

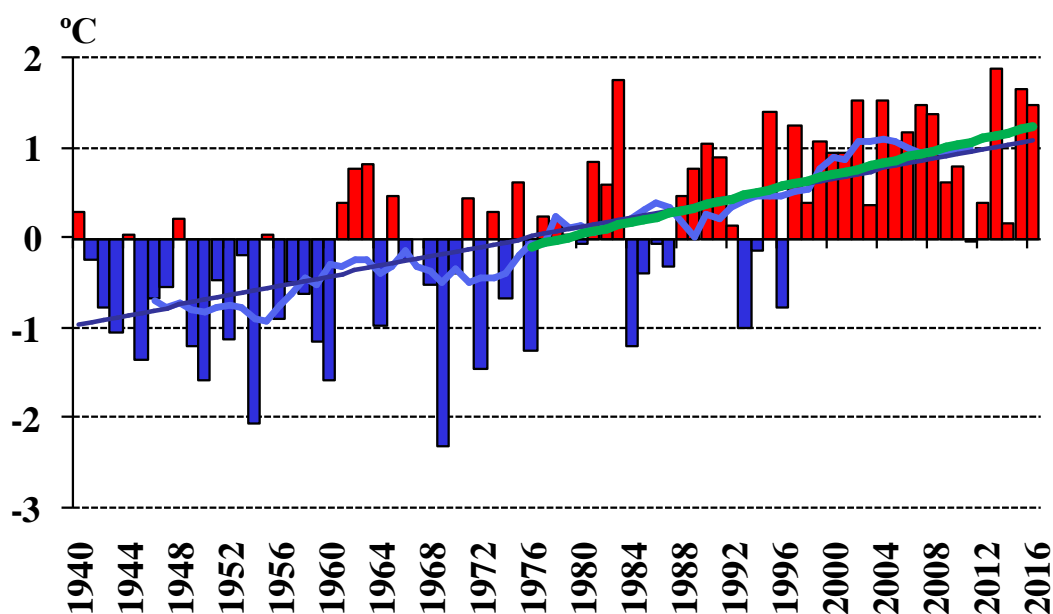


Министерство энергетики

Республиканское государственное
предприятие «Казгидромет»

Научно-исследовательский центр

***ЕЖЕГОДНЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ МОНИТОРИНГА
СОСТОЯНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА
КАЗАХСТАНА: 2016 ГОД***



Астана, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 ОБЗОР ИЗМЕНЕНИЙ ГЛОБАЛЬНОГО КЛИМАТА И ЕГО СОСТОЯНИЯ В 2016 г.	6
2 ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА	12
2.1 Аномалии температуры воздуха на территории Казахстана в 2016 году	14
2.2 Наблюдаемые на территории Казахстана изменения температуры воздуха	23
2.3 Тенденции в экстремумах температуры приземного воздуха	31
3. АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ	34
3.1 Аномалии количества осадков на территории Казахстана в 2016 году	34
3.2 Наблюдаемые на территории Казахстана изменения количества осадков	40
3.3 Тенденции в экстремумах атмосферных осадков	47
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	50
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	54
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	57

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 2016 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 40-ых годов 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.

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

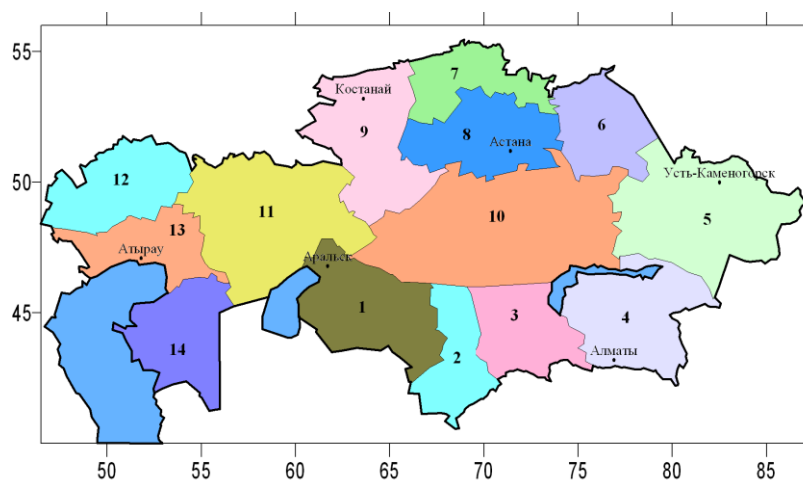
1) ряды среднемесячных температур воздуха и месячных сумм осадков с 1941 по 2016 гг., при этом данные более 190 метеостанций были использованы для оценки климатических норм за период 1961 - 1990 гг. и более 110 метеостанций для оценки тенденций;

2) ряды суточных максимальных и минимальных температур воздуха и суточного количества осадков с 1936 по 2016 гг. (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, то есть как процентное отношение количества выпавших осадков к значению нормы. Вероятность превышения характеризует частоту (в %) появления соответствующего значения аномалии в ряду наблюдений.

В качестве оценки изменений характеристики 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 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 – 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

Для оценки экстремальности температурного режима и режима осадков в 2016 г. и ее изменения в период 1936 - 2016 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 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 научный сотрудник Управления климатических исследований Смирнова Е.Ю. В подготовке бюллетеня также принимали участие: начальник Управления Долгих С.А. (раздел 1), ведущий научный сотрудник Байбазаров Д.К. (карты), ведущий инженер Илякова Р.М. (раздел 3), и старший научный сотрудник Монкаева Г.Е. (раздел 2).

