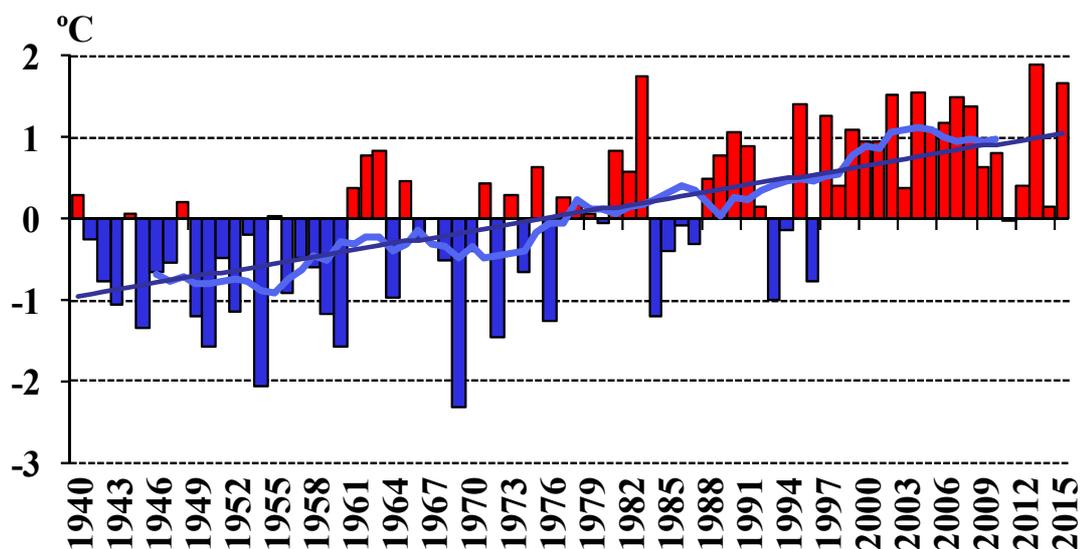




Министерство энергетики  
Республиканское государственное  
предприятие «Казгидромет»  
Научно-исследовательский центр

***ЕЖЕГОДНЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ МОНИТОРИНГА  
ИЗМЕНЕНИЯ И СОСТОЯНИЯ КЛИМАТА  
КАЗАХСТАНА: 2015 ГОД***



Астана, 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ  | 3  |
| 1 ОБЗОР ИЗМЕНЕНИЙ ГЛОБАЛЬНОГО КЛИМАТА И ЕГО СОСТОЯНИЯ<br>В 2015 г.        | 5  |
| 2 ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА   | 10 |
| 2.1 Наблюдаемые изменения температуры воздуха на территории<br>Казахстана | 10 |
| 2.2 Аномалии температуры воздуха на территории Казахстана в 2015 г.       | 19 |
| 2.3 Тенденции в экстремумах температуры приземного воздуха                | 27 |
| 3. АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ   | 31 |
| 3.1 Наблюдаемые изменения количества осадков на территории Казахстана     | 31 |
| 3.2 Аномалии количества осадков на территории Казахстана в 2015 г.        | 37 |
| 3.3 Тенденции в экстремумах атмосферных осадков                           | 45 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ  | 47 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 1  | 50 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 2  | 53 |

## 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 оптимизирует 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 2015 г., включая оценку экстремальности значений метеорологических элементов, и предоставляет историческую информацию относительно тенденций в режиме температуры и осадков, которые имели место, начиная с 40-ых годов прошлого столетия. Также этот выпуск бюллетеня содержит карты распределения температуры воздуха и осадков, осредненных по сезонам за период 1961...1990 г. (см. Приложение 1 и 2).

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

1) ряды среднемесячных температур воздуха и месячных сумм осадков с 1941 по 2015 гг., при этом данные более 190 метеостанций были использованы для оценки климатических норм за период 1961...1990 гг. и более 110 метеостанций для оценки тенденций;

2) ряды суточных максимальных и минимальных температур воздуха и суточного количества осадков с 1941 по 2015 гг. (более 90 метеостанций).

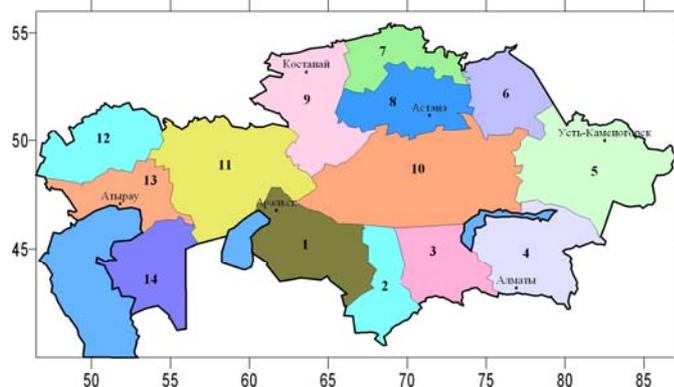
**Основные подходы и методы.** Под «нормой» в бюллетене понимается среднемноголетнее значение рассматриваемой климатической переменной за период 1961...1990 гг. Аномалии температуры рассчитываются как отклонения наблюдаемого значения от нормы. Аномалии количества осадков принято рассматривать как в отклонениях от нормы (аналогично температуре воздуха), так и в процентах от нормы, то

есть как процентное отношение количества выпавших осадков к значению нормы. Вероятность непревышения характеризует частоту (в %) появления соответствующего значения аномалии в ряду наблюдений.

В качестве характеристики изменений параметров климата за определенный интервал времени используются коэффициенты линейных трендов, определяемые по методу наименьших квадратов. Мера существенности тренда – коэффициент детерминации ( $R^2$ ), характеризующий вклад трендовой составляющей в полную дисперсию климатической переменной за рассматриваемый интервал (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.

Для оценки экстремальности температурного режима и режима осадков в 2015 г. и ее изменения в период 1936...2015 гг. использовались индексы изменения климата, рекомендованные Всемирной метеорологической организацией. Некоторые индексы основаны на фиксированных единых пороговых значениях для всех станций, другие – на пороговых значениях, которые могут варьировать от станции к станции. В последнем случае пороговые значения определяются как соответствующие процентилю рядов данных. Индексы позволяют оценить многие аспекты изменения климата, такие, например, как изменение интенсивности, частоты и продолжительности проявления экстремальности в температуре воздуха и количества осадков.



- |                                 |                                 |
|---------------------------------|---------------------------------|
| 1 – Кызылординская обл.         | 8 – Акмолинская обл.            |
| 2 – Южно-Казахстанская 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

Ответственные за выпуск: ведущий инженер Управления климатических исследований Илякова Р.М (раздел 3) и старший научный сотрудник Монкаева Г.Е. (раздел 2). В подготовке бюллетеня также принимали участие начальник Управления Долгих С.А. (раздел 1), ведущий научный сотрудник Смирнова Е.Ю. (раздел 2).

## 1 ОБЗОР ИЗМЕНЕНИЙ ГЛОБАЛЬНОГО КЛИМАТА и ЕГО СОСТОЯНИЯ в 2015 г.

Всемирная метеорологическая организация (ВМО) проводит ежегодные оценки состояния глобального климата. В течение двух десятилетий эти оценки публиковались на шести официальных языках Организации Объединенных Наций для информирования правительств, международных учреждений и других партнеров ВМО о тенденциях глобального климата, а также экстремальных и значительных погодных и климатических явлениях на национальном и региональном уровнях. Эти оценки основаны на данных наблюдений *in situ* и космических наблюдений, собранных по линии различных программ ВМО и совместно спонсируемых программ. Оценки также опираются на объективные численные анализы. Эти данные наблюдений представляют собой важнейшие климатические переменные, которые были определены Глобальной системой наблюдений за климатом.

В многолетнем ряду наблюдений за глобальным климатом 2015 год стал выдающимся во многих отношениях. Превышены рекордные значения высоких температур: 2015 год был рекордно теплым как на глобальном уровне, так и во многих отдельных странах. Волны тепла были исключительно интенсивными в различных частях мира и явились причиной гибели тысяч людей в Индии и Пакистане. Рекордное количество экстремальных осадков привело к наводнениям, которые затронули десятки тысяч людей на территории Южной Америки, Западной Африки и Европы. Засушливые условия в южной части Африки и Бразилии усилили многолетние засухи. Влияние мощного явления Эль-Ниньо, развитие которого началось во второй половине 2015 года, можно распознать во многих погодных и климатических явлениях этого года. Хотя еще предстоит выполнить большую работу, достижения в области международного сотрудничества, обмен данными в близком к реальному масштабе времени и прогресс в атрибутивных знаниях начинают создавать возможность для выяснения соответствующих ролей, которые играют Эль-Ниньо, другие естественные климатические изменения и изменение климата, вызванное деятельностью человека.

В 2015 году глобальное потепление достигло рекордных уровней в результате длительного повышения глобальных температур, вызванного, главным образом, выбросами парниковых газов в результате деятельности человека, в сочетании с последствиями развития явления Эль-Ниньо. Глобальная средняя приповерхностная температура в 2015 году была самой высокой с очевидным отрывом от когда-либо зарегистрированных значений, согласно источникам данных, проанализированных ВМО (рисунок 1.1). Глобальная средняя температура в этом году была выше почти на  $0,76 \pm 0,09$  °C по сравнению со средним значением периода 1961...1990 гг. и приблизительно на 1 °C выше значений периода 1850–1900 гг.

Глобальные средние температуры над поверхностью суши свидетельствуют о том, что в 2015 году наблюдались самые высокие температуры за историю наблюдений, сопоставимыми являются 2005, 2007 и 2010 гг. Глобальная средняя температура на поверхности моря в 2015 году была равна рекордному значению за 2014 год. В результате сочетания высоких температур на поверхности суши и моря 2015 год стал в общей сложности рекордным годом.

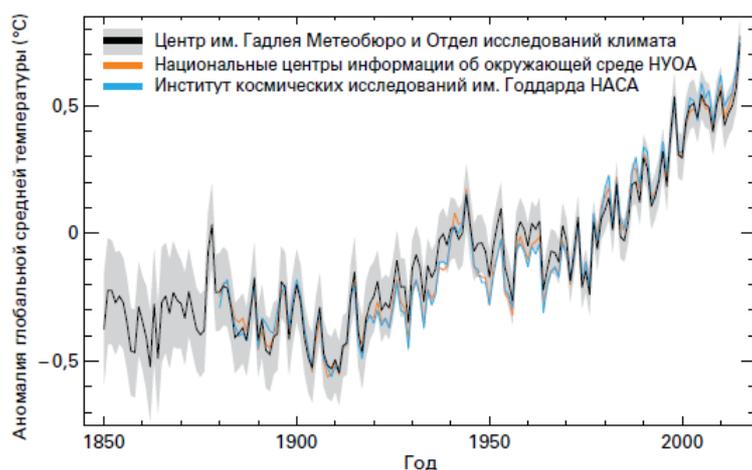


Рисунок 1.1 – Годовые аномалии средней глобальной температуры с 1850 по 2015 гг. по данным Центра им. Гадлея (HadCRUT4, черная линия показывает среднее значение, серая зона – 95 % диапазон неопределённости), Национального центра климатических данных (красная линия) и Института космических исследований им. Годдарда НАСА. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961...1990 гг.

Источник: ВМО-№ 1167

В 2015 году теплосодержание глобального океана как в верхнем 700-метровом слое (рисунок 1.2), так и на глубинах до 2 000 м достигло рекордных уровней.

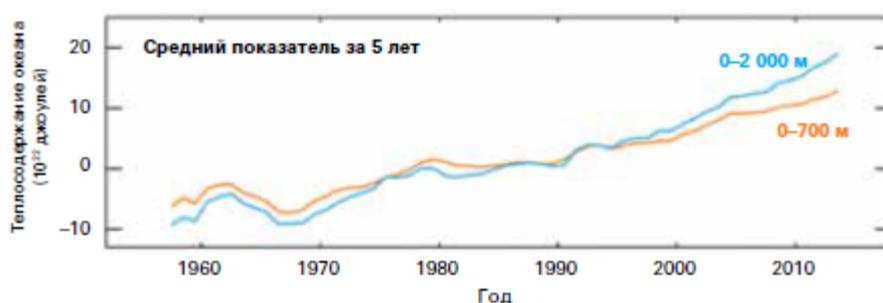


Рисунок 1.2 - Среднее за пять лет содержание тепла в океане

Источник: ВМО-№ 1167

Самые последние оценки глобального уровня моря на основе данных спутниковых альтиметров показывают, что глобальный средний уровень моря в период с января по ноябрь 2015 года был самым высоким из когда-либо зарегистрированных спутниками. Это согласуется с долгосрочной тенденцией повышения уровня моря, рассчитанной по данным мареографов; этот уровень был самым высоким с начала регистрации глобальных данных наблюдений более века тому назад.

В 2015 году температуры поверхности моря в восточной и центральной частях Тихого океана были выше средних, и во время весеннего периода в северном полушарии превосходили пороговые значения, характерные для Эль-Ниньо. Во время Эль-Ниньо происходит ослабление преобладающих пассатов или изменяется их направление на обратное, что способствует повышению поверхностных температур (рисунок 1.3).

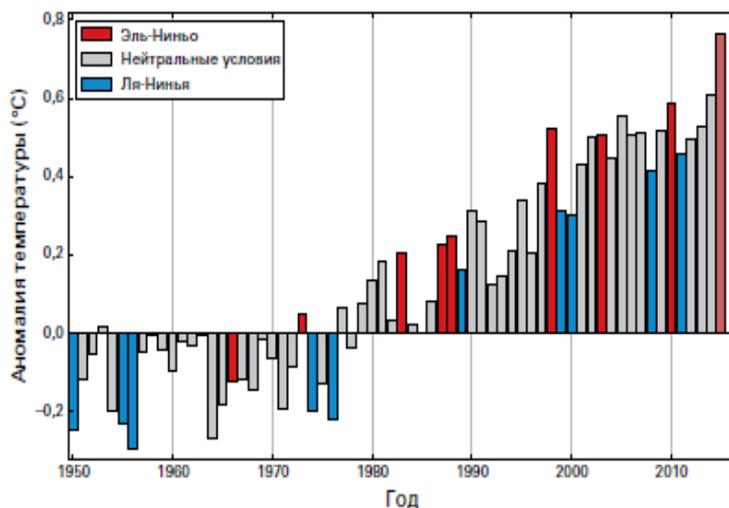


Рисунок 1.3 – Аномалии глобальной среднегодовой температуры (по сравнению со средними значениями 1961-1990 гг.) за период 1950-2015 гг. на основе среднего значения трех комплектов данных (GISTEMP, MLOST и HadCRUT.4.3.0.0). Цветом обозначены годы под влиянием Эль-Ниньо (красный), нейтральные условия с точки зрения влияния ЭНЮК (серый) и годы под влиянием Ла-Нинья (синий)

Источник: ВМО-№ 1167

На рисунке 1.4 приводится схематическое изображение типичных распределений аномалий осадков, которым способствует Эль-Ниньо. В 2015 году дефициты осадков, соответствующие Эль-Ниньо, наблюдались на территориях от Центральной Америки до северной части Бразилии, в южных частях Африки, Юго-Восточной Азии, обширных районах Океании и в восточной части Австралии. Ниже средних были также показатели муссонных дождей в Индии. В число районов с количеством осадков выше среднего вошли: южная часть Бразилии и северная часть Аргентины, а также южные районы Соединенных Штатов Америки.

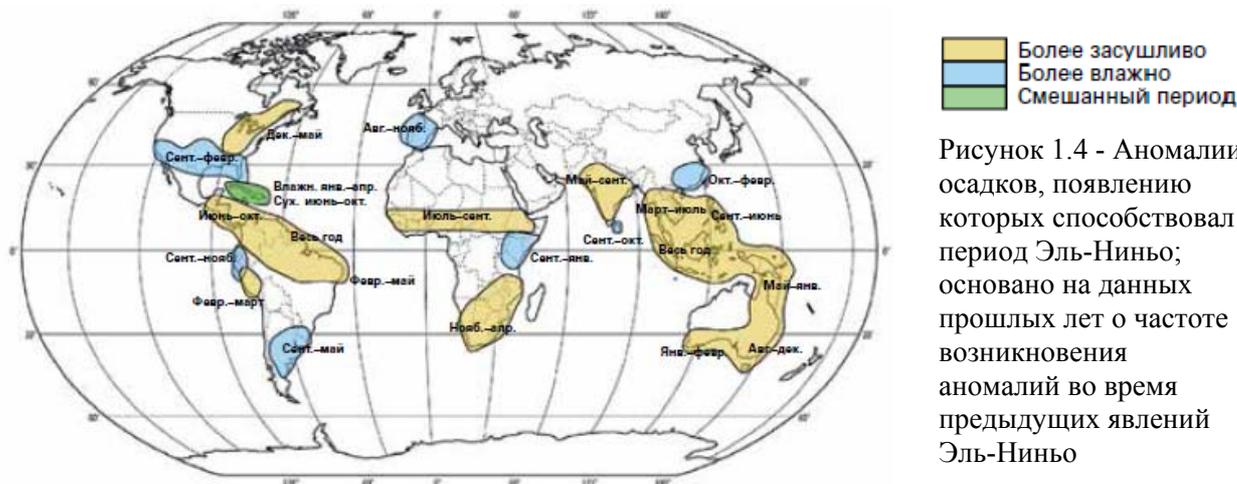


Рисунок 1.4 - Аномалии осадков, появлению которых способствовал период Эль-Ниньо; основано на данных прошлых лет о частоте возникновения аномалий во время предыдущих явлений Эль-Ниньо

Помимо этого, Эль-Ниньо влияет на формирование и развитие тропических циклонов. Оно мешает образованию ураганов в Северной Атлантике и способствует формированию ураганов и тайфунов в восточном районе северной части Тихого океана, что соответствует тому, что наблюдалось в 2015 году. В общей сложности в 2015 году сформировался 91 тропический циклон, что превышает среднегодовой показатель 1981...2010 гг., составивший порядка 85 штормов, Шторм, которому присваивается имя, определяется как тропический циклон, при котором скорость ветра равна или превышает 63 км/ч.

С начала производства систематических спутниковых наблюдений в конце 1970-х годов в северном полушарии отмечалось общее сокращение протяженности морского льда в течение сезонного цикла (рисунок 1.5 слева). В 2015 году максимальная суточная

протяженность, которая имела место 25 февраля, была самой низкой в истории наблюдений и составляла 14,54 млн км<sup>2</sup>. Это на 1,10 млн км<sup>2</sup> меньше среднего показателя 1981...2010 гг. и на 0,13 млн км<sup>2</sup> ниже предыдущего рекордного значения, зарегистрированного в 2011 году. Минимальная протяженность морского льда была отмечена 11 сентября, и она составляла 4,41 млн км<sup>2</sup>. Это был четвертый из самых низких показателей минимальной площади за всю историю спутниковых наблюдений. 30 декабря необычно теплые воздушные массы переместились в северном направлении в полярный регион. Как следствие метеорологическим бумом в этот день была зарегистрирована, хотя и в течение короткого времени, температура выше точки замерзания (+0,7 °С) вблизи Северного полюса.

В южном полушарии в 2015 году максимальная суточная протяженность морского льда была зарегистрирована 6 октября (18,83 млн км<sup>2</sup>, рисунок 1.5 справа). Это шестнадцатый высший максимум протяженности в истории спутниковых наблюдений, и он на 1,33 млн км<sup>2</sup> меньше рекордного максимума 2014 года. Минимальная протяженность, зафиксированная 20 февраля, составила 3,58 млн км<sup>2</sup>. Это четвертый из самых высоких в истории наблюдений показателей минимальной летней протяженности, который на 0,17 млн км<sup>2</sup> ниже рекордного значения 2008 года.

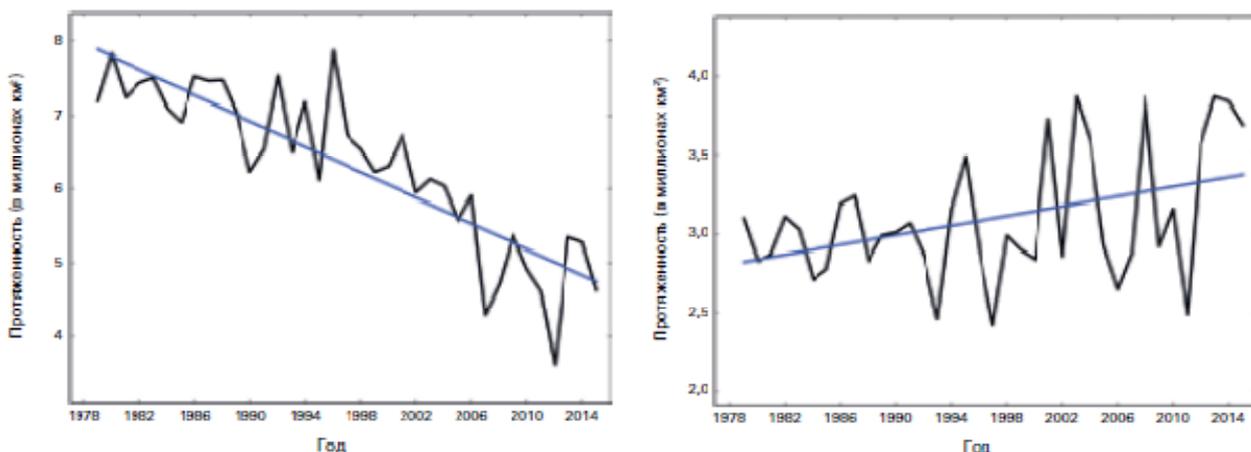


Рисунок 1.5 – Протяженность арктического (слева) и антарктического (справа) морского льда в сентябре за период 1979...2015 гг., измеренная в миллионах квадратных километров.

*Источник:* Данные предоставлены Национальным центром данных по снегу и льду, США

В 2015 году наблюдались многочисленные экстремальные явления по всему миру, во многих случаях сообщалось о материальном ущербе и пострадавших. Канада: в некоторых западных частях самое теплое лето за всю историю наблюдений. Континентальная часть США: самый дождливый май за всю историю наблюдений. Мексика: самый дождливый март с начала наблюдений в 1941 году. Чили: самый засушливый январь за последние пять десятилетий. Южная Америка: самый теплый год с начала континентальных наблюдений в 1910 году. Экстремальное количество осадков за последние три месяца года в Парагвае, в северной части Аргентины и южной части Бразилии затронуло более 180 тыс. человек, перемещено более 80 тыс. человек. Европа: в целом второй самый теплый год после 2014 года, волны тепла с мая по сентябрь. Азия: самый теплый год за всю историю наблюдений в Российской Федерации. Китай: самый

теплый период с июня по август когда-либо зарегистрированный в Гонконге, сильные дожди с мая по октябрь, вызвавшие наводнения, которые затронули 75 млн человек. Индия и Пакистан: мощная волна тепла, когда от жары погибло около 2500 человек в Индии и более 1600 человек в Пакистане. Южная Африка: самый засушливый календарный год. Австралия: зарегистрирована самая большая аномалия температуры в октябре. Марокко и Ливия: 6 августа за один час в Маракеше выпало 13 месячных норм осадков, в западных прибрежных районах Ливии выпало более 90 мм осадков за сутки. Активность ураганов в северо-восточной части Тихого океана составила 144 % (18 штормов, 13 ураганов). Ураган Патрисия – самый мощный ураган в бассейнах северо-восточной части Тихого океана и Северной Атлантики, максимальные скорости ветра 346 км/час.

