05 (49)	<b>3,93</b> <b>(100)</b>	0,25 (50)	1,70 (88)	2,73 (87)	-1,57 (38)
Восточно- Казахстанская	2,01 (76)	<b>-6,17</b> <b>(5)</b>	3,25 (75)	5,79 (92)	1,42 (68)	<b>-2,74</b> <b>(2)</b>	1,99 (89)	-0,32 (42)	1,29 (77)	-1,08 (16)	1,65 (74)	-2,00 (29)
Жамбылская	0,38 (58)	-4,56 (6)	1,23 (49)	<b>5,73</b> <b>(97)</b>	0,85 (66)	-0,47 (31)	0,47 (61)	0,97 (75)	1,04 (75)	-0,25 (37)	0,76 (63)	-3,34 (18)
Западно- Казахстанская	1,33 (66)	0,49 (41)	2,02 (61)	-3,28 (22)	-0,71 (46)	1,87 (81)	-0,21 (44)	<b>3,53</b> <b>(96)</b>	0,83 (64)	2,34 (92)	2,71 (87)	-1,66 (37)
Карагандинская	0,25 (55)	-3,42 (14)	1,25 (61)	2,75 (77)	0,32 (57)	<b>-2,57</b> <b>(5)</b>	-0,48 (29)	-0,15 (50)	0,30 (53)	-1,18 (20)	1,37 (62)	-3,01 (23)
Костанайская	0,27 (55)	-2,53 (24)	0,40 (46)	-1,02 (37)	-0,11 (50)	-1,37 (24)	-1,78 (19)	1,78 (87)	0,75 (61)	1,24 (72)	3,22 (92)	0,51 (61)
Кызылординская	-1,46 (35)	-0,17 (40)	0,23 (46)	2,90 (75)	0,36 (57)	-0,12 (38)	-0,17 (41)	<b>2,90</b> <b>(100)</b>	0,27 (51)	0,13 (41)	2,20 (80)	-2,06 (31)
Мангистауская	-0,62 (39)	0,04 (31)	2,01 (58)	1,76 (63)	-0,18 (36)	3,07 (94)	1,38 (68)	<b>4,70</b> <b>(100)</b>	0,29 (48)	2,05 (84)	2,58 (81)	-2,32 (13)
Павлодарская	0,27 (50)	-5,22 (11)	0,61 (49)	1,34 (63)	0,60 (48)	<b>-3,87</b> <b>(1)</b>	-0,44 (46)	-0,90 (35)	0,39 (48)	-0,46 (32)	2,23 (80)	0,48 (59)
Северо- Казахстанская	1,62 (70)	-3,46 (20)	0,36 (51)	-1,12 (35)	-0,82 (36)	<b>-2,98</b> <b>(5)</b>	-2,05 (12)	0,31 (70)	-0,32 (36)	0,62 (61)	2,54 (84)	1,14 (66)
Туркестанская	-1,05 (36)	0,80 (50)	1,81 (57)	4,77 (94)	0,70 (63)	0,26 (54)	0,24 (58)	2,00 (94)	0,47 (63)	0,33 (55)	0,88 (63)	-2,31 (27)

**Примечания:** 1. для Мангистауской области оценка проводилась 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.

**Осень** 2018 года была теплой на территории западного и северного Казахстана, где на ряде станций зафиксированы аномалии сезонной температуры более 1,5-2,0 °С с вероятностью превышения более 75 % (рисунок 2.2). В центральных, южных и юго-восточных регионах на многих станциях сезонные температуры были значительно ниже нормы (на 1,0-1,5 °С с вероятностью превышения менее 25 %), а также в среднем по территории Алматинской, Жамбылской и Карагандинской областей. При наличии разнонаправленных отклонений температуры воздуха от нормы в различных регионах Казахстана, средняя по Казахстану температура воздуха осеннего сезона 2018 года всего на 0,17 °С превысила климатическую норму.

С точки зрения изменения климата наибольший интерес сейчас представляют экстремальные климатические явления, которые оказывают большое воздействие на различные сектора экономики (здравоохранение, водные ресурсы, сельское хозяйство и др.). Всемирной метеорологической организацией был рекомендован пакет программ ClimPact, который дает возможность рассчитывать и анализировать частоту и интенсивность этих явлений и изменения в них. По данным суточных значений максимальной, минимальной температуры воздуха и атмосферных осадков на метеорологических станциях Казахстана за период с 1936 г. были рассчитаны следующие климатические индексы:

- TXx, максимум из суточных максимумов температуры воздуха;
- TNn, минимум из суточных минимумов температуры воздуха;
- SU25, количество жарких дней с температурой выше 25 °С;
- 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;
- CSDI, продолжительность волн холода, или сумма дней, когда, как минимум, 6 последовательных дней суточная минимальная температура воздуха была ниже 10-го перцентиля;
- ID, количество суток с дневными морозами;
- FD0, количество суток с ночными морозами;
- FDm20, количество дней с жесткими морозами;
- GSL, продолжительность вегетационного периода;
- TM10a, количество дней со среднесуточной температурой выше 10 °С;
- HWF, общая продолжительность волны тепла теплого периода;
- DTR, суточная амплитуда температуры воздуха;
- Hddheat8, сумма температур за отопительный период;
- RX1day, максимальное количество осадков за 1 сутки;
- CDD, продолжительность бездождных периодов, отсутствовали осадки;

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

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

**Суточный максимум температуры воздуха в 2018 г.** На рисунке 2.3 представлены значения абсолютных максимумов температуры воздуха, зарегистрированные с начала открытия метеостанции по 2018 год. Синим цветом обозначены значения суточных максимумов температуры воздуха, наблюдавшиеся в 2018 г, красным цветом - значения абсолютных максимумов, зарегистрированных с момента открытия станции по 2017 г. В 2018 г. значения абсолютных максимумов, не были превышены ни на одной станции Казахстана.

Большинство самых высоких значений температуры воздуха (абсолютные максимумы) в Казахстане были зафиксированы в июле 1983 г., когда на некоторых метеорологических станциях Туркестанской области температура воздуха достигла +49...+50 °С (Туркестан, Шаян, Арыс, Тасты), а также в июле 1995 г., когда на МС Кызылкум температура воздуха поднялась до +51 °С.

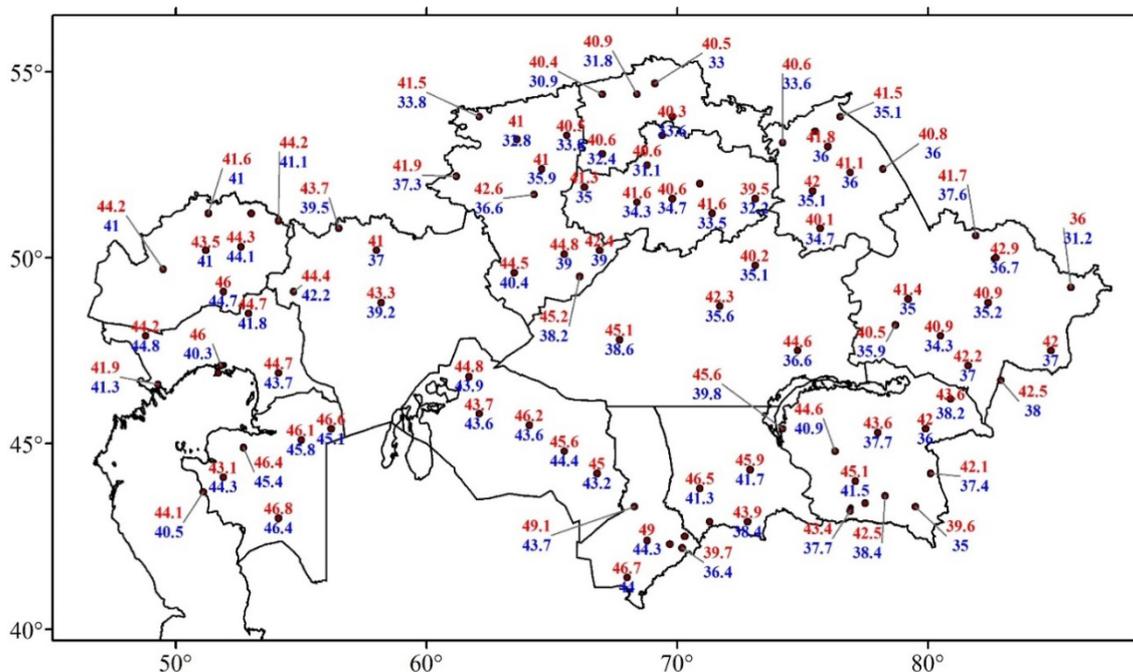


Рисунок 2.3 – Значения абсолютных максимумов температуры воздуха (°С), зарегистрированные с начала открытия метеостанции по 2017 г. (нанесены красным цветом) и максимальные значения суточной температуры воздуха (°С), наблюдавшиеся в 2018 г. (нанесены синим цветом)

На рисунке 2.4 представлены абсолютные минимумы температуры воздуха, (красным цветом), зафиксированные с момента открытия метеостанции по 2017 г., и синим цветом – значения минимальной температуры воздуха в 2018 г. В Казахстане абсолютные минимумы температуры воздуха ниже минус 54 °С зафиксированы на 2 метеорологических станциях –

в январе 1931 г. на МС Шаганатты (-54°C) и в январе 1893 г. на МС Астана (-52 °С). В 2018 г., как и в 2017 году, рекорды суточных минимальных температур не были обновлены. В 2018 г. температуры воздуха ниже минус 30 °С наблюдались в северной половине Казахстана, на МС Михайловка Павлодарской области и МС Дмитриевка Восточно-Казахстанской области отмечены самые низкие температуры воздуха в 2018 г.: минус 40,9 °С.

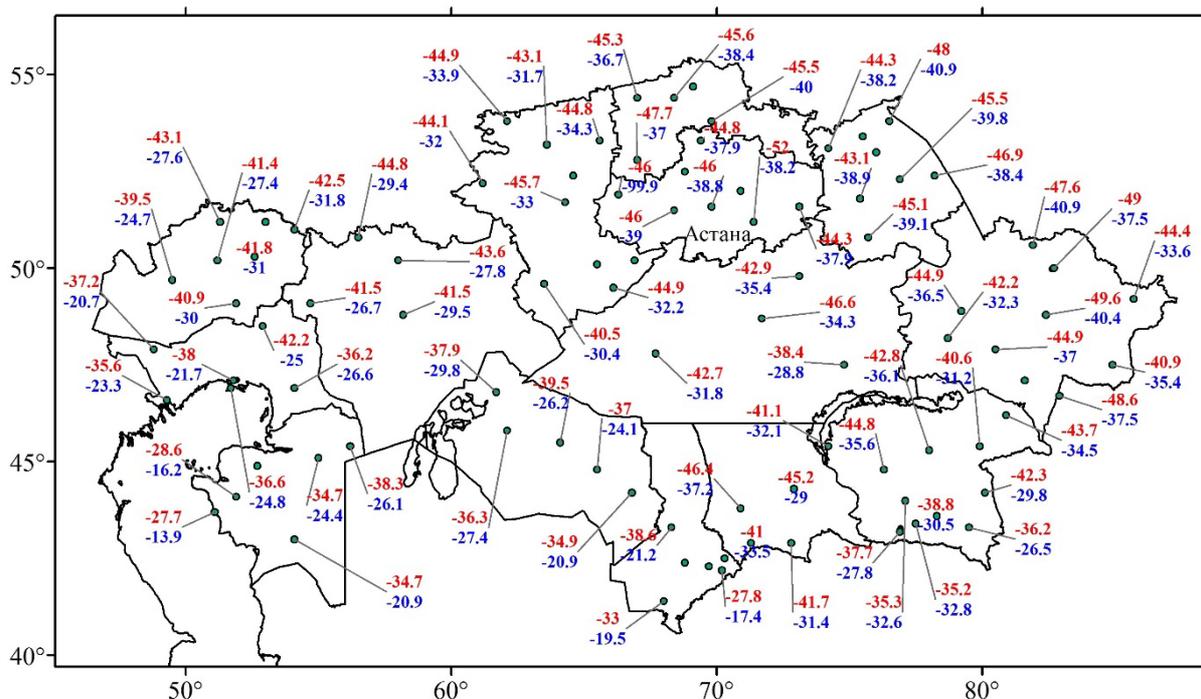


Рисунок 2.4 – Значения абсолютных минимумов температуры воздуха (°С), зарегистрированные с начала открытия метеостанции по 2017 г. (нанесены красным цветом) и минимальные значения суточной температуры (°С), наблюдавшиеся в 2018 г. (нанесены синим цветом)

**Количество жарких дней с температурой воздуха выше 25 °С** представляет интерес для разных секторов экономики, к примеру для сельского хозяйства, так как высокие температуры являются хорошими условиями для роста садово-бахчевых культур, но при отсутствии влаги высокие температуры приводят к засухе и к потерям урожая. При высоких температурах организм человека испытывает определенный дискомфорт, что важно учитывать в здравоохранении и в энергетике, так как в периоды с такой температурой тратится больше электроэнергии на охлаждение помещений.

В 2018 г. в северных, центральных и северо-восточных регионах Казахстана температуры выше 25 °С наблюдались не более 100 дней. В западных и южных областях жаркая погода повторялась более 130 дней, максимальное количество жарких дней наблюдалось в Мангистауской и Туркестанской областях (160-180 дня).

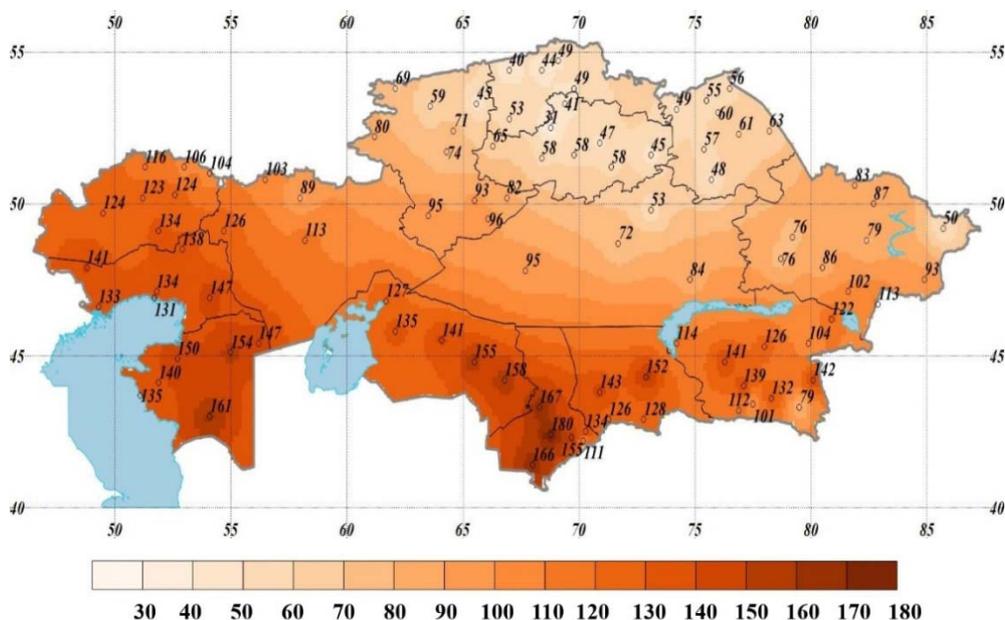


Рисунок 2.5 – Количество дней с температурой воздуха выше 25 °С в 2018 г. (индекс Su25)

*Процент теплых дней с суточной максимальной температурой воздуха выше 90-го перцентиля* в 2018 г. по территории Казахстана составлял от 2 % до 24 % (рисунок 2.6 а). В северных и центральных районах страны экстремально высокий суточный максимум температуры воздуха наблюдался, как правило, не более чем в 9 % случаев, в крайних южных районах – в более чем 15 % случаев. Закономерности распределения по территории Казахстана значений данного индекса во многом согласуется с распределением количества жарких дней.

*Процент холодных ночей в году, когда суточная минимальная температура воздуха была ниже 10-го перцентиля* характеризует повторяемость случаев с экстремально низкими суточными температурами (рисунок 2.6 б). В 2018 г. процент холодных ночей составлял от 7 % до 13-15 % случаев, максимальное количество холодных ночей (23 % случаев) наблюдалось на МС Пешной (Атырауская область). Данный индекс во многом согласуется с распределением индекса морозных дней (*индекс FDO*).

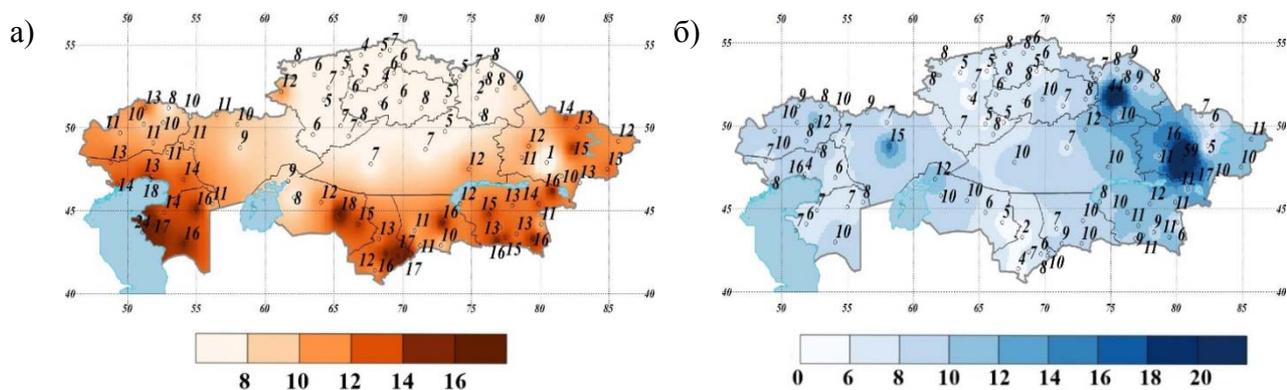


Рисунок 2.6 – Процент случаев в 2018 г., когда суточная максимальная температура была выше 90-го перцентиля (а, индекс Tх90р) и суточная минимальная температура была ниже 10-го перцентиля (б, индекс Tн10р)

На рисунке 2.7 а показана **общая продолжительность волн тепла** на территории Казахстана в 2018 г. (сумма дней, когда, как минимум, 6 последовательных дней суточная максимальная температура воздуха была выше 90-го перцентиля). На большей части территории Казахстана волн тепла продолжительностью 6 и более суток не наблюдалось. На некоторых станциях Восточно-Казахстанской, Алматинской и Актюбинской областей продолжительность волн тепла составила 6-8 дней. В Кызылординской области максимальная суммарная продолжительность волн тепла составляла 9-15 дней, в прикаспийских районах Атырауской и Мангистауской областей – от 11–34 дней.

Сумма дней за год, когда, как минимум, 6 последовательных дней суточная минимальная температура воздуха была ниже 10-го перцентиля, характеризует **общую продолжительность волн холода**. В 2018 г. на большей части территории Актюбинской, ЗКО, Атырауской, Мангистауской и Кустанайской областей волн холода продолжительностью 6 и более суток не наблюдалось. Максимальная продолжительность волн холода от 15 дней до 25 дней наблюдалась на станциях Алматинской, Жамбылской, Восточно-Казахстанской областей (рисунок 2.7 б).