1 ОБЗОР ИЗМЕНЕНИЙ ГЛОБАЛЬНОГО КЛИМАТА и ЕГО СОСТОЯНИЯ в 2016 г.

Каждый год Всемирная метеорологическая организация (ВМО) выпускает Заявление о состоянии глобального климата на основании данных, предоставляемых национальными метеорологическими и гидрологическими службами (НМГС) и другими национальными и международными организациями. На протяжении более 20 лет эти отчеты публикуются на шести официальных языках Организации Объединенных Наций в целях информирования правительств, международных организаций, других партнеров ВМО и широкой общественности о глобальном климате и значимых погодных и климатических трендах и явлениях на глобальном и региональном уровнях.

По просьбе Конференции Сторон (КС) РКИК ООН, выраженной на ее ежегодной сессии, которая проводилась в Марракеше в 2016 г., ежегодное Заявление ВМО о состоянии глобального климата и ежегодный Бюллетень ВМО по парниковым газам теперь будут представляться и на дальнейших сессиях КС в целях создания информационной основы для принятия решений относительно реализации Парижского соглашения. Таким образом, эти заявления будут дополнять оценочные доклады, выпускаемые Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК) каждые шесть-семь лет.

2016 год был самым теплым за всю историю наблюдений согласно всем основным комплектам данных о глобальной приповерхностной температуре, хотя в некоторых из них разница между 2016 и вторым из самых теплых лет, т.е. 2015 годом, находилась в пределах допустимой неопределенности. Согласно используемому ВМО среднему значению трех комплектов данных 2016 год был на $0,83 \pm 0,1$ °C теплее в сравнении со средним значением за базовый период 1961 - 1990 гг.и (на $0,52$ °C теплее в сравнении со средним значением за 1981 - 2010 годы), на $0,06$ °C превысил предыдущее максимальное значение, зафиксированное в 2015 году. Это также примерно на $1,1$ °C выше значений доиндустриального периода.

Каждый год на протяжении 16 лет, начиная с 2001-го, был как минимум на $0,4$ °C теплее в сравнении со средним значением за 1961 - 1990 годы, такое значение до 2001 года было достигнуто лишь однажды, в 1998 году. Глобальные температуры продолжают соответствовать тенденции к потеплению на $0,1-0,2$ °C за десятилетие.

На глобальные температуры в 2016 году значительное влияние оказало мощное явление Эль-Ниньо 2015/2016 года, особенно в начале года. Температуры в те годы, когда мощное явление Эль-Ниньо прекращается (например, в 1973, 1983 и 1998 годах), как правило, на $0,1-0,2$ °C превышают фоновые уровни (на это указывают средние температурные значения за 10-летние периоды, за середину которых взят каждый из этих лет), и температурные значения в 2016 году соответствовали этой схеме.

Потепление стало почти повсеместным в 2016 году. Температуры превысили средние значения за 1961 - 1990 годы на подавляющем большинстве участков суши в мире; единственные существенные исключения отмечены в северной и центральной частях Аргентины и в некоторых частях юго-западной Австралии.

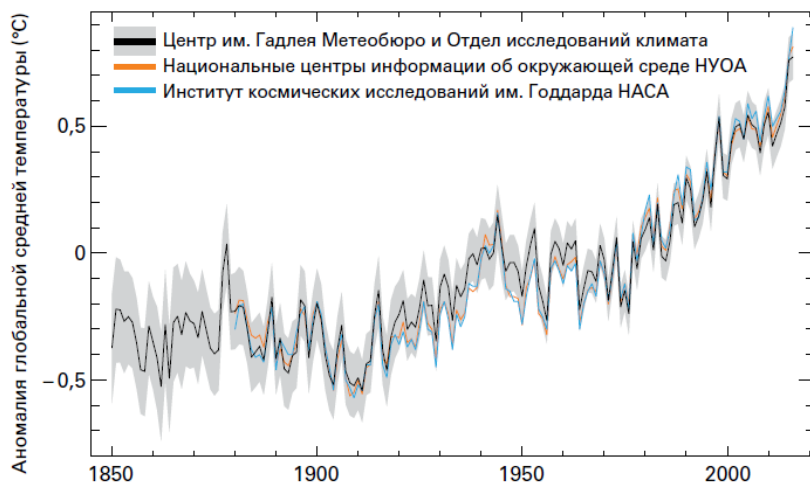


Рисунок 1.1 – Аномалии средней глобальной температуры (базовый период 1961 – 1990 гг.) в рамках трех основных комплектов данных, используемых в настоящем Заявлении. Затенение серым цветом указывает на неопределенность в комплекте данных HadCRU. *Источник: Центр им.Гадлея Метеобюро СК*

Темп прироста энергии в климатической системе (энергетический дисбаланс Земли) - важнейший контрольный показатель, с помощью которого определяются темпы глобального изменения климата. Во временных масштабах, превышающих примерно один год, подавляющая часть (свыше 90 %) энергетического дисбаланса Земли приходится на нагрев океанов. По мере того как океаны прогреваются, они расширяются, что приводит к глобальному и региональному повышению уровня моря. Наблюдаемое за последние 60 лет глобальное повышение уровня моря примерно на 40 % обусловлено повышением уровня теплосодержания океана. Глобальные значения уровня моря существенно повысились в период Эль-Ниньо 2015/2016 года и в начале 2016 года достигли новых рекордных отметок.