## 2 ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА

### 2.1 Наблюдаемые изменения температуры воздуха на территории Казахстана

Климатические изменения, наблюдаемые на земном шаре в 20-ом и 21-ом веках, затронули и Казахстан. При этом территория Казахстана, находящаяся в центре Евразийского континента и удаленная от океана на значительное расстояние (2000...3000 км), прогревается более значительными темпами, чем северное полушарие и земной шар в среднем.

В таблице 2.1 представлены ранги десяти самых теплых лет в среднем для Земного шара (по данным наземной сети) и Казахстана. Каждому из 10-ти самых тёплых лет для Земного шара присвоен свой цвет заливки, что позволяет легко судить, находится ли этот год в числе самых теплых лет для Казахстана. Только пять самых тёплых лет в Казахстане вошли в список десяти самых тёплых лет для Земного шара.

Таблица 2.1 – Ранги самых тёплых лет для Земного шара (за период 1850...2015 гг.) и Казахстана (за период 1941...2015 гг.) и соответствующие аномалии среднегодовой температуры приземного воздуха, осредненные по территории Казахстана. Аномалии рассчитаны относительно периода 1961...1990 гг.

| Ранг | Земной шар | Казахстан | Аномалия среднегодовой температуры, осредненная по территории Казахстана, °С |
|------|------------|-----------|--|
| 1    | 2015       | 2013      | 1,89   |
| 2    | 2014       | 1983      | 1,76   |
| 3    | 2010       | 2015      | 1,66   |
| 4    | 2005       | 2002      | 1,53   |
| 5    | 1998       | 2004      | 1,54   |
| 6    | 2003       | 2007      | 1,48   |
| 7    | 2002       | 1995      | 1,41   |
| 8    | 2013       | 2008      | 1,38   |
| 9    | 2007       | 1997      | 1,26   |
| 10   | 2006       | 2006      | 1,19   |

В Казахстане 2015 г. занял 3 место среди самых теплых лет в ранжированном по убыванию ряду значений аномалии среднегодовой температуры воздуха, тогда как по аномалии глобальной температуры этот год занял первое место. Норма средней годовой температуры воздуха, осредненной по территории Казахстана, составляет 5,5 °С, в 2015 г. температура воздуха достигла 7,1 °С.

На рисунке 2.1 представлен ранжированный ряд аномалий среднегодовых температур приземного воздуха, осреднённых по данным 118 метеостанций Казахстана с 1941 по 2015 гг. В глобальном масштабе все экстремально тёплые годы приходятся на последние 20 лет. В Казахстане эта особенность также хорошо прослеживается,

исключение составляет 1983 г., который занимает второе место в ранге самых теплых лет. За 75 последних лет самым холодным в Казахстане был 1969 год, когда средняя по территории аномалия среднегодовой температуры воздуха составила минус 2,52 °С.

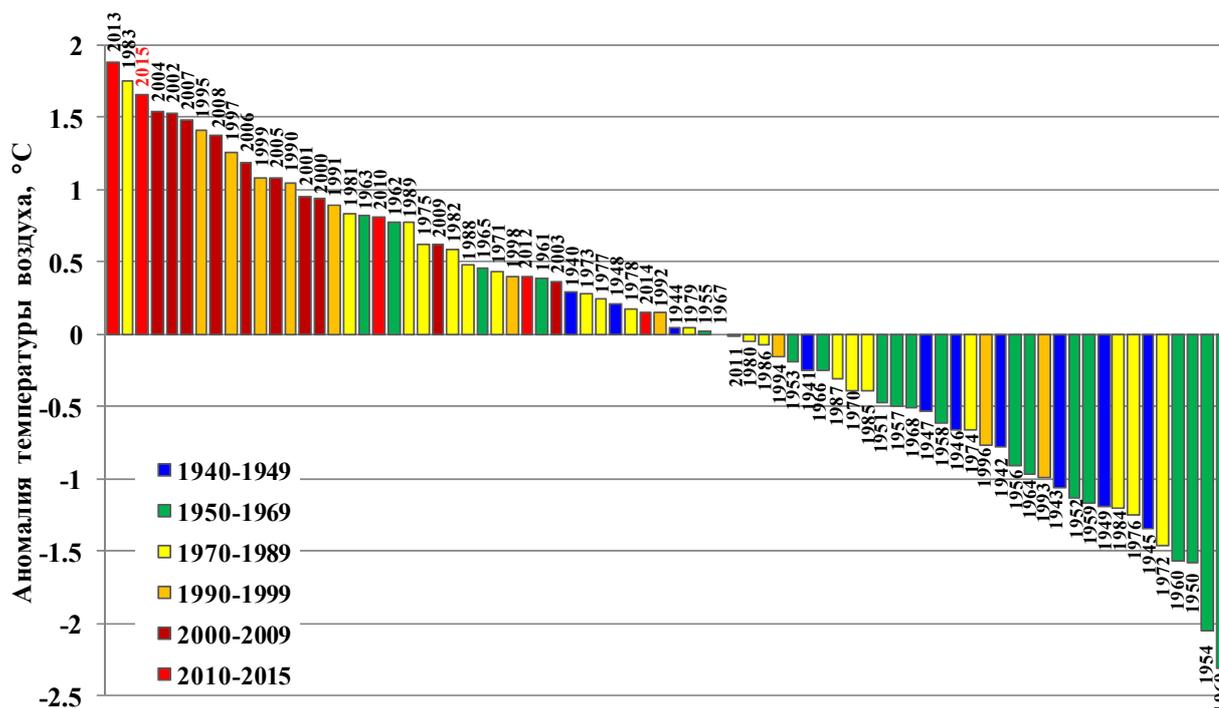


Рисунок 2.1 – Ранжированный ряд аномалий среднегодовых температур приземного воздуха, осреднённых по территории Казахстана (по данным 118 станций) за период 1941-2015 гг. Нормы рассчитаны относительно базового периода 1961-1990 гг.

На рисунках 2.2...2.3 и в таблице 2.2 представлены оценки изменений температуры воздуха за период 1941...2015 гг., осредненной по территории Казахстана и административных областей. За последние 75 лет происходило постепенное повышение среднегодовых и сезонных температур приземного воздуха во всех областях Казахстана.

В среднем по Казахстану скорость повышения среднегодовой температуры воздуха составляет 0,28 °С каждые 10 лет (таблица 2.2), наибольший рост температур происходит весной и осенью – на 0,30 и 0,31 °С/10 лет, зимой – на 0,28 °С/10 лет, летом наблюдается наименьшая скорость повышения температуры – на 0,19 °С/10 лет. В большинстве случаев тренды статистически значимы при 95 % доверительном интервале, вклад тренда в суммарную дисперсию среднегодовых температур составляет 40 %, для сезонов – от 7 до 27 % (таблица 2.2). В текущем столетии весной, летом и осенью преобладают положительные аномалии средней по Казахстану температуры воздуха, зимой аномалии были как положительные, так и отрицательные, но положительные более существенны по значению (рисунок 2.2).

Наибольшая скорость повышения средней годовой температуры воздуха наблюдалась в Западно-Казахстанской области (на 0,38 °С каждые 10 лет, таблица 2.2), наименьшая – в Южно-Казахстанской области (на 0,22 °С каждые 10 лет). Во всех областях в последний 30-летний период преобладают года со значительными положительными аномалиями средней годовой температуры (рисунок 2.3).

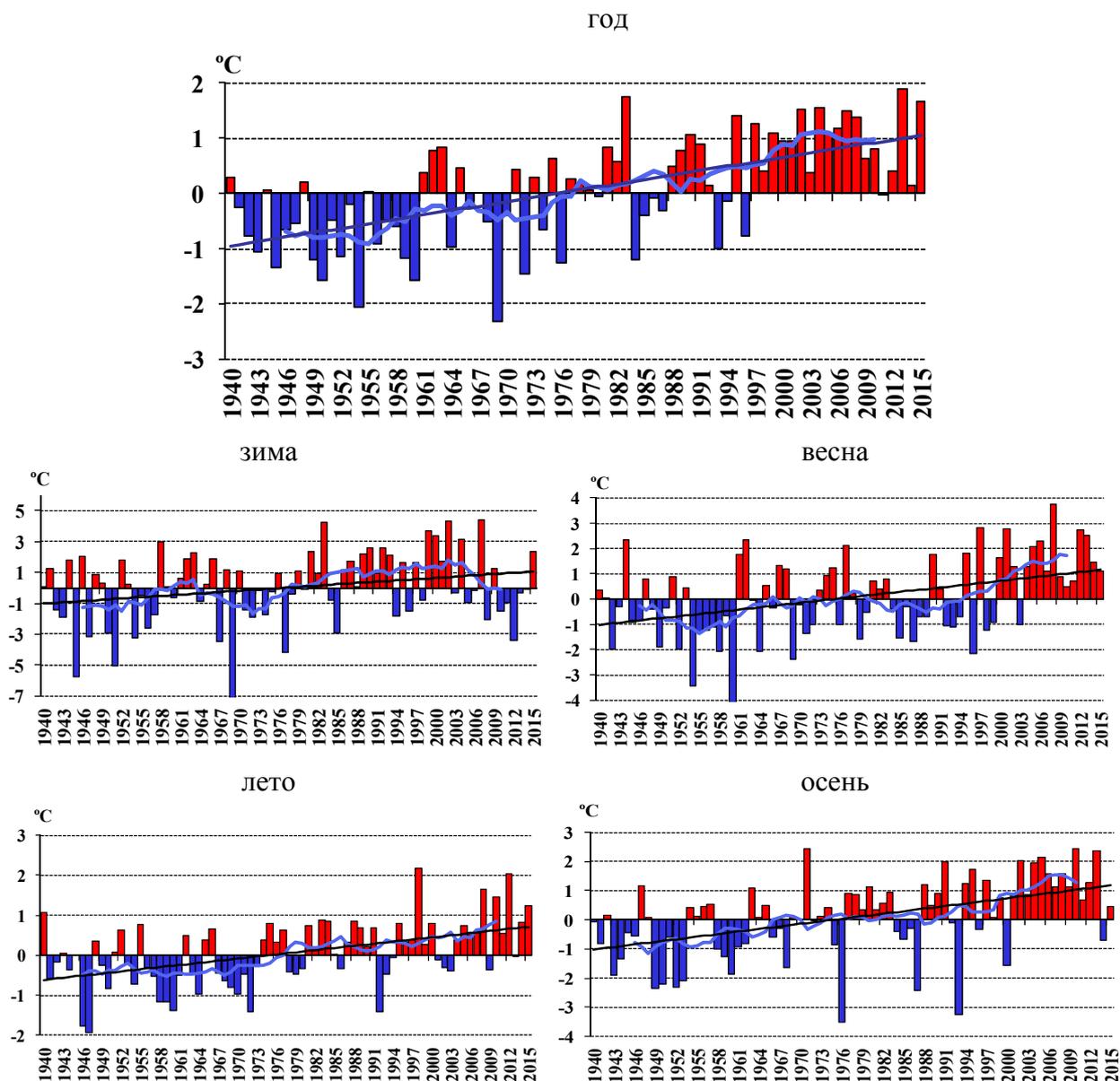


Рисунок 2.2 – Временные ряды и линейный тренд аномалий годовых и сезонных температур воздуха за период 1941...2015 гг., осреднённых по территории Казахстана. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961...1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением

Рост зимних температур происходил в пределах  $0,18...0,31$  °C/10 лет, за исключением Атырауской и Западно-Казахстанской областей, где он составил  $0,38$  и  $0,46$  °C, соответственно. Весной темпы потепления составляют  $0,21...0,28$  °C/10 лет в южных и восточных областях,  $0,32...0,34$  °C/10 лет в юго-западных и западных областях (исключением является Западно-Казахстанская область, где повышение температуры наиболее существенное в Казахстане –  $0,42$  °C/10 лет), и  $0,35...0,38$  °C/10 лет в центральных и северных областях, причем в этих областях наибольший рост отмечен именно в весенний сезон.

В большинстве областей наименьшее потепление происходит в летний период и лежит в пределах 0,14...0,28 °С каждые 10 лет, исключение составляет Мангистауская область, где темп потепления существенно выше – на 0,45 °С каждые 10 лет (таблица 2.2). Осенью повышение температуры было в пределах 0,26...0,37 °С/10 лет и в южных и восточных областях осенние температуры росли наиболее быстро по сравнению с температурами других сезонов.

Таблица 2.2 – Характеристики линейного тренда аномалий температуры приземного воздуха, осреднённых по территории Казахстана и его областей за период 1941...2015 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              | 0,28 | 40               | 0,28 | 7              | 0,31  | 18             | 0,19 | 27             | 0,30  | 24             |
| Кызылординская         | 0,30 | 34               | 0,23 | 3              | 0,33  | 17             | 0,28 | 36             | 0,29  | 22             |
| Южно-Казахстанская     | 0,22 | 29               | 0,18 | 2              | 0,21  | 12             | 0,18 | 20             | 0,31  | 26             |
| Жамбылская             | 0,30 | 41               | 0,28 | 5              | 0,25  | 14             | 0,27 | 39             | 0,37  | 34             |
| Алматинская            | 0,24 | 34               | 0,28 | 8              | 0,23  | 13             | 0,14 | 15             | 0,28  | 25             |
| Восточно-Казахстанская | 0,26 | 27               | 0,28 | 6              | 0,28  | 12             | 0,15 | 12             | 0,30  | 18             |
| Павлодарская           | 0,27 | 26               | 0,29 | 4              | 0,38  | 18             | 0,14 | 9              | 0,26  | 12             |
| Северо-Казахстанская   | 0,30 | 31               | 0,31 | 6              | 0,37  | 17             | 0,19 | 11             | 0,30  | 14             |
| Акмолинская            | 0,29 | 32               | 0,27 | 5              | 0,38  | 16             | 0,17 | 11             | 0,31  | 15             |
| Костанайская           | 0,31 | 34               | 0,31 | 6              | 0,36  | 14             | 0,23 | 15             | 0,31  | 16             |
| Карагандинская         | 0,28 | 32               | 0,25 | 5              | 0,35  | 17             | 0,20 | 19             | 0,31  | 19             |
| Актюбинская            | 0,29 | 32               | 0,30 | 6              | 0,32  | 11             | 0,22 | 15             | 0,29  | 16             |
| Западно-Казахстанская  | 0,38 | 41               | 0,46 | 11             | 0,42  | 20             | 0,27 | 18             | 0,34  | 22             |
| Атырауская             | 0,29 | 35               | 0,38 | 9              | 0,31  | 16             | 0,21 | 21             | 0,27  | 17             |
| Мангистауская          | 0,31 | 30               | 0,20 | 2              | 0,34  | 14             | 0,45 | 38             | 0,26  | 10             |

\* а – коэффициент линейного тренда, °С/10 лет

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

для Мангистауской области расчёты выполнены за период 1961-2015 гг.

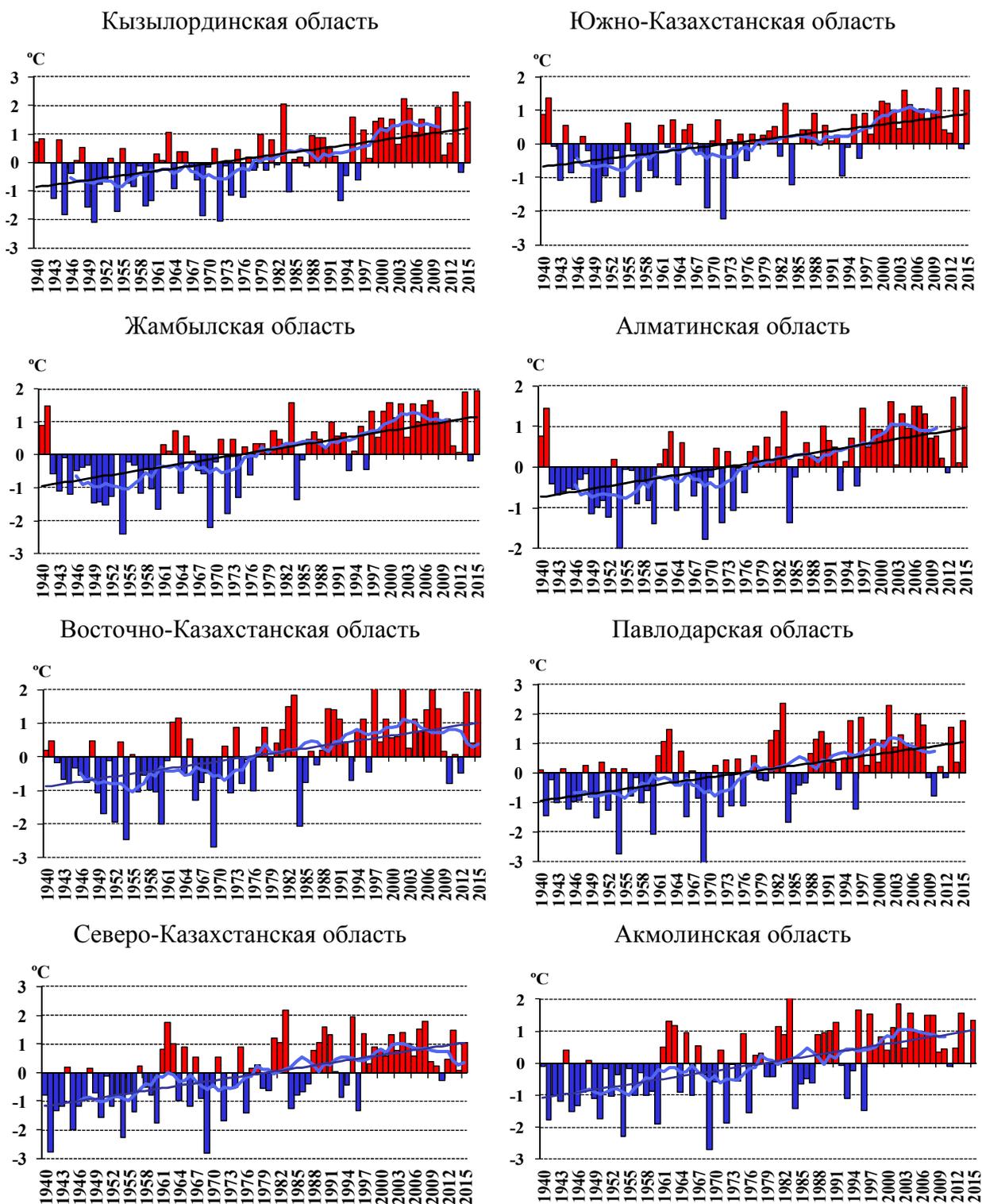


Рисунок 2.3 – Временные ряды и линейные тренды аномалий среднегодовых температур воздуха (°C) за период 1941...2015 гг., осредненных по территории областей Казахстана. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961...1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Лист 1

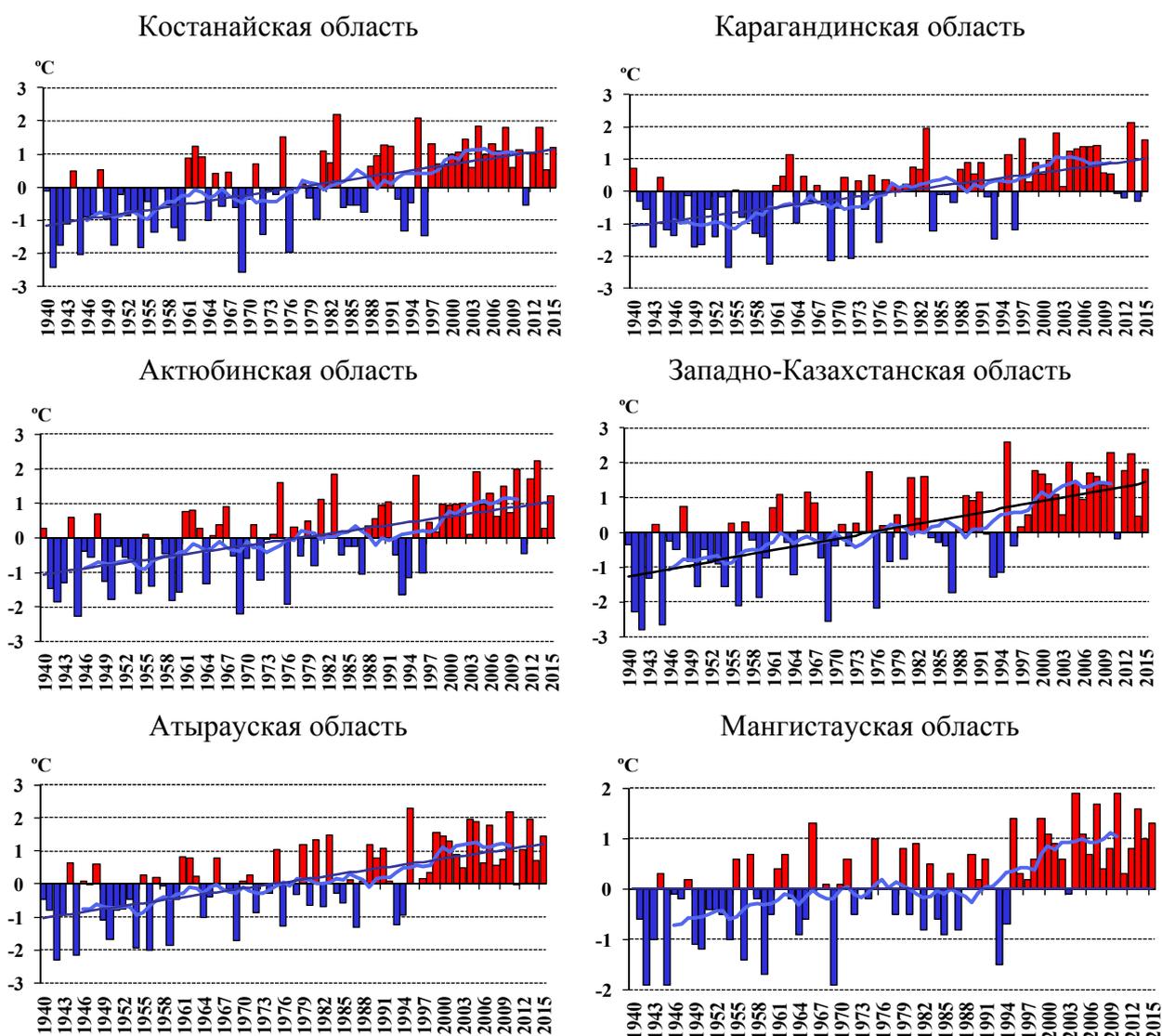


Рисунок 2.3 – Временные ряды и линейные тренды аномалий среднегодовых температур воздуха (°C) за период 1941...2015 гг., осредненных по территории областей Казахстана. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961...1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением.