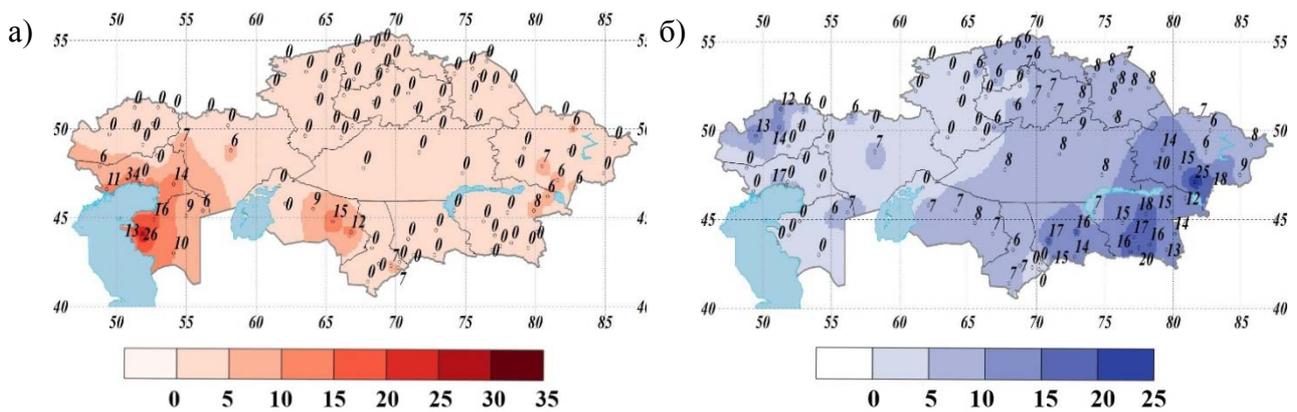


Рисунок 2.7 – Общая сумма дней в 2018 г., когда как минимум 6 последовательных дней суточная максимальная температура воздуха была выше 90-го перцентиля (а, индекс WSDI) и как минимум 6 последовательных дней суточная минимальная температура воздуха была ниже 10-го перцентиля (б, индекс CSDI)

На рисунке 2.8 представлено пространственное распределение **продолжительности вегетационного периода** в 2018 г. (период между первой датой, когда средняя суточная температура пятидневки была  $\geq 5$  °С, и последней даты, когда средняя суточная температура пятидневки была  $\leq 5$  °С). На территории Казахстана в 2018 г. минимальный вегетационный период составил 146-177 дней в северных регионах страны. В южной половине Казахстана период вегетации продолжался более 220 дней, на крайнем юге – более 260 дней, максимум наблюдался в Актау и составил 274 дня в году.

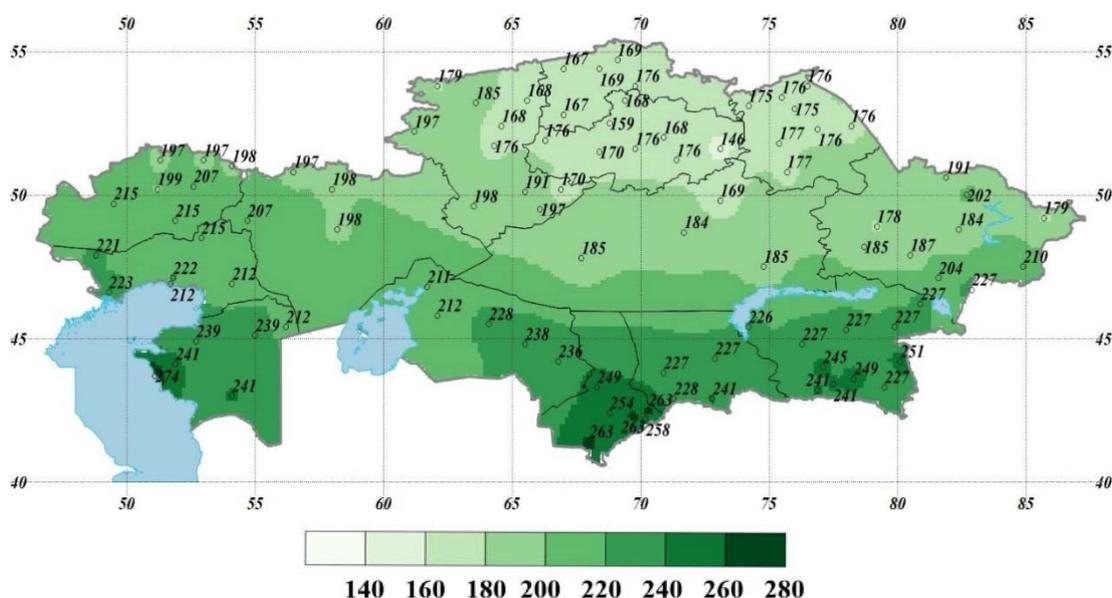


Рисунок 2.8 – Продолжительность вегетационного периода (дни) в 2018 г (индекс GSL)

На рисунке 2.9 представлено количество дней с морозом, когда суточная максимальная температура воздуха опускалась ниже  $0^{\circ}\text{C}$ . В 2018 г. в северных регионах страны таких дней было более 120, местами более 130 дней, минимальное количество дней с дневными морозами составило 9-10 дней на крайнем юге Казахстана.

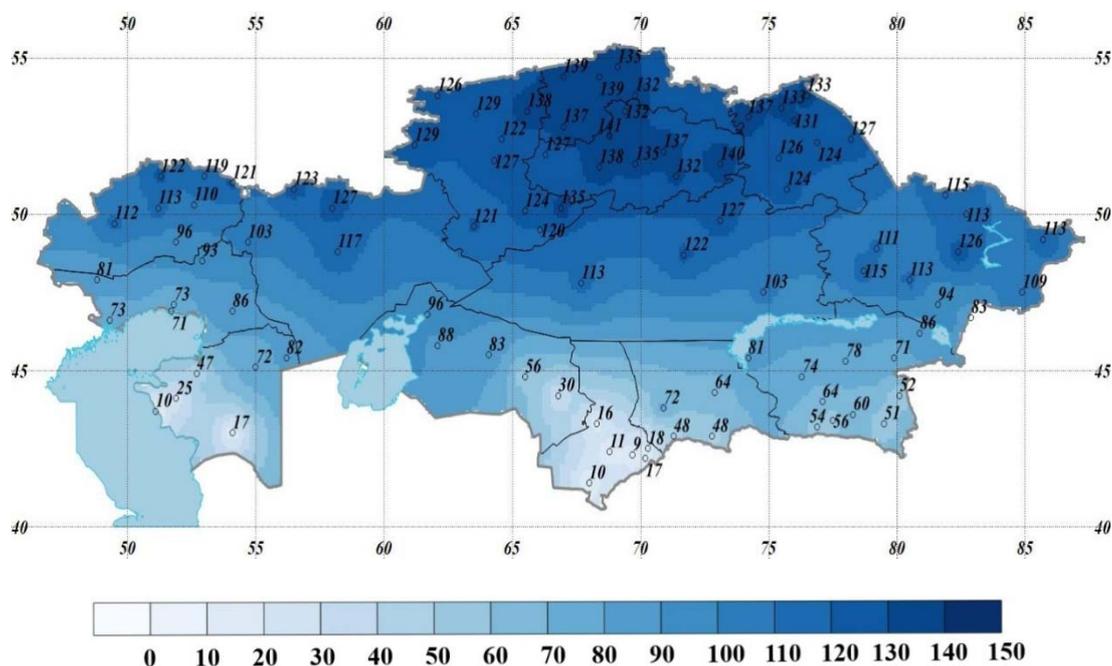


Рисунок 2.9 – Количество дней в 2018 г. с дневными морозами (индекс ID)

В 2018 году на юге Мангистауской и Туркестанской областей дней с жесткими морозами, когда минимальная суточная температура воздуха опускалась ниже минус  $20^{\circ}\text{C}$ , не наблюдалось. В северных и восточных регионах Казахстана количество дней с жесткими морозами составило от 40 до 81 (рисунок 2.10).

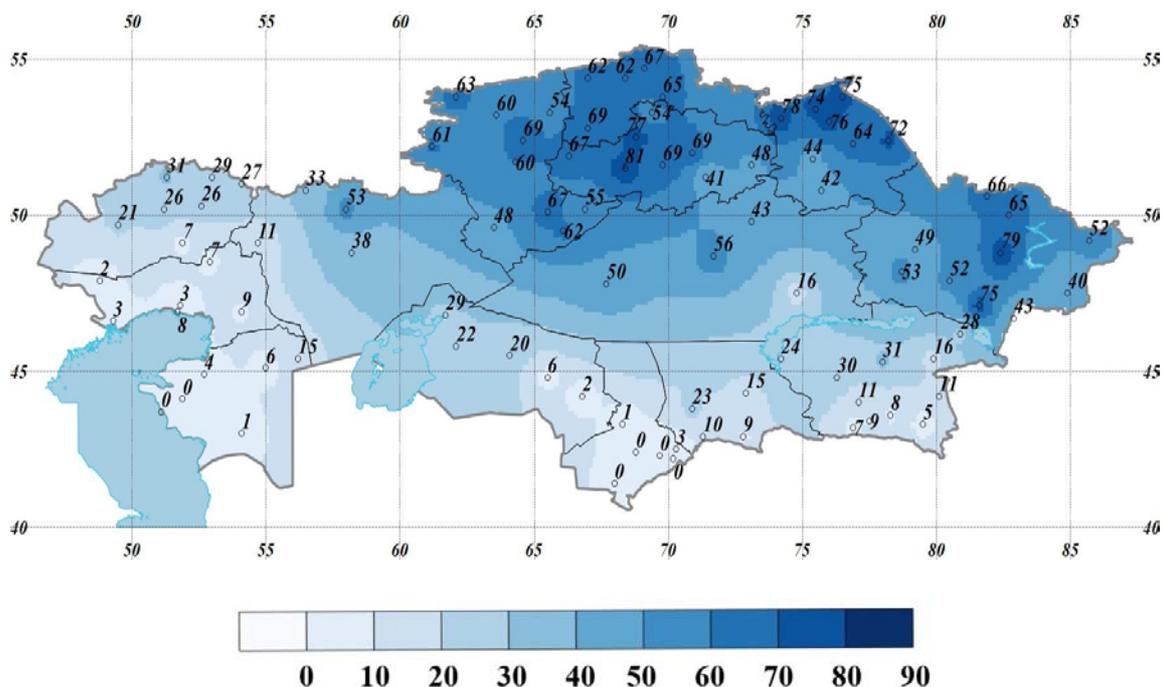


Рисунок 2.10 – Количества дней с жесткими морозами в 2018 году (индекс FDM20)

*Количество дней с температурой выше 10 °С* характеризует период активной вегетации). В 2018 году в южных регионах республики таких дней наблюдалось от 180 дней до 231 дней. В северных и центральных регионах страны – от 122 дней до 173 дней (рисунок 2.11).

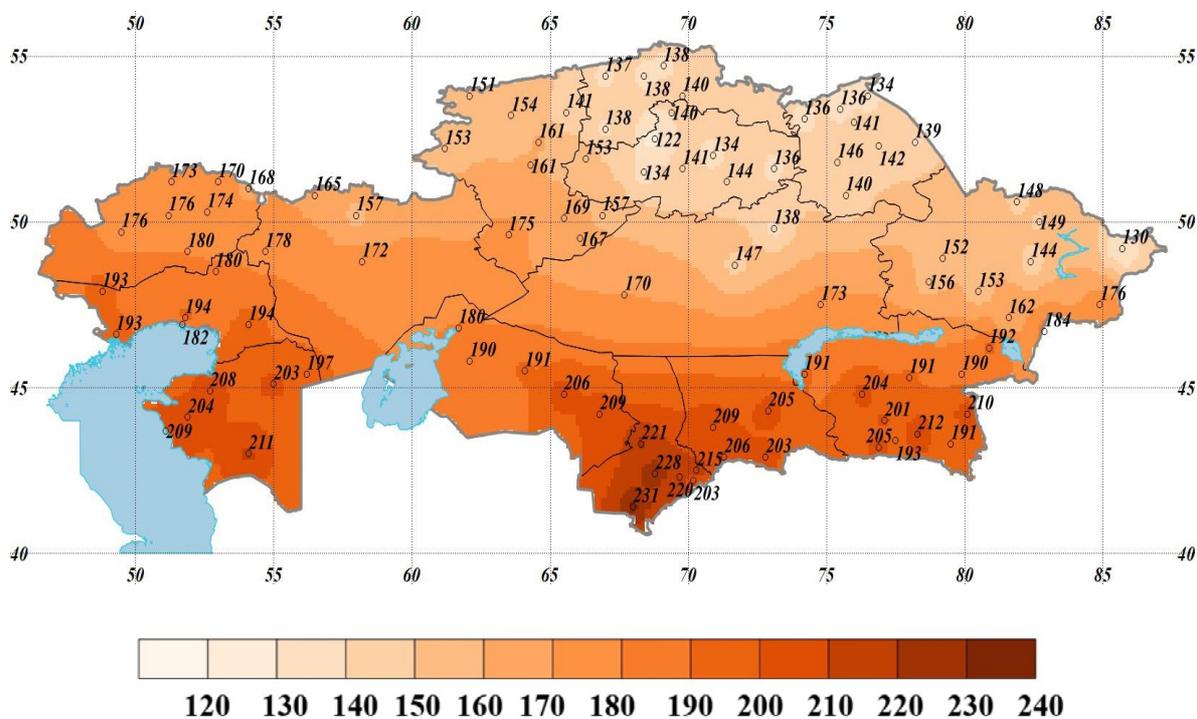


Рисунок 2.11 – Количество дней со среднесуточной температурой выше 10 °С в 2018 году (индекс TM10a)

Большой интерес представляет собой *индекс Hddheat*, показывающий *сумму разности температур между установленным порогом температуры для определения отопительного периода и средней суточной температурой наружного воздуха*. Данная разница температур компенсируется за счет отопления жилых и производственных помещений, и таким образом данный индекс помогает определить количество необходимой энергии для отопления. В Казахстане отопительный период начинается при установлении среднесуточной температуры наружного воздуха ниже +8 °С в течение 5 суток подряд осенью, а оканчивается – при устойчивом переходе средней суточной температуры воздуха выше +8 °С весной. В 2018 г. суммы разности температур за отопительный период уменьшались с севера на юг от более 3500 °С до менее 800 °С в южных регионах страны (рисунок 2.12). Наименьшие суммы температур за отопительный сезон (720) отмечены в Туркестанской области.

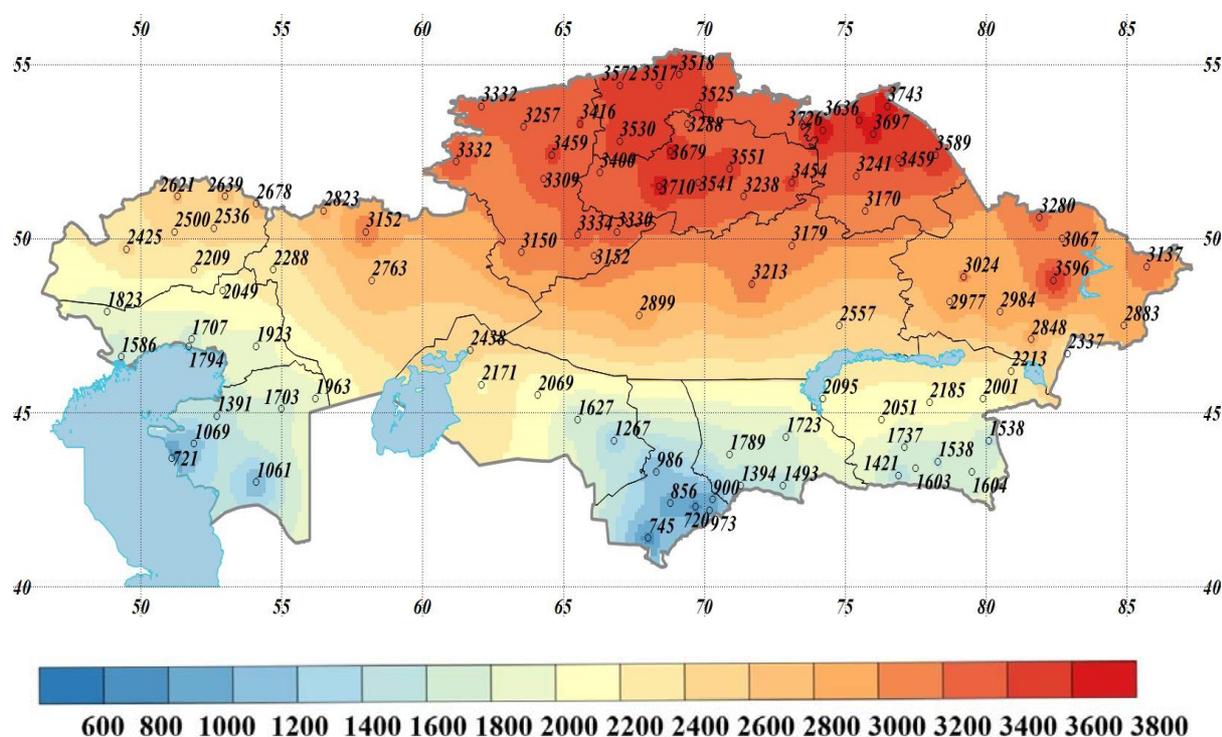


Рисунок 2.12 – Сумма температур за отопительный сезон 2018 года (индекс HddHeat8)

## 2.2 Наблюдаемые на территории Казахстана изменения температуры воздуха

На рисунках 2.13 - 2.14 представлены временные ряды осредненных по территории Казахстана и административных областей средних годовых и сезонных аномалий температуры приземного воздуха за период 1941 - 2018 гг., а также линейные тенденции изменения температуры воздуха за период 1976 - 2018 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 - 2018 гг.: коэффициент линейного тренда,

характеризующий среднюю скорость изменения аномалии температуры воздуха; и коэффициент детерминации, показывающий вклад тренда в общую дисперсию.