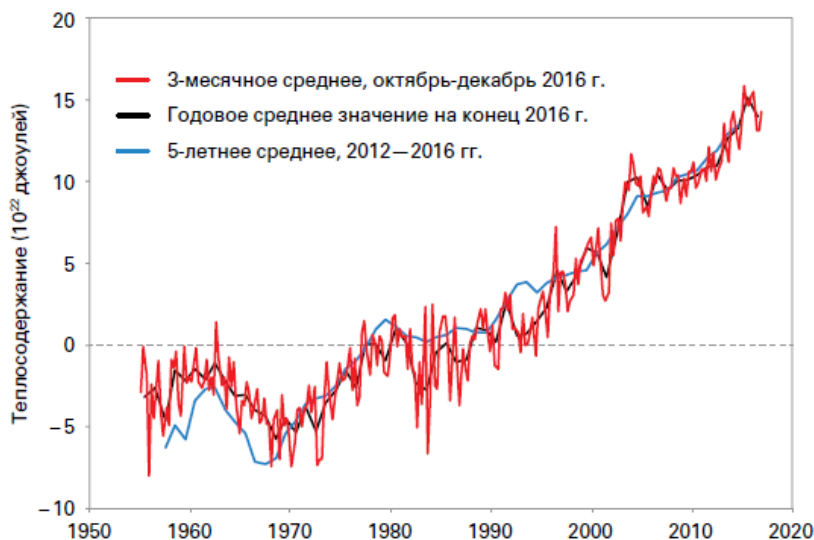


Рисунок 1.2 - Общее глобальное теплосодержание океанов (в 10^{22} Дж) для слоя 0-700 м в сравнении с базовым периодом 1955 - 2006 гг. Усредненные данные за периоды в три месяца (красная линия), один год (черный цвет) и пять лет (синий цвет). *Источник: ВМО-№ 1189*

Глобально усредненные температуры поверхности моря за 2016 год были самыми высокими в истории наблюдений. Очень высокие температуры океана внесли вклад в существенное обесцвечивание кораллов в некоторых тропических водах. В число подвергшихся существенному воздействию областей входит Большой Барьерный риф у восточного побережья Австралии, где в марте были зафиксированы рекордно высокие температуры поверхности моря. Согласно сообщениям, в северных частях рифа к северу от острова Лизард гибель кораллов достигала 50 %. Позднее в этом году также сообщалось о серьезном обесцвечивании кораллов в Окинаве, регионе Японии, где по

данным проведенных правительством обследований в ноябре и декабре гибель кораллов достигла 70 % в лагуне Секисеи.

Протяженность арктического морского льда была значительно ниже среднего значения на протяжении 2016 года и достигала рекордно низких отметок в течение большей части года. Сезонный максимум, зафиксированный 24 марта на уровне 14,52 млн км, был самым низким за всю историю спутниковых наблюдений с 1979 по 2016 год, на уровне чуть ниже, чем в 2015 году. В 2016 году годовой минимум протяженности арктического морского льда был равен уровню 2007 года, второму из самых низких значений этого показателя в истории наблюдений.

Протяженность антарктического морского льда была близка к среднему значению 1979-2015 годов в первые восемь месяцев 2016 года и достигла сезонного максимума, составившего 18,44 млн км², 31 августа. Это был самый ранний сезонный максимум в истории наблюдений. Затем весеннее таяние происходило исключительно быстро, в результате чего в ноябре средняя протяженность достигла отметки в 14,54 млн км², что на сегодняшний день с большим запасом является самым низким уровнем (на 1,0 млн км² ниже предыдущего самого низкого значения), со стандартными отклонениями на уровне 5,7 ниже среднего значения, что, по всей вероятности, представляет собой крупнейшую месячную аномалию в истории спутниковых наблюдений. Причины такого стремительного сокращения антарктического морского льда в конце 2016 года еще не вполне изучены, хотя местные ветры, вероятно, внесли в этот процесс существенный вклад.

По предварительным данным Всемирной службы мониторинга ледников, горные ледники в 2016 году продолжали таять. Контрольные ледники, по которым имеются данные за 2015/16 год, демонстрируют средний баланс массы на уровне -858 мм, при этом баланс массы лишь одного из 26 ледников имеет положительное значение. Этот дефицит среднего баланса массы менее экстремален, чем в 2014/15 году, но он несколько выше среднего показателя 2003 - 2015 годов.

На количество глобальных осадков в 2016 году сильно повлиял переход от условий Эль-Ниньо в начале года к нейтральным или слабым условиям Ла-Нинья во второй половине года. Это привело к резким сезонным контрастам, однако годовые суммарные значения были относительно близки к средним во многих частях мира. Этот год был влажным во множестве частей северного полушария, расположенных в высоких широтах. Большая площадь с осадками, превышающими 90-й перцентиль, простиралась от Казахстана в западном направлении, охватывая запад Российской Федерации, до Финляндии, северной части Швеции и Норвегии. Большие участки северо-центральной части Российской Федерации характеризовались засушливыми условиями, однако в большей части района к северу от 55°с.ш. между Уралом и озером Байкал уровень осадков был ниже 10-го перцентиля. Этот год был исключительно сухим на большей части территории Чили, от региона Сантьяго к югу, и на дальнем юге Аргентины. В противоположность этому на восточной стороне Анд в Аргентине осадков было намного больше, чем в среднем, во многих районах к северу от северной Патагонии.