Лист 2

Более детальная информация об изменении средней годовой, сезонной и месячной температуры воздуха (значения коэффициента линейного тренда в °C/10 лет) по территории Казахстана за период 1941...2015 гг. представлена на рисунке 2.4. Тренды средней годовой температуры по всей территории Казахстана были положительные и статистически значимые. Это справедливо также для весны, лета и осени. Значения тренда температуры составляли в основном 0,21...0,40 °C/10 лет, весной на западе и местами на севере теплеело более быстрыми темпами – на 0,41...0,60 °C/10 лет, летом в юго-восточных, восточных и северных районах, наоборот, температура повышалась более медленно – не более, чем на 0,21 °C/10 лет. Зимние температуры существенно повышались в западных и юго-восточных, а также в некоторых северных регионах, максимально на 0,41...0,60 °C/10 лет.

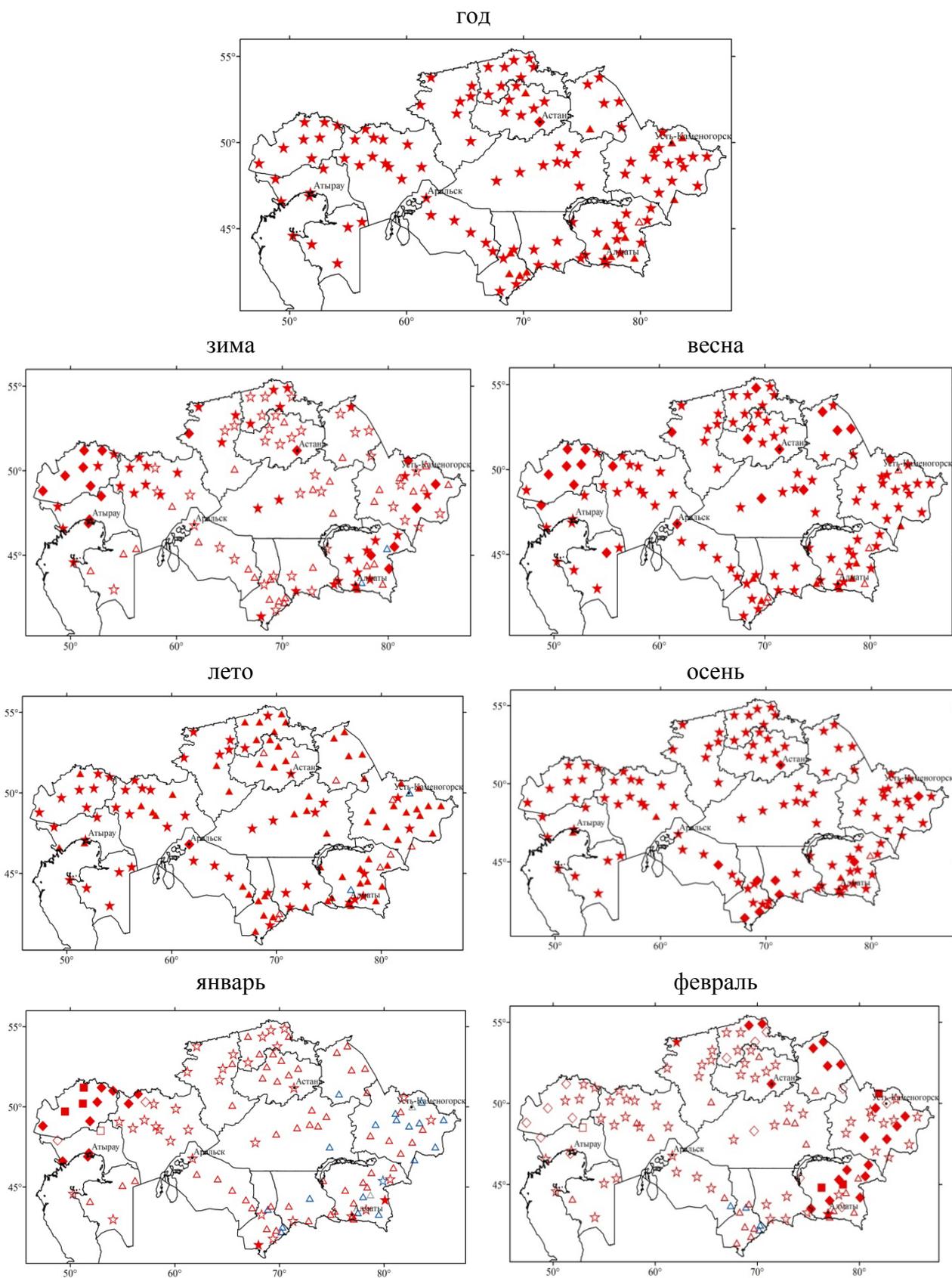


Рисунок 2.4 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}/10$  лет), рассчитанного за период 1941...2015 гг. Обозначения градаций затушёваны в случаях статистической значимости тренда. *Лист 1*

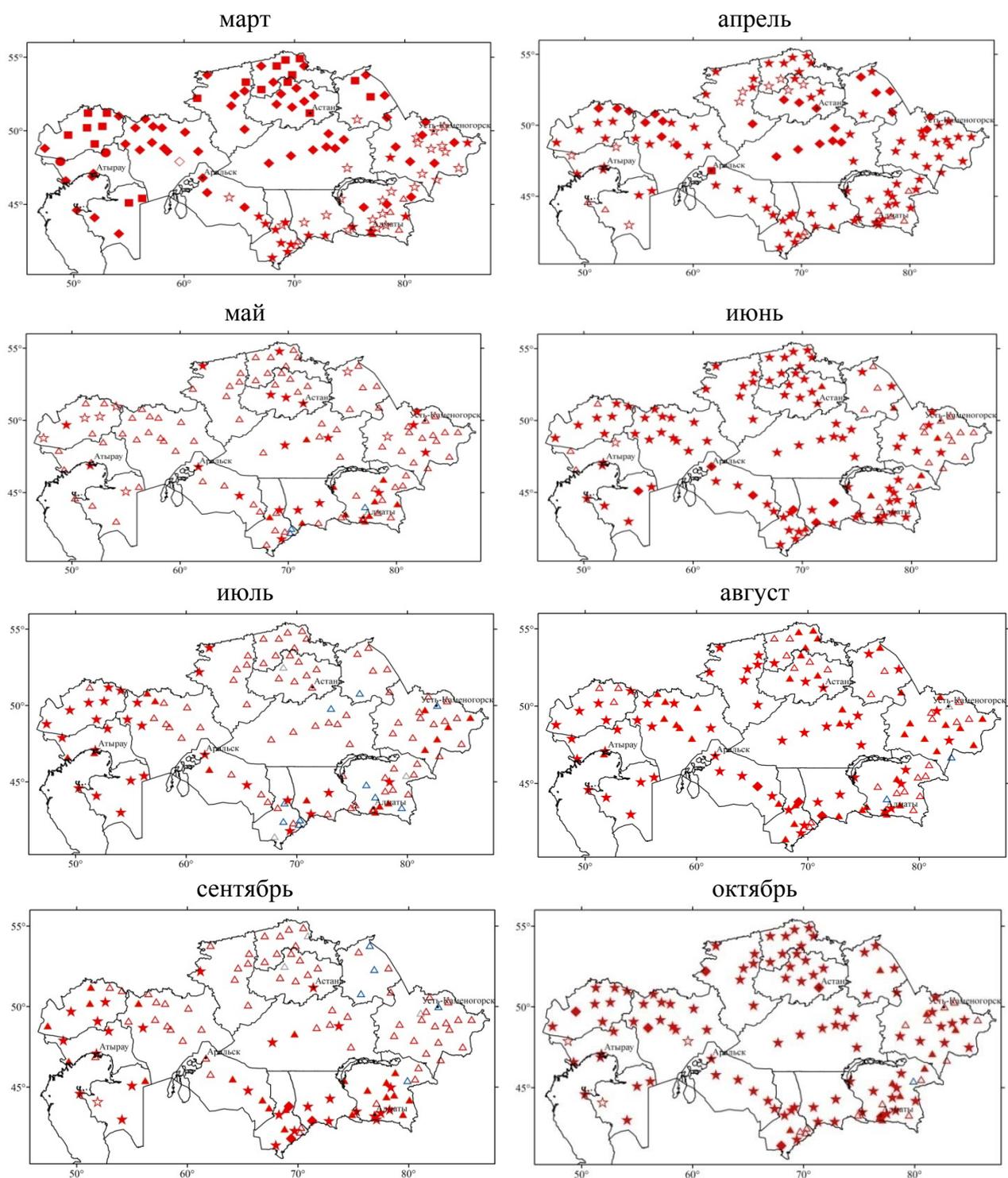


Рисунок 2.4 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}/10$  лет), рассчитанного за период 1941...2015 гг. Обозначения градаций затушёваны в случаях статистической значимости тренда. Лист 2

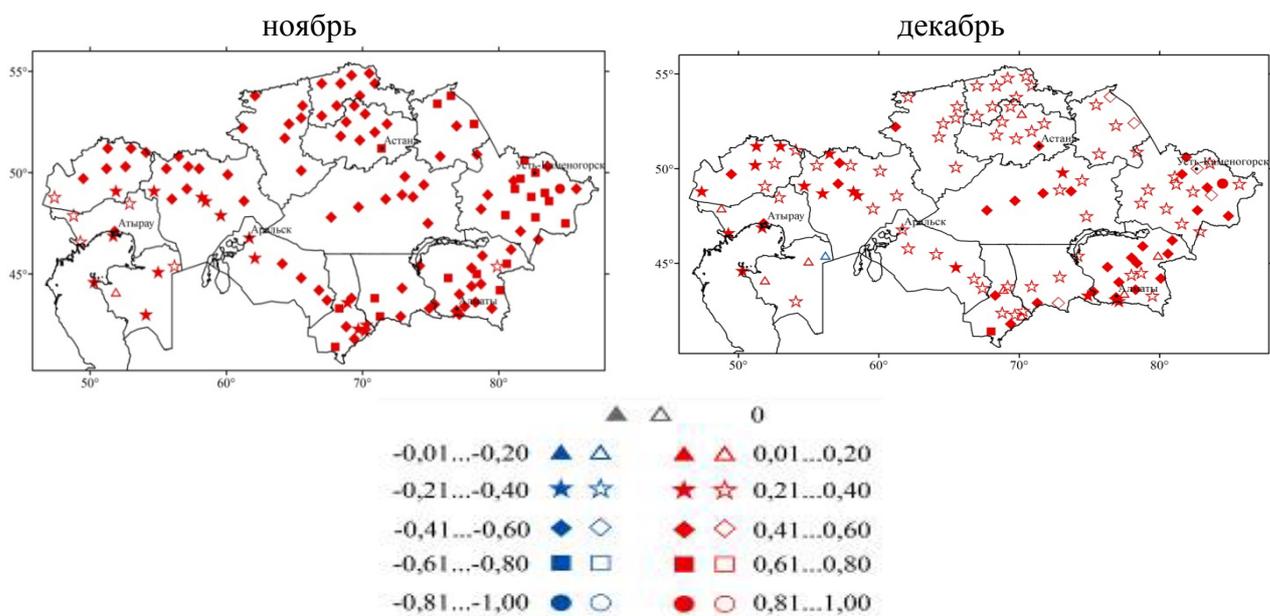


Рисунок 2.4 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}/10$  лет), рассчитанного за период 1941...2015 гг. Обозначения градаций затушёваны в случаях статистической значимости тренда. *Лист 3*

Зимние месяцы характеризуются чаще положительными, но не значимыми трендами в температуре воздуха. Значительно теплеет в декабре на юге, юго-востоке и западе со значениями тренда до  $0,46^{\circ}\text{C}/10$  лет, в январе на западе – на  $0,41...0,80^{\circ}\text{C}/10$  лет, и в феврале в юго-восточных и восточных регионах – на  $0,41...0,80^{\circ}\text{C}/10$  лет. Слабые отрицательные тенденции проявлялись в январе в восточных регионах и в феврале на крайнем юге.

В весенние месяцы именно в марте происходило самое значительное повышение температуры воздуха – на  $0,41...0,81^{\circ}\text{C}/10$  лет, на некоторых метеостанциях Атырауской области на  $1,00^{\circ}\text{C}/10$  лет. Лишь на некоторых станциях Алматинской, Восточно-Казахстанской, Жамбылской областей тренды не значимы. В апреле на всей территории республики сохранялись положительные тенденции со значениями  $0,21...0,60^{\circ}\text{C}/10$  лет, значимые практически на всей территории за исключением некоторых районов Мангистауской, Атырауской, Костанайской, Акмолинской и Алматинской областей. В мае температура хоть и повышалась, но тенденции незначимы практически на всей территории Казахстана.

В июне на всей территории страны наблюдались значимые положительные тенденции (до  $0,41...0,60^{\circ}\text{C}/10$  лет), лишь на некоторых метеостанциях Восточно-Казахстанской, Западно-Казахстанской, Атырауской, Алматинской и Павлодарской областей тренды были незначимы. В июле, наоборот, наблюдались в основном незначимые положительные тренды, лишь в западной части страны, на юго-востоке и востоке страны тенденции были существенными со значениями до  $0,40^{\circ}\text{C}/10$  лет. На некоторых станциях наблюдались слабые отрицательные тренды. В августе температуры в основном устойчиво повышались на  $0,21...0,40^{\circ}\text{C}/10$  лет, слабые положительные тенденции отмечены в отдельных районах на юго-востоке, востоке и севере республики.

В первый месяц осени в сентябре на большей части территории наблюдалось лишь незначительное повышение температуры, существенным оно было на юге, юго-востоке и западе со значениями до 0,40 °C/10 лет в сентябре. В октябре и ноябре рост температуры, за редким исключением, был значимым – в основном на 0,21...0,40 °C/10 лет в октябре и более существенным в ноябре - на 0,41...0,60 °C/10 лет.

## 2.2 Аномалии температуры воздуха на территории Казахстана в 2015 году

На рисунке 2.5 представлены среднемесячные температуры воздуха в 2015 году и климатические нормы за период 1961...1990 гг., осредненные по территории областей и Казахстана.

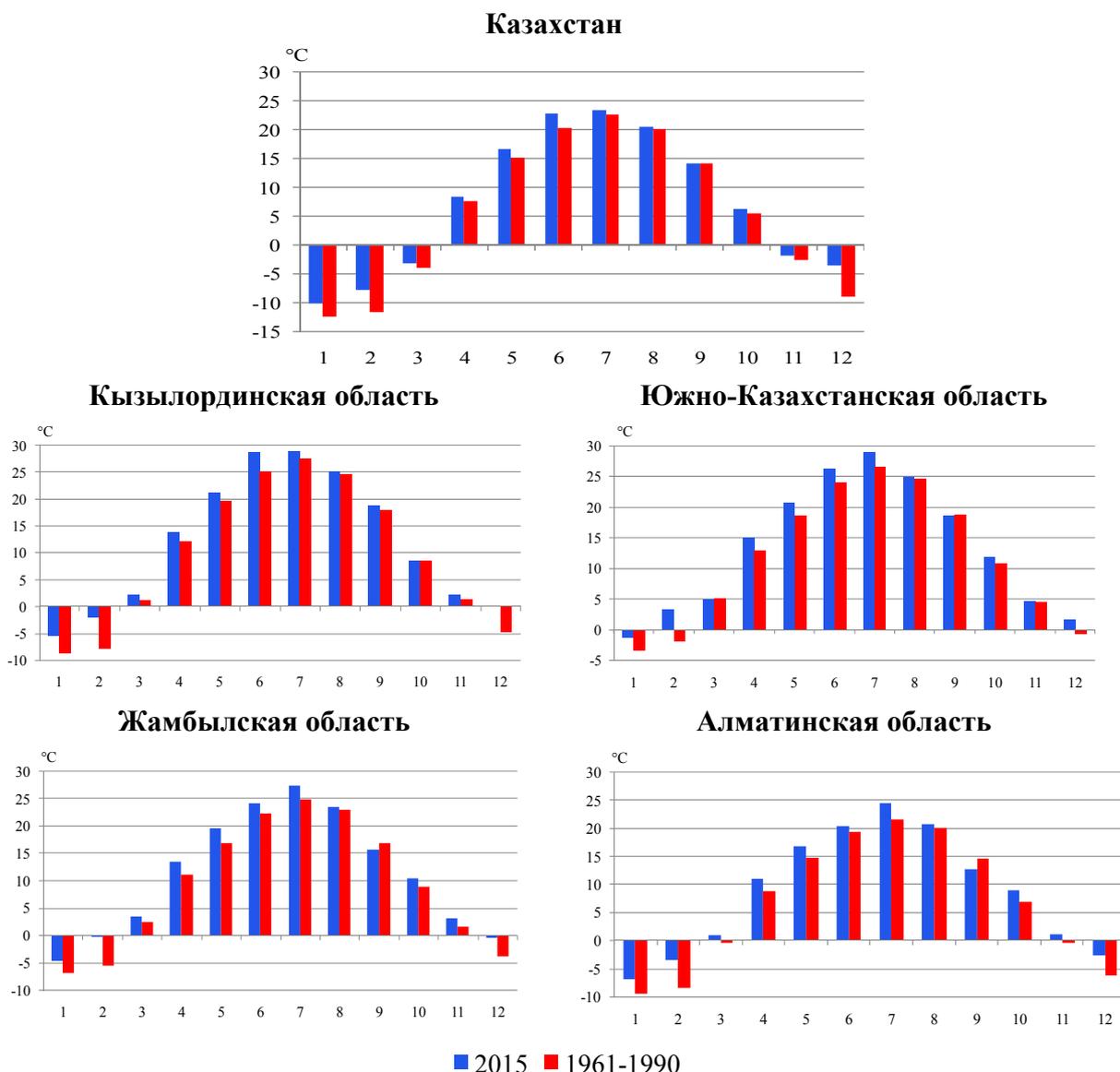


Рисунок 2.5 - Среднемесячные температуры воздуха в 2015 году и климатические нормы за период 1961-1990 гг., осредненные по территории областей и Казахстана.

*Лист 1*

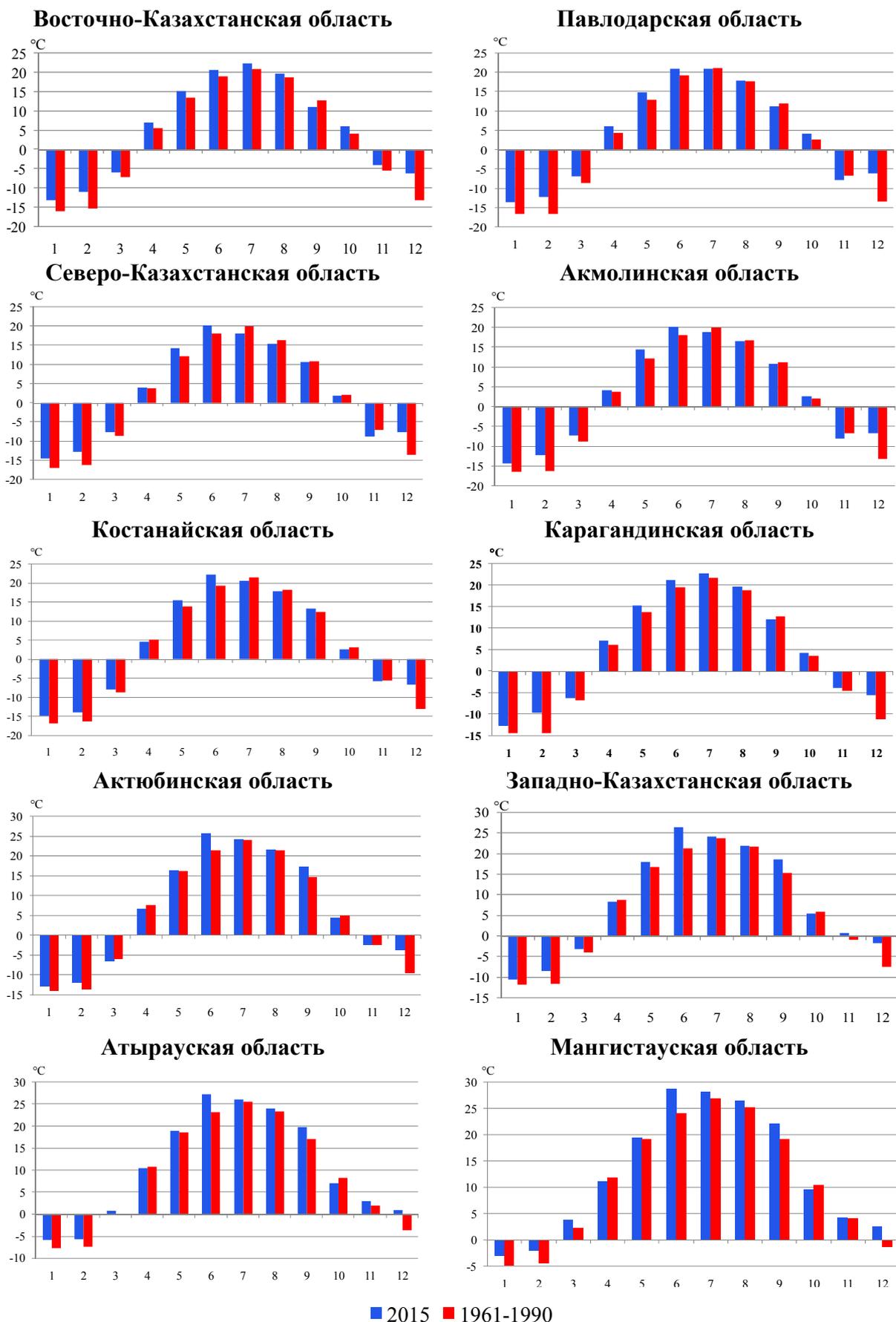


Рисунок 2.5 - Среднемесячные температуры воздуха в 2015 году и климатические нормы за период 1961-1990 гг., осредненные по территории областей и Казахстана.