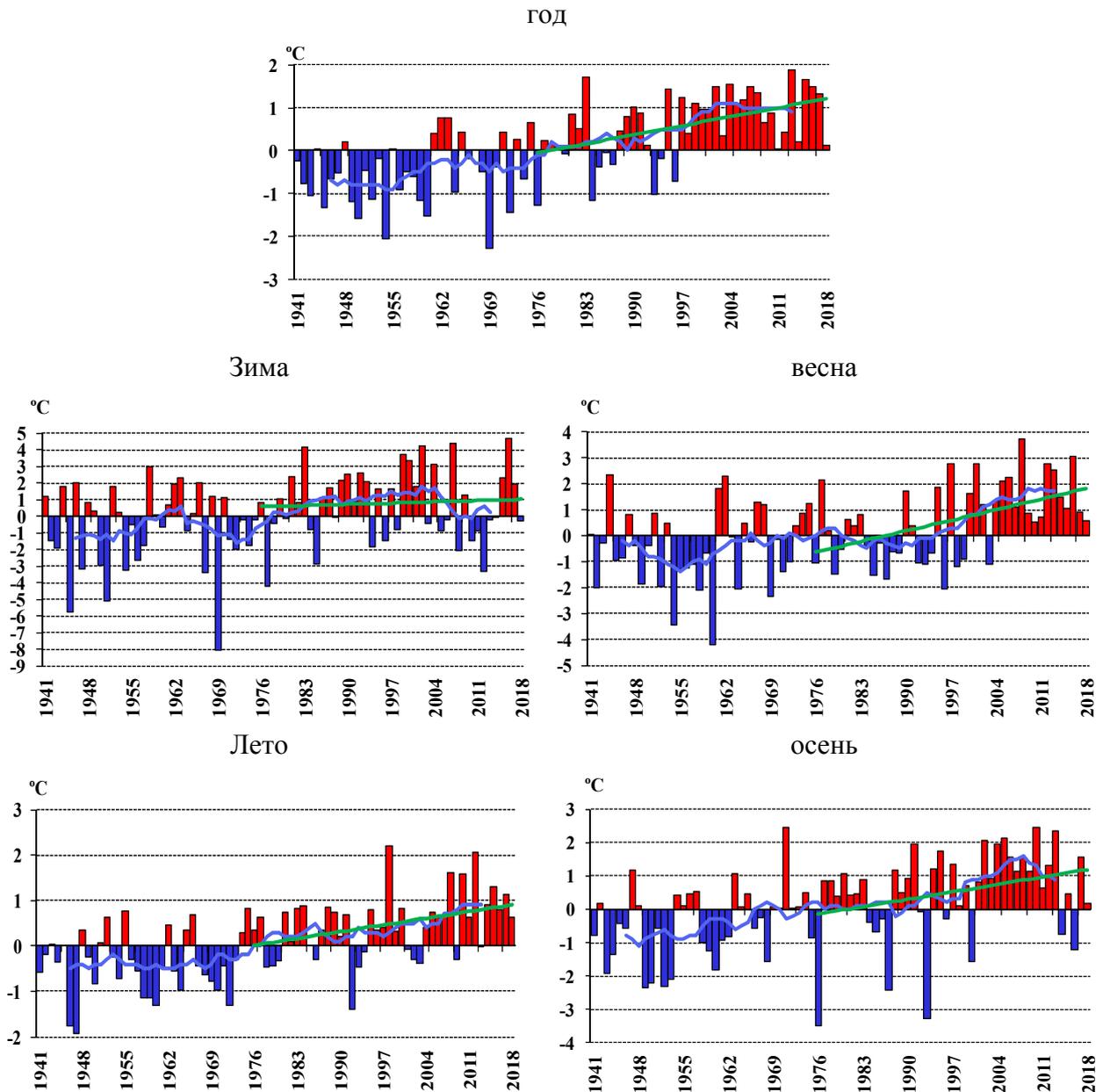


Рисунок 2.13 – Временные ряды аномалий годовых и сезонных температур воздуха (°C), осредненных по территории Казахстана за период 1941 - 2018 гг. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961 - 1990 гг. Линейный тренд за период 1976-2018 гг. выделен зеленым цветом. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением

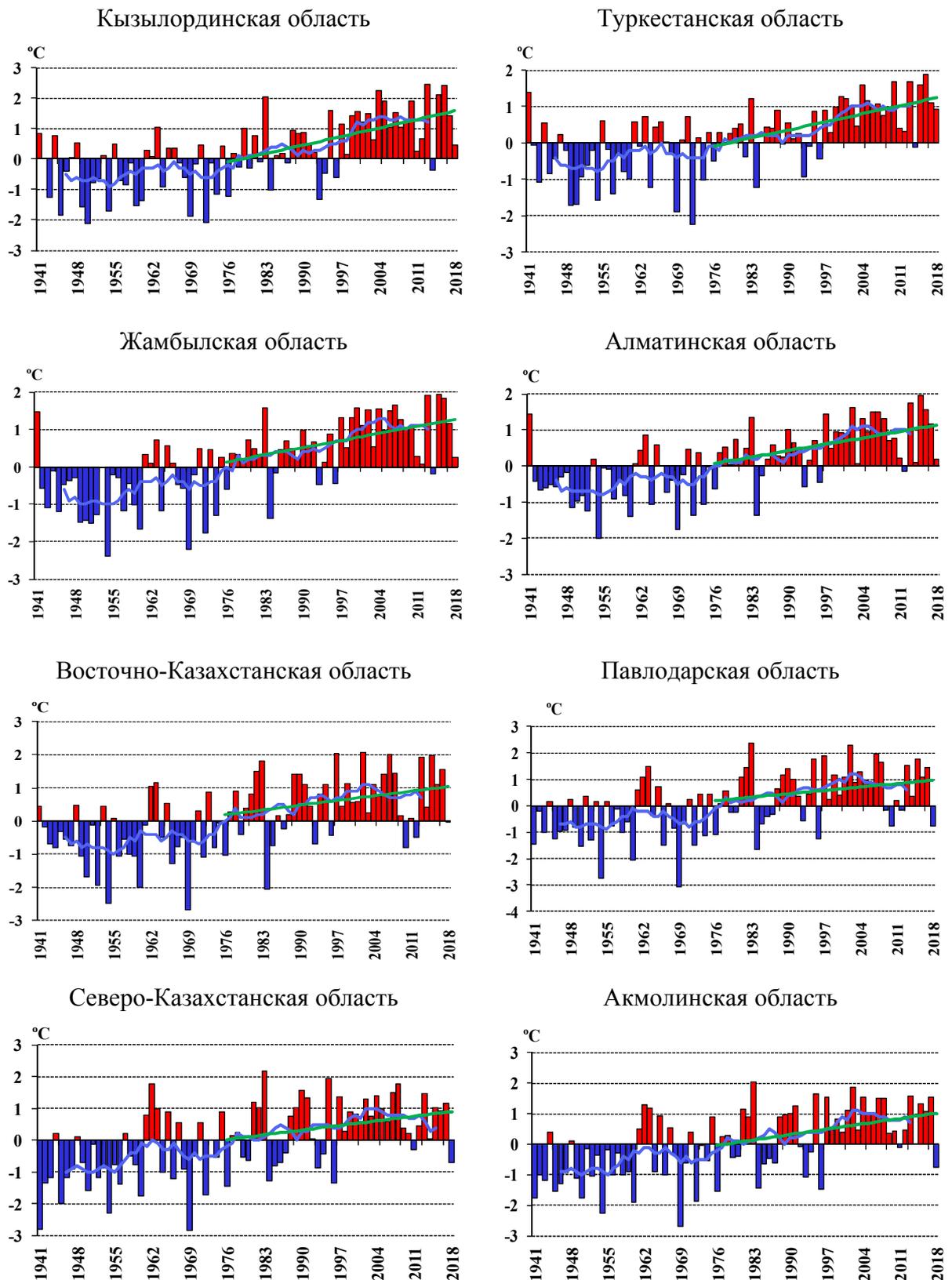


Рисунок 2.14 – Временные ряды аномалий годовых температур воздуха (°C), осредненных по областям Казахстана за период 1941 - 2018 гг. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961 - 1990 гг. Линейный тренд за период 1976-2018 гг. выделен зеленым цветом. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением, Лист 1

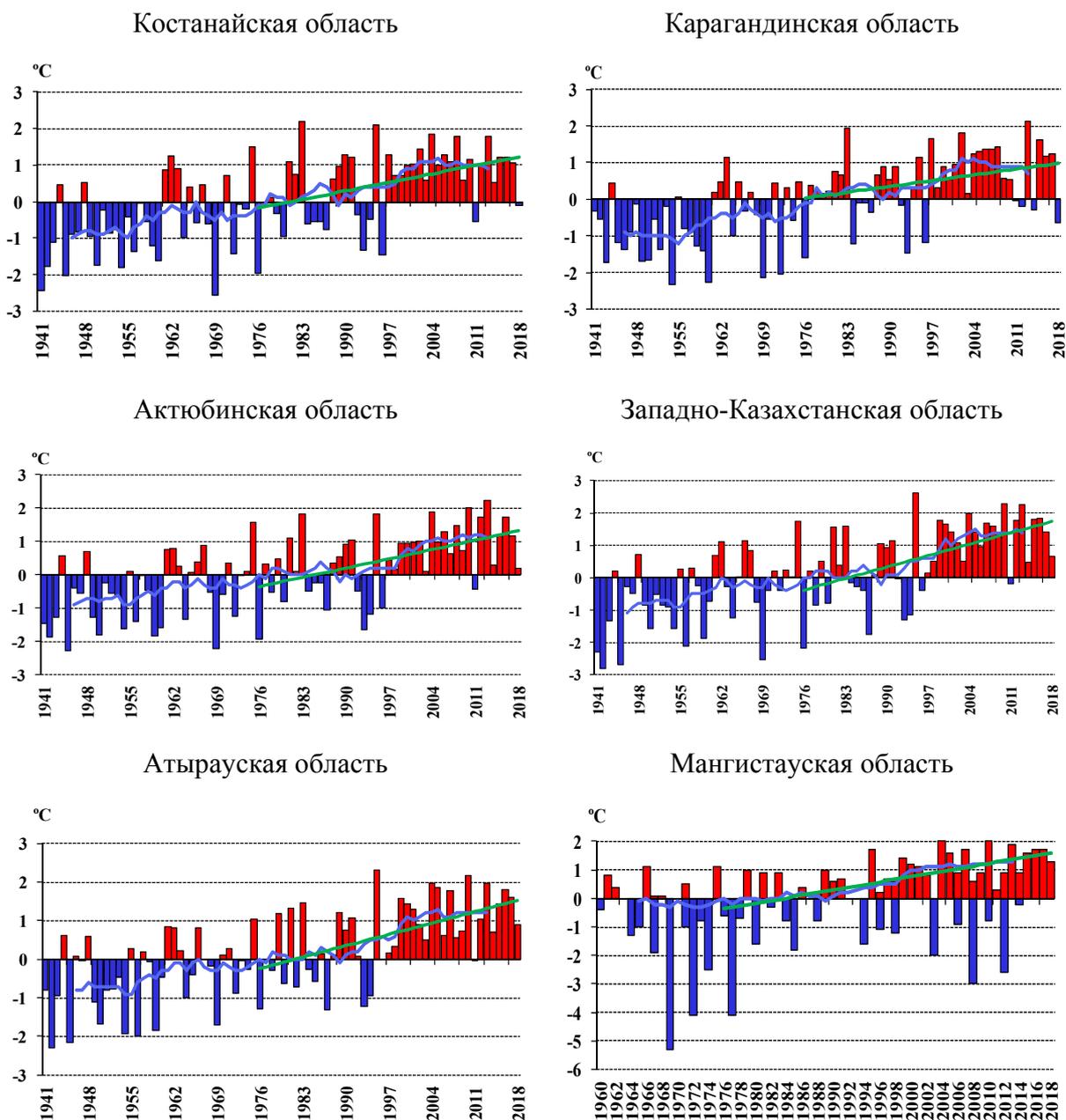


Рисунок 2.14 – Временные ряды аномалий годовых температур воздуха за период 1941 - 2018 гг., осредненных по областям Казахстана. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961 - 1990 гг. Линейный тренд за период 1976-2018 гг. выделен зеленым цветом. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением, Лист 2

В среднем по территории Казахстана за период 1976-2018 гг. повышение среднегодовой температуры воздуха составляет  $0,31\text{ }^{\circ}\text{C}$  каждые 10 лет. Наибольшие темпы роста наблюдаются в весенний период ( $0,59\text{ }^{\circ}\text{C}/10$  лет), наименьшие – в зимний ( $0,11\text{ }^{\circ}\text{C}/10$  лет). Вклад тренда в суммарную дисперсию среднегодовых температур составляет 23 %, для остальных сезонов – от 0 % зимой до 24 % 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 °C/10 лет) по территории Казахстана за период 1976 - 2018 гг. представлена на рисунке 2.15-2.16.

Таблица 2.4 – Характеристики линейного тренда аномалий температуры приземного воздуха, осреднённых по территории Казахстана и его областей за период 1976 - 2018 гг.

Регион/область	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	0,31	<b>23</b>	0,11	0	0,59	<b>24</b>	0,21	<b>14</b>	0,32	<b>9</b>
Алматинская	0,25	<b>19</b>	0,07	0	0,58	<b>26</b>	0,20	<b>15</b>	0,21	<b>5</b>
Акмолинская	0,25	<b>11</b>	0,03	0	0,61	<b>18</b>	0,01	0	0,37	<b>6</b>
Актюбинская	0,40	<b>24</b>	0,21	1	0,55	<b>13</b>	0,32	<b>10</b>	0,48	<b>14</b>
Атырауская	0,42	<b>29</b>	0,32	3	0,46	<b>15</b>	0,46	<b>31</b>	0,42	<b>14</b>
Восточно-Казахстанская	<b>0,20</b>	<b>7</b>	-0,07	0	0,62	<b>21</b>	0,16	<b>8</b>	0,17	<b>2</b>
Жамбылская	0,27	<b>21</b>	0,12	0	0,59	<b>25</b>	0,18	<b>12</b>	0,23	<b>6</b>
Западно-Казахстанская	<b>0,50</b>	<b>31</b>	0,40	4	0,53	<b>14</b>	0,57	<b>24</b>	0,49	<b>16</b>
Карагандинская	0,23	<b>10</b>	0,03	0	0,70	<b>23</b>	0,01	0	0,19	<b>2</b>
Костанайская	0,34	<b>17</b>	0,11	0	0,54	<b>12</b>	0,15	<b>2</b>	0,55	<b>15</b>
Кызылординская	0,40	<b>26</b>	0,25	1	0,77	<b>28</b>	0,26	<b>16</b>	0,32	<b>8</b>
Мангистауская	0,32	<b>35</b>	0,25	4	0,37	<b>18</b>	0,46	<b>42</b>	0,23	<b>9</b>
Павлодарская	<b>0,19</b>	<b>5</b>	-0,10	0	0,64	<b>21</b>	0,03	0	0,25	<b>3</b>
Северо-Казахстанская	0,21	<b>8</b>	-0,02	0	0,44	<b>11</b>	0	0	0,44	<b>9</b>
Туркестанская	0,32	<b>32</b>	0,23	2	0,54	<b>25</b>	0,21	<b>13</b>	0,28	<b>10</b>

Примечания: \* а – коэффициент линейного тренда, °C/10 лет

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

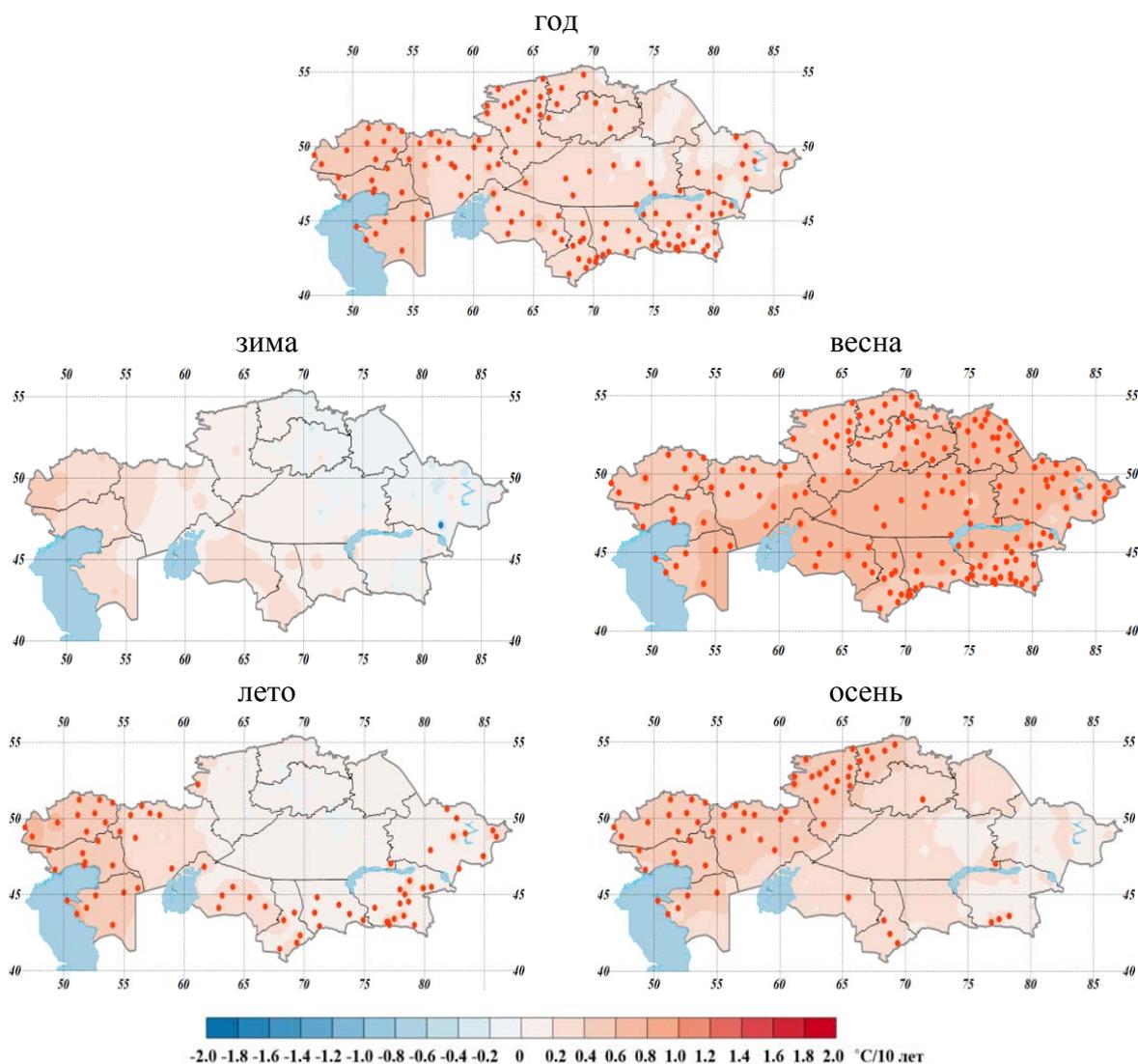
\*\*\*«жирным» шрифтом выделены статистически значимые тенденции

Тренды средней годовой температуры по всей территории Казахстана были положительные и статистически значимые (рисунок 2.15). Более быстрыми темпами теплеет в западных регионах Казахстана (от 0,24 °C/10 лет до 0,60 °C/10 лет), более медленными темпами – в северо- и северо-восточных регионах (от 0,10 °C/10 лет до 0,43 °C/10 лет), а также в горных районах юга (от 0,11 °C/10 лет до 0,21 °C/10 лет).

Зимой наибольшая скорость роста температуры воздуха отмечена в южных и западных регионах – от 0,21 °C/10 лет до 0,51 °C/10 лет. В январе в северо-, северо-восточной части республики отрицательная тенденция изменения температуры воздуха составила от -0,24 °C/10 до -1,20 °C/10 лет. В феврале на территории всего Казахстана прослеживалась тенденция повышения температуры воздуха: от 0,37 °C/10 до 0,98 °C/10 лет (рисунок 2.16). В декабре понижение температуры воздуха от -0,02°C/10 до -0,77°C/10 лет наблюдалось на северо-восточных, центральных и южных районах республики. Отметим,

что в предгорных и горных районах крайнего востока, а также западных регионах зафиксировались положительные тенденции изменения температуры воздуха до  $0,49\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ . Все полученные тренды изменения зимних температур воздуха статистически незначимы, лишь на станциях Уржар (Восточно-Казахстанская область) и СКФМ Боровое (Акмолинская область) понижение температуры воздуха в январе ( $-1,01\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ ,  $-1,20\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ ) было статистически достоверным.