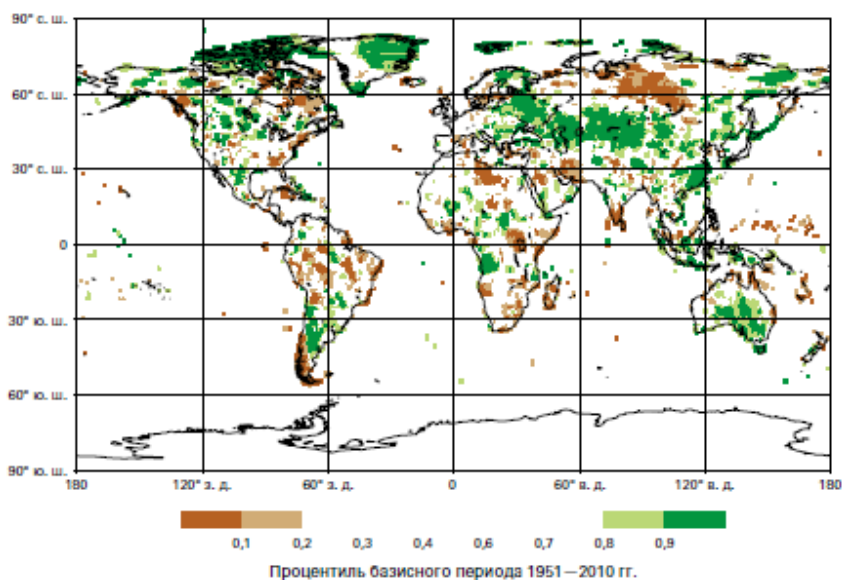


Рисунок 1.3 – Годовое суммарное количество осадков, выраженное в виде процентия базового периода 1951 - 2010 гг., для районов, в которых в течение базового периода было бы 20 % самых засушливых (коричневый цвет) и 20 % самых влажных (зеленый цвет) лет, при этом более темными оттенками коричневого и зеленого цветов показаны самые засушливые и самые влажные 10 % соответственно

Сильные засухи и наводнения привели к перемещению сотни тысяч людей. На значительной территории юга Африки 2016 год начался с сильной засухи. Второй год подряд количество осадков в различных местах было на 20 - 60 % ниже среднего в летний сезон дождей (октябрь-апрель) 2015/16 года. 2016 год был самым засушливым календарным годом в истории наблюдений в среднем по бассейну реки Амазонки. Засуха продолжилась на северо-востоке Бразилии, где за сильными дождями в январе не последовало дальнейшего выпадения осадков, и свыше 60 % региона были классифицированы как исключительно засушливые к концу года. В Австралии засухи прочно установились в начале года в двух отдельных регионах -на удаленной от моря территории Квинсленда и в юго-восточном регионе, охватывающем Тасманию, западную Викторию и юго-восток Южной Австралии, причем в отдельных частях обоих регионов количество осадков было ниже среднего с 2012 года. Начиная с мая во множестве частей восточной Австралии было отмечено рекордно высокое количество месячных осадков. За самыми засушливыми восемью месяцами в истории наблюдений в период с сентября 2015 по апрель 2016 года в Тасмании последовал самый влажный за всю историю наблюдений страны период с мая по декабрь. Другими регионами, в которых год начался с серьезных засух являются большая часть территории Индии, отдельные части Вьетнама (особенно в дельте реки Меконг), северные районы Эфиопии и обширные участки территории Индонезии. В южной части Тихого океана аномально засушливые условия в конце 2015 года и в первые месяцы 2016 года затронули регион, простирающийся от южной части Папуа-Новой Гвинеи, охватывая территорию Соломоновых островов и Вануату, до островов Фиджи, Тонга, Самоа, а также южных Островов Кука. От засушливых условий пострадали части Восточной Африки. В период с октября по декабрь уровень осадков в различных местах по-прежнему составлял 50 % от среднего значения или намного ниже, особенно в восточной части Объединенной Республики Танзании, восточной части Кении и Сомали, достигая уровня на 70-90 % ниже среднего в прибрежной полосе Кении и Объединенной Республики Танзании. На большинстве южных и центральных районов Чили, а также на дальнем юге Аргентины количество осадков в целом было на 30-60 % ниже среднего. В центральной части Чили - в Сантьяго, среднее количество осадков за

шесть лет с 2011 по 2016 год было на 40 % ниже долгосрочного среднего значения. Засушливые условия способствовали возникновению крупных лесных пожаров, которые начались в конце года и усугубились в январе 2017 года.

Во внутриматериковой части юго-востока Соединенных Штатов было особенно засушливо в октябре и ноябре, где местами было мало или вовсе не выпадало осадков на протяжении двух месяцев, что способствовало возникновению крупных природных пожаров. На большей части Индии месяцы октябрь-декабрь самые засушливые в истории наблюдений в этом регионе с количеством сезонных осадков на 65 % ниже среднего (что резко контрастирует с сильным наводнением, от которого регион пострадал в конце 2015 года). От засушливых условий также пострадала Шри-Ланка.