Характерной чертой 2015 г. было то, что среднемесячные температуры в основном превышали норму в большинстве областей Казахстана. В Кызылординской области это справедливо для всех месяцев без исключения. В Жамбылской, Южно-Казахстанской, Алматинской, Восточно-Казахстанской и Карагандинской областях только температуры сентября были ниже нормы на 0,1...3,1 °С. В западных регионах (Западно-Казахстанская, Атырауская, Актюбинская и Мангыстауская области) температура была незначительно ниже нормы в отдельные весенние месяцы и в октябре. В северных областях (в Северо-Казахстанской, Акмолинской и Костанайской) отрицательные аномалии температуры воздуха наблюдались с июля по август и в ноябре, в Павлодарской – в сентябре и ноябре. Максимальные положительные аномалии характерны для зимних месяцев и начала лета.

Пространственное распределение очагов тепла и холода по территории Казахстана по сезонам и в целом за год представлен на рисунке 2.6.

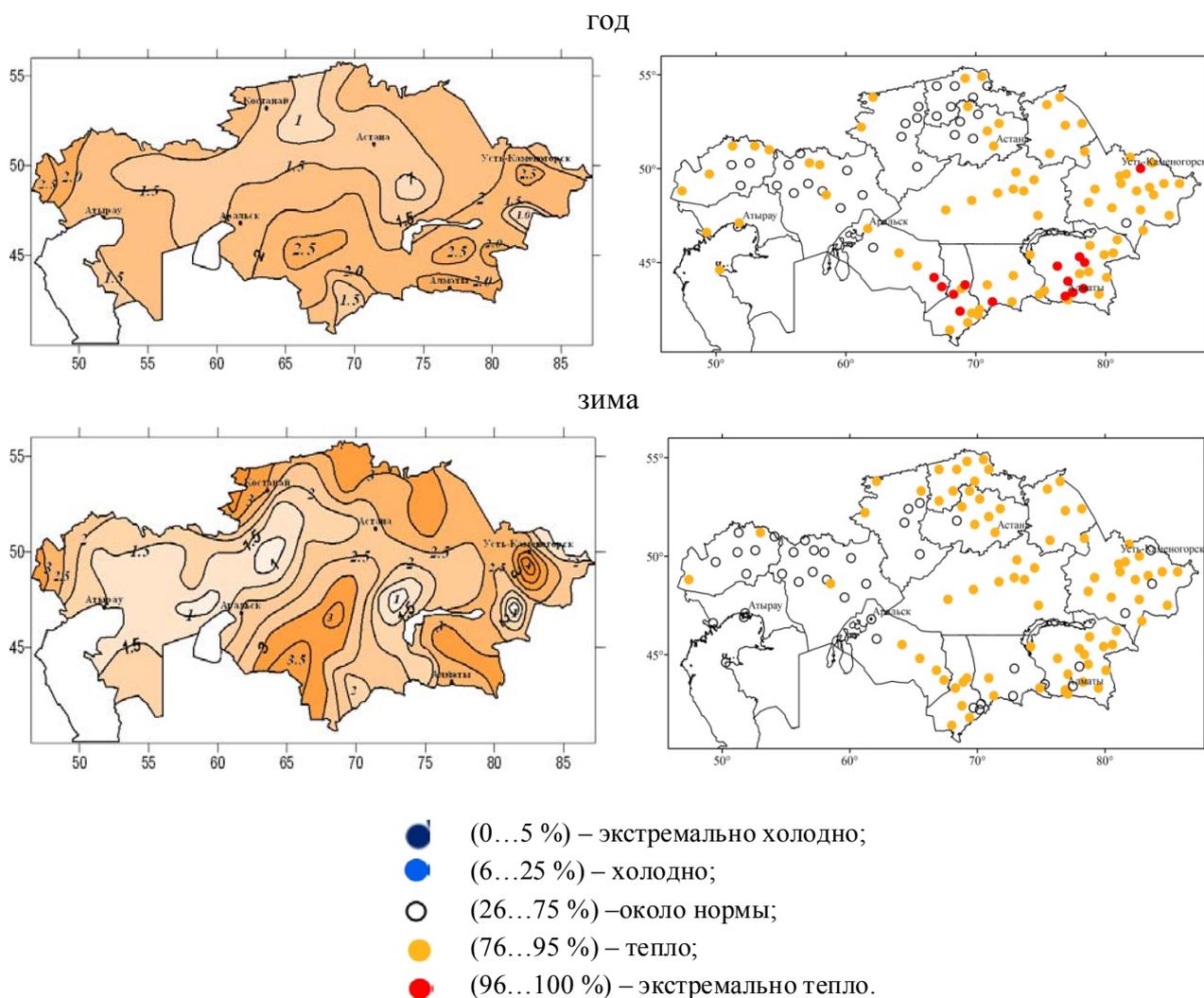
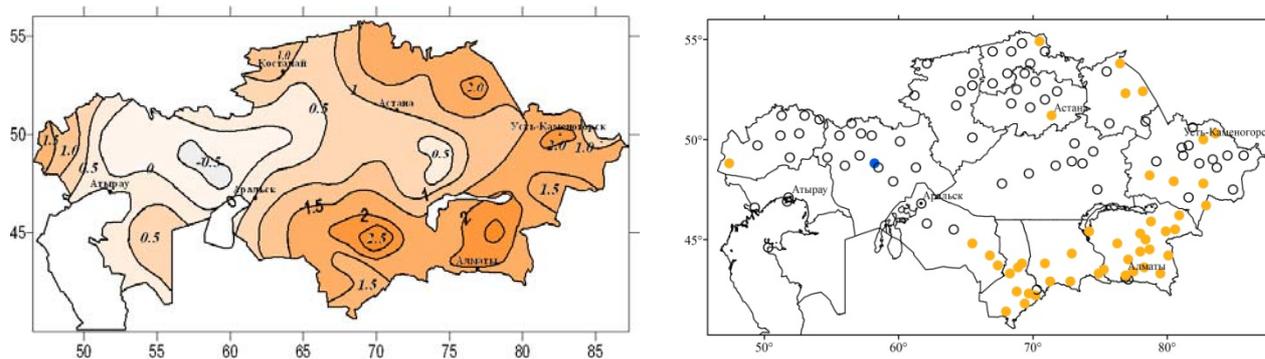
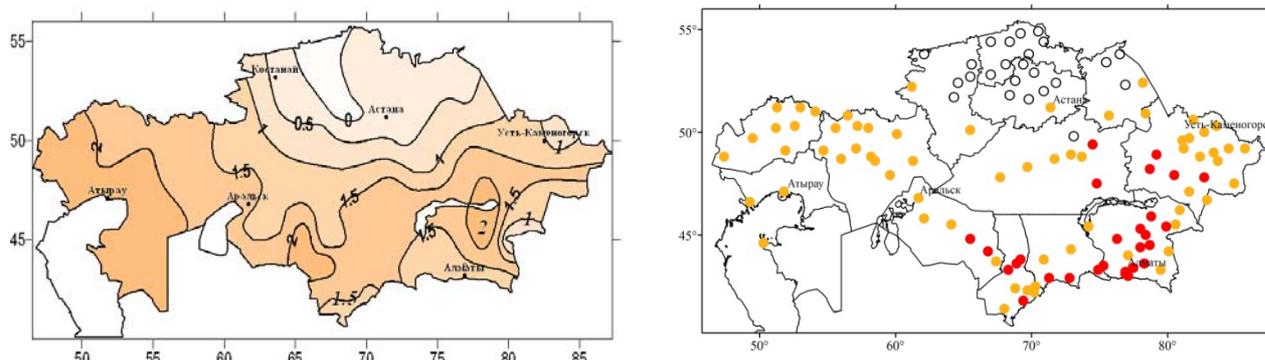


Рисунок 2.6 – Пространственное распределение аномалий температуры воздуха (°С) в 2015 г., рассчитанных относительно базового периода 1961...1990 гг., и вероятности непревышения значений температуры воздуха, наблюдавшейся в 2015 г., рассчитанные по данным периода 1941...2015 гг. *Лист 1*

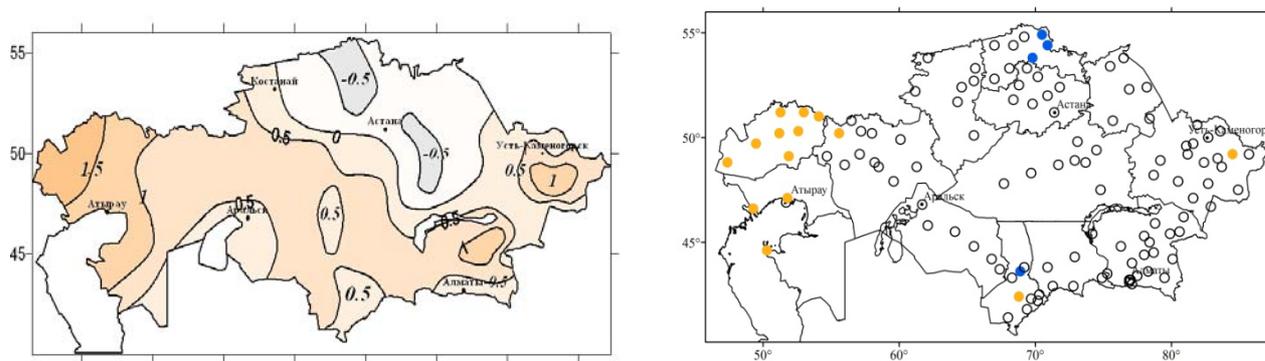
### ВЕСНА



### ЛЕТО



### ОСЕНЬ



- (0...5 %) – экстремально холодно;
- (6...25 %) – холодно;
- (26...75 %) – около нормы;
- (76...95 %) – тепло;
- (96...100 %) – экстремально тепло.

Рисунок 2.6 – Пространственное распределение аномалий температуры воздуха (°C) в 2015 г., рассчитанных относительно базового периода 1961...1990 гг., и вероятности превышения значений температуры воздуха, наблюдавшейся в 2015 г., рассчитанные по данным периода 1941...2015 гг. *Лист 2*

### Год

Средняя за год температура воздуха (метеорологический год с декабря 2014 г. по ноябрь 2015 г.) на всей территории Казахстана была выше нормы на 1...2,5°C. Экстремально теплым год был в отдельных районах юга и юго-востока (рисунок 2.6).

## **Зима**

Зима (декабрь 2014 г., январь и февраль 2015 г.) была теплая на большей части территории Казахстана. Температуры зимнего сезона были более чем на 2,5 °С выше нормы в некоторых западных, северных, северо-восточных (на МС Усть-Каменогорск Восточно-Казахстанской области аномалия температуры составила плюс 4,5 °С) и юго-восточных районах, а также в Кызылординской и Карагандинской областях. Температуры около нормы были на большей части территории Западно-Казахстанской, Атырауской, Мангистауской, Актюбинской и Костанайской областей.

## **Весна**

Весной 2015 г., также как и зимой, на территории страны аномалии температуры были положительные, но, в основном, температуры были около нормы. Выше нормы на 2...2,5 °С температуры были в южных и юго-восточных регионах.

## **Лето**

Лето 2015 г. на большей территории Казахстана характеризуется как теплое (рисунок 2.6). В Алматинской, Восточно-Казахстанской областях, а также в отдельных районах Кызылординской, Южно-Казахстанской, Жамбылской лето было экстремально теплым. В Северо-Казахстанской, Акмолинской, Костанайской и Павлодарской областях температуры воздуха были около нормы. Из летних месяцев необходимо отметить июнь, который был экстремально теплым в Западно-Казахстанской, Мангистауской, Атырауской и Актюбинской областях, аномалии в этих областях колебались от 3,4 °С до 5,6 °С.

## **Осень**

Осенние температуры в 2015 г., в отличие от температур прошлой осени, были в пределах нормы на большей части территории республики. Холодно (вероятность превышения составило от 6 до 25 %) было по данным некоторых станций Северо-Казахстанской и Южно-Казахстанской областях. Лишь в Западно-Казахстанской и Атырауской областях температуры осенью были выше нормы на 1...1,5 °С (рисунок 2.6).

Далее для оценки экстремальности температурного режима в конкретный год используются индексы изменения климата, рекомендованные Всемирной метеорологической организацией. Ниже представлен анализ некоторых наиболее показательных индексов и особенности распределения их значений по территории Казахстана в 2015 г.

**Суточный максимум температуры воздуха в 2015 г.** На рисунке 2.7 красным цветом показаны значения абсолютных максимумов температуры воздуха, зарегистрированные с начала открытия метеостанции по 2014 год, синим цветом – значения суточных максимумов температуры воздуха, наблюдавшихся в 2015 г.

В 2015 году на 9 станциях Казахстана были превышены абсолютные максимумы температуры воздуха:

1. Кыргызсай (Алматинская область): на 0,6°С (новый рекорд 39,6 °С);
2. Жусалы (Кызылординская область): на 0,9°С (новый рекорд 46,2 °С);
3. Баянауыл (Павлодарская область), на 0,8°С (новый рекорд 40,1 °С);

4. Ерейментау (Акмолинская область): на 0,2 °С (новый рекорд 39,5 °С);
5. Мартук (Актюбинская область): на 1,1 °С (новый рекорд 43,7 °С);
6. Актау (Мангыстауская область): на 0,8°С (новый рекорд 44,1 °С);
7. Аккудук (Мангыстауская область): на 0,4 °С (новый рекорд 46,8 °С);
8. Бейнеу (Мангыстауская область): на 1 °С (новый рекорд 46,1 °С);
9. Пешной (Атырауская область): на 1.4 °С (новый рекорд 42,2 °С).

Для сведения, самые высокие значения температур воздуха (абсолютные максимумы) в Казахстане были зафиксированы в июле 1983 г., когда на некоторых метеостанциях Южно-Казахстанской области температура воздуха достигла 49...50 °С (МС Туркестан, Чаян, Арысь, Тасты), и в июле 1995 г., когда на МС Кызылкум температура воздуха поднялась до 51 °С.

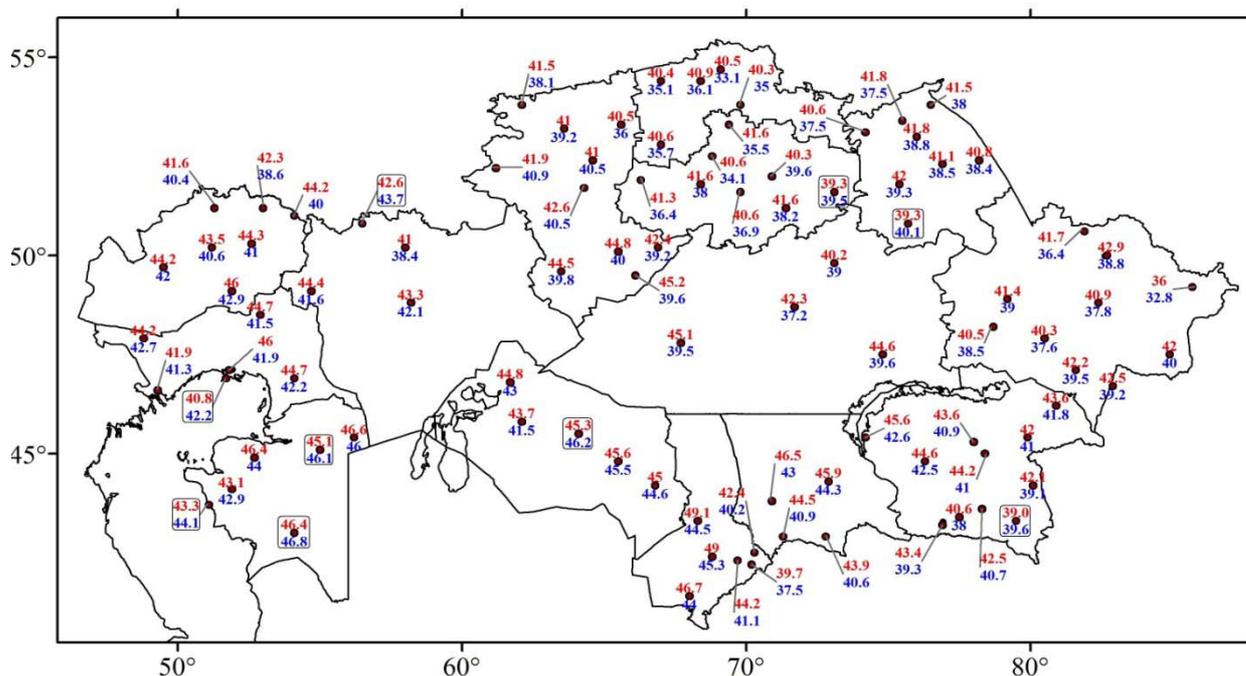


Рисунок 2.7 – Значения абсолютных максимумов температуры воздуха (°С), зарегистрированные с начала открытия метеостанции по 2014 г. (нанесены красным цветом) и максимальные значения суточной температуры воздуха (°С), наблюдавшиеся в 2015 г. (нанесены синим цветом)

**Суточный минимум температуры воздуха в 2015 г.** Абсолютные минимумы температуры воздуха, зафиксированные с момента их открытия, не изменились (рисунок 2.8). В 2015 г. самые низкие температуры воздуха (-39...-35 °С) наблюдались в основном в Акмолинской, Северо-Казахстанской, Костанайской, Павлодарской и Восточно-Казахстанской областях. На всей территории суточные минимальные температуры были выше, чем когда-либо достигнутые абсолютные суточные минимумы температуры.

Самые низкие температуры в Казахстане были зафиксированы в январе 1893 г. на МС Астана (-52 °С) и на МС Орловский посёлок в январе 1931 г. (-54°С).

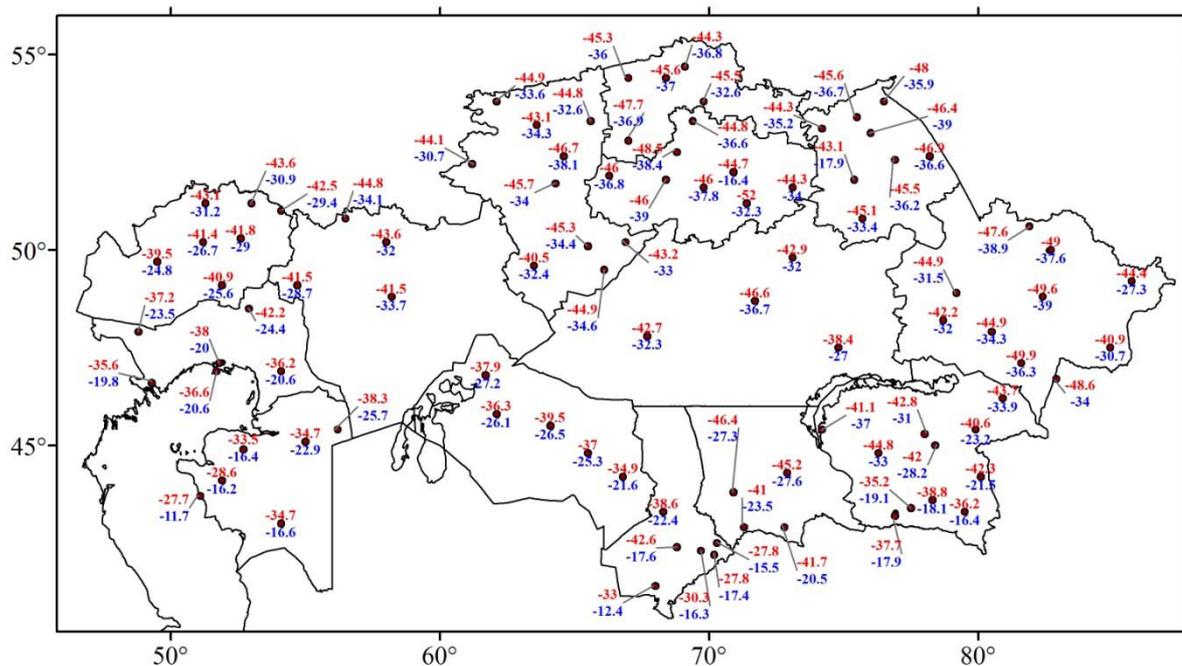


Рисунок 2.8 – Значения абсолютных минимумов температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ), зарегистрированные с начала открытия метеостанции по 2014 г. (нанесены красным цветом) и минимальные значения суточной температуры ( $^{\circ}\text{C}$ ), наблюдавшиеся в 2015 г. (нанесены синим цветом)

**Количество дней с температурой воздуха выше  $35^{\circ}\text{C}$  в 2015 г.** На рисунке 2.9 а представлено пространственное распределение количества дней с температурой воздуха выше  $35^{\circ}\text{C}$  в 2015 г.

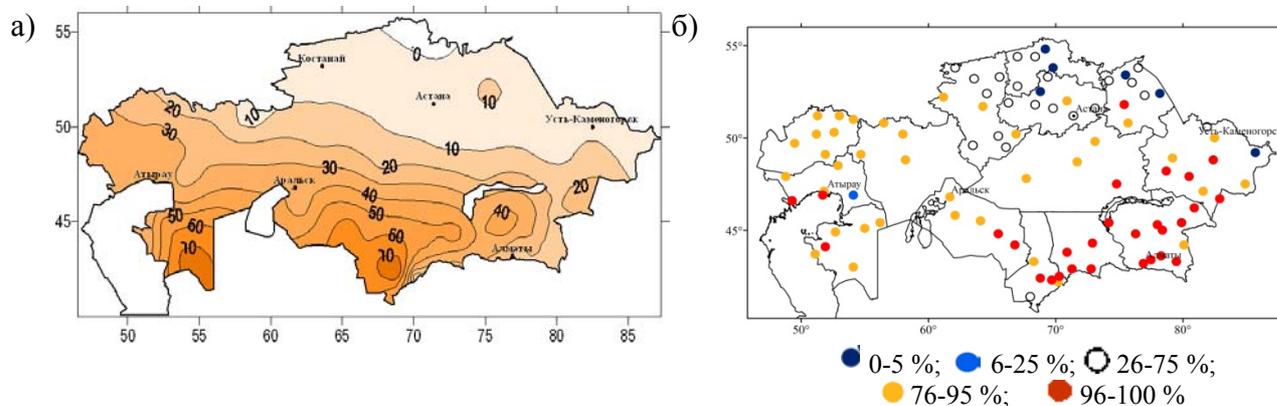


Рисунок 2.9 – Количество дней (а) и вероятность превышения количества дней (б) в 2015 г. с температурой воздуха выше  $35^{\circ}\text{C}$ . Вероятности рассчитаны за период 1941...2015 гг.

Количество жарких дней на территории Казахстана увеличивалось с севера на юг от 10 до 70 дней. Температура выше  $35^{\circ}\text{C}$  наблюдалась более 60...70 дней в Южно-Казахстанской и Мангистауской областях, в Жамбылской, Кызылординской, Алматинской, Атырауской, Западно-Казахстанской областях – 30...60 дней. Вероятности превышения количества дней с температурой воздуха больше  $35^{\circ}\text{C}$  были экстремально высокими (96 – 100 %) в Алматинской, Жамбылской и на некоторых станциях Южно-Казахстанской, Восточно-Казахстанской, Атырауской. В Северо-Казахстанской,

Павлодарской, Акмолинской областях, а также на некоторых предгорных метеостанциях юга и юго-востока жарких дней практически не наблюдалось.