Весной по всей территории Казахстана наблюдается наиболее интенсивное и статистически значимое потепление от  $0,30\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$  до  $0,93\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ . Все тренды средней температуры за весенний сезон статистически достоверны. Наибольшая скорость увеличения температуры воздуха отмечена в марте (от  $0,58\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$  до  $1,79\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ ).



●—значимые положительные и ●—отрицательные коэффициенты линейного тренда

Рисунок 2.15 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда средней годовой и сезонной температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ )

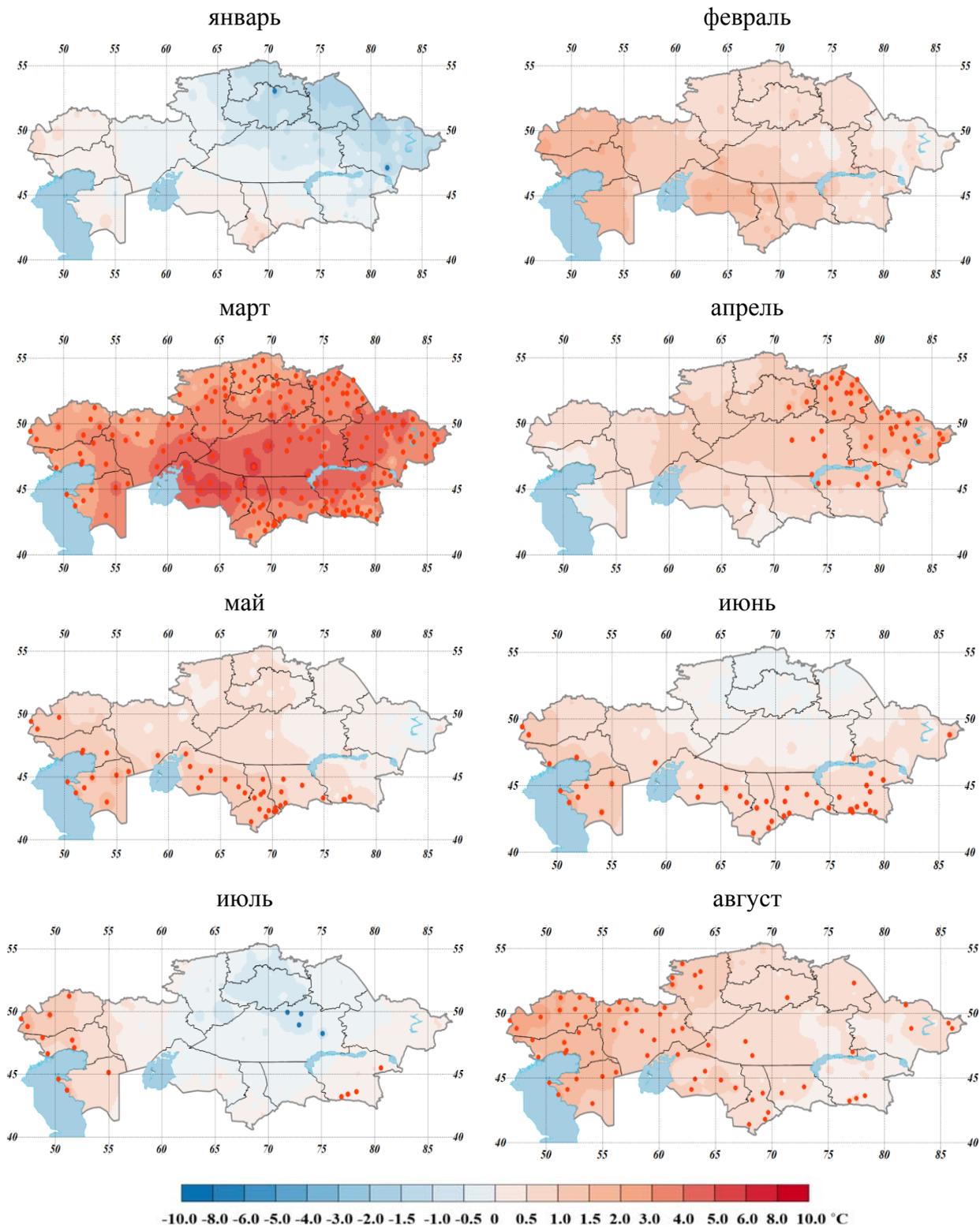


Рисунок 2.16 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда средней месячной температуры приземного воздуха (°C/10 лет), рассчитанного по данным наблюдений за период 1976 - 2018 гг., *Лист 1*

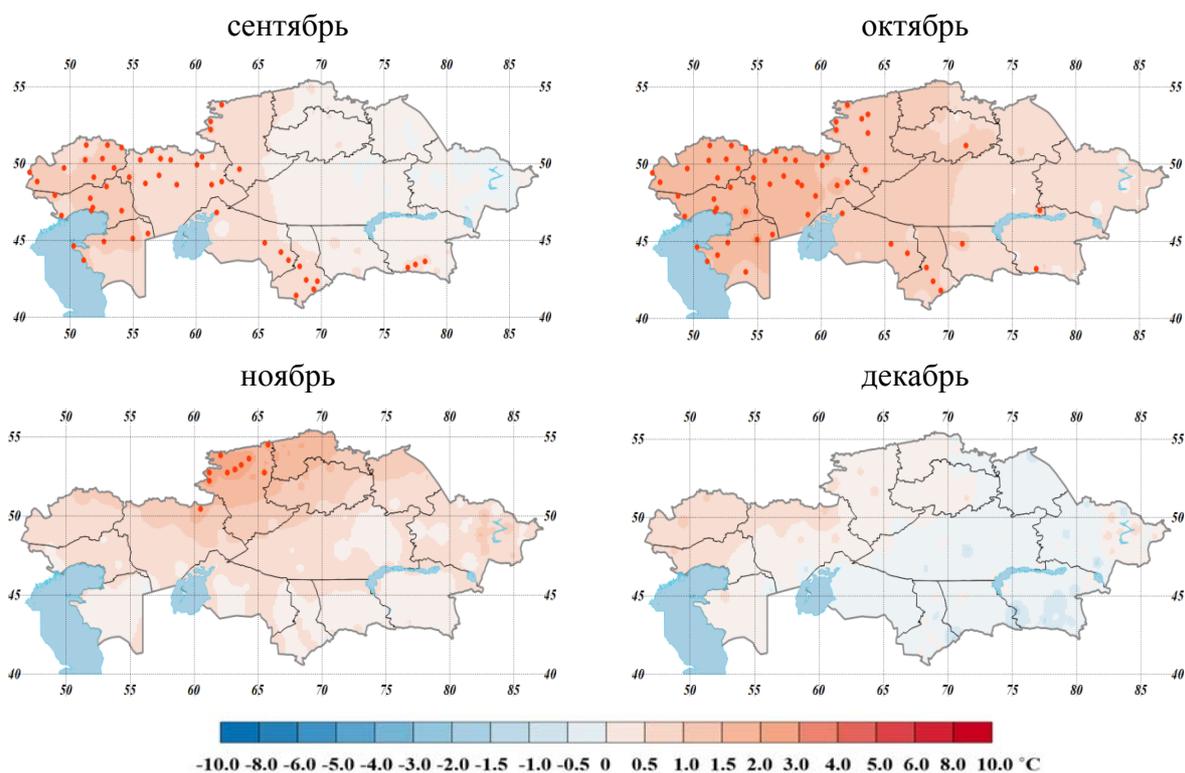


Рисунок 2.16 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда средней месячной температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}/10$  лет), рассчитанного по данным наблюдений за период 1976 - 2018 гг. *Лист 2*

Летом устойчивые положительные тенденции наблюдались на востоке, а также в южных и западных районах республики (от  $0,15^{\circ}\text{C}/10$  лет до  $0,93^{\circ}\text{C}/10$  лет). В центральных и северных районах Казахстана тенденции изменения температуры воздуха (от  $0,13^{\circ}\text{C}/10$  лет до  $0,35^{\circ}\text{C}/10$  лет) были статистически незначимы, за исключением МС Джетыгара Костанайской области, где повышение температуры воздуха было статистически значимым и составило  $0,36^{\circ}\text{C}/10$  лет. В июне и июле незначительное похолодание наблюдается в северных и центральных районах (на  $-0,01 \dots -0,13^{\circ}\text{C}/10$  лет). Статистически достоверные отрицательные тенденции (от  $-0,34^{\circ}\text{C}/10$  лет до  $-0,42^{\circ}\text{C}/10$ ) отмечены только в июле на метеостанциях Карагандинской области.

Осенью за последние 4-и десятилетия устойчивое повышение температуры воздуха отмечено на северо-западе, западе и юге республики (от  $0,37^{\circ}\text{C}/10$  лет до  $0,69^{\circ}\text{C}/10$  лет). Основной вклад внесли месяцы сентябрь и октябрь, когда статистически значимая положительная тенденция температуры воздуха составила  $0,27-0,59^{\circ}\text{C}/10$  лет и  $0,33-0,89^{\circ}\text{C}/10$  лет, соответственно.

### 2.3 Тенденции в экстремумах температуры приземного воздуха

За последние более чем 40 лет в Казахстане прослеживаются, в основном, положительные тенденции в *суточных максимумах температуры приземного воздуха*, но тенденции чаще незначимы (рисунок 2.17). На некоторых станциях Атырауской,

Мангистауской, Жамбылской, Павлодарской, Кызылординской и Восточно-Казахстанской областях зафиксированы значимые положительные тенденции суточных максимумов температуры воздуха в пределах 0,21-0,90 °C/10 лет.

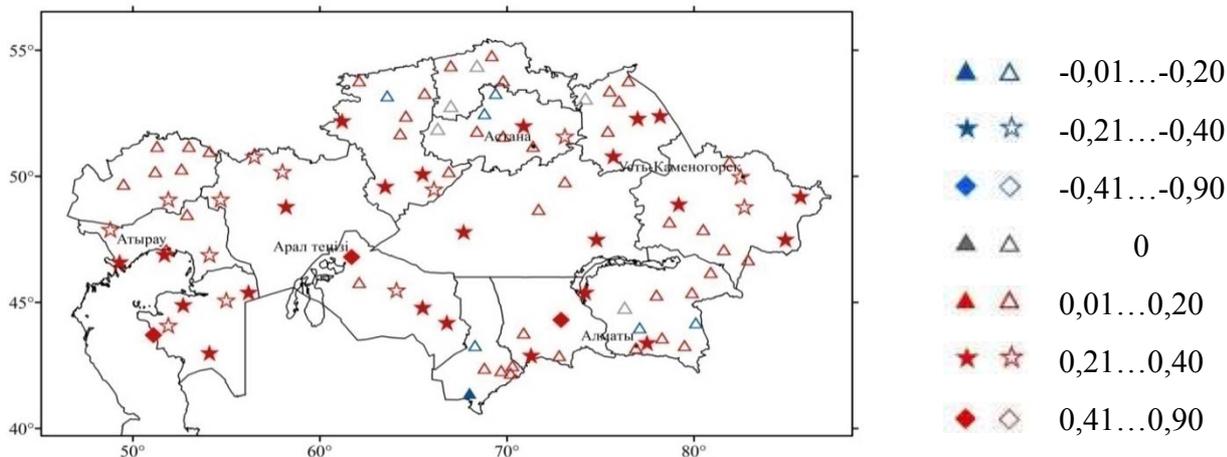


Рисунок 2.17 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда значений суточной максимальной температуры воздуха (°C/10 лет) за период 1976-2018 гг. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

Статистически достоверная тенденция увеличения **количества жарких дней с температурой воздуха выше 25 °C** наблюдается в Западно-Казахстанской, Актюбинской, Атырауской, Мангистауской, Кызылординской, Туркестанской областях: на 4-8 дней каждые 10 лет (рисунок 2.18). На 1-3 дня каждые 10 лет увеличивается повторяемость жарких дней в юго-восточных регионах. На остальной территории республики наблюдалось статистически незначимое как увеличение, так и сокращение числа дней с температурой более 25 °C.

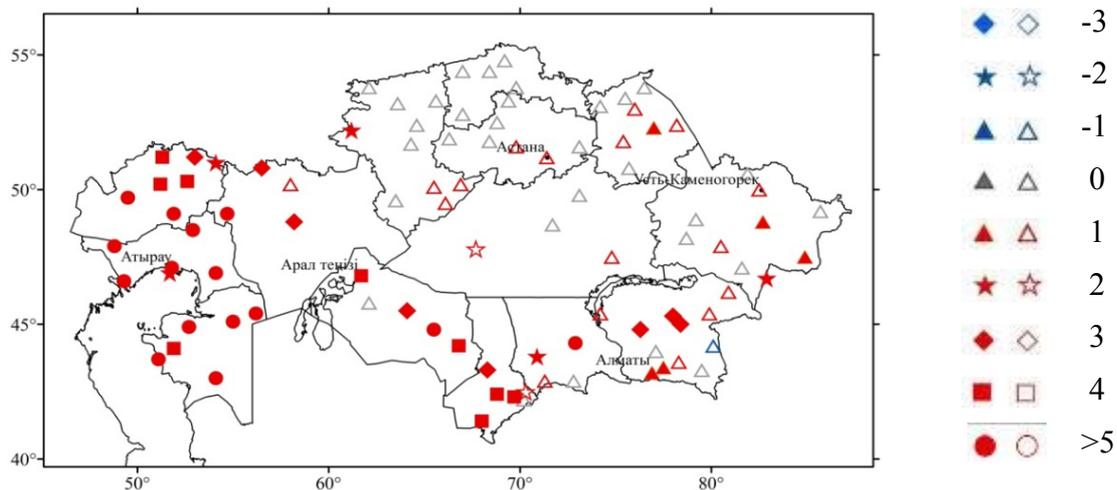


Рисунок 2.18 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда числа дней с температурой воздуха выше 25 °C (дни/10 лет) за период 1976-2018 гг. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

Практически повсеместно наблюдается тенденция уменьшения повторяемости случаев с **ночными морозами** на территории республики, когда суточная минимальная

температура опускается ниже 0 °С (рисунок 2.19). В основном, скорость сокращения количества таких случаев составляет от 3 до 6 дней каждые 10 лет.

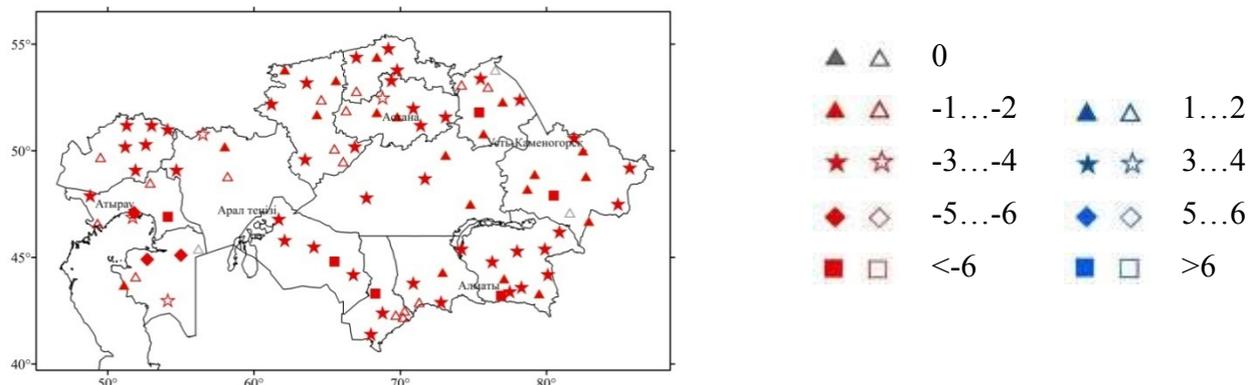


Рисунок 2.19 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда числа случаев с суточным минимумом температуры воздуха ниже 0 °С (дни/10 лет) за период 1976 - 2018 гг. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

**Индекс суточной амплитуды температуры воздуха** показывает (рисунок 2.20), что за последние 40 лет в западной половине Казахстана наблюдались, в основном, тенденции к увеличению суточной амплитуды на 0,1-0,4 °С/10 лет, часто тенденции статистически значимые. На юго-востоке и востоке, наоборот, часто наблюдались значимые тенденции к уменьшению суточной амплитуды на 0,1-0,4 °С/10 лет. В северных и центральных регионах тенденции были, в основном, незначительны.

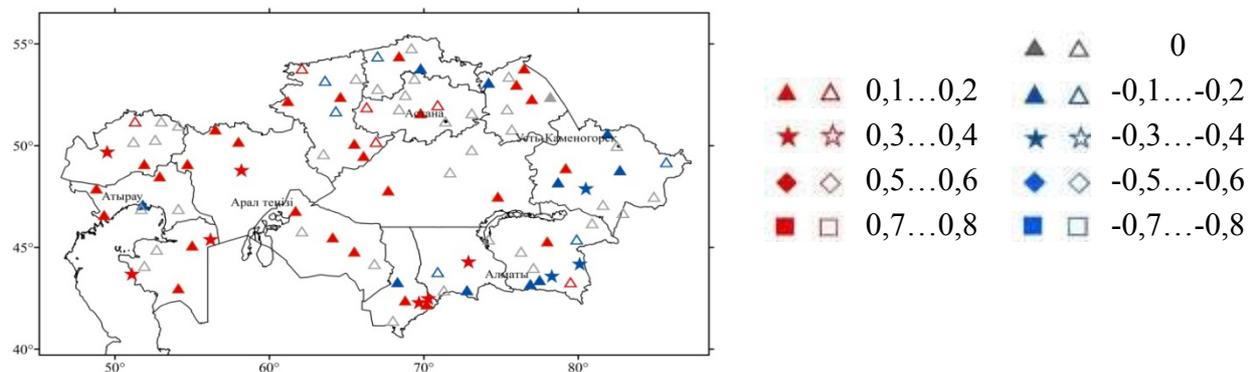
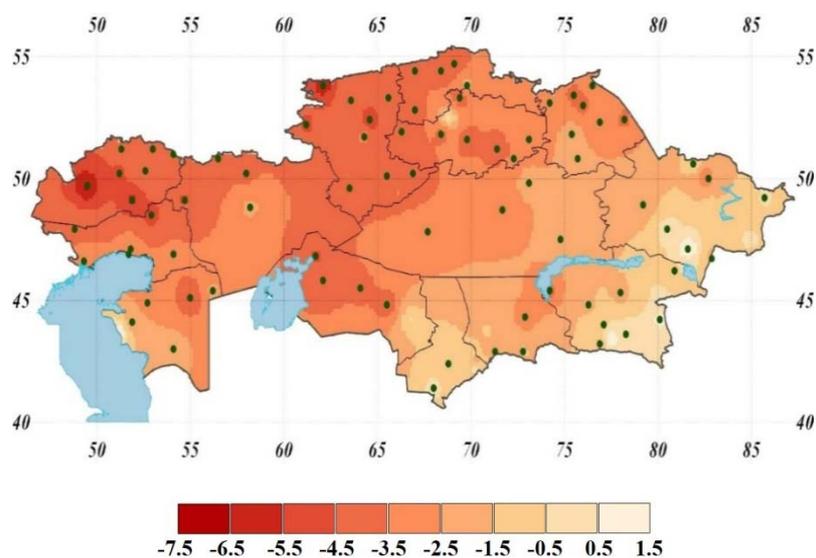


Рисунок 2.20 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда суточной амплитуды температуры воздуха (°С/10 лет) за период 1976 - 2018 гг. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

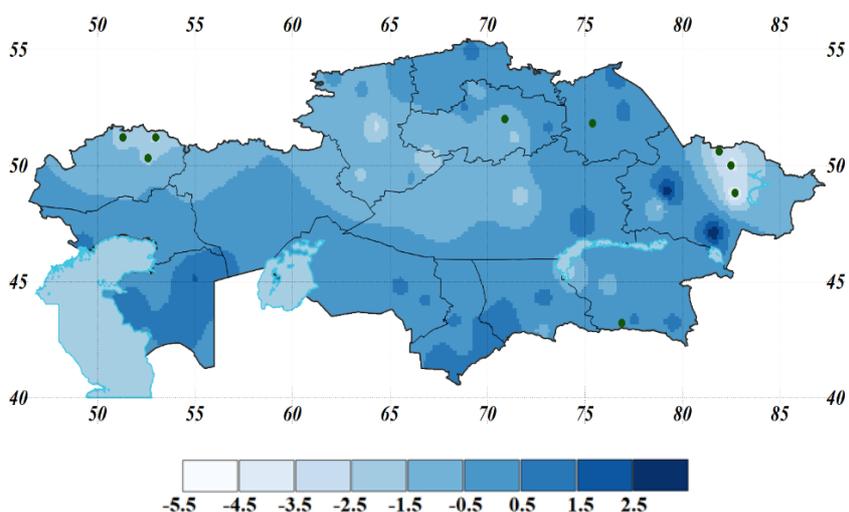
Наибольшая скорость сокращения (4–8 дня/10 лет) количества дней с дневными морозами (когда суточный максимум температуры ниже 0 °С) на территории Казахстана наблюдается в основном на северо-западе республики и местами в центральной части (индекс ID, рисунок 2.21). В южных и юго-восточных регионах количество дней с дневными заморозками более медленными темпами (1-3 дня/10 лет).