В среднем по Китаю этот год в целом был самым влажным в истории наблюдений со средним количеством осадков по стране на уровне 730 мм, что на 16 % выше долгосрочного среднего значения. В бассейне реки Янцзы в Китае наблюдался самый значительный для этого бассейна сезон паводков с 1999 года, причем в некоторых притоках зафиксированы рекордно высокие уровни паводковых вод.

От экстремальных наводнений пострадали районы на юге Соединенных Штатов, различные регионы Шри-Ланки, Индии, Непала и Бангладеш. В Париже уровень реки Сены достиг своего пятого из самых высоких значений за всю историю наблюдений (и самого высокого в не зимние месяцы), что повлекло за собой крупный материальный ущерб. В верховьях Нигера в Мопти (Мали) 6 сентября уровень воды в реке достиг своей самой высокой отметки с 1964 года, а в результате наводнения во внутренней дельте Нигера в Мали в ноябре и декабре уровень повысился до самых высоких отметок за последние 50 лет.

Глобальная активность тропических циклонов была близка к норме, но имелись некоторые необычные черты. Например, три случая выхода на сушу на японском острове Хоккайдо - впервые с момента начала наблюдений в 1951 году, или ураганы, которые наблюдались в непривычное время. Наиболее разрушительным тропическим циклоном года (а также метеорологическим бедствием какого-либо вида, причинившим наибольший ущерб) стал ураган «Мэтью», воздействию которого подверглись различные части Северной Атлантики в конце сентября и начале октября. Наибольшее количество жертв, связанных с ураганом «Мэтью», было зарегистрировано на Гаити, где сообщается как минимум о 546 погибших.

В течение лета 2015/16 года наблюдались наиболее разрушительные природные пожары в истории Канады, в юго-восточной части Соединенных Штатов Америки, в центральной и западной части Тасмании.

В 2016 г. было отмечено несколько крупных волн тепла, когда во многих отдельных местах зафиксированы рекордные величины за всю историю наблюдений: в южной части Африки, в Южной и Юго-Восточной Азии, в отдельных частях Ближнего Востока и в северной части Африки, во многих районах Западной, Центральной и Северной Европы.

Наиболее значительная волна холода наблюдалась в конце января на востоке Азии, при этом экстремально низкие температуры охватили регион, простирающийся к югу от восточной части Китая вплоть до Таиланда.

Сильные грозы и торнадо вызвали существенные потери во многих частях мира. Наихудший отдельный инцидент наблюдался в Яньчэне, провинция Цзянсу, Китай, 23 июня, когда торнадо стал причиной гибели 99 человек. Это был один из самых разрушительных торнадо за всю историю наблюдений в Китае, произошедший одновременно с сильным наводнением в этом регионе.

В Соединенных Штатах Америки в общей сложности в связи с торнадо за год погибли 17 человек. Однако наблюдалось множество других суровых и разрушительных гроз. Сообщалось о градинах диаметром 11 см в Сан-Антонио. Масштабная буря с градом была отмечена в провинции Северный Брабант, Нидерланды, 23 июня, где диаметр градин составлял 5 - 10 см, а убытки оценивались в 500 млн евро.

2 ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА

Территория Казахстана, находящаяся в центре Евразийского континента и удаленная от океана на значительное расстояние (2000 - 3000 км), прогревается более значительными темпами, чем земной шар в среднем, и такими же темпами, как в среднем Северное полушарие. За период 1976-2016 гг. коэффициент линейного тренда среднегодовой температуры воздуха составил для Земного шара $+0,18\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет (объясненная трендом доля дисперсии ряда – 84 %), $+0,34\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет для Северного полушария (вклад тренда в дисперсию – 83 %), и $+0,34\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет для Казахстана (вклад тренда в дисперсию 25 %). В 2016 г. среднегодовые (январь-декабрь) аномалии температуры воздуха относительно среднего многолетнего значения за период 1961-1990 гг. для Земного шара составили $+0,83\text{ }^{\circ}\text{C}$. Это исторический максимум с 1850 года, который перекрыл рекорд прошлого 2015 г. на $+0,07\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В среднем по Казахстану среднегодовая (январь-декабрь) аномалия температуры воздуха составила $+1,48\text{ }^{\circ}\text{C}$ относительно среднего многолетнего значения за период 1961-1990 гг. – это шестая величина в ранжированной по убыванию аномалии температуры воздуха и $+0,85\text{ }^{\circ}\text{C}$ относительно периода 1981 - 2010 гг. Норма средней по территории Казахстана за период 1961 - 1990 гг. средней годовой температуры воздуха составляет $5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. В 2016 г. температура воздуха достигла $7,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Среднее за последнее пятилетие 2012 - 2016 гг. среднее годовое значение температуры воздуха достигло самых высоких отметок с 1941 г.: $+6,66\text{ }^{\circ}\text{C}$. Средняя за последнее десятилетие (2007 - 2016 гг.) температура воздуха составила $+6,50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и превысила норму за период 1961 - 1990 гг. на $1,01\text{ }^{\circ}\text{C}$, это вторая по величине положительная аномалия, после рекордно теплого десятилетия 1997-2006 гг.

В таблице 2.1 представлены ранги десяти самых теплых лет в среднем по Земному шару (по данным наземной сети) и по Казахстану. 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.