**Процент дней с суточной максимальной температурой воздуха выше 90-го перцентиля** в 2015 г. составлял по территории Казахстана от 12 % до 24 % (рисунок 2.10 а). В северных и центральных районах страны экстремально высокий суточный максимум температуры воздуха наблюдался в 12...16 %. На западе, а также в Кызылординской, Алматинской, Восточно-Казахстанской, Жамбылской областях максимальная температура воздуха превышала 90-ый перцентиль наиболее часто – в 16...24 % случаях, что составляет около 1/5 года.

**Процент дней в году с суточной минимальной температурой воздуха ниже 10-го перцентиля** характеризует повторяемость случаев с экстремально низкими температурами (рисунок 2.10 б). В 2015 г. максимальное количество таких дней (более 8...10 %) наблюдалось в северных, западных и центральных районах, также в некоторых горных и предгорных районах на юго-востоке.

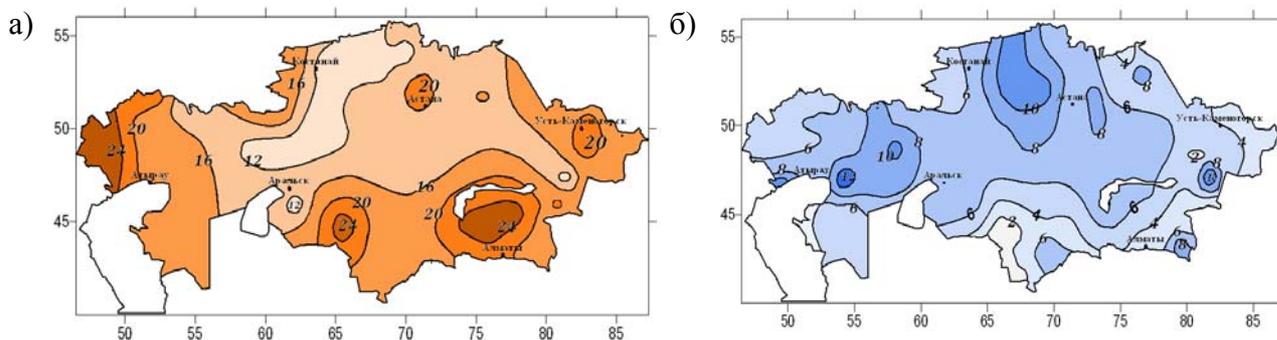


Рисунок 2.10 – Процент дней в 2015 году, когда суточная максимальная температура была выше 90-го перцентиля (а) и суточная минимальная температура была ниже 10-го перцентиля (б)

На рисунке 2.11 а показана общая продолжительность волн тепла на территории Казахстана в 2015 г. (**сумма дней, когда, как минимум, 6 последовательных дней суточная максимальная температура воздуха была выше 90-го перцентиля**). Общая продолжительность волн тепла была высокой в западной и юго-западной части республики с максимумом в Западно-Казахстанской, Атырауской, Актюбинской и Мангистауской областях – 18...42 дней, а также в отдельных районах Кызылординской и Южно-Казахстанской областей. В Алматинской, Павлодарской, Костанайской областях максимальная продолжительность волн тепла составила 12...18 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 2015 г. максимальная продолжительность волн холода (6...12 дней) наблюдались очагами в некоторых северных и центральных районах (рисунок 2.11 б). На всей остальной территории страны продолжительность волн холода была менее 6 дней.

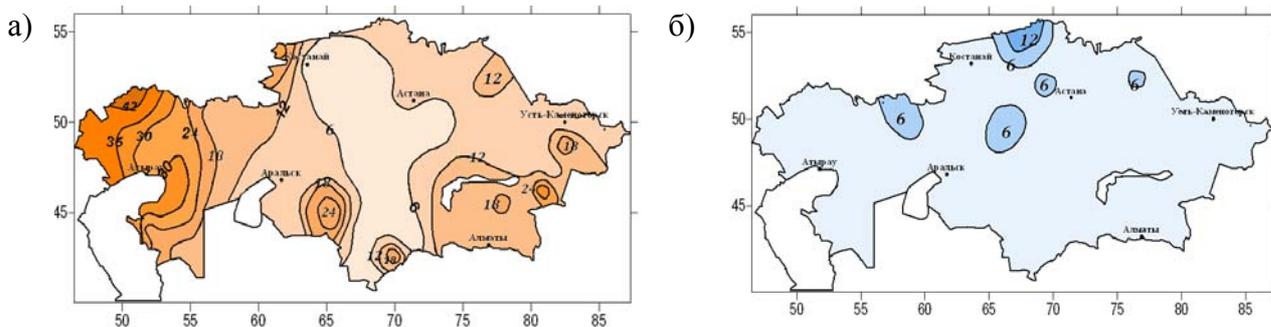


Рисунок 2.11 – Общая сумма дней в 2015 г., когда как минимум 6 последовательных дней суточная максимальная температура воздуха была выше 90-го перцентиля (а) и как минимум 6 последовательных дней суточная минимальная температура воздуха была ниже 10-го перцентиля (б)

На рисунке 2.12 представлено распределение *продолжительности вегетационного периода* в 2015 г. (период между первой датой, когда средняя суточная температура пятидневки  $\geq 5$  °С, и последней даты, когда средняя суточная температура пятидневки  $\leq 5$  °С). Продолжительность вегетационного периода составила около 180 дней в северных регионах страны, в центральных регионах от 180 до 210 дней в году и более 210 дней на юге республики. Продолжительность вегетационного периода в некоторых районах Павлодарской и Западно-Казахстанской областях составили около 210...240 дней. На юге республики вегетационный период был продолжительнее более, чем на месяц по сравнению с 2014 годом.

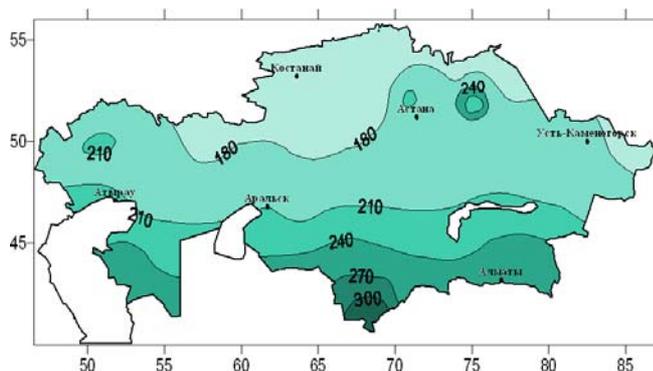


Рисунок 2.12 – Продолжительность вегетационного периода (дни) в 2015 г.

### 2.3 Тенденции в экстремумах температуры приземного воздуха

Анализ тенденций в экстремумах температуры воздуха выполнен за период 1941...2015 гг. Прослеживается тенденция увеличения значений *суточных максимумов температуры приземного воздуха* на большинстве метеостанций всех областей Казахстана. Однако, на большей части Казахстана тенденции в экстремумах незначимы, за исключением отдельных метеостанций в различных регионах (рисунок 2.13), где суточные максимумы температуры повышаются на 0,20...0,60 °С каждые 10 лет. И лишь на юге страны наблюдались отрицательные значения коэффициентов линейного тренда, в основном до минус 0,20 °С за 10 лет.

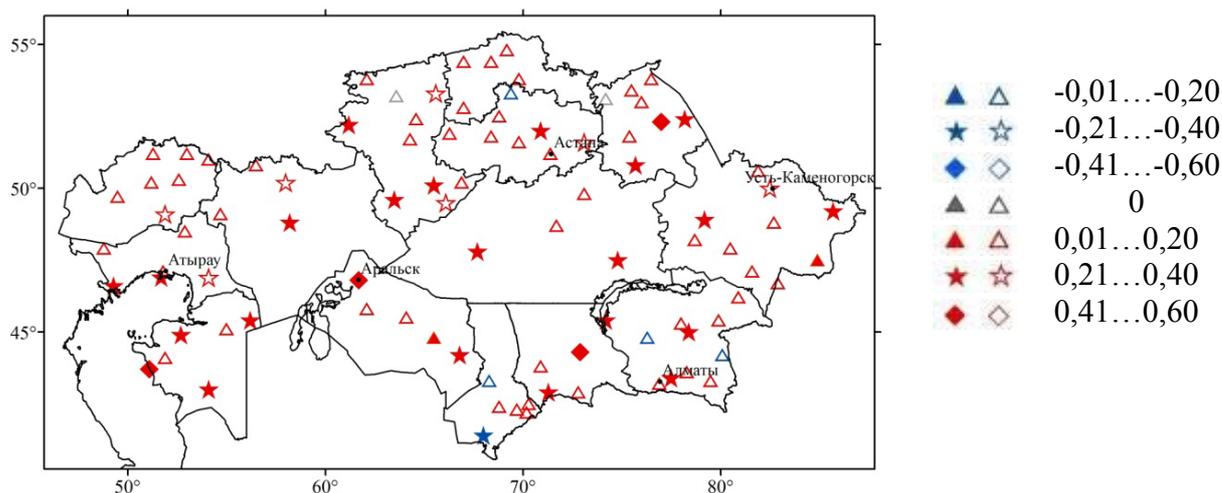


Рисунок 2.13 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда значений суточной максимальной температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}/10$  лет) за период 1941...2015 гг. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

Статистически значимая тенденция увеличения **количества дней с температурой воздуха выше  $35^{\circ}\text{C}$**  наблюдается в Западно-Казахстанской, Актыюбинской, Атырауской, Мангистауской, Кызылординской, Южно-Казахстанской, Жамбылской, Алматинской областях и на некоторых метеостанциях Костанайской области – 1...5 дней каждые 10 лет (рисунок 2.14). В северных регионах, а также на востоке и юго-востоке страны в период с 1941...2015 гг. повторяемость жарких дней практически не изменилась.

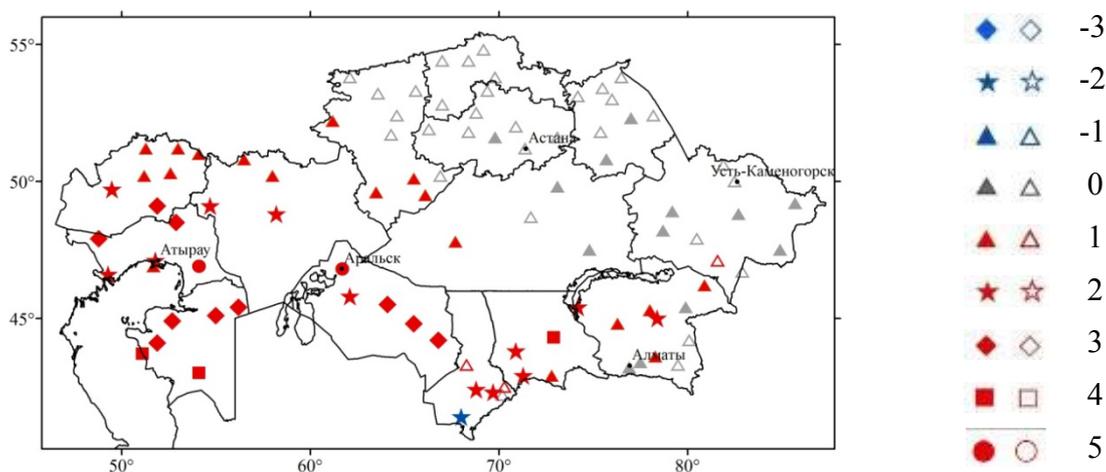


Рисунок 2.14 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда числа дней с температурой воздуха выше  $35^{\circ}\text{C}$  (дни/10 лет) за период 1941...2015 гг. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

Общая продолжительность волн тепла увеличивается на всей территории республики (на 1...3 дня/10 лет, рисунок 2.15). За волну тепла принимается случай, **когда, как минимум, 6 последовательных дней суточная максимальная температура воздуха была выше 90-го перцентиля**. Статистически значимые тенденции наблюдаются на более чем 70 % метеостанций.

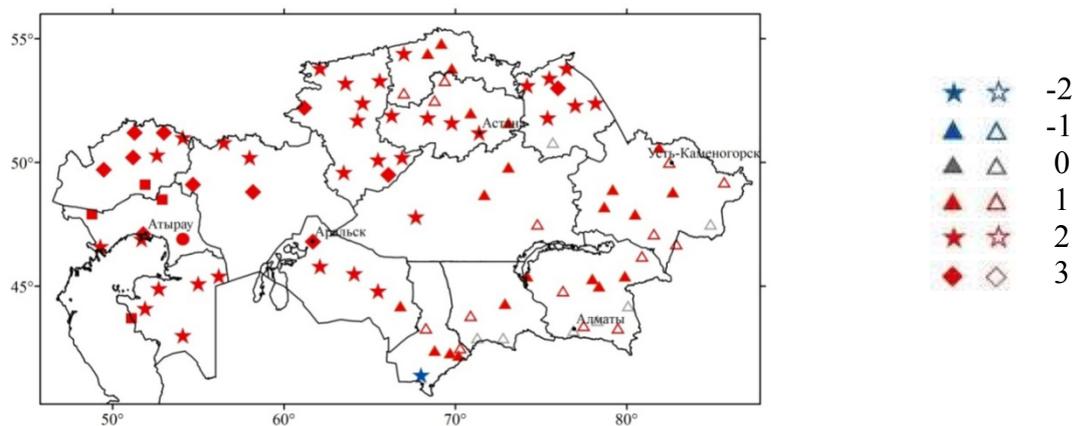


Рисунок 2.15 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда суммарной продолжительности волн тепла (дни/10 лет) за период 1941...2015 гг. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

Необходимо отметить, что на крайнем юге Южно-Казахстанской области на МС Шардара тенденции в экстремумах температуры воздуха, рассмотренных выше по тексту (рисунки 2.13...2.15), являются отрицательными. МС Шардара окружена с трёх сторон Шардаринским водохранилищем, оказывающим охлаждающий эффект и формирующим локальные климатические условия.

Практически повсеместно наблюдается тенденция уменьшения повторяемости морозных дней, *когда суточная минимальная температура опускается ниже 0 °C* (рисунок 2.16). На 5...6 дней каждые 10 лет сокращается количество морозных дней в отдельных районах Южно-Казахстанской, Кызылординской и Атырауской областей. На остальной территории уменьшение количества таких дней составляет 1...4 дня каждые 10 лет.

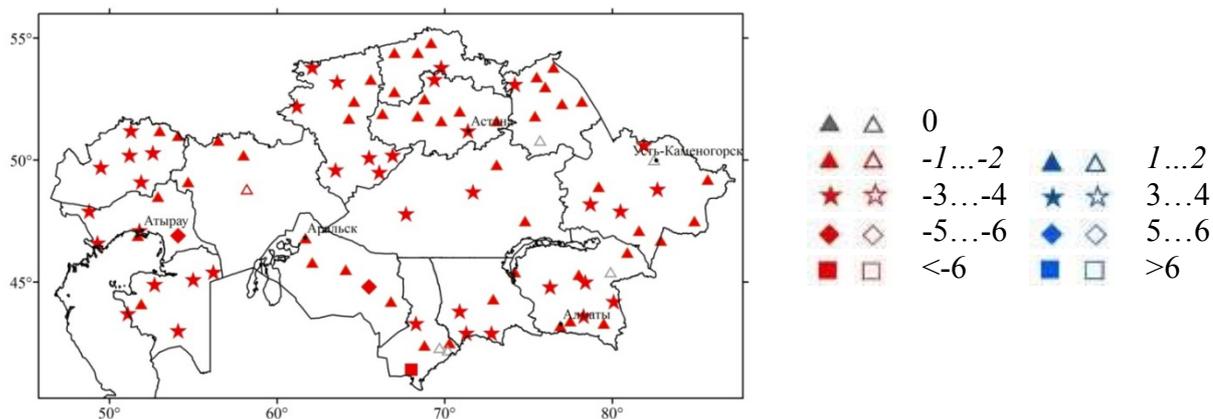


Рисунок 2.16 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда числа дней с суточным минимумом температуры воздуха ниже 0 °C (дни/10 лет) за период 1941...2015 гг. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

На большей части территории Казахстана прослеживается значимая тенденция уменьшения *суточной амплитуды температуры воздуха* – на 0,1...0,2 °C (рисунок 2.17), что свидетельствует об уменьшении континентальности климата на

территории Республики. Значимое увеличение суточной амплитуды на  $0,1...0,2$  °C наблюдается на некоторых метеостанциях Павлодарской, Восточно-Казахстанской, Алматинской, Южно-Казахстанской, Кызылординской и Мангистауской областей.

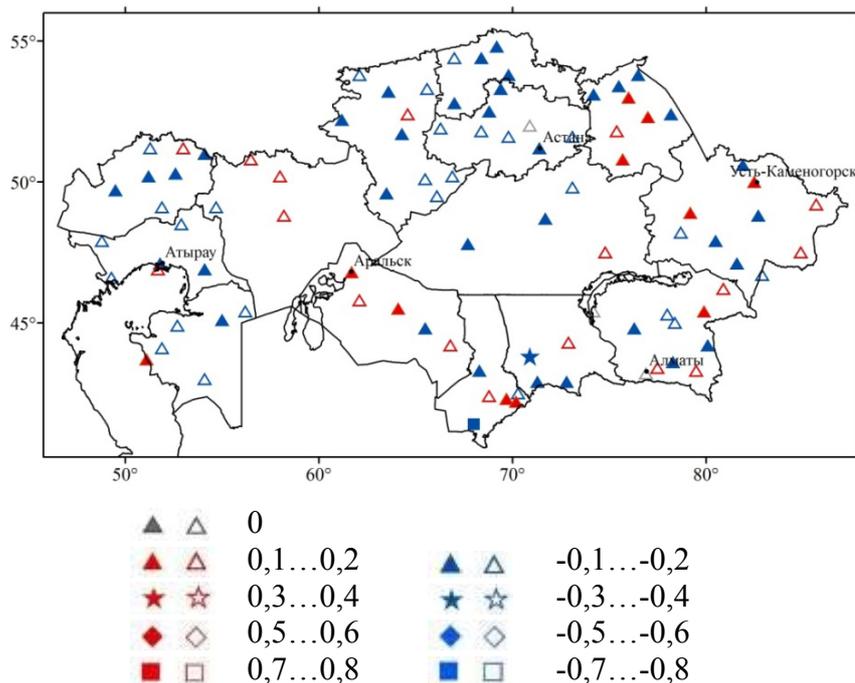


Рисунок 2.17 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда суточной амплитуды температуры воздуха (°C/10 лет) за период 1941...2015 гг. Обозначения градаций затусованы в случаях статистической значимости тренда

### 3 АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ

#### 3.1 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 осадков были оценены по данным 121-ой станции.

Временные ряды аномалий годовых и сезонных сумм осадков за период 1940...2015 гг., рассчитанных относительно базового периода 1961...1990 гг. и пространственно осреднённых по территории Казахстана и областям дают нам общее представление о характере современных изменений режима атмосферных осадков (рисунок 3.1; 3.2).

В среднем по Казахстану за период 1940...2015 гг. годовые суммы осадков незначительно уменьшались – на 0,2 мм/10 лет (таблица 3.1). Если рассматривать изменение количества осадков по областям, то в Актюбинской, Карагандинской, Павлодарской, Акмолинской, Алматинской, и Северо-Казахстанской областях наблюдались незначительные тенденции увеличения годовых сумм осадков на 0,1...5,0 мм/10лет, на остальной территории было отмечено их уменьшение на 0,1...4,2 мм/10 лет. Статистически достоверные изменения во всех полученных трендах годовых сумм осадков не выявлены.

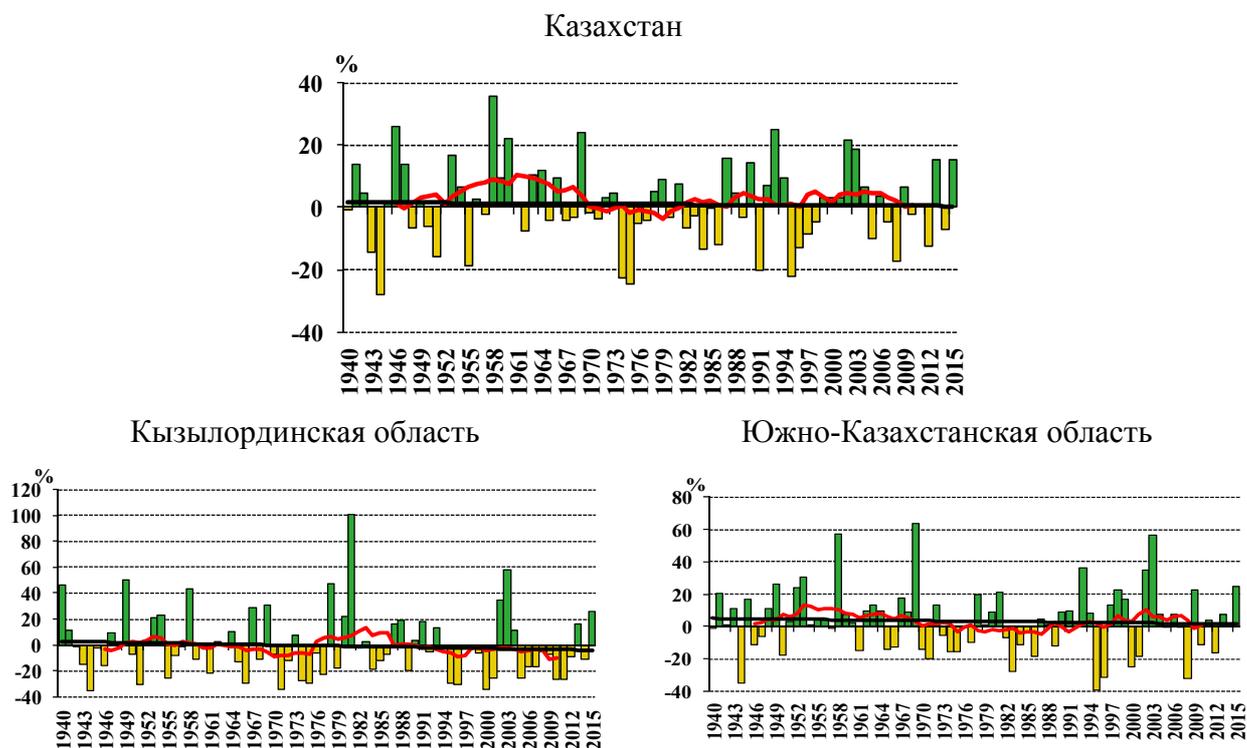


Рисунок 3.1 - Временные ряды и линейные тренды аномалий годовых сумм осадков (в %) за период 1940...2015 гг., пространственно осредненных по территории Казахстана и его областей. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961...1990 гг.

*Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Лист 1*

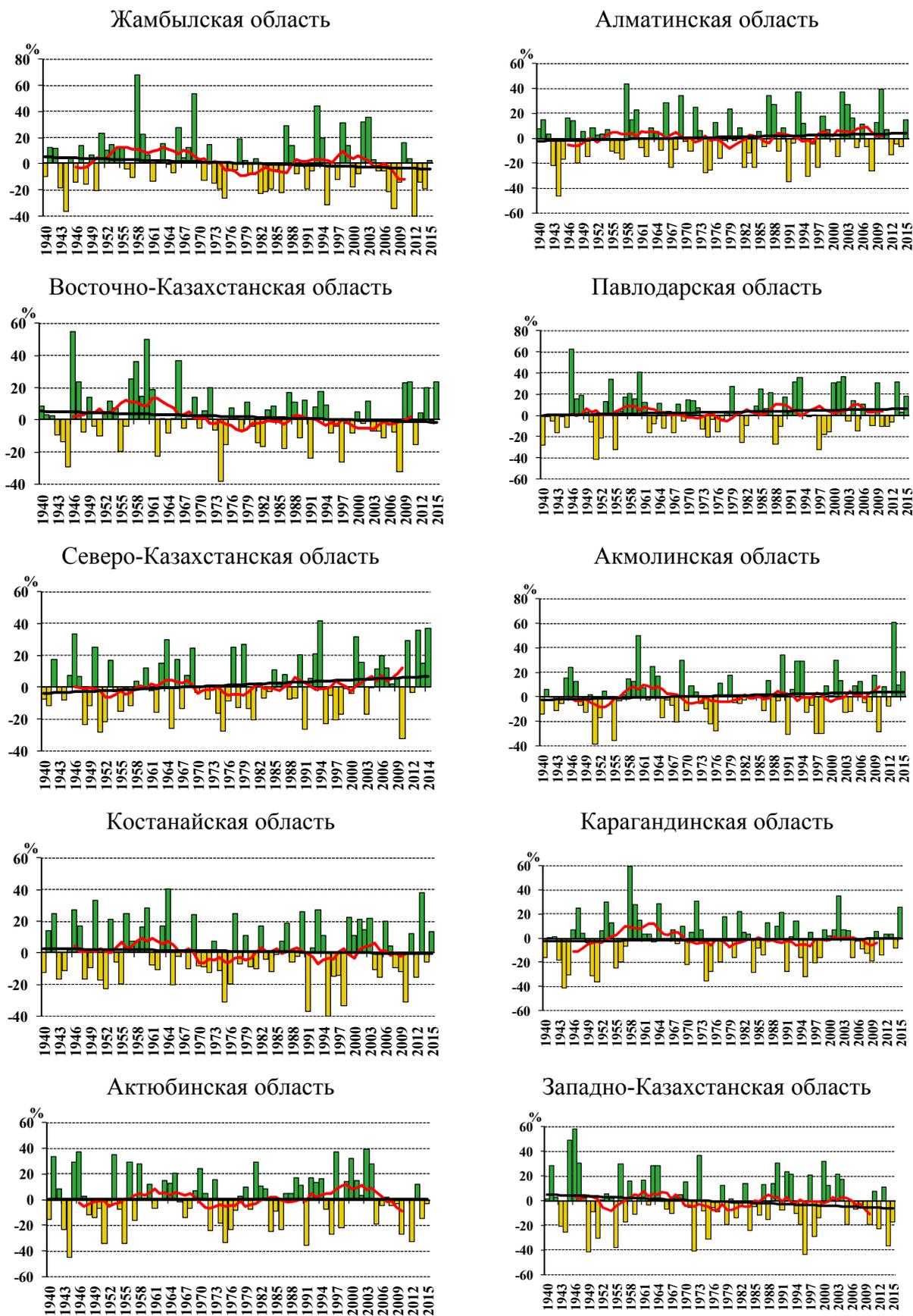
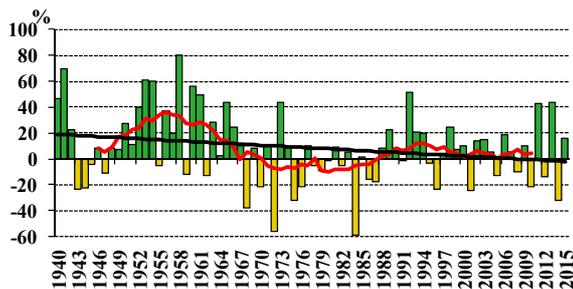


Рисунок 3.1 - Временные ряды и линейные тренды аномалий годовых сумм осадков (в %) за период 1940...2015 гг., пространственно осредненных по территории Казахстана и его областей. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961...1990 гг.

*Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Лист 2*

Атырауская область



Мангистауская область

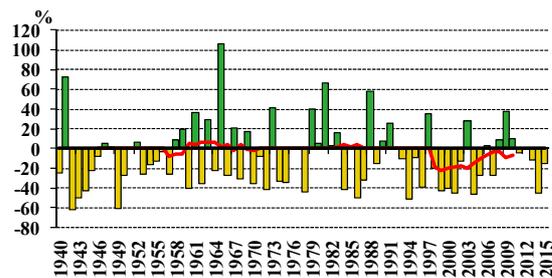


Рисунок 3.1 - Временные ряды и линейные тренды аномалий годовых сумм осадков (в %) за период 1940...2015 гг., пространственно осредненных по территории Казахстана и его областей. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961...1990 гг.

*Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Лист 3*

На рисунке 3.2 представлен межгодовой ход аномалий сезонных сумм осадков (%) за период 1941...2015 гг., осредненных по территории Казахстана. В среднем по Казахстану во все сезоны наблюдается слабая тенденция (статистически незначимая) к уменьшению количества осадков примерно на 0,7 мм/10 лет, за исключение зимнего сезона, когда тенденция к увеличению количества осадков составляет 1,5 мм/10 лет и является достоверной (таблица 3.1). Таким образом, в изменениях режима осадков за исследуемый период сохраняется статистически достоверная тенденция к увеличению количества осадков в зимний период и к уменьшению их в остальные сезоны.

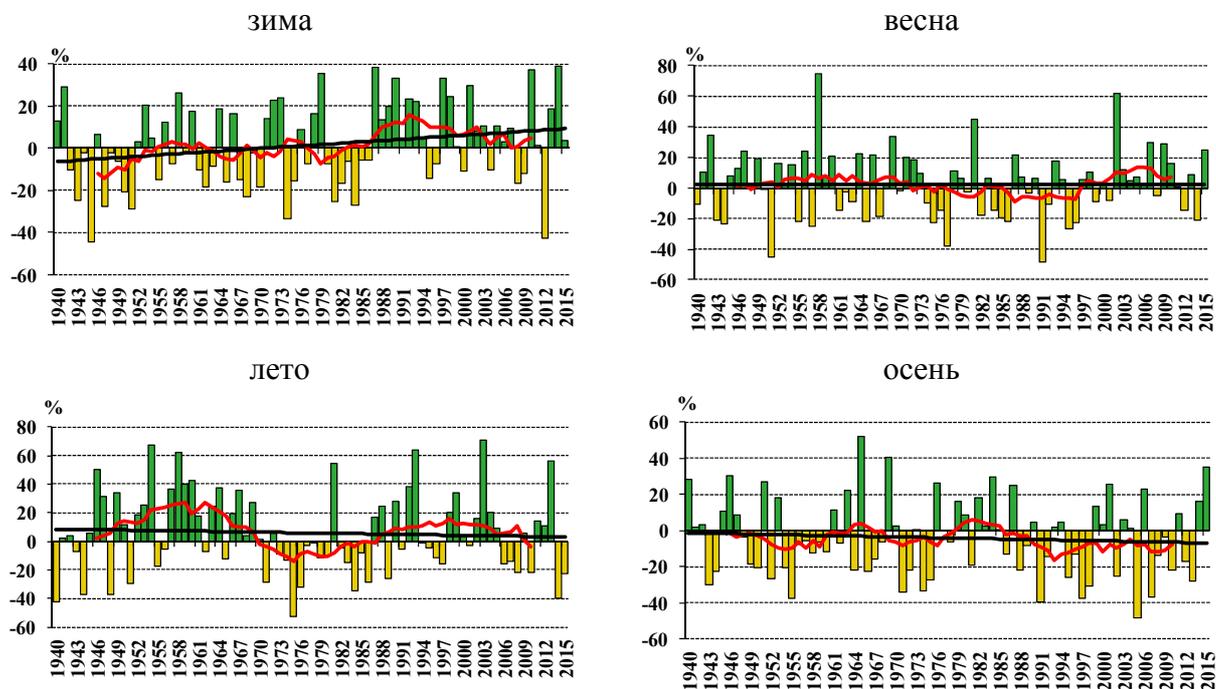


Рисунок 3.2 – Временные ряды и линейные тренды аномалий сезонных сумм осадков за период 1940...2015 гг., пространственно осреднённых по территории Казахстана.

Аномалии рассчитаны в % относительно базового периода 1961...1990 гг. *Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением*

Таблица 3.1 – Характеристики линейного тренда (мм/10 лет, %/10 лет) аномалий сезонных и годовых сумм атмосферных осадков, осредненных по территории Казахстана и его областей за период 1941...2015 гг. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961...1990 гг.

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

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

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

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

для Мангистауской области расчёты выполнены за период 1961 – 2015 гг.

Более детальную информацию о характере режима осадков в Казахстане дают пространственные распределения значений коэффициента линейного тренда для годовых, сезонных и месячных сумм осадков (%/10 лет), рассчитанных за период 1941...2015 гг. и представленных на рисунках 3.3 и 3.4.

По территории республики наблюдается пятнистость в распределении знака изменения годового и сезонного количества осадков (рисунок 3.3). Летом и осенью на большей территории Казахстана, за исключением горных юго-восточных и северных регионов, количество осадков уменьшалось на 1...14 % /10 лет. Зимой и весной устойчивые положительные тенденции наблюдались на большей территории Казахстана,

тогда как на юго-западе и юго-востоке республики количество осадков уменьшалось на 1...11 % /10 лет. Надо отметить, что почти все тенденции в сезонном количестве осадков статистически незначимы, за исключением зимы.

Далее рассмотрим изменения в месячном количестве осадков по областям Казахстана (рисунок 3.4). . В январе-феврале значимое увеличение количества осадков на 0,1...13 %/10 лет наблюдалось в отдельных регионах Алматинской, Павлодарской, Северо-Казахстанской, Акмолинской областях и на северо-западе Казахстана. С марта по май уменьшение количества осадков (0,1...14 %/10 лет) наблюдалось практически по всей территории республики, а в некоторых районах Карагандинской, Жамбылской, Алматинской областях уменьшение количества осадков было значимым. Изменение количества осадков в летние месяцы (как в сторону уменьшения, так и в сторону его увеличения) практически по всем областям Казахстана было незначительным (тренды статистически незначимы), за исключением июля, когда на станциях Лепси, Уштобе, Бектауата статистически достоверное увеличение количества осадков составило 6...13 %/10 лет. В сентябре-октябре на большей части территории Казахстана отмечены тенденции к уменьшению количества осадков, причем в сентябре статистически значимое уменьшение наблюдалось в отдельных регионах практически всех областей республики. Незначительное увеличение количества осадков в эти месяцы отмечено на юго-востоке республики. На станциях Жаркент и Кыргызсай статистически достоверное увеличение количества осадков составило 11%/10 лет. В ноябре-декабре тенденции чаще имели положительный знак. На территории Северо-Казахстанской, Акмолинской и Карагандинской областей наблюдалось статистически значимое увеличение количества осадков на 6...11 %/10 лет.

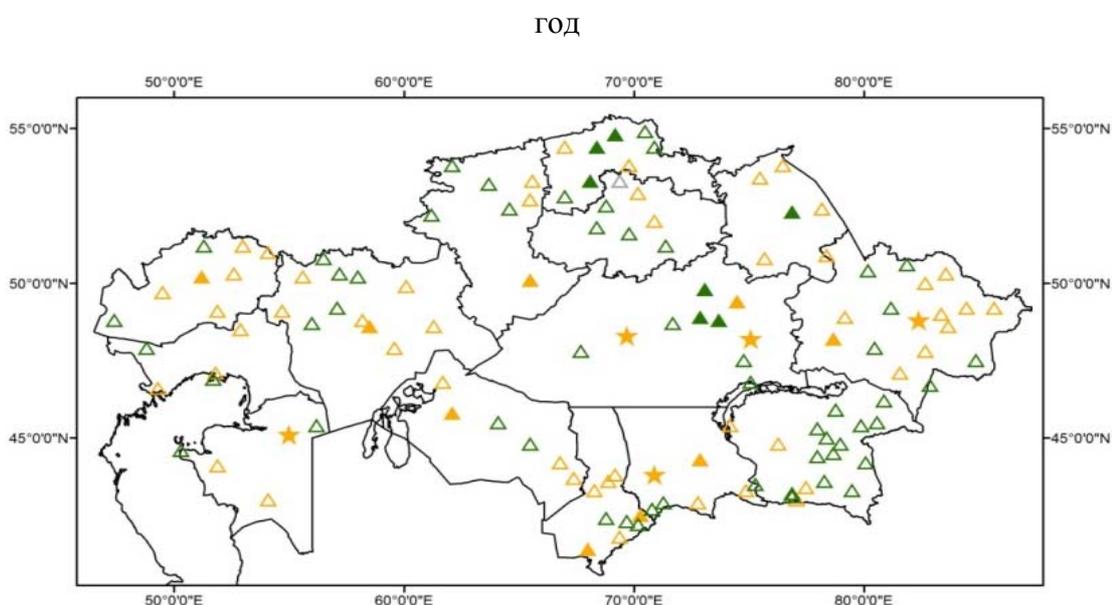


Рисунок 3.3 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда сезонных и годовых сумм осадков (%/10 лет), рассчитанных за период 1941...2015 гг. Обозначения градаций затушёваны в случаях статистической значимости тренда. *Лист 1*



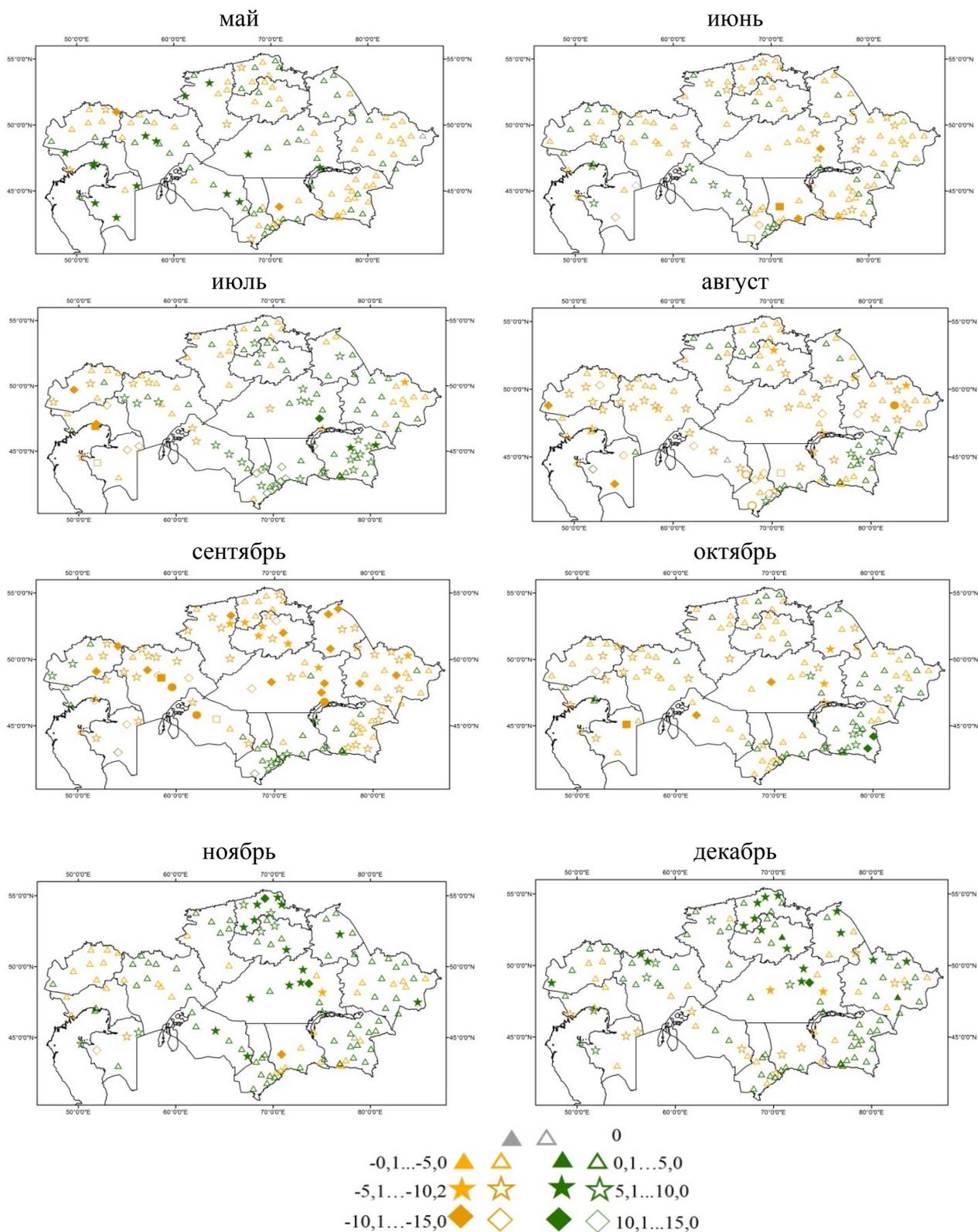


Рисунок 3.4 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда месячного количества осадков (%нормы/10 лет), рассчитанного за период 1941...2015 гг. Обозначения градаций затушёваны в случаях статистической значимости тренда. *Лист 2*

### 3.2 Аномалии количества осадков на территории Казахстана в 2015 году

Месячное количество осадков, осредненное по территории Казахстана, было, в основном, выше нормы, за исключением апреля и летних месяцев, когда осадков выпало на 1,7...8,8 мм ниже нормы (рисунок 3.5). Значительно превышали норму осадки в мае (на 13,4 мм), ноябре (на 17,8 мм) и декабре (на 17 мм). В 2015 г. месячный максимум осадков был перекрыт в мае, сентябре, ноябре и декабре на 9-ти, 3-х, 12-ти и на 16-ти станциях Казахстана соответственно.



Рисунок 3.5 – Месячные суммы осадков в 2015 г. и климатические нормы за период 1961 -1990 гг., осредненные по всей территории и областям Казахстана. Лист 1



Рисунок 3.5 – Месячные суммы осадков в 2015 г. и климатические нормы за период 1961 -1990 гг., осредненные по всей территории и областям Казахстана. Лист 2

На рисунке 3.6 представлено территориальное распределение годового и сезонного количества осадков в 2015 году, выраженное в процентах нормы за период 1961...1990 гг., а также приведены вероятности непревышения годовых и сезонных сумм осадков в данном году. Вероятность непревышения характеризует частоту появления соответствующего значения аномалии в ряду наблюдений.

В 2015 г. (декабрь 2014 – ноябрь 2015 г.) на большей территории Казахстана годовое количество осадков было в пределах нормы (80...120 %). На северо-востоке и

некоторых районах центральной и южной областей республики осадки превысили норму на 20...60 % (рисунок 3.6а). В районе станций Булаево, Возвышенка, Петропавловск, Улькен Нарын, Караганда количество осадков достигло экстремальных значений (вероятность непревышения 96...100 %). В этих регионах, начиная с 1941 г., 2015 г. вошел в 10 % экстремально влажных лет по количеству выпавших осадков. Значительный дефицит количества осадков (20...60 %) наблюдался в Западно-Казахстанской, Актюбинской, Карагандинской областях и на юге республики. На метеостанциях Чингирлау и Джамбейты было экстремально сухо вероятность непревышения составила 1...2 %.

### **Зима (декабрь 2014 – февраль 2015 гг.)**

Зимой практически на всей территории республики осадков выпало около нормы. На отдельных станциях северных, юго-западных и восточных регионов осадки превысили норму на 20...100 %. Аномально сухо было на юге, а также в некоторых районах центрального и западного Казахстана, где дефицит осадков составил 40...60 % (рисунок 3.6б).

### **Весна**

Весна была влажной на территории большинства областей Казахстана (рисунок 3.6в). Значительный избыток осадков наблюдался в Карагандинской, Северо-Казахстанской, Акмолинской и Атырауской областях, где количество осадков превысило норму на 50...100 %. Сезонное количество осадков в Костанайской, Акмолинской, Карагандинской областях заняло 1, 2 и 5 место соответственно. В этих областях по данным большинства метеостанций весенний сезон 2015 г. вошел в 10% наиболее влажных сезонов. В южных областях и местами на западе республики осадков выпало на 20...60 % ниже нормы. В районе станции Уюк было экстремально сухо (вероятность непревышения 5%).

### **Лето**

Лето 2015 г. выдалось сухим почти на всей территории Казахстана. В среднем по Казахстану дефицит осадков составил 23 %. Значительный дефицит осадков отмечен на западе республики, в Актюбинской области выпало всего 30 % нормы (2-ой ранг по дефициту осадков), в Мангистауской 36 %, в Кызылординской 38 %, в Западно-Казахстанской 53 %, в Атырауской 37 %. В этих областях лето 2015 г. вошло в 10 % самых сухих летних сезонов (рисунок 3.6 г).

### **Осень**

Осень была влажной на территории большинства областей Казахстана. Лишь на западе и некоторых районах центрального Казахстана дефицит осадков составил 20...60 %. Среднее по Казахстану количество осадков составило 135 % нормы (3 ранг в ряду влажных лет). Значительно выше нормы осадков выпало в крайних северных (на 40...80 %), а также в южных и юго-восточных районах республики (на 60...100 %). По данным большинства метеорологических станций этих районов осенний сезон 2015 г. вошел в 10 % наиболее влажных сезонов (рисунок 3.6д).