● – значимые отрицательные и положительные коэффициенты линейного тренда

Рисунок 2.21 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда числа дней с дневными морозами (дни/10 лет) за период 1976–2018 гг.

На территории республики практически повсеместно на 1–3 дня/10 лет сокращается количество дней с *жесткими морозами* (когда суточный минимум температуры воздуха ниже минус 20 °С, индекс *FDm20*, рисунок 2.22), но значимое сокращение (2-3 дня/10 лет) отмечено лишь на некоторых метеостанциях Западно-Казахстанской области и на северо-востоке республики.

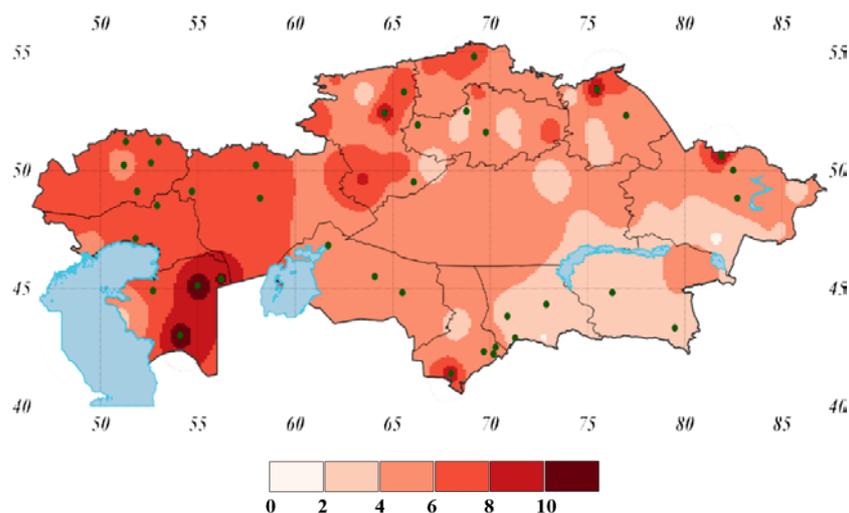


● – значимые отрицательные и положительные коэффициенты линейного тренда

Рисунок 2.22 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда количества суток в году с жесткими морозами (когда суточный минимум температуры воздуха ниже минус 20 °С) за период 1976–2018 гг.

*Общая за год продолжительность волн тепла* (когда, как минимум, 6 последовательных дней суточная максимальная температура воздуха была выше 90-го процентиля) на территории республики повсеместно увеличивается. Наибольшая скорость

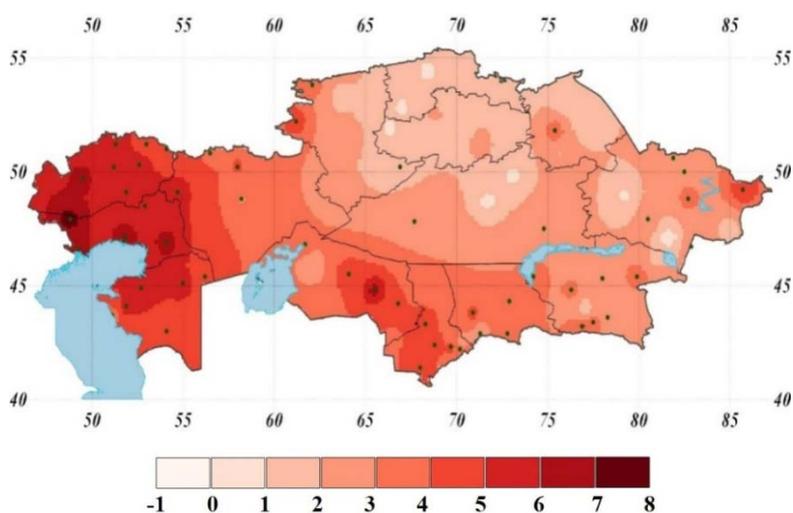
увеличения составила 9–10 дней/10 лет на метеостанциях Мангистауской области, а также на некоторых метеостанциях Костанайской и Павлодарской областей (рисунок 2.23).



● – значимые отрицательные и положительные коэффициенты линейного тренда

Рисунок 2.23 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда общей за год продолжительности волн тепла (дни/10 лет) за период 1976-2018 гг.

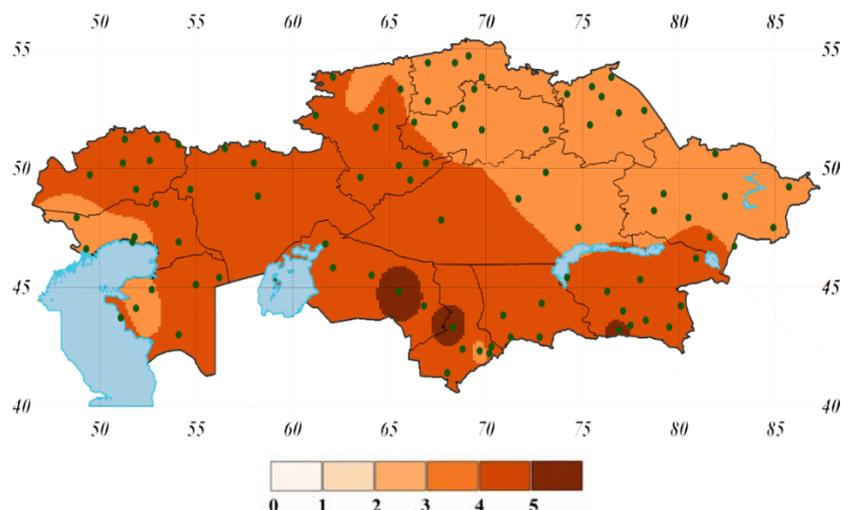
В большинстве регионов хорошо прослеживается тенденция увеличения продолжительности волн тепла в теплый период (*когда суточный максимум температуры воздуха выше 90-го перцентиля, индекс HWF*, рисунок 2.24). Наибольшая скорость увеличения продолжительности волн тепла (4-7 дней/10 лет) наблюдается в Западно-Казахстанской, Атырауской и Мангистауской областях. В Кызылординской и Туркестанской областях положительная тенденция составляет 3-5 дней/10 лет.



● – значимые отрицательные и положительные коэффициенты линейного тренда

Рисунок 2.24 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда общей продолжительности волн тепла в теплый период (дни/10 лет) за период 1976 - 2018 гг.

**Количество дней со среднесуточной температурой воздуха выше или равной 10 °С (индекс ТМ10а, период активной вегетации) по территории Казахстана увеличивается на 3–5 дней/10 лет (рисунок 2.25), в некоторых южных районах даже более 5 дней/10 лет.**



● – значимые отрицательные и положительные коэффициенты линейного тренда

Рисунок 2.25 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда количества дней со среднесуточной температурой  $\geq 10$  °С (дни/10 лет) за период 1976 - 2018 гг.

### 3 АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ

#### 3.1 Аномалии количества осадков на территории Казахстана в 2018 году

На рисунке 3.1 представлен внутригодовой ход распределения количества атмосферных осадков за 2018 г., пространственно осредненных по территории Казахстана, а также среднее многолетнее месячное количество осадков за период 1961-1990 гг. Наибольшее количество осадков в 2018 г. выпало в марте (44,8 мм или 208 % нормы). Положительные аномалии количества осадков наблюдались также в августе (33 %) и ноябре (12 %). В декабре, июле и январе количество осадков было ниже климатической нормы на 25-38 %. В остальные месяцы наблюдался незначительный дефицит влаги (10-16 %).

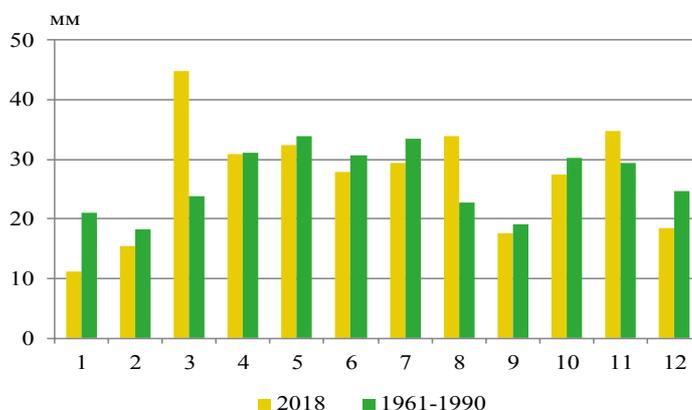


Рисунок 3.1 - Месячные суммы осадков в 2018 году и нормы за период 1961-1990 гг., осреднённые по территории Казахстана

Далее представлены значения аномалий годовых и сезонных сумм осадков (таблица 3.1), а также аномалии количества осадков по месяцам (таблица 3.2), наблюдавшиеся в 2018 году и осредненные в целом по территории Казахстана и его областям. Для каждого значения аномалии приведены вероятности неперевышения, рассчитанные за период 1941 - 2018 гг. Вероятность неперевышения характеризует частоту появления соответствующего значения аномалии в ряду наблюдений. Количество осадков выше 95-го или ниже 5-го перцентиля выделены жирным шрифтом.

На рисунке 3.2 показано территориальное распределение годового и сезонного количества осадков в 2018 году, выраженное в процентах нормы за период 1961-1990 гг., а также приведены вероятности неперевышения годовых и сезонных сумм осадков в данном году.

Таблица 3.1 – Регионально осредненные годовые и сезонные аномалии количества осадков в 2018 г:  $\nu R$  - отклонения от средних многолетних за 1961 – 1990 гг., мм;  $P(r \leq R_{2018})$  - вероятность неперевышения (в скобках), рассчитанная по данным за период 1941 – 2018 гг. и выражена в %;  $RR$  - отношение  $R_{2018}$  к норме, выраженное в %

Регион/область	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	$\nu R$ (P)	RR	$\nu R$ (P)	RR	$\nu R$ (P)	RR	$\nu R$ (P)	RR	$\nu R$ (P)	RR
<b>Казахстан</b>	5,6 (49)	98	-13,8 (9)	80	19,4 (79)	123	4,0 (54)	92	1,2 (59)	100
Алматинская	53,4 (74)	113	-5,7 (32)	97	35,54 (77)	124	22,4 (70)	117	4,0 (61)	111
Акмолинская	<b>113,5 (96)</b>	<b>134</b>	-10,3 (24)	80	31,3 (93)	144	76,7 (90)	155	24,8 (87)	131
Актюбинская	<b>-98,1 (1)</b>	<b>62</b>	-25,6 (7)	58	-2,2 (41)	95	<b>-36,7 (5)</b>	<b>42</b>	-32,5 (10)	54
Атырауская	<b>-61,3 (2)</b>	<b>62</b>	-6,1 (23)	80	-15,8 (15)	61	-15,9 (27)	65	<b>-26,2 (2)</b>	<b>37</b>
Восточно-Казахстанская	27,5 (68)	109	<b>-21,4 (3)</b>	<b>67</b>	<b>52,3 (97)</b>	<b>162</b>	-25,3 (14)	79	29,2 (89)	135
Жамбылская	-46,1 (27)	85	-8,1 (31)	93	-13,0 (41)	89	-4,9 (32)	87	-13,3 (44)	84
Западно-Казахстанская	-50,7 (20)	82	-18,2 (24)	73	22,4 (72)	137	18,2 (15)	56	-30,4 (14)	60
Карагандинская	15,4 (67)	102	-0,8 (59)	96	7,5 (66)	110	12,7 (58)	113	17,9 (89)	121
Костанайская	-33,36 (28)	88	-21,81 (6)	57	27,67 (84)	145	-12,4 (35)	85	-21,7 (23)	71
Кызылординская	-28,9 (20)	80	1,33 (49)	113	-11,1 (35)	77	-10,9 (18)	42	-4,3 (46)	87
Мангистауская*	<b>-55,8 (5)</b>	<b>64</b>	0,1 (50)	96	<b>-29,1 (5)</b>	<b>44</b>	-11,1 (22)	69	-18,6 (8)	50
Павлодарская	<b>102,1 (96)</b>	<b>134</b>	-2,1 (51)	95	<b>56,1 (98)</b>	<b>203</b>	38,8 (76)	132	24,5 (92)	134
Северо-Казахстанская	<b>115,6 (94)</b>	<b>133</b>	-20,0 (11)	59	<b>52,8 (98)</b>	<b>179</b>	83,1 (93)	154	-2,5 (57)	96
Туркестанская	-31,37 (25)	92	-33,79 (12)	78	-9,45 (42)	88	0,8 (41)	89	22,6 (77)	143

**Примечания:** 1. для Мангистауской области оценка проводилась за период 1960-2018 гг.

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

Таблица 3.2 – Регионально осредненные месячные аномалии количества осадков в 2018 г.:  $vT$  – отклонения от средних многолетних за 1961 - 1990 гг., мм;  $P(r \leq R_{2018})$  - вероятность неперевышения (в скобках), рассчитанная по данным за период 1941 – 2018 гг. и выражена в %

Регион/ область	12 (2017)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Казахстан</b>	-1,2 (40)	<b>-9,8 (5)</b>	-2,8 (27)	<b>20,9 (100)</b>	-0,1 (49)	-1,5 (38)	-2,7 (37)	-4,4 (36)	11,1 (85)	-1,5 (41)	-2,8 (54)	5,4 (76)
Алматинская	-0,4 (50)	-4,8 (33)	-0,5 (44)	33,8 (93)	-0,4 (49)	2,1 (58)	-1,8 (48)	12,3 (72)	11,9 (77)	0,9 (59)	-11,1 (46)	14,3 (77)
Акмолинская	-0,2 (43)	-2,2 (44)	-8,0 (12)	17,3 (93)	7,3 (75)	6,7 (68)	24,0 (83)	-2,1 (59)	<b>54,6 (98)</b>	-0,1 (54)	18,8 (93)	5,9 (74)
Актюбинская	-8,5 (25)	-12,3 (11)	-5,3 (28)	13,8 (88)	-2,3 (51)	-13,7 (11)	-14,6 (15)	-14,6 (12)	-7,6 (41)	-4,7 (49)	-15,1 (12)	-12,8 (16)
Атырауская	-1,3 (48)	-1,2 (36)	-3,8 (24)	1,3 (54)	-3,8 (46)	<b>-13,3 (1)</b>	<b>-15,2 (5)</b>	11,8 (80)	-12,4 (6)	-12,3 (6)	-2,4 (42)	-11,5 (11)
Восточно- Казахстанская	<b>-4,2 (0)</b>	-15,7 (39)	-1,2 (54)	<b>39,9 (100)</b>	8,68 (68)	3,61 (63)	-19,1 (6)	-13,9 (20)	7,7 (70)	9,9 (79)	0,2 (68)	19,1 (93)
Жамбылская	-4,2 (63)	2,2 (63)	-6,3 (87)	19,8 (35)	-14,2 (19)	-18,6 (59)	5,3 (32)	-7,0 (41)	-3,0 (22)	-7,3 (37)	-11,9 (68)	5,9 (28)
Западно- Казахстанская	-1,5 (61)	<b>-16,6 (0)</b>	-0,2 (53)	18,2 (90)	-0,3 (49)	4,5 (58)	-22,7 (6)	1,3 (55)	-12,1 (27)	-8,1 (36)	-13,1 (14)	-9,2 (44)
Карагандинская	13,9 (92)	-11,2 (10)	-3,6 (44)	<b>-19,3 (97)</b>	4,3 (64)	-16,1 (15)	1,9 (54)	-11,7 (24)	22,4 (93)	1,1 (62)	14,1 (90)	2,8 (66)
Костанайская	-5,6 (31)	-13,4 (7)	-3,0 (37)	<b>24,1 (97)</b>	4,14 (58)	-0,7 (42)	2,56 (59)	-21,6 (18)	6,1 (59)	-5,8 (41)	-8,9 (31)	-6,7 (38)
Кызылординская	3,5 (69)	-6,6 (10)	4,4 (70)	5,1 (75)	-7,5 (44)	-8,7 (15)	-6,2 (14)	-5,7 (24)	0,9 (62)	-1,8 (50)	-1,2 (58)	-1,3 (57)
Мангистауская	-1,7 (43)	8,8 (86)	-4,1 (32)	-0,9 (56)	-11,4 (20)	<b>-15,8 (0)</b>	<b>-14,1 (0)</b>	-1,1 (48)	4,3 (82)	<b>-9,6 (1)</b>	-6,0 (27)	-6,5 (27)
Павлодарская	9,3 (85)	-7,5 (27)	-3,9 (35)	16,1 (93)	18,5 (93)	21,5 (94)	24,4 (81)	1,2 (54)	13,2 (77)	12,6 (79)	4,6 (72)	7,4 (83)
Северо- Казахстанская	-6,9 (27)	-7,9 (25)	-5,2 (23)	<b>20,9 (97)</b>	10,4 (76)	21,6 (89)	14,1 (74)	6,1 (58)	<b>62,9 (100)</b>	-9,1 (27)	1,69 (63)	5,1 (70)
Туркестанская	-1,1 (53)	<b>-31,2 (2)</b>	-2,3 (36)	10,65 (57)	-19,8 (24)	-0,3 (49)	8,6 (63)	<b>-8,5 (0)</b>	0,64 (71)	-6,4 (19)	2,9 (68)	26,1 (81)

**Примечания:** 1. для Мангистауской области оценка проводилась за период 1960-2018 гг.;  
2. значения выше 95-го или ниже 5-го перцентиля выделены жирным шрифтом и ярким цветом.