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, исключение составляет 1983 г., который занимает второе место в ранге самых теплых лет.

Таблица 2.1 – Ранги самых тёплых лет для Земного шара (за период 1850 - 2016 гг.) и Казахстана (за период 1941 - 2016 гг.) и соответствующие аномалии среднегодовой температуры приземного воздуха, осредненные по территории Казахстана. Аномалии рассчитаны относительно периода 1961 - 1990 гг.

Ранг	Земной шар	Казахстан	Аномалия среднегодовой температуры (январь-декабрь), осредненная по территории Казахстана, °С
1	2016	2013	1,89
2	2015	1983	1,76
3	2014	2015	1,66
4	2010	2002	1,53
5	2005	2004	1,54
6	1998	2016	1,48
7	2003	2007	1,48
8	2002	1995	1,41
9	2013	2008	1,38
10	2007	1997	1,26

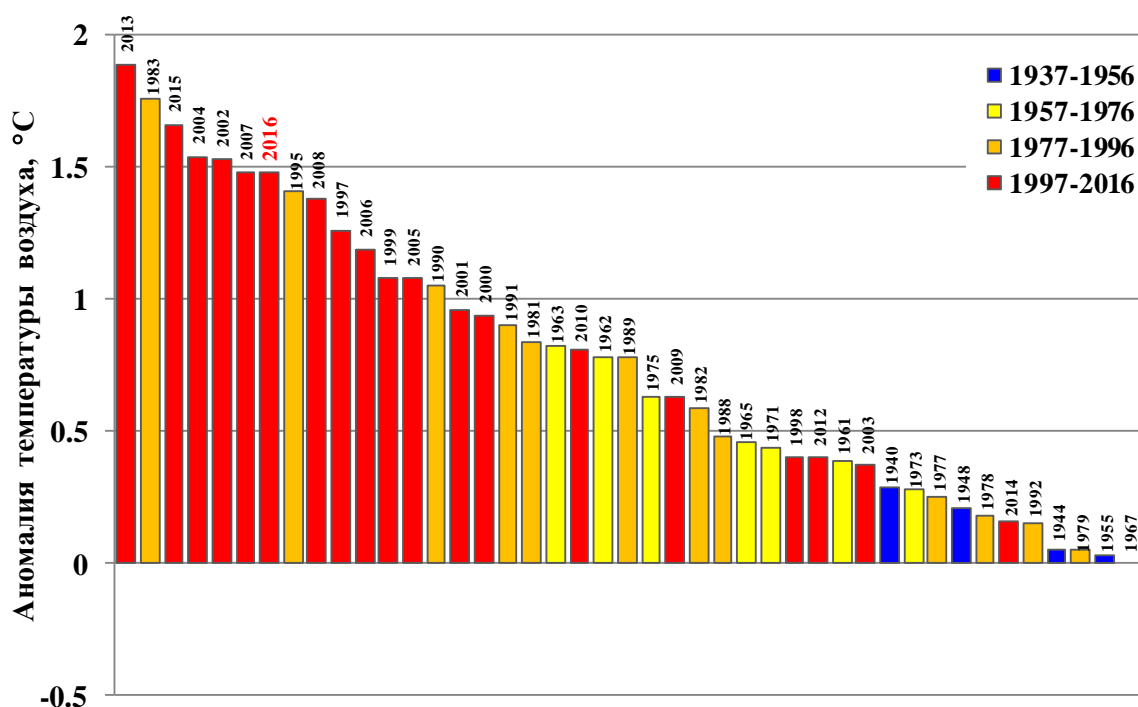


Рисунок 2.1 – Ранжированный ряд положительных аномалий среднегодовых (январь-декабрь) температур приземного воздуха, осреднённых по территории Казахстана (по данным 124 метеостанций) за период 1941 - 2016 гг. Нормы рассчитаны относительно базового периода 1961 - 1990 гг.

2.1 Аномалии температуры воздуха на территории Казахстана в 2016 году

В таблице 2.2 представлены среднегодовые и среднесезонные аномалии температуры, в таблице 2.3 - средние месячные аномалии температуры воздуха, наблюдавшихся в 2016 году и осредненные по областям и по Казахстану в целом. На рисунке 2.2 представлены пространственное распределение годовых и сезонных аномалий температуры воздуха на территории Казахстана. Для каждого значения аномалии приведены вероятность неперевышения, рассчитанная по данным за период 1941 - 2015 гг. и среднее квадратическое 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 95%-е и холодные 5%-е экстремумы) выделены жирным шрифтом и ярким цветом.

Год

2016 год (январь-декабрь) был теплым и экстремально теплым на большей части территории республики. Средняя за год температура воздуха, осредненная по территории Казахстана превысила среднее многолетнее значение за период 1961-1990 гг. на 1,48 °С (97%-ый экстремум) при стандартном отклонении 0,86 °С. В 8-ми из 14-ти областей Казахстана 2016 год вошел в десятку, а в 6-ти областях – в пятерку наиболее теплых лет. Экстремально теплый год (95%-й экстремум и выше) был в Жамбылской, Южно-Казахстанской и Кызылординской областях. На 38-ми станциях был зафиксирован максимум средней годовой температуры за период с 1941 по 2016 г. В некоторых северных и северо-восточных регионах температура воздуха была около нормы (рисунок 2.2).