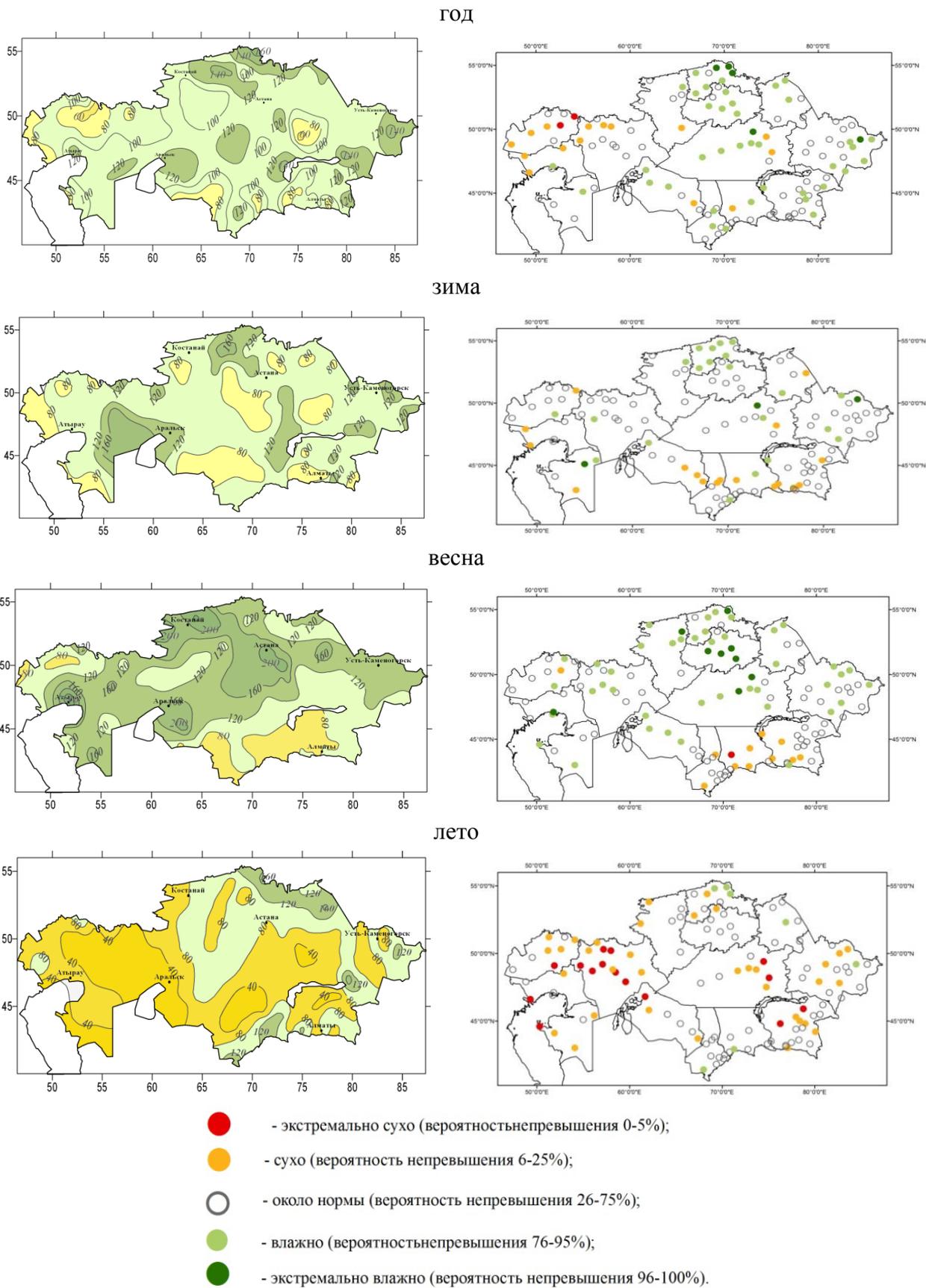


Рисунок 3.6 - Количество осадков в 2015 г., выраженное в % нормы, рассчитанной за период 1961...1990 гг. (слева) и аномалии годовых и сезонных сумм осадков, наблюдавшихся в 2015 году, выраженные как вероятности непревышения количества осадков, рассчитанные по данным периода 1941...2015 гг. (справа). *Лист 1*

осень



Рисунок 3.6 - Количество осадков в 2015 г., выраженное в % нормы, рассчитанной за период 1961...1990 гг. (слева) и аномалии годовых и сезонных сумм осадков, наблюдавшихся в 2015 году, выраженные как вероятности непревышения количества осадков, рассчитанные по данным периода 1941...2015 гг. (справа). *Лист 2*

Для оценки экстремальности количества осадков в 2015 г. 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 2015 г.

**Максимумы суточного количества осадков в 2015 г. (индекс  $Rx1day$ ).** На рисунке 3.7 красным цветом показаны значения абсолютных максимумов суточного количества осадков, определенные за период с начала открытия метеостанции по 2014 год, синим цветом – значения суточных максимумов, наблюдавшиеся в 2015 году. Абсолютный максимум суточного количества осадков в 2015 году перекрыт на метеостанции Атырау и составил 57 мм.

На рисунке 3.8 представлена доля количества осадков, выпавших за сутки с экстремально большим количеством осадков (более 95-го перцентиля), в сумме осадков за весь 2015 г. Для расчета использовались индексы R95 и PRPTOT. Индекс осадков R95 показывает количество осадков, превышающее 95-й перцентиль, индекс PRPTOT-количество осадков за год. Наибольшая доля экстремального количества осадков наблюдалась на метеостанциях Кульсары (46 %) , Пешной (42 %), Аральское море (41 %), Атырау (50 %). Экстремальная доля количества осадков на этих метеостанциях достаточно высокая. На 35 метеостанциях (37 % от общего количества метеостанций) доля экстремальных осадков также достаточно высокая 20...39 %, что говорит о неравномерности выпадения осадков во времени.

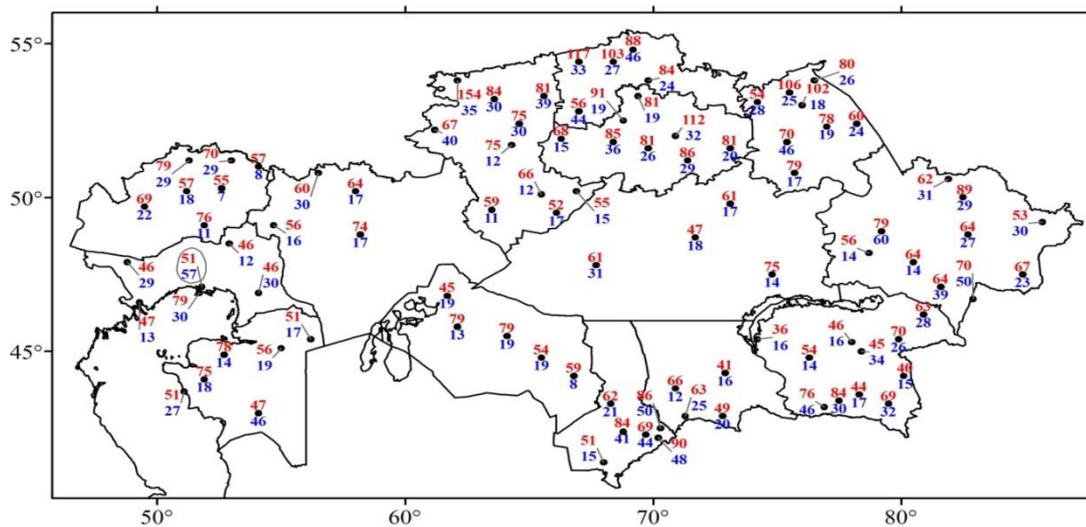


Рисунок 3.7 – Абсолютный максимум суточного количества осадков, выбранный за период с начала открытия метеостанции по 2014 год (нанесен красным цветом) и максимальное количество осадков, выпавшее за сутки в 2015 году (нанесен синим цветом), мм

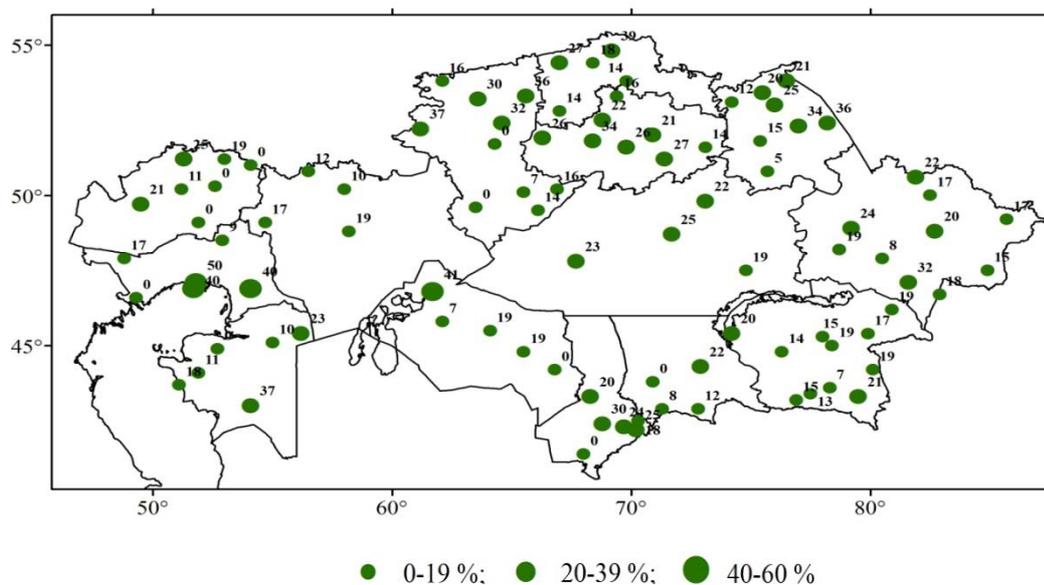


Рисунок 3.8 – Доля (в %) экстремального количества осадков в годовой сумме осадков в 2015 году. Экстремальное количество осадков рассчитано как сумма суточного количества осадков, превышающего 95-й процентиль

В условиях засушливого климата Казахстана очень важным является индекс CDD, который показывает **максимальную продолжительность периода, когда количество осадков выпало менее 1 мм** (продолжительность бездождного периода, рисунок 3.9). В 2015 году практически на всех метеостанциях продолжительность периода без осадков была, как минимум, больше месяца. Наибольшая продолжительность бездождного периода отмечена на метеостанциях Уил (107 дней), Кызылорда (116 дней), Казалинск (145 дней) и Аральское море (152 дня).

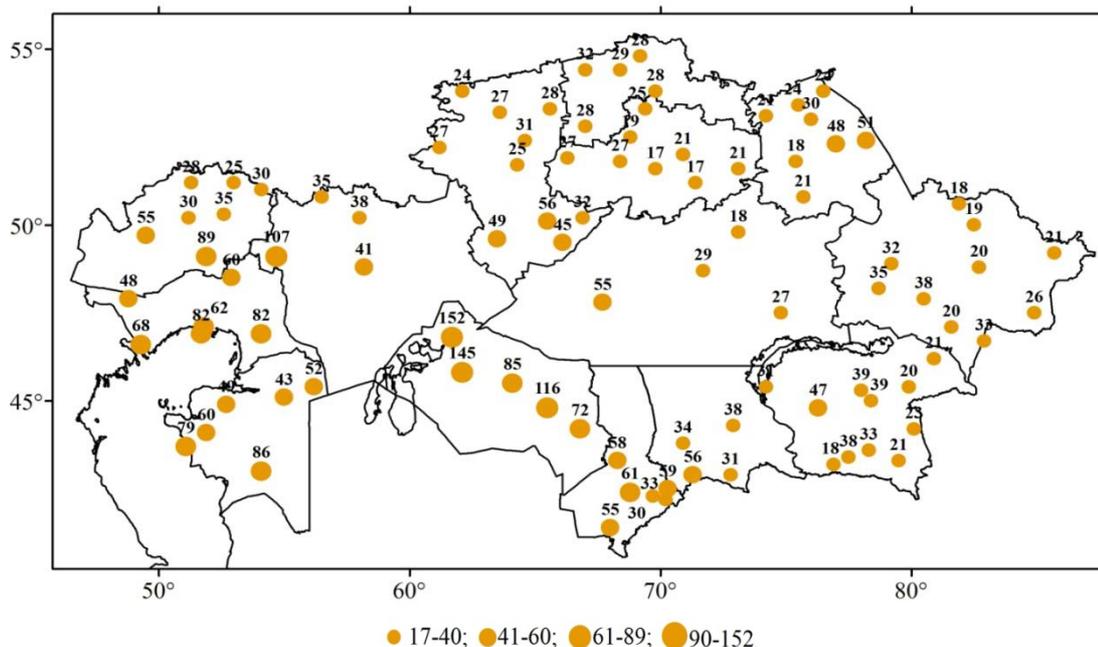


Рисунок 3.9 – Максимальная продолжительность бездождного периода (в днях) в 2015 году

В 2015 году *максимальная продолжительность дождливого периода, когда количество выпавших осадков было равно или больше 1 мм* (индекс CWD), представлена на рисунке 3.10. По результатам расчета индекса, максимальная продолжительность периода с осадками составила от 2 до 11 дней. Наибольший по продолжительности дождливый период, от 10 до 11 дней, наблюдался на метеостанциях Новороссийское, Эмба и Мартук.

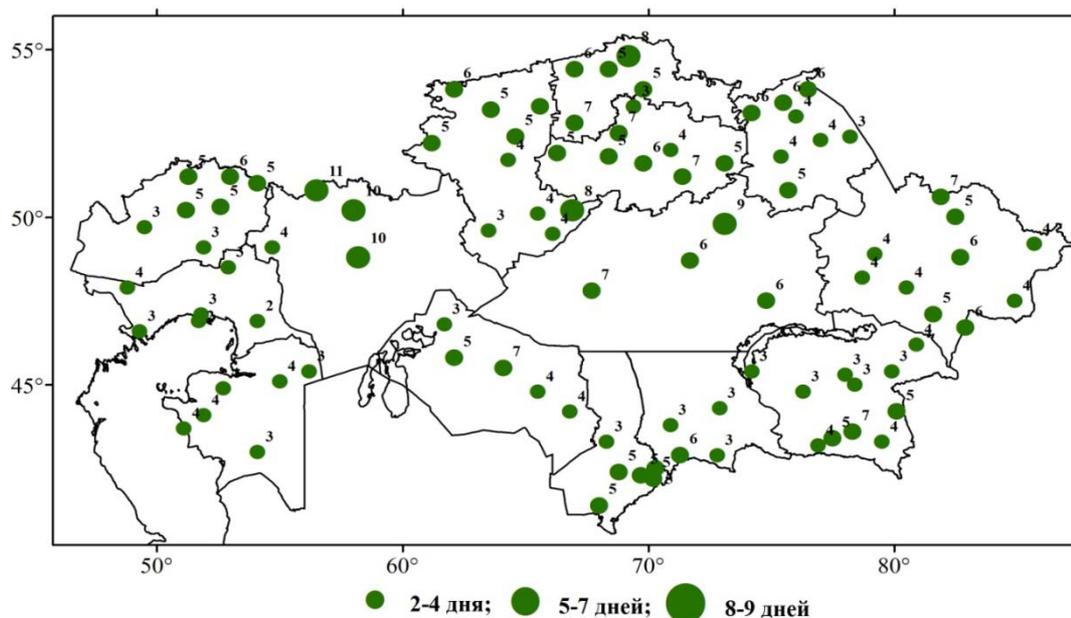


Рисунок 3.10 – Максимальная продолжительность периода (в днях) в 2015 году, когда количество выпавших осадков было равно или больше 1 мм

### 3.3 Тенденции в экстремумах атмосферных осадков

Анализ тенденций в экстремумах атмосферных осадков выполнен за период 1941...2015 гг. на основе наиболее показательных индексов, предложенных ВМО.

**Значения максимального суточного количества осадков** (индекс  $R_{x1day}$ ) на территории Казахстана практически не изменились (рисунок 3.11). Почти на всей территории республики наблюдались слабые – на 0,01...1,0 мм/10 лет, тенденции, как уменьшения, так и увеличения максимального суточного количества осадков. Все полученные тренды статистически недостоверны, за исключением нескольких станций. Так, например, статистически значимое увеличение количества осадков отмечено на метеостанциях Куйган (0,75 мм/10 лет), Бектауата (1,3 мм/10 лет) и Баянаул (1,6 мм/10лет). Статистически достоверное уменьшение максимального суточного количества осадков выявлено на метеостанции Турара Рыскулова (3,61 мм/10 лет).

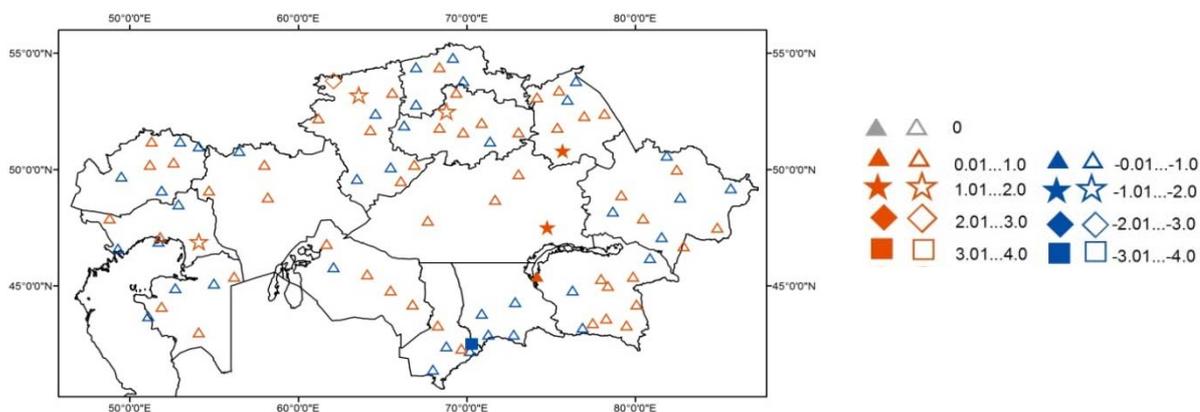


Рисунок 3.11 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда максимальных в году значений суточного количества осадков (мм/10 лет), рассчитанного за период 1941...2015 гг. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

Анализ тренда в значениях **доли экстремального количества осадков в годовой сумме осадков** (индекс  $R_{95pTOT}$ ) показал, что в целом по Казахстану, за исключением некоторых станций, наблюдались незначительные и статистически незначимые тенденции, как ее уменьшения, так и увеличения на 0,01...1,0 % 10 лет. На метеостанциях Михайловка (Павлодарская область) и Мойынкум (Жамбылская область) отмечено увеличение доли экстремального количества осадков на 1,2...1,5 %/10 лет, а на метеостанциях Чапаево, Чингирлау и Астана ее уменьшение на 1,2...2,5 %/10 лет. Все изменения на этих метеостанциях являются статистически достоверными (рисунок 3.12).

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.

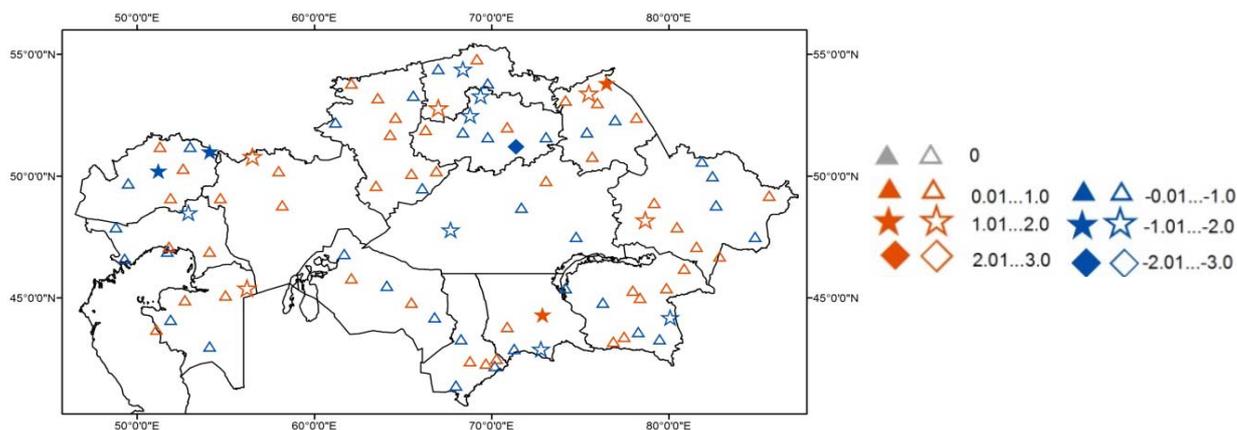


Рисунок 3.12 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда доли (%/10 лет) экстремального количества осадков в годовых суммах осадков, рассчитанного за период 1941...2015 гг. Экстремальное количество осадков рассчитано как сумма суточного количества осадков, превышающего 95-й процентиль. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

На большей части территории Казахстана наметилась тенденция сокращения максимальной продолжительности периода без осадков (индекс CDD). Статистически значимые изменения максимальной продолжительности периода без осадков наблюдаются в северных и северо-восточных регионах, а также на некоторых метеостанциях юга республики, где период сократился на 1...5 дней/10 лет (рисунок 3.13). На метеостанции Кокпекты отмечено значимое увеличение (2 дня/10 лет) максимальной продолжительности периода без осадков.

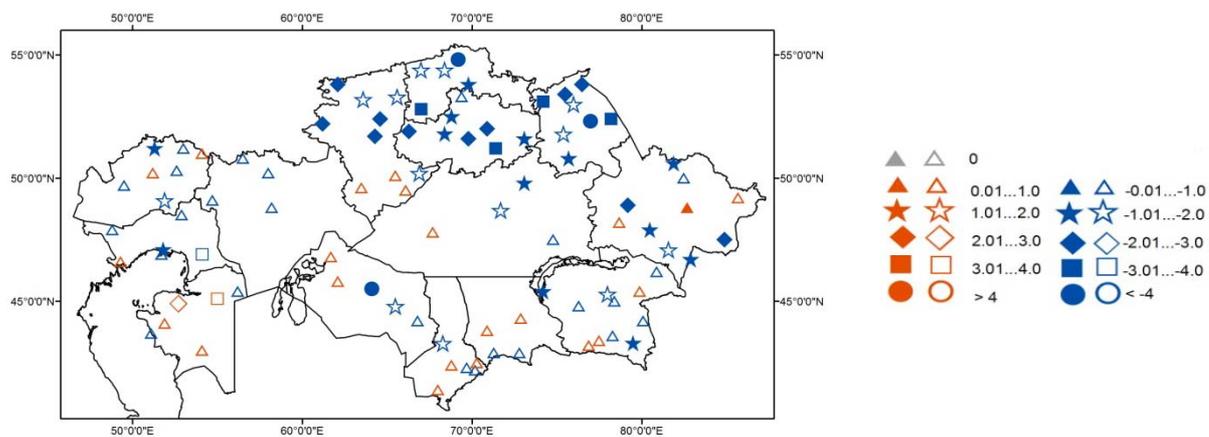


Рисунок 3.13 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда максимальной продолжительности бездождного периода (дни/10 лет), рассчитанного за период 1941...2015 гг. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### *Особенности климата в 2015 г.*

В многолетнем ряду наблюдений за глобальным климатом 2015 г. был рекордно теплым как на глобальном уровне, так и во многих отдельных странах. Потепление достигло рекордных уровней в результате длительного повышения температур, вызванного, главным образом, выбросами парниковых газов в результате деятельности человека в сочетании с последствиями развития явления Эль-Ниньо.