В среднем по территории Казахстана годовая сумма атмосферных осадков в 2018 году составила 98 % нормы (323,2 мм). На большей части территории республики количество осадков составляло от 80 до 113 % нормы (рисунок 3.2, таблица 3.1). Экстремально влажно было в северном регионе республики, где количество выпавших составило 133-134 % нормы (вероятность неперевышения 94-96 %). 2018 г. вошел в этом регионе в 10 % самых влажных лет. Значительный дефицит количества осадков наблюдался на метеостанциях западного региона (вероятность неперевышения 1-5 %), где 2018 г. вошел в 10 % самых сухих лет. Абсолютные максимумы были перекрыты на трех МС, перечисленных в таблице 3.3.

Таблица 3.3–Список станций с обновленными максимумами годового количества осадков в 2018 г.

Область	Станция	Максимум в 2018 г.	Предыдущий абсолютный максимум
Восточно-Казахстанская область	заповедник Маркаколь	724,7 мм	723,5 мм (2016)
Карагандинская область	Корнеевка	525,4 мм	496,8 мм (2015)
Северо-Казахстанская область	Чкалово	482,6 мм	471,0 мм (1994)

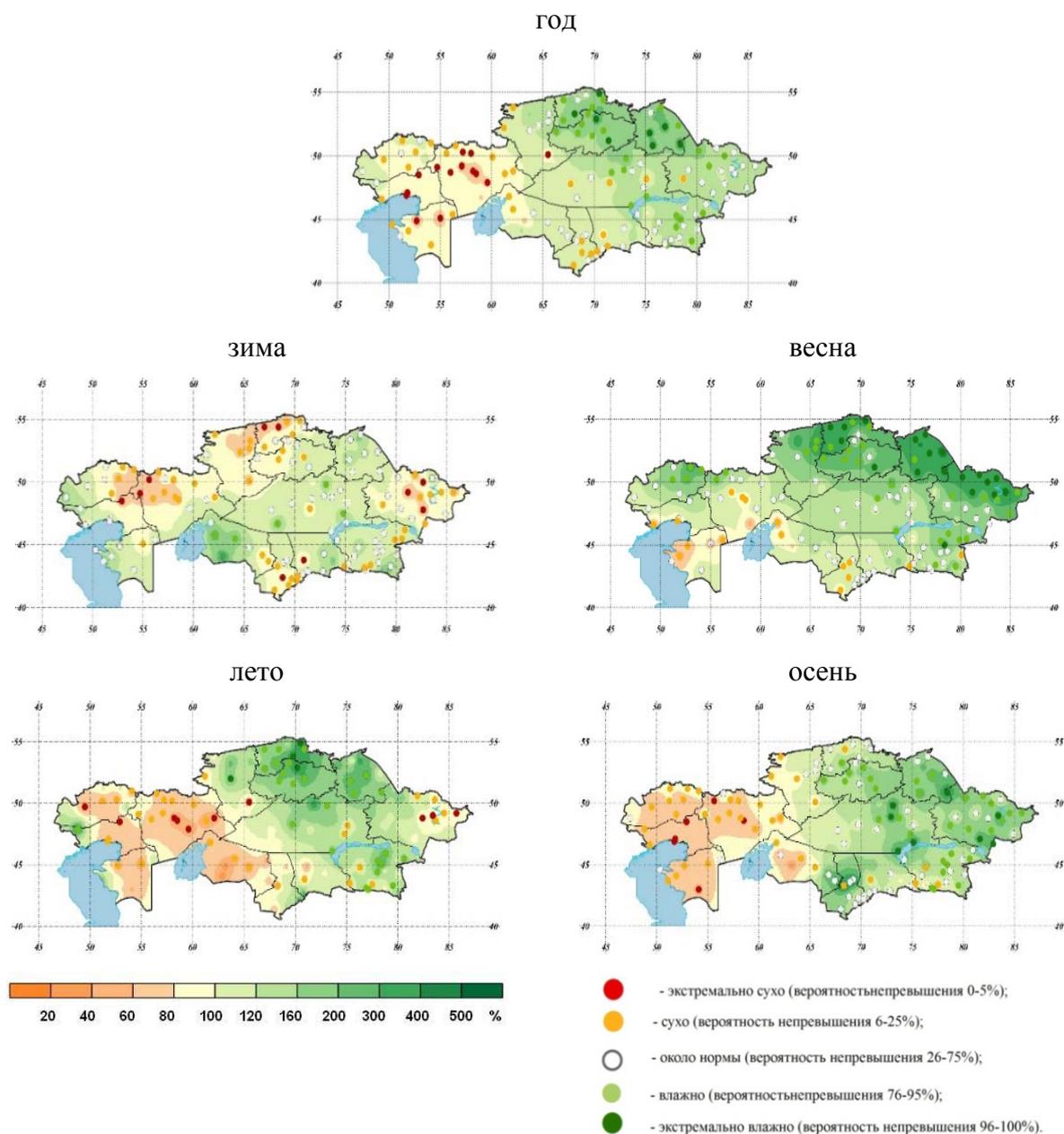


Рисунок 3.2 – Количество осадков в 2018 году, выраженное в % нормы, рассчитанной за период 1961-1990 гг., а также вероятности непревышения количества осадков, наблюдавшиеся в 2018 году, рассчитанные по данным периода 1941-2018 гг.

**Зима 2017/2018 гг.** В целом по всей территории республики количество осадков составило 80 % климатической нормы или 50 мм. Это 11-я величина по возрастанию для

отрицательных значений. Дефицит влаги 30-40 % нормы с вероятностью неперевышения (3-24 %) наблюдался на северо-западе, востоке и юге республики. Экстремально сухо (вероятность неперевышения 1-5 %) было на МС Благовещенка, Явленка (Северо-Казахстанская область), Арыс (Туркестанская область), Уюк (Жамбылская область), Жалгызтобе, Аксуат (Восточно-Казахстанская область), Уил, Новоалексеевка (Актюбинская область), Карабау (Атырауская область). Зима в этих районах вошла в 10 % самых сухих сезонов.

**Весна.** На территории Казахстана атмосферных осадков выпало 123 % нормы (108 мм). Экстремально влажно наблюдалось в Павлодарской (203 % нормы), Северо-Казахстанской (179 % нормы) и Восточно-Казахстанской (162 % нормы) областях (вероятность неперевышения 97-98 %). Весна в этих районах вошла в 10 % экстремально влажных сезонов. Абсолютные максимумы были перекрыты на 10 МС, приведенных в таблице ниже.

Таблица 3.4 – Список станций с обновленными максимумами количества осадков за весенний период 2018 г.

Область	Станция	Максимум в 2018 г.	Предыдущий абсолютный максимум
Восточно-Казахстанская область	Дмитриевка	161,4 мм	142,1 мм (1971)
Восточно-Казахстанская область	заповедник Маркаколь	268,2 мм	221,3 мм (2016)
Восточно-Казахстанская область	Семипалатинск	130,3 мм	120,7 мм (1959)
Восточно-Казахстанская область	Теректы	166,9 мм	136,7 мм (1988)
Восточно-Казахстанская область	Улькен Нарын	190,0 мм	163,9 мм (1988)
Восточно-Казахстанская область	Шемонаиха	197,6 мм	183,0 мм (1979)
Северо-Казахстанская область	Булаево	145,8 мм	130,8 мм (2013)
Павлодарская область	Баянауыл	137,5 мм	134,8 мм (1958)
Павлодарская область	Успенка	112,3 мм	112,0 мм (1987)
Павлодарская область	Шалдай	125,1 мм	116,2 мм (1971)

В Мангистауской области было экстремально сухо (вероятность неперевышения 5 %). Недостаток влаги также наблюдался в Атырауской области (вероятность неперевышения (15 %).

**Лето.** Атмосферных осадков на территории Казахстана выпало 92 % нормы (90,5 мм). На северо-востоке республики количество осадков превысило норму на 32-55 %. В Восточно-Казахстанской, Западно-Казахстанской, Кызылординской и Мангистауской областях летний сезон был сухим (вероятность неперевышения 14-22 %). Экстремально сухо было в Актюбинской области (вероятность неперевышения 5 %), лето 2018 года в этом регионе вошло в 10 % экстремально сухих сезонов.

**Осень.** Количество атмосферных осадков в осенний период составило 100 % нормы (79,8 мм). В северном, центральном, восточной и южном регионах осадков выпало на 11-43 % выше климатической нормы. Экстремально влажные условия зафиксированы на МС Бакты, Самарка, Семиярка, Уржар (Восточно-Казахстанская область), Балкаш, Жарык, Караганда, Сарышаган (Карагандинская область), где количество выпавших осадков за

осенний период составило здесь 170-254 % нормы (вероятность неперевышения 96-100 %). Осень 2018 г. в этих районах вошла в 10 % самых влажных сезонов. Значительный дефицит осадков (вероятность неперевышения 0-2 %) наблюдается на МС Мугоджарская, Новоалексеевка (Актюбинская область), Карабау, Пешной (Атырауская область) и Аккудук (Мангистауская область). Осень в этих районах вошла в 10 % экстремально сухих сезонов. Абсолютные максимумы были перекрыты на трех МС (таблица 3.5).

Таблица 3.5 – Список станций с обновленными максимумами количества осадков за осенний период 2018 г.

Область	Станция	Максимум в 2018 г.	Предыдущий абсолютный максимум
Восточно-Казахстанская область	Семиарка	121,0 мм	100,2 мм (1946)
Павлодарская область	Коктобе	116,5 мм	101,3 мм (1985)
Туркестанская область	Туркестан	91,1 мм	85,1 мм (2015)

Для оценки экстремальности количества осадков в 2018 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 2018 году.

**Максимумы суточного количества осадков в 2018 году (индекс  $Rx1day$ ).** На рисунке 3.3 красным цветом показаны значения абсолютных максимумов суточного количества осадков, определенные за период с начала открытия метеостанции по 2017 год, синим цветом – значения суточных максимумов, наблюдавшиеся в 2018 году. Абсолютный максимум суточного количества осадков в 2018 году не был перекрыт ни на одной метеостанции Казахстана.

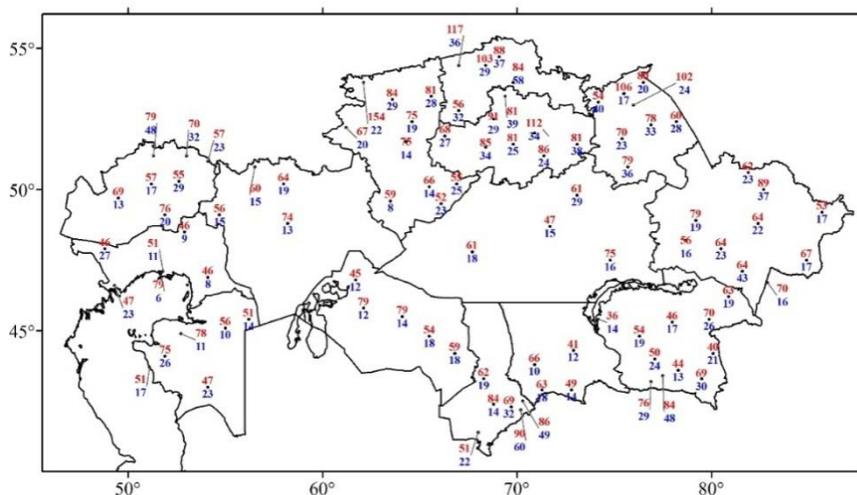


Рисунок 3.3 – Абсолютный максимум суточного количества осадков (мм), выбранный за период с начала открытия метеостанции по 2017 год (нанесен красным цветом) и максимальное количество осадков, выпавшее за сутки в 2018 году (нанесен синим цветом), мм

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 2018 год. Для расчета использовались индексы R95 и PRPTOT. Индекс осадков R95 показывает количество осадков, превышающей 95-й процентиль, индекс PRPTOT - количество осадков за год. Наибольшая доля экстремального количества осадков наблюдалась на метеостанциях Тайынша (42 %), Рузаевка (42 %), Атбасар (50 %) и Аягоз (41%). На 9-и метеостанциях доля экстремальных осадков также достаточно высокая (31-39 %).

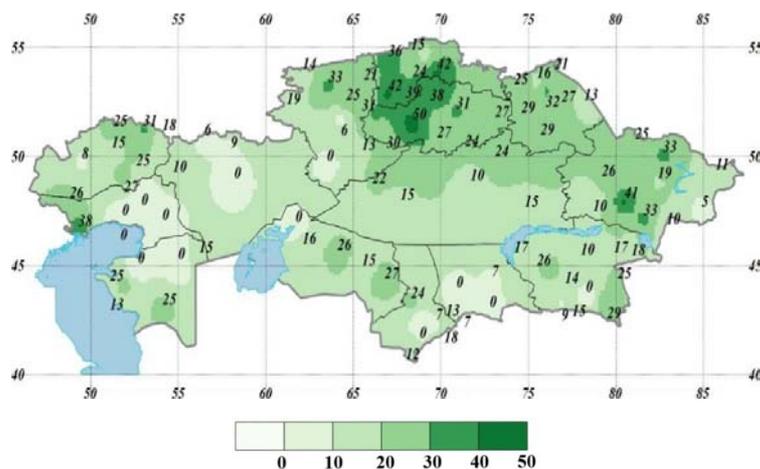


Рисунок 3.4 – Доля (в %) экстремального количества осадков в годовой сумме осадков в 2018 году. Экстремальное количество осадков рассчитано как сумма суточного количества осадков, превышающего 95-й процентиль

В условиях засушливого климата Казахстана очень важным является индекс CDD, который показывает **максимальную продолжительность бездождного периода**, когда суточное количество осадков составляет менее 1 мм (рисунок 3.5). В 2018 году наибольшая максимальная продолжительность бездождного периода была зафиксирована на станциях Арысь, Сам, Туркестан, Шардара, Джусалы, Казалы и Уюк (102, 103, 105, 105, 107, 120 и 123 дней в году). На юго-востоке и востоке республики продолжительность бездождного периода была от 19 дней в году до 48 дней в году, а в северных регионах страны от 18 дней в году до 48 дней в году.

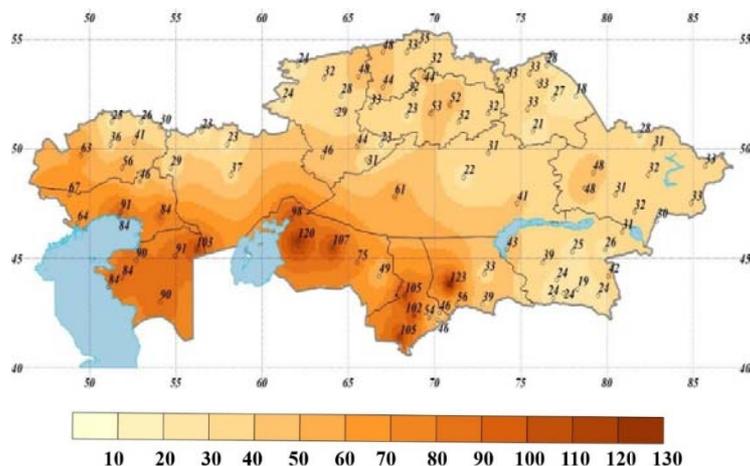


Рисунок 3.5 – Максимальная продолжительность бездождного периода (в днях) в 2018 году (индекс CDD 2018)

В 2018 году **максимальная продолжительность дождливого периода**, когда количество выпавших осадков было равно или больше 1 мм (индекс CWD), представлена на рисунке 3.6. По результатам расчета индекса, максимальная продолжительность периода с осадками составила от 2 до 10 дней. Наибольший по продолжительности дождливый период (8 - 10 дней) наблюдался на метеостанциях Ерейментау, Караганды, Кертинди и Баянауыл.

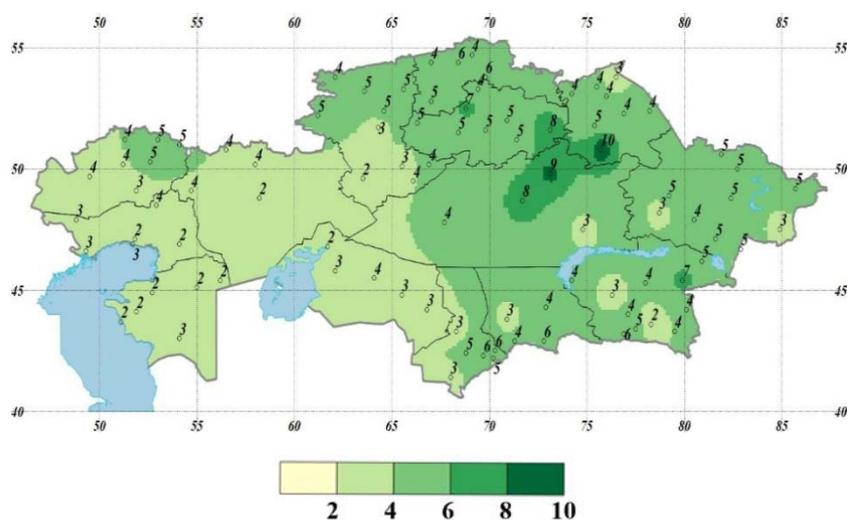


Рисунок 3.6 – Максимальная продолжительность периода (в днях) в 2018 году, когда количество выпавших осадков было равно или больше 1 мм (индекс CWD 2018)

### 3.2 Наблюдаемые изменения количества осадков на территории Казахстана

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 суммах атмосферных осадков были оценены по данным 121-ой станции.

Временные ряды аномалий годовых и сезонных сумм осадков за период 1941-2018 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 (рисунок 3.7 и 3.8). В среднем по Казахстану за период 1976-2018 гг. наблюдалась тенденция увеличения годового количества атмосферных осадков на 5,5 мм/10 лет (рисунок 3.7, таблица 3.6). В областном разрезе также отмечено увеличение количества осадков в большинстве областях, исключение составляет Кызылординская, Актюбинская, Западно-Казахстанская и Мангистауская области, где атмосферные осадки уменьшаются каждые 10 лет на 1,2-5,7 мм. Статистически достоверное увеличение годовых сумм осадков выявлено только в Северо-Казахстанской области (15,4 мм/10 % лет).

За период 1976-2018 гг. в среднем по Казахстану во все сезоны наблюдается тенденция к увеличению количества осадков на 1,3-3,8 мм/10 лет, за исключением осеннего

сезона, когда уменьшение количества атмосферных осадков составило 1,0 мм/10 лет (рисунок 3.7 и 3.8; таблица 3.6). Все полученные сезонные тренды статистически незначимы.