Зима (декабрь 2015-февраль 2016 гг.) была экстремально и рекордно теплой: на всей территории Казахстана наблюдались положительные аномалии сезонной температуры (таблица 2.2). Средняя по территории Республики аномалия температуры составила +4,6 °С, что является абсолютным максимумом за период с 1941 г. и на 0,26 °С выше предыдущего рекордного значения, зафиксированного в 2007 г. Рекордно высокие аномалии наблюдались в западных и южных регионах Казахстана: Мангистауской (+4,9 °С), Кызылординской (+7,2 °С), Жамбылской (+4,9 °С), Южно-Казахстанской (+4,7 °С) областях, где 2016 г. стал самым теплым зимним сезоном в истории наблюдений, начиная с 1941 г. В остальных областях Казахстана, кроме Костанайской, Северо-Казахстанской и Павлодарской аномалии вошли в 5-ку самых высоких положительных аномалий. Экстремально высокие зимние температуры воздуха наблюдались на 70 % станциях Казахстана (температура была выше 95-го перцентиля, рисунок 2.2).

В декабре 2015 года средняя по территории Казахстана аномалия температуры воздуха составила +5,28 °С, что является историческим максимумом с 1941 г. и на 0,53 °С выше предыдущего рекорда, наблюдавшегося в 1989 г. (таблица 2.3). Экстремально тепло (температура выше 95-го перцентиля) было на всей территории Казахстана, кроме Алматинской, Южно-Казахстанской и Жамбылской областей. Рекордно высокие значения аномалии среднемесячной температуры воздуха зафиксированы в Акмолинской (+6,6 °С), Актюбинской (+6,0 °С), Костанайской (+6,2 °С) и Павлодарской (+7,3 °С) областях.

Таблица 2.2 – Регионально осредненные средние годовые (январь-декабрь) и сезонные аномалии температуры воздуха в 2016 г.: νT – отклонения от средних многолетних за 1961 - 1990 гг., °C; $P(t \leq T_{2016})$ – вероятность неперевышения (в скобках), рассчитанная по данным за период 1941-2016 гг. в %; s – среднее квадратическое отклонение в °C за период 1961 - 1990 гг.

Регион/область	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	νT (P)	s	νT (P)	s	νT (P)	s	νT (P)	s	νT (P)	s
Казахстан	1,48 (97)	0.86	4,65 (100)	2.45	3,05 (98)	1.27	0,79 (93)	0.65	-1,20 (18)	1.16
Алматинская	1.56 (94)	0.77	3.84 (98)	2.36	2.71 (96)	0.99	0.44 (61)	0.63	-0.68 (26)	1.07
Акмолинская	1.08 (81)	1.08	4.29 (96)	2.84	3.66 (97)	1.84	-0.09 (53)	1.04	-1.59 (16)	1.51
Актюбинская	1.73 (93)	0.95	5.87 (98)	2.51	3.19 (94)	1.91	1.03 (82)	0.92	-0.84 (25)	1.40
Атырауская	1.80 (93)	0.82	5.17 (98)	2.40	2.77 (97)	1.55	2.00 (96)	0.85	-0.87 (20)	1.20
Восточно-Казахстанская	1.11 (80)	1.07	3.92 (97)	2.71	2.87 (96)	1.51	0.51 (66)	0.79	-1.96 (14)	1.50
Жамбылская	1.83 (97)	0.85	4.87 (100)	2.84	2.77 (98)	0.99	0.58 (73)	0.83	-0.80 (28)	1.17
Западно-Казахстанская	1.84 (94)	1.06	5.70 (96)	2.74	2.98 (90)	2.01	2.20 (93)	1.22	-0.68 (32)	1.27
Карагандинская	1.16 (85)	0.9	4.83 (97)	2.57	3.29 (93)	1.35	-0.54 (22)	0.85	-1.86 (14)	1.40
Костанайская	1.23 (86)	1.06	4.56 (93)	2.76	3.24 (92)	1.92	1.00 (81)	1.09	-1.33 (17)	1.49
Кызылординская	2,42 (98)	0.9	7,17 (100)	2.87	3,65 (97)	1.21	1,32 (88)	0.93	-1,07 (21)	1.19
Мангистауская*	1.73 (91)	0.76	4.91 (100)	2.26	2.63 (92)	1.25	2.11 (89)	0.90	-1.23 (10)	1.15
Павлодарская	1.10 (78)	1.16	3.68 (94)	3.15	3.98 (98)	1.73	0.42 (66)	0.93	-1.78 (14)	1.62
Северо-Казахстанская	0.93 (77)	1.15	3.56 (92)	2.94	3.25 (96)	1.86	0.70 (80)	1.17	-1.33 (20)	1.53
Южно-Казахстанская	1.88 (100)	0.8	4.74 (100)	2.60	2.52 (96)	0.86	0.87 (84)	0.84	-1.48 (28)	1.10

Примечания: 1. для Мангистауской области оценка проводилась за период 1960 - 2016 гг.;
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.