Глобальная средняя приповерхностная температура в 2015 г. была выше почти на  $0,76 \pm 0,09$  °С по сравнению со средним значением периода 1961 ... 1990 гг. и приблизительно на 1 °С выше значений периода 1850 - 1900 гг.

Глобальные средние температуры над поверхностью суши свидетельствуют о том, что в 2015 году наблюдались самые высокие температуры за историю наблюдений, сопоставимыми являются 2005, 2007 и 2010 гг. Глобальная средняя температура на поверхности моря в 2015 году была равна рекордному значению за 2014 г. В результате сочетания высоких температур на поверхности суши и моря 2015 г. стал в общей сложности рекордным годом.

Теплосодержание глобального океана как в верхнем 700-метровом слое, так и на глубинах до 2 000 м в 2015 г. достигло рекордных уровней.

Также были зафиксированы многочисленные экстремальные явления по всему миру, в нескольких случаях сообщалось о высоком материальном ущербе, о многочисленных пострадавших, и даже о гибели людей.

Среднегодовая температура воздуха в 2015 г. в Казахстане была на 1,6 °С выше среднемноголетнего значения за период 1961...1990 гг. Практически во все месяцы температура воздуха в Казахстане была выше нормы, что позволило 2015 г. занять 3 место среди самых теплых лет в ранжированном ряду значений аномалии среднегодовой температуры воздуха, тогда как по земному шару этот год занял первое место. Характерной чертой 2015 г. было то, что среднемесячные температуры в основном превышали норму в большинстве областей Казахстана. Средняя за год температура воздуха (метеорологический год с декабря 2014 г. по ноябрь 2015 г.) на всей территории Казахстана была выше нормы на 1,0...2,5 °С, Экстремально теплым год был в отдельных районах юга и юго-востока.

Годовое количество осадков на территории Казахстана в 2015г. (декабрь 2014-ноябрь 2015 г.) было, в основном, в пределах нормы (80...120 %). Экстремальное количество осадков было зафиксировано на станциях Булаево, Возвышенка, Петропавловск (Северо-Казахстанская область), Улькен Нарын (Восточно-Казахстанская область), Караганда (Карагандинская область). В этих регионах 2015 г. по количеству выпавших осадков вошел в 10 % экстремально влажных лет. Экстремально сухо было в районах станций Чингирлау и Джамбейты (Западно-Казахстанская область), в этих районах 2015 г. вошел в 10 % экстремально сухих лет. Абсолютный максимум суточного количества осадков в 2015 году перекрыт на

метеостанции Атырау и составил 57 мм. Наибольшая продолжительность бездождного периода отмечена на метеостанциях Уил (107 дней), Кызылорда (116 дней), Казалинск (145 дней) и Аральское море (152 дня). Наибольший по продолжительности дождливый период, 10...11 дней, наблюдался на метеостанциях Новороссийское, Эмба и Мартук.

На большей части территории Казахстана *зима* была теплая, температуры зимнего сезона были выше нормы на 1 °С...4,5 °С. Самые высокие аномалии температуры отмечены на метеорологических станциях Восточно-Казахстанской, Кызылординской, Костанайской и Северо-Казахстанской областей. Зимние осадки практически на всей территории республики были около нормы. На отдельных станциях северных, юго-западных и восточных регионов осадки превысили норму на 20...100 %. Аномально сухо было на юге, а также в некоторых районах центрального и западного Казахстана, где дефицит осадков составил 20...60 %.

*Весной* 2015 г., также как и зимой, на территории страны аномалии температуры были положительные, но, в основном, температуры были около нормы. Выше нормы на 2...2,5 °С температуры были южных и юго-восточных регионах. Значительный избыток осадков весной (на 50...100 % выше нормы) наблюдался в Карагандинской, Северо-Казахстанской, Акмолинской и Атырауской областях. В этих областях по данным большинства метеостанций весенний сезон 2015 г. вошел в 10% наиболее влажных сезонов. В южных областях и местами на западе республики осадков выпало на 20...60 % ниже нормы. В районе станции Уюк было экстремально сухо

*Лето* 2015 г. в большинстве регионов Казахстана характеризуется как теплое. В Алматинской, Восточно-Казахстанской областях, а также в отдельных районах Кызылординской, Южно-Казахстанской, Жамбылской лето было экстремально теплым. Из летних месяцев необходимо отметить июнь, который был экстремально теплым в Западно-Казахстанской, Мангистауской, Атырауской и Актыбинской областях, аномалии в этих областях колебались от 3,4 °С до 5,6 °С. В 2015 году на 8 станциях Казахстана были превышены абсолютные максимумы температуры воздуха (на 0,2...1,1 °С). В западной и юго-западной части республики, а также в отдельных районах Кызылординской и Южно-Казахстанской областей была высокой продолжительность волн тепла, которая составила 18...42 дней. Экстремально высокая повторяемость количества дней с температурой воздуха больше 35°С была на территории Алматинской и Жамбылской областей и местами в Южно-Казахстанской, Восточно-Казахстанской, Атырауской областях. На юге республики вегетационный период был продолжительнее более чем на месяц по сравнению с 2014 годом (270...300 дней). Дефицит осадков летом в среднем по Казахстану составил 23 %. В Актыбинской области осадков выпало всего 30 % нормы (2-ой ранг по дефициту осадков), в Мангистауской - 36 % , в Кызылординской - 38 %, в Западно-Казахстанской – 53 %, в Атырауской - 37 %. В этих областях лето 2015 г. вошло в 10 % самых сухих летних сезонов.

Температурный режим *осени* 2015 г. в отличие от осени 2014 г. был в пределах нормы на большей части территории республики. Холодно было в некоторых районах Северо-Казахстанской и Южно-Казахстанской областей. Лишь в Западно-Казахстанской и Атырауской областях аномалии температуры осенью были выше нормы на 1,0...1,5 °С. На

большей части территории Казахстана осень была влажной. Среднее по Казахстану количество осадков составило 135 % нормы (3 ранг в ряду влажных лет). В западных и некоторых районах центрального Казахстана дефицит осадков составил 20...60 %. На севере, юге и юго-востоке республики осадки превысили норму на 60...100 %. По данным большинства метеорологических станций этих регионов осенний сезон 2015 г. здесь вошел в 10 % наиболее влажных сезонов.

### **Изменение климата в Казахстане**

В среднем по Казахстану скорость повышения среднегодовой температуры воздуха составляет 0,28 °С каждые 10 лет, наибольший рост температур происходит весной и осенью - на 0,30 и 0,31 °С/10 лет, зимой - на 0,28 °С/10 лет, летом наблюдается наименьшая скорость повышения температуры - на 0,19 °С/10 лет. Наибольшая скорость повышения средней годовой температуры воздуха наблюдалась в Западно-Казахстанской области (на 0,38 °С каждые 10 лет), наименьшая – в Южно-Казахстанской области (на 0,22 °С каждые 10 лет). Во всех областях в последний 30-летний период преобладают года со значительными положительными аномалиями средней годовой температуры).

Прослеживается тенденция увеличения значений *суточных максимумов температуры приземного воздуха* на большинстве метеостанций всех областей Казахстана. Однако, на большей части Казахстана тенденции в экстремумах незначимы, за исключением отдельных метеостанций в различных регионах, где суточные максимумы температуры повышаются на 0,20...0,60 °С каждые 10 лет. И лишь на юге страны наблюдались отрицательные значения коэффициентов линейного тренда, в основном до минус 0,20 °С за 10 лет.

В Западно-Казахстанской, Актюбинской, Атырауской, Мангистауской, Кызылординской, Южно-Казахстанской, Жамбылской, Алматинской областях и на юге Костанайской области существует тенденция увеличения *количества дней с температурой воздуха выше 35 °С* (на 1...5 дней каждые 10 лет).

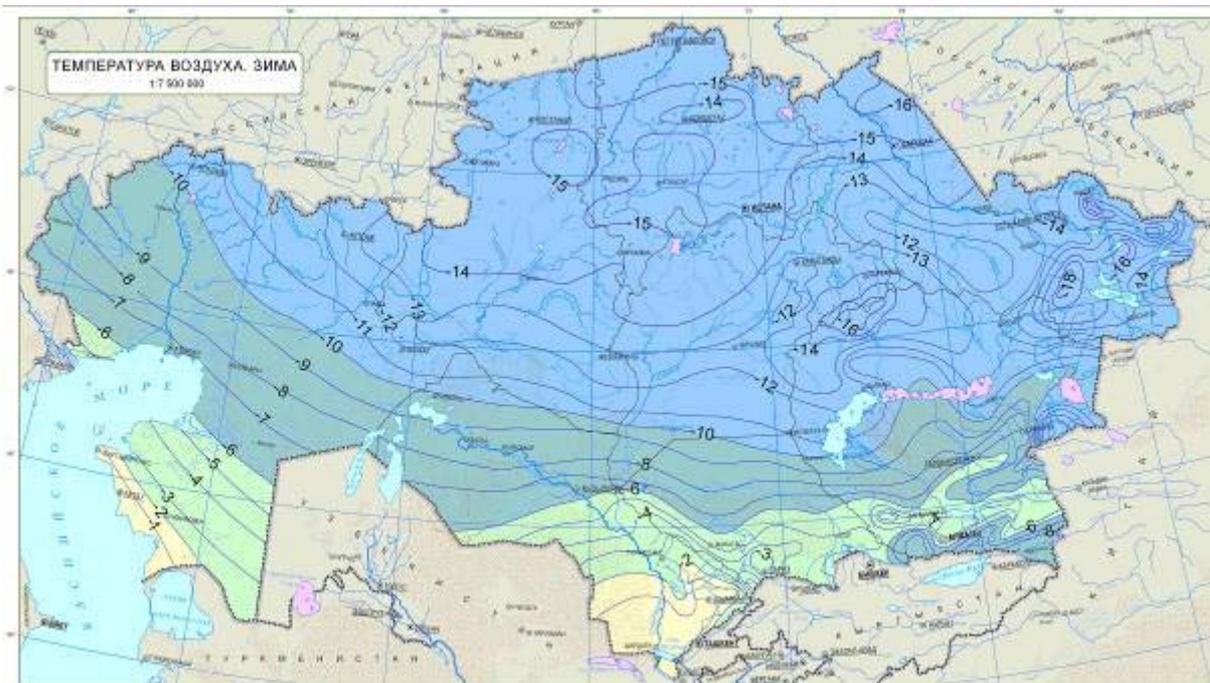
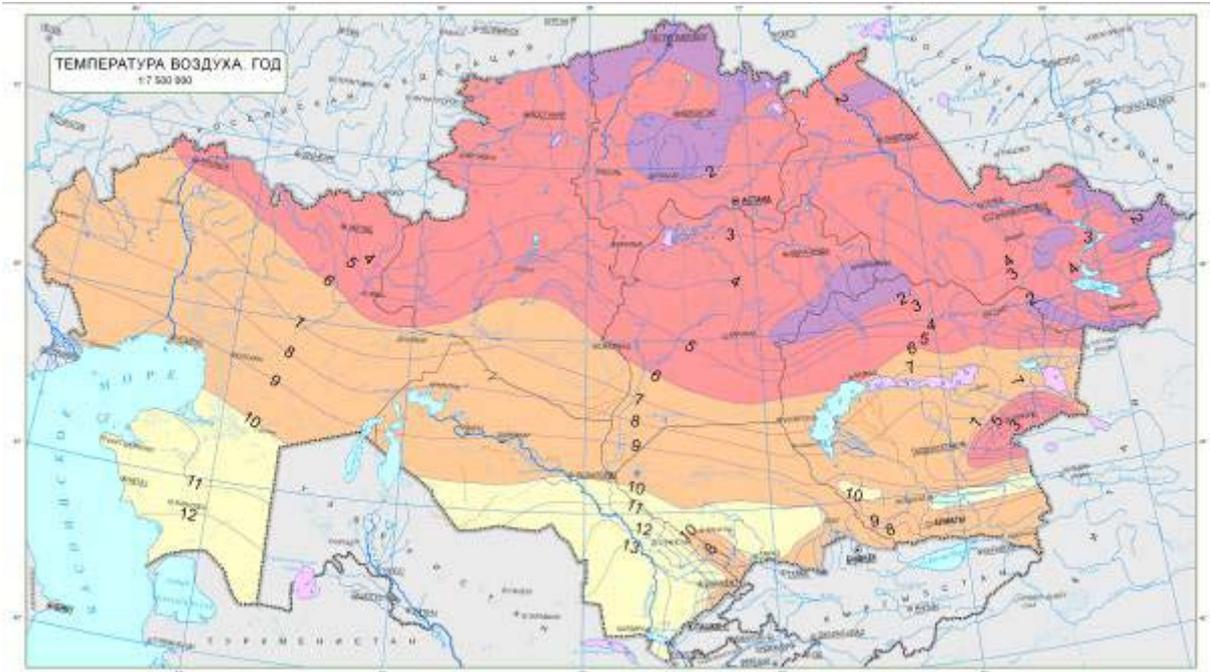
На всей территории республики увеличивается общая *продолжительность волн тепла* (на 1...3 дня/10 лет)

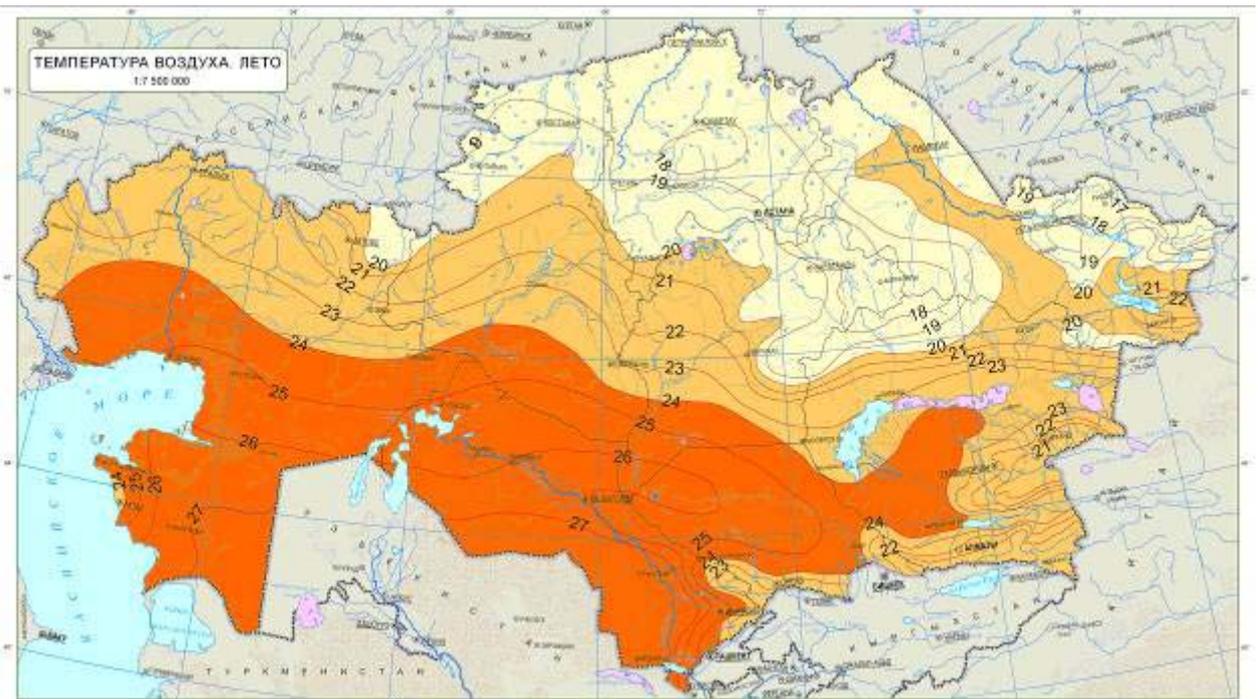
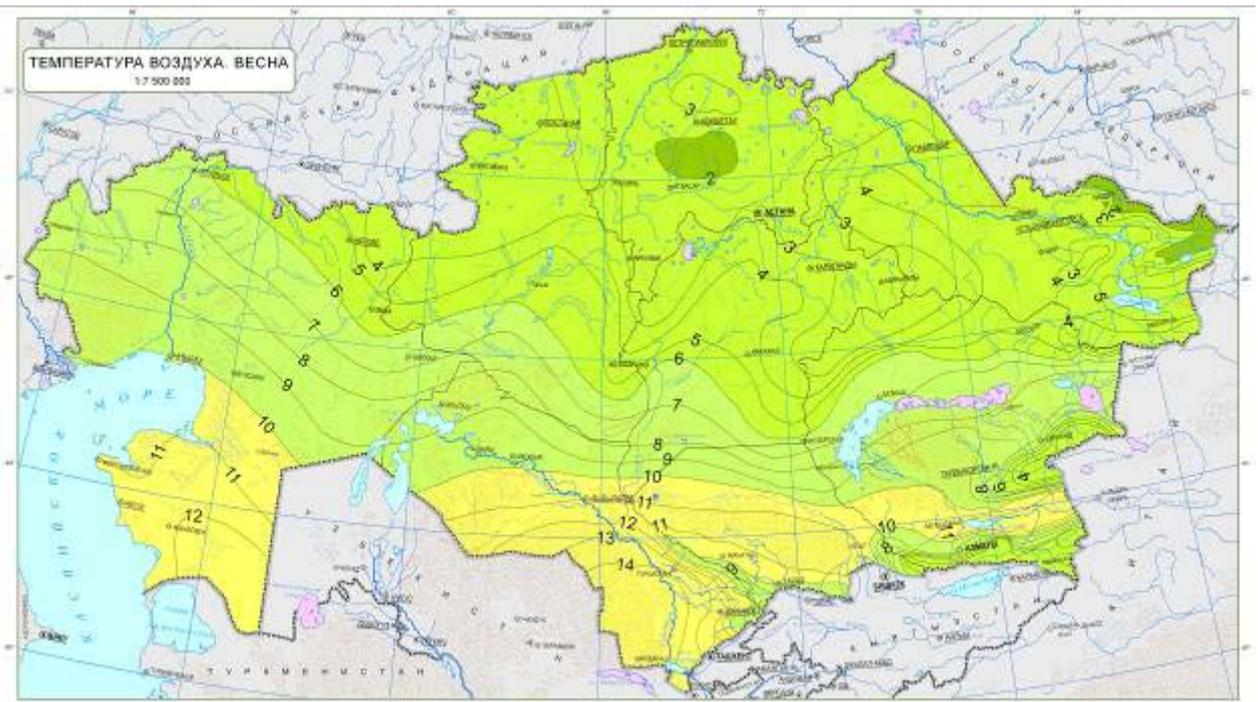
Практически повсеместно наблюдается тенденция уменьшения повторяемости *морозных дней*. В отдельных районах Южно-Казахстанской, Кызылординской и Атырауской областей сокращение составляет 5...6 дней каждые 10 лет.

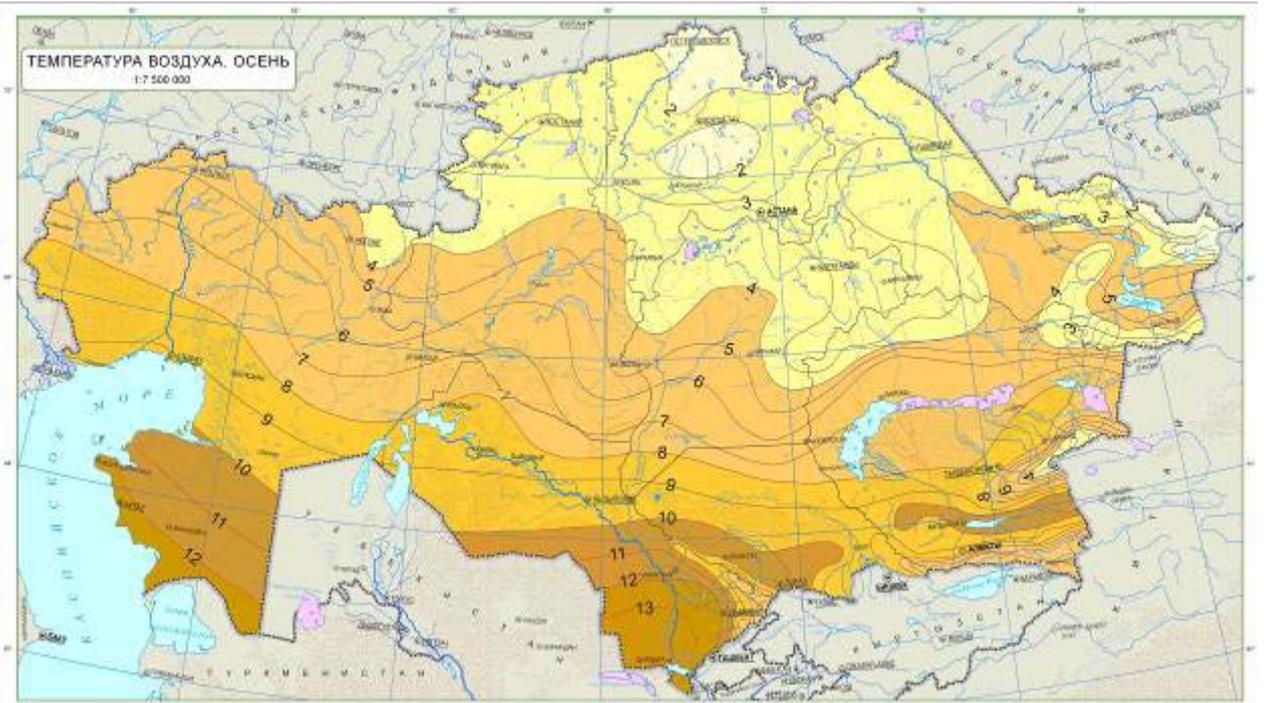
За период 1941...2015 гг. в среднем по Казахстану годовые суммы осадков незначительно уменьшались на 0,2 мм/10 лет. В зимний период устойчивые положительные тенденции наблюдались почти по всей территории, за исключением юго-запада и юга республики. В остальные сезоны на большей части территории Казахстана, за исключением отдельных горных и предгорных районов юго-востока и северных регионов, осадки уменьшались на 1...14 % нормы/10 лет. На большей части территории Казахстана наметилась тенденция сокращения *максимальной продолжительности периода без осадков*.

## 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.