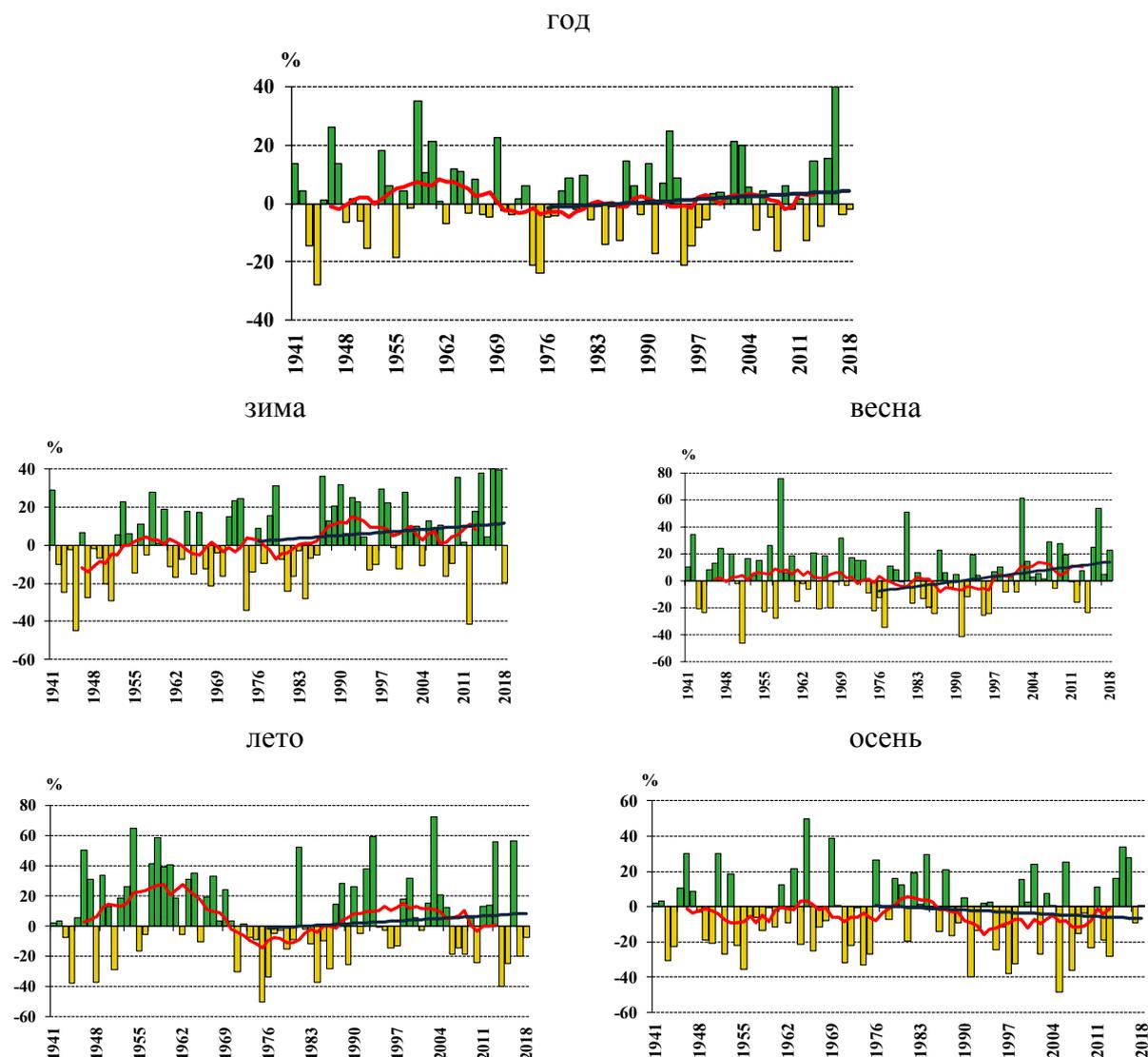


Рисунок 3.7–Временные ряды аномалий годовых и сезонных сумм осадков (%) пространственно осредненных по территории Казахстана за период 1941-2018 гг., Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961-1990 гг. Линейный тренд за период 1976-2018 гг. выделен черным цветом. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением

Более детальную информацию о характере изменения режима осадков в Казахстане дает пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда для годовых, сезонных и месячных сумм осадков (%/10 лет), рассчитанных за период 1976-2018 гг. и представленных на рисунках 3.9 и 3.10.

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

Тренды *годового* количества осадков на большей территории Казахстана были, в основном, положительны, но незначимы. Статистически достоверное увеличение

количества осадков прослеживается на некоторых метеостанциях северо-востока и юго-востока Казахстана (4–9 %/10 лет), а также на МС Атырау (9 %/10 лет). Устойчивое уменьшение количества осадков (7-8 %/10 лет) наблюдается на МС Амангельды (Костанайская область), Уюк (Жамбылская область), Бес-Оба (Карагандинская область).

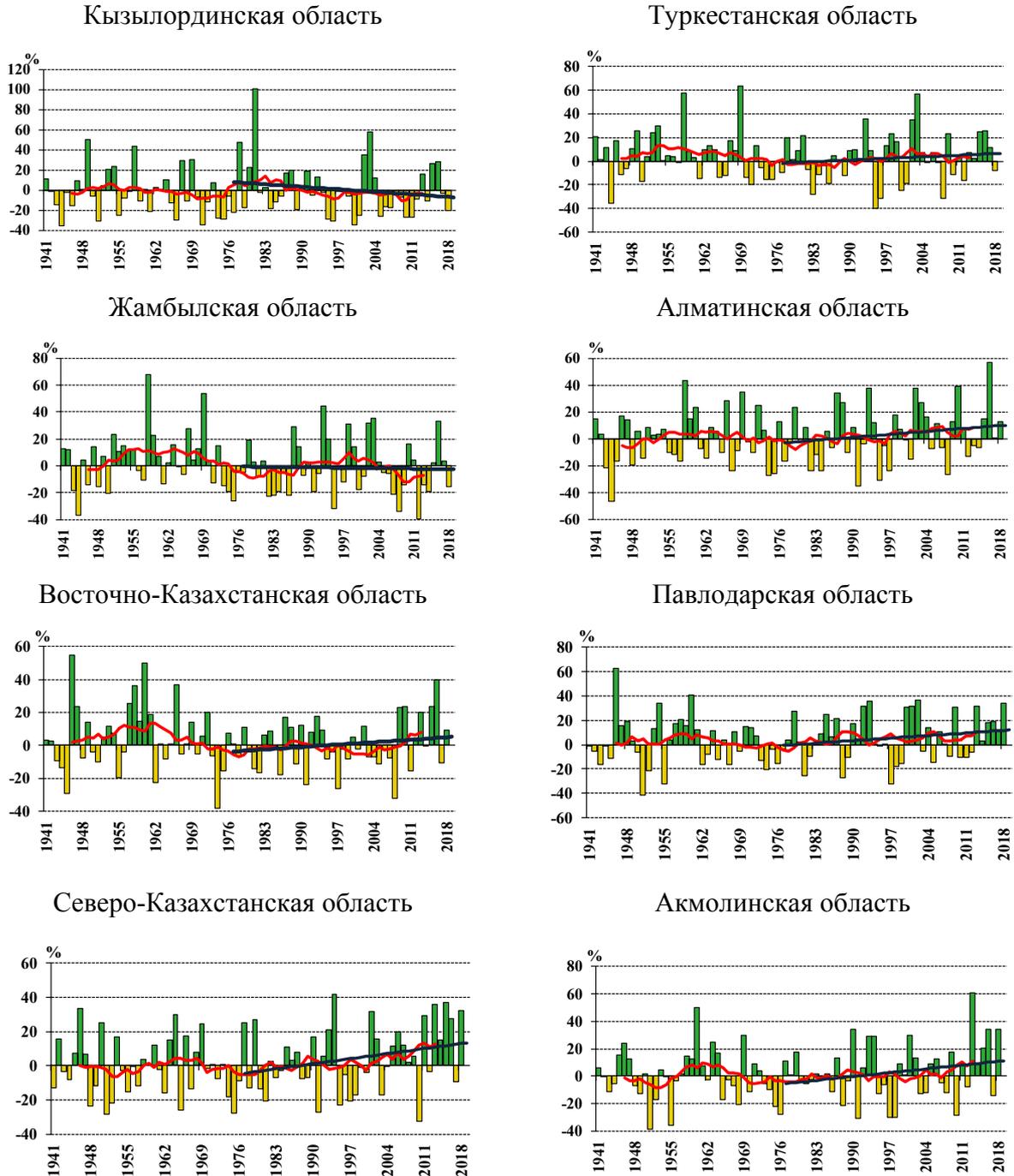


Рисунок 3.8–Временные ряды аномалий годовых сумм осадков (%) за период 1941-2018 гг., пространственно осредненных по областям Казахстана. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961-1990 гг. Линейный тренд за период 1976-2018 гг. выделен черным цветом. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Лист 1

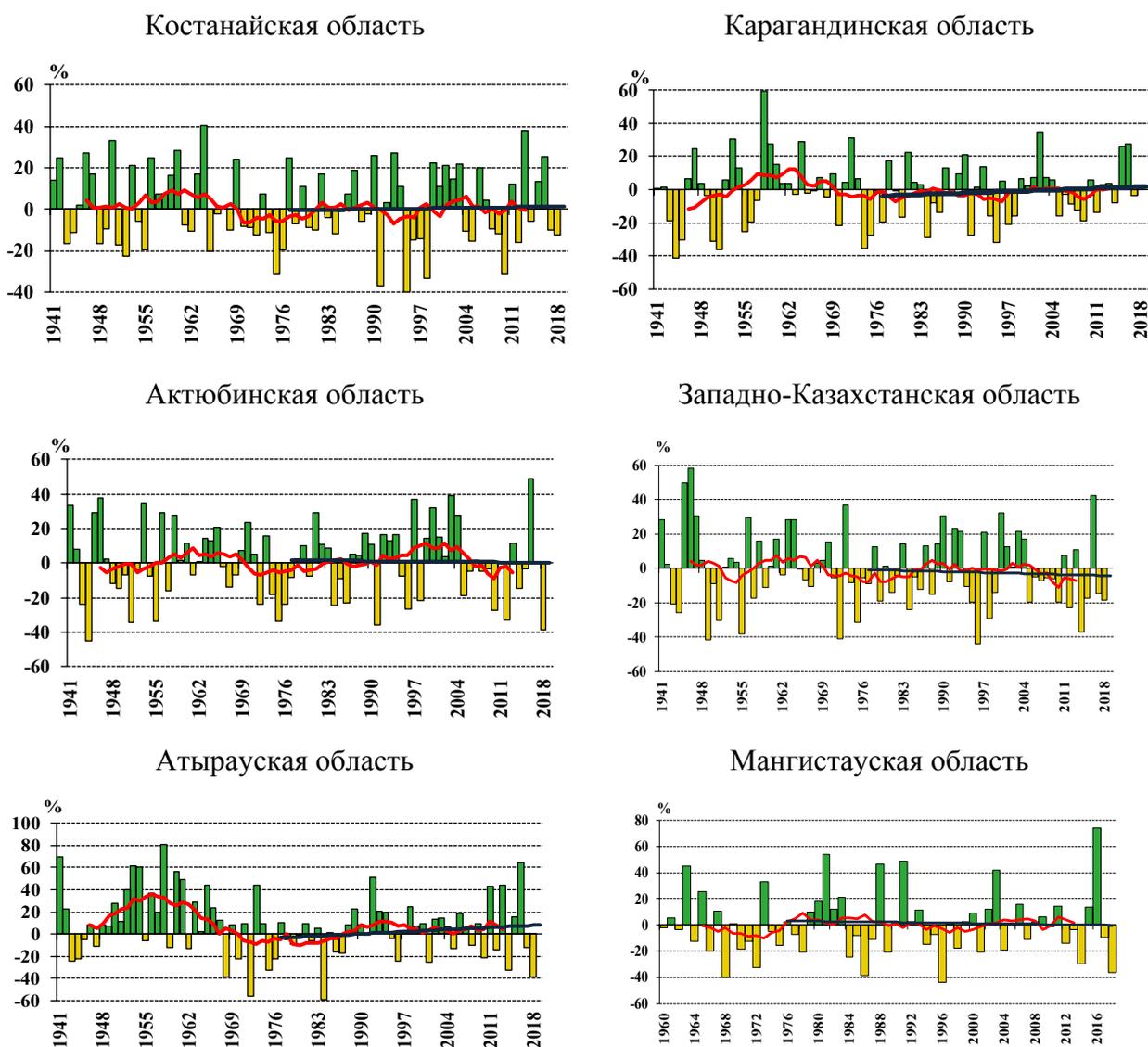


Рисунок 3.8—Временные ряды аномалий годовых сумм осадков (%) за период 1941-2018 гг., пространственно осредненных по областям Казахстана. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961-1990 гг. Линейный тренд за период 1976-2018 гг. выделен черным цветом. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Лист 2

Устойчивые положительные тенденции в **зимний** период наблюдаются на некоторых метеостанциях северо-востока (3-14 %/10 лет), юго-востока (9-15 %/10 лет) и запада (16-22 %/10 лет) Казахстана. В феврале и декабре практически на всех метеостанциях положительные тенденции роста количества осадков (4-26 %/10 лет) были статистически значимы.

Положительный тренд количества осадков в **весенний** период наблюдается по всей территории Казахстана и составляет 1-25 %/10 лет. Устойчивое увеличение количества осадков отмечено на северо-западе республики. Более быстрыми темпами осадки увеличиваются в марте (3-45 %/10 лет).

Таблица 3.6 – Характеристики линейного тренда (мм/10 лет, %/10 лет) аномалий сезонных и годовых сумм атмосферных осадков, осредненных по территории Казахстана и его областей за период 1976-2018 гг. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961-1990 гг.

Регион/область	Ед. изм.	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	мм	5,5	3	1,3	2	3,8	6	1,8	1	-1,0	1
	%	1,4		2,3		5,2		2,3		-1,8	
Алматинская	мм	12,4	3	4,8	7	3,9	1	2,9	1	1,2	0
	%	3,1		7,1		3,0		2,8		1,7	
Акмолинская	мм	13,4	6	3,5	7	3,6	4	7,5	3/4	-0,8	0
	%	4		7,6		5,1		5,7		-0,9	
Актюбинская	мм	-1,2	0	-0,3	0	6,2	7	-3,1	2	-3,9	6
	%	-0,3		-0,4		10,0		-4,1		-5,3	
Атырауская	мм	4,4	2	3,1	8	6,2	11	-3,4	3	-1,3	1
	%	2,8		9,2		15,5		-7,3		-3,2	
Восточно-Казахстанская	мм	6,4	3	0,7	0	3,7	4	2,8	2	-0,10	0
	%	2,1		1,6		4,2		3,6		0,2	
Жамбылская	мм	0,2	0	1,6	1	-2,9	1	2,9	2	-0,9	0
	%	-0,4		2,2		-2,7		6,7		-1,8	
Западно-Казахстанская	мм	-2,3	0	-3,3	6	6,7	14	-5,1	5	-1,1	0
	%	-0,8		-4,3		11,5		-6,6		-1,3	
Карагандинская	мм	4,7	2/1	-0,2	0	1,8	1	6,0	8	-2,4	2
	%	1,4		-1,8		2,7		8,0		-4,4	
Костанайская	мм	2,8	0	-0,8	0	8,3	24/	0,2	0	-4,7	8
	%	0,5		-1,5		13,0		0,1		-6,0	
Кызылординская	мм	-5,7	3	-1,1	1	-1,1	0	-0,4	0	-3,1	8
	%	-3,6		-0,9		-1,6		-2,8		-9,0	
Мангистауская	мм	-1,4	0/0	3,6	12	-4,3	5	1,1	1	-1,5	1/2
	%	-0,8		11,2		-8,1		3,8		-4,5	
Павлодарская	мм	8,8	4	0,1	0	5,7	14	3,8	1/2	-0,1	0
	%	3,0		0,3		10,7		3,5		-0,2	
Северо-Казахстанская	мм	15,4	8	1,1	1	10,2	27	4,7	2	-0,1	0
	%	4,3		2,2		15,4		3,1		-0,2	
Туркестанская	мм	9,4	2	3,5	1	3,3	1	2,2	2	0,6	0
	%	2,0		1,6		1,7		8,5		1,9	

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

\*\*\* жирным шрифтом выделены статистически достоверные тенденции

В западном регионе республики отрицательные тенденции количества осадков в *летний* период составили 0,3-13 %/10 лет, но тренды в основном незначимы, за исключением метеостанции Урда (Западно-Казахстанская область), где значимое уменьшение количества осадков составило 13 % /10 лет. Наибольшая скорость сокращения количества осадков отмечается в июне и августе (4–20 %/10 лет). На нескольких метеостанциях Северо-Казахстанской, Восточно-Казахстанской, Карагандинской и Павлодарской областей устойчивый положительный тренд летнего сезона составил 9-13 %/10 лет.



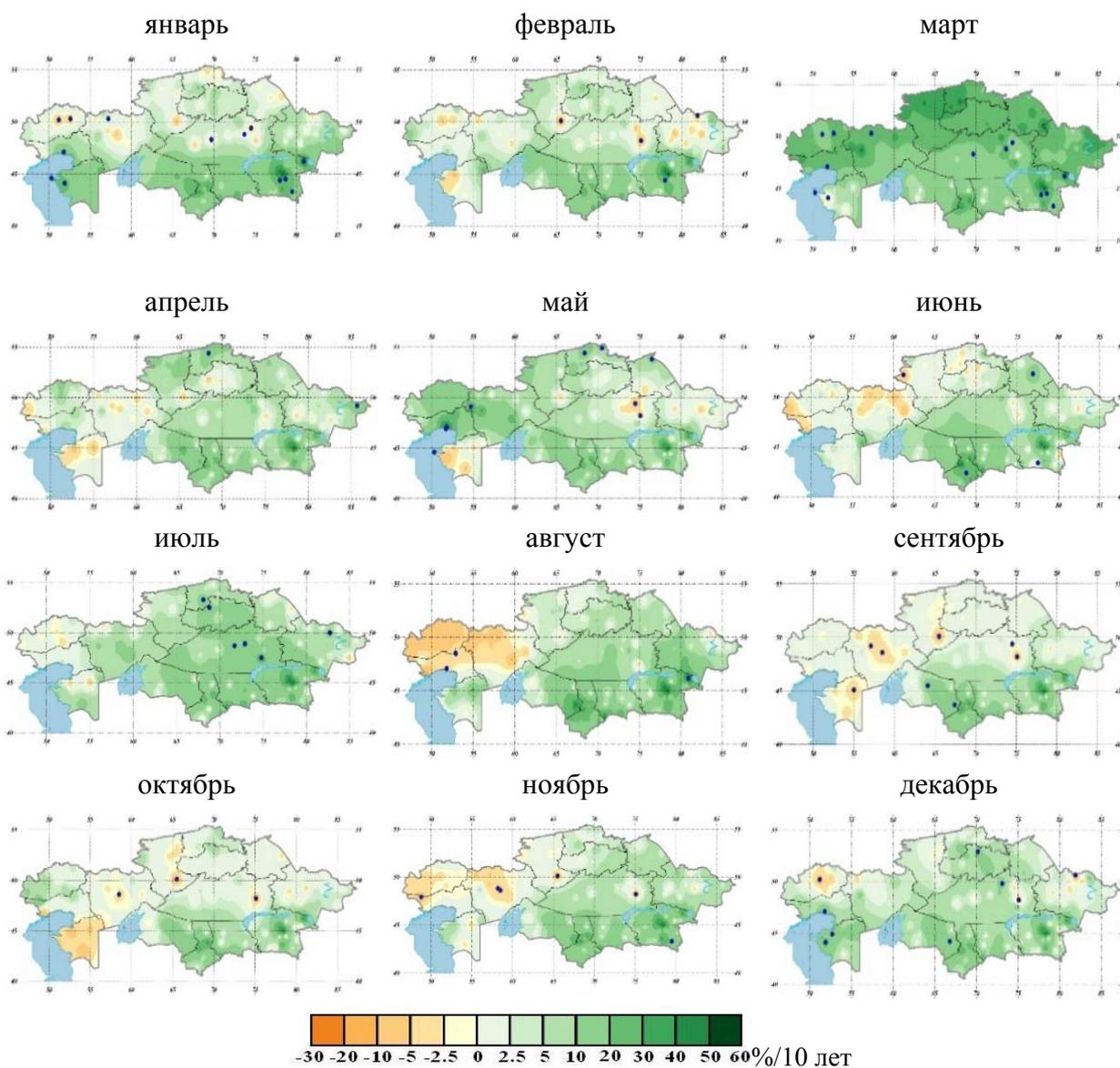


Рисунок 3.10 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда месячного количества осадков (%нормы/10 лет), рассчитанного за период 1976 – 2018 гг.

### 3.3 Тенденции в экстремумах атмосферных осадков

Анализ тенденций в экстремумах атмосферных осадков выполнен за период 1976-2018 гг. на основе наиболее показательных индексов, предложенных ВМО.

*Значения максимального суточного количества осадков* (индекс Rx1day) на территории Казахстана практически не изменились (рисунок 3.11). На 65 % метеостанций наблюдалось незначительное уменьшение значения максимального суточного количества осадков на 0,01 - 2,0 мм/10 лет. Статистически достоверные положительные изменения от 2 до 4 мм/10 лет были зафиксированы на метеостанциях Аркалык, Аксай, Атырау, Уштобе, Бектауата и Карабалык.

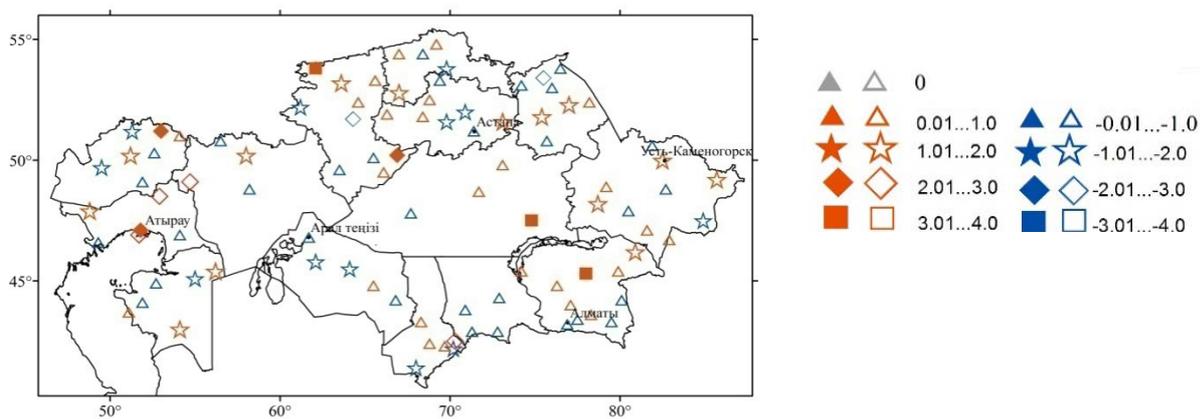


Рисунок 3.11 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда максимальных в году значений суточного количества осадков (мм/10 лет), рассчитанного за период 1976 - 2018 гг. *Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда*

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 ее уменьшения, так и увеличения на 0,01 - 2,0 % 10 лет (рисунок 3.12).

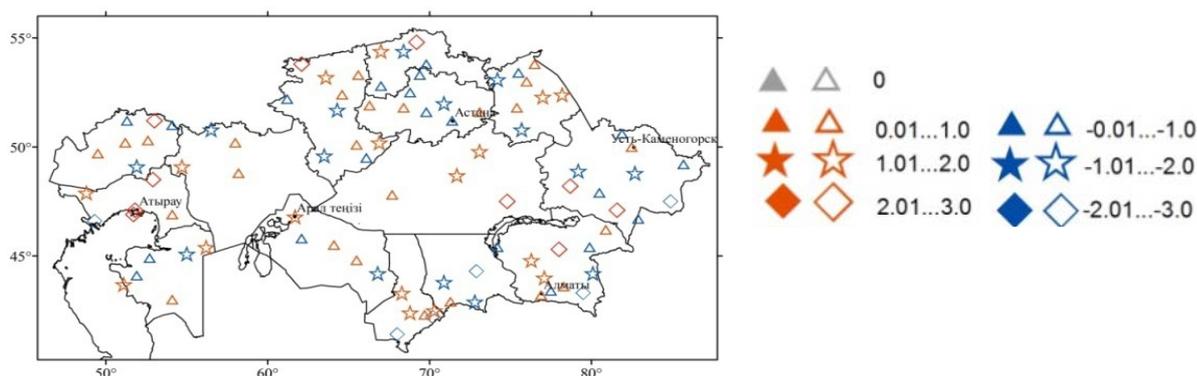


Рисунок 3.12 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда доли (%/10 лет) экстремального количества осадков в годовых суммах осадков, рассчитанного за период 1976 - 2018 гг. *Экстремальное количество осадков рассчитано как сумма суточного количества осадков, превышающего 95-й процентиль. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда*

Известно, что увеличение экстремального количества осадков в теплый период приводит к повышению риска возникновения эрозионных процессов, в горных районах - селей дождевого генезиса, а в холодный период – к увеличению опасности лавин.

На большей части территории Казахстана наметилась тенденция сокращения *максимальной продолжительности периода без осадков* (индекс CDD, рисунок 3.13). На некоторых станциях Акмолинской, Павлодарской областей, а также метеостанциях юга и юго-востока республики наблюдалось статистически значимое сокращение бездождного периода (от 2 до 6 дней/10 лет). Значения индекса CDD являются важной характеристикой климата, особенно для сельского хозяйства.

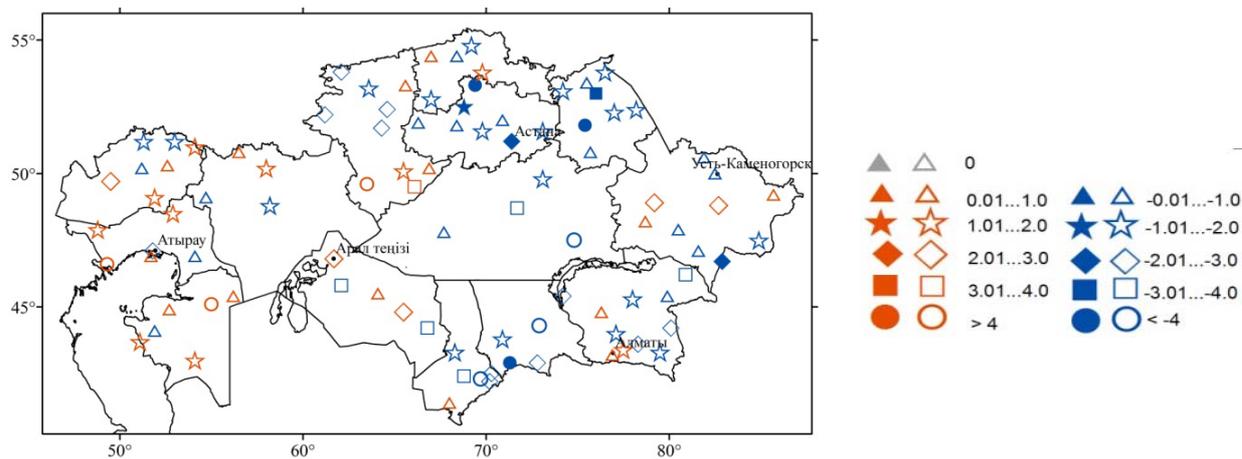
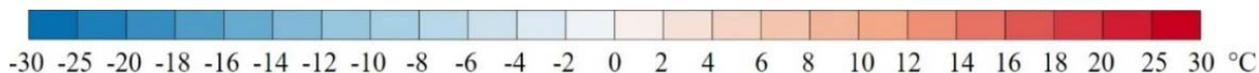
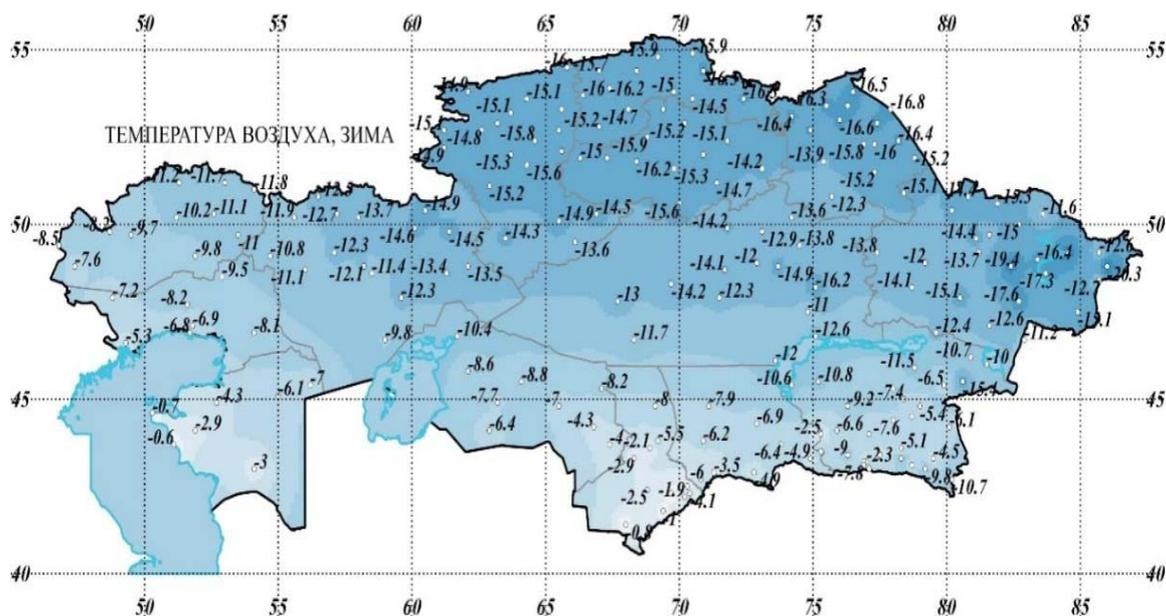
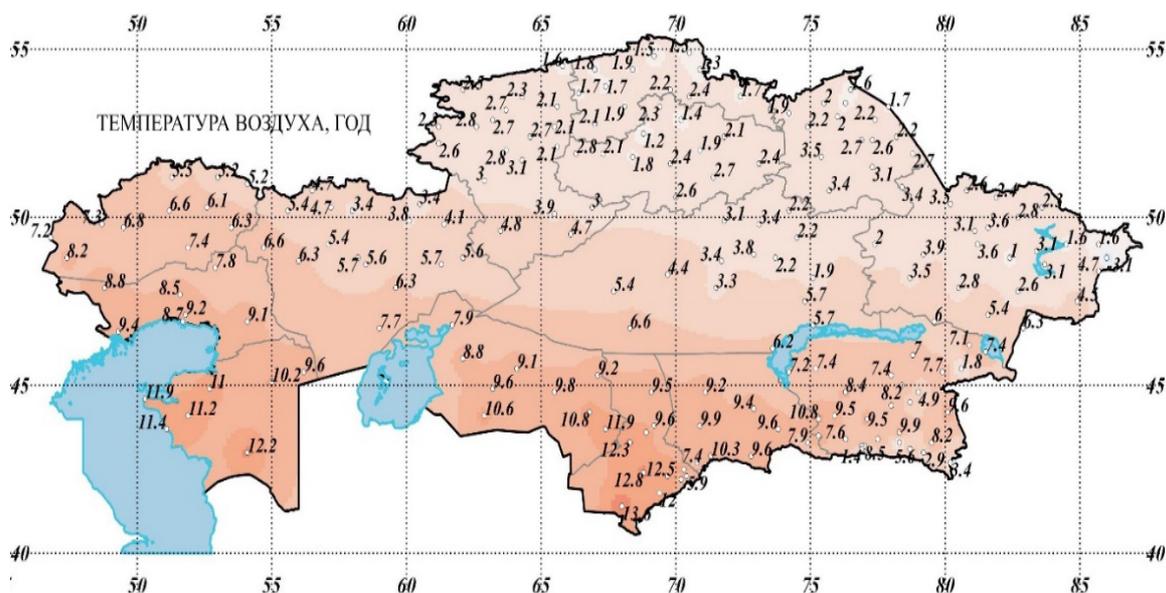
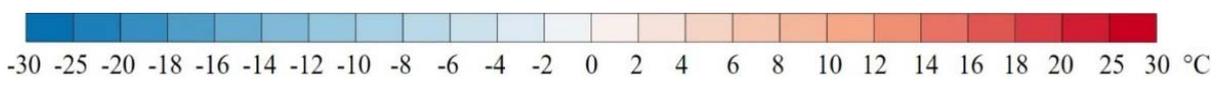
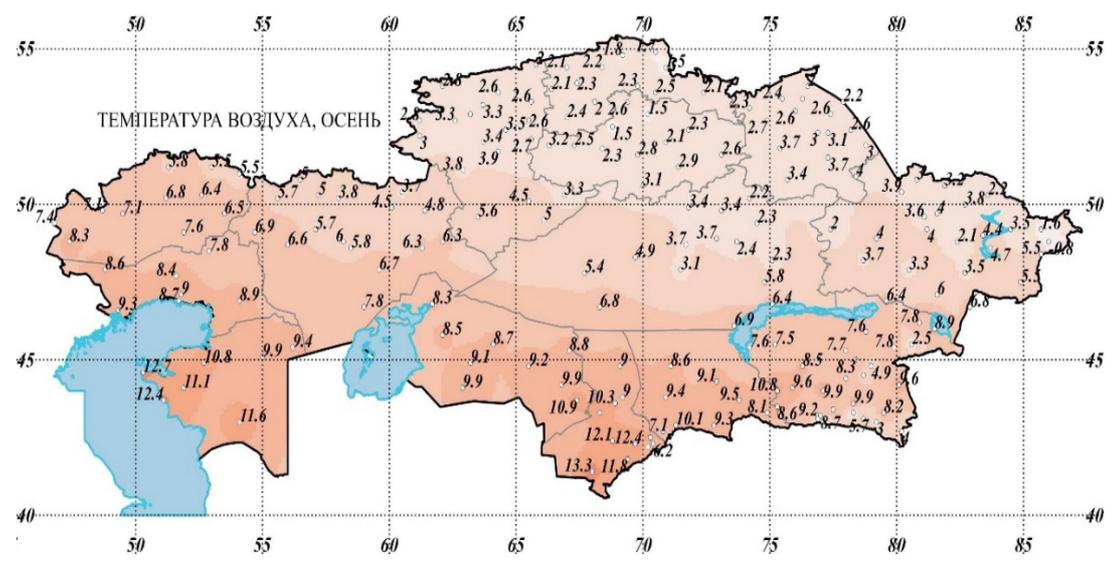
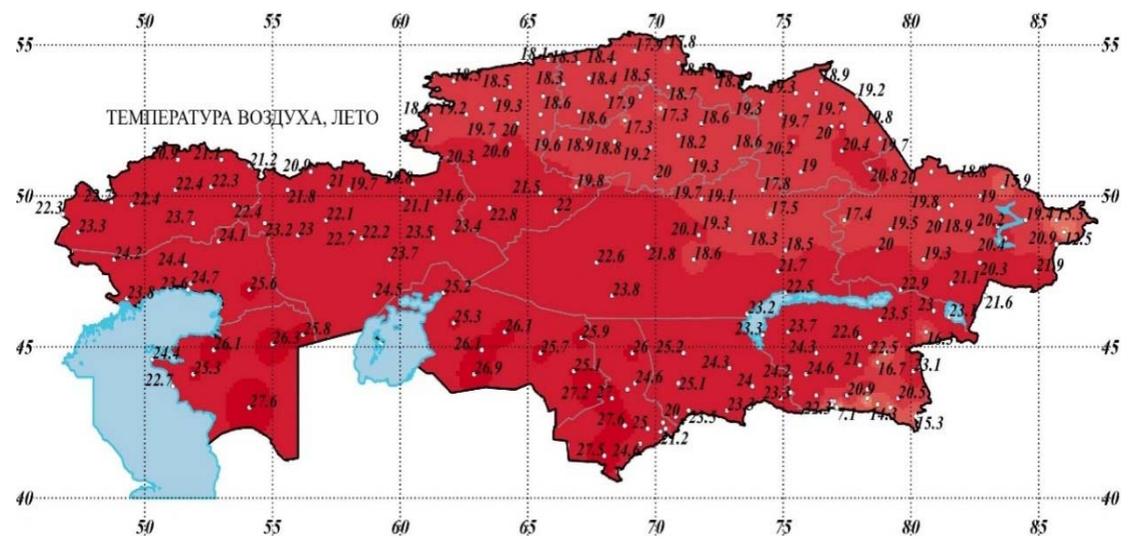
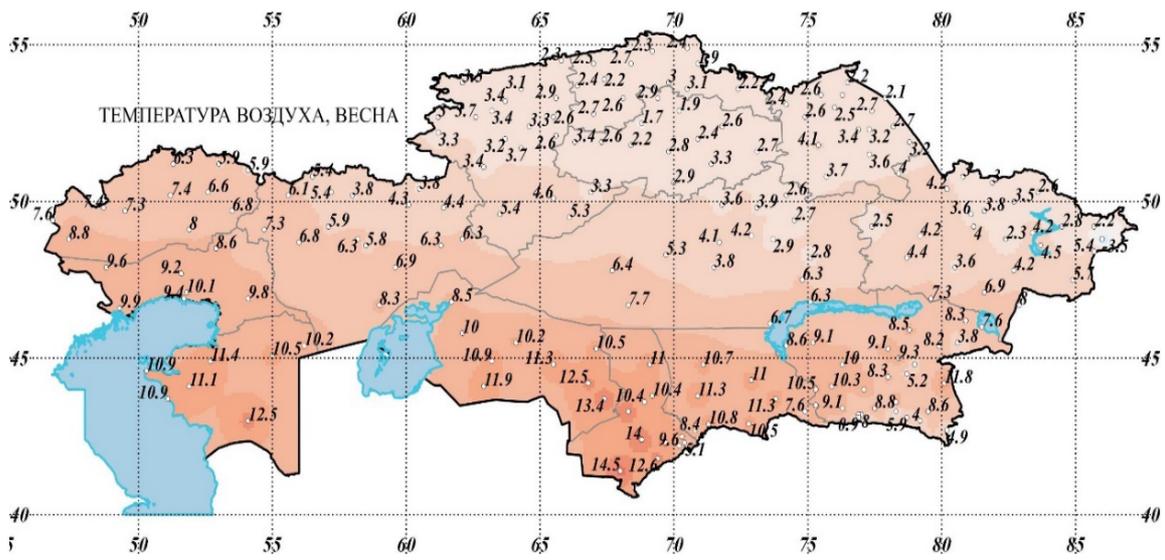


Рисунок 3.13 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда максимальной продолжительности бездождного периода (дни/10 лет), рассчитанного за период 1976 - 2018 гг. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

## 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.