В январе среднемесячная аномалия температуры воздуха по территории Казахстана составила +2,22 °C (таблица 2.3). Экстремально тепло (выше 95-го перцентиля) было в южных регионах Казахстана, исторический максимум аномалии среднемесячной температуры воздуха зафиксирован в Жамбылской (+5,92 °C) и Южно-Казахстанской (+6,13 °C) областях. На севере и северо-востоке наблюдались отрицательные аномалии температуры воздуха от минус 0,70 °C (Костанайская область) до минус 3,84 °C (Павлодарская область). **В феврале** осредненная по Казахстану аномалия среднемесячной температуры воздуха составила 6,45 °C (97 ой перцентиль, ранг 3). Самым теплым был февраль 2002 г. Во всех областях аномалии температуры были положительные. Экстремально тепло (95%-е и выше экстремумы) было на территории 10-ти из 14-ти областей Казахстана. Исторический максимум был зафиксирован в Мангистауской области, где аномалия температуры составила 6,90 °C (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Регионально осредненные средние месячные аномалии температуры воздуха в 2016 г.: νT – отклонения от средних за 1961 - 1990 гг., °C; $P(t \leq T_{2016})$ - вероятность неперевышения (в скобках), рассчитанная по данным за период 1941 – 2016 гг. и выражена в %

Регион/ область	12 (2015)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Казахстан	5,28 (100)	2,22 (84)	6,45 (97)	5,89 (97)	3,02 (94)	0,24 (57)	0,40 (70)	-0,20 (57)	2,17 (96)	2,01 (98)	-2,07 (5)	-3,52 (14)
Алматинская	3,58 (91)	4,46 (97)	3,35 (77)	6,21 (98)	2,47 (92)	-0,54 (32)	1,40 (90)	-0,13 (49)	0,06 (45)	3,12 (98)	-2,54 (4)	-2,59 (22)
Акмолинская	6,61 (100)	-1,24 (32)	7,43 (97)	6,23 (97)	4,4 (94)	0,33 (50)	-1,33 (22)	-1,25 (37)	2,38 (88)	2,03 (90)	-2,39 (2)	-4,40 (14)
Актюбинская	5,95 (100)	1,88 (62)	9,77 (98)	6,56 (94)	2,81 (86)	0,28 (60)	-0,9 (40)	-0,71 (44)	4,7 (100)	0,20 (49)	-0,86 (21)	-1,80 (32)
Атырауская	4,57 (98)	2,83 (65)	8,03 (98)	4,77 (97)	2,43 (89)	1,2 (77)	0,93 (65)	0,73 (70)	4,27 (100)	0,13 (45)	-0,63 (25)	-2,07 (33)
Восточно- Казахстанская	6,87 (98)	0,78 (61)	3,99 (78)	5,60 (92)	3,88 (94)	-0,83 (34)	1,08 (73)	0,39 (68)	0,07 (46)	3,20 (97)	-3,33 (2)	-5,74 (8)
Жамбылская	3,40 (86)	5,92 (100)	5,18 (81)	6,18 (98)	1,72 (88)	0,33 (54)	1,40 (82)	-0,12 (52)	0,52 (65)	3,22 (100)	-2,45 (2)	-3,17 (20)
Западно- Казахстанская	5,56 (98)	1,99 (57)	9,55 (98)	5,66 (94)	2,63 (84)	0,66 (69)	0,33 (57)	0,64 (62)	5,68 (100)	-0,64 (32)	0,00 (45)	-1,40 (41)
Карагандинская	5,64 (98)	3,49 (89)	5,31 (88)	6,90 (94)	3,38 (90)	-0,38 (41)	-0,40 (33)	-1,43 (29)	0,20 (52)	2,33 (94)	-3,34 (1)	-4,56 (12)
Костанайская	6,21 (100)	-0,70 (33)	8,06 (97)	5,39 (92)	3,76 (90)	0,7 (58)	-0,73 (37)	-0,79 (45)	4,49 (97)	1,00 (66)	-1,36 (17)	-3,64 (17)
Кызылординская	5,12 (98)	7,23 (98)	9,13 (97)	7,83 (98)	2,1 (82)	1,03 (69)	0,73 (62)	0,37 (66)	2,83 (93)	2,03 (93)	-1,53 (10)	-3,75 (9)
Мангистауская	3,89 (98)	4,1 (89)	6,9 (100)	4,6 (96)	1,6 (80)	1,7 (85)	1,50 (75)	0,6 (58)	4,30 (96)	0,20 (50)	-1,00 (16)	-2,9 (5)
Павлодарская	7,28 (100)	-3,84 (20)	7,64 (98)	6,24 (96)	5,3 (96)	0,36 (49)	0,30 (58)	-0,64 (40)	1,56 (78)	3,18 (98)	-3,26 (2)	-5,26 (10)
Северо- Казахстанская	5,98 (98)	-2,99 (24)	7,71 (98)	4,31 (89)	4,56 (96)	0,75 (58)	-0,74 (37)	-0,74 (50)	3,63 (94)	1,83 (29)	-1,80 (4)	-4,05 (16)
Южно- Казахстанская	2,16 (78)	6,13 (100)	5,92 (96)	5,54 (98)	0,96 (69)	1,08 (73)	0,97 (74)	0,20 (58)	1,43 (82)	3,23 (100)	-1,98 (8)	-2,68 (21)

Примечания: 1. для Мангистауской области оценка проводилась за период 1960-2016 гг.;
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.

В зимний период 2015 - 2016 г. на отдельных станциях был обновлен максимум средней месячной температуры воздуха за период с 1941 г.: в декабре на станциях Актюбинской, Западно-Казахстанской, Мангистауской, Карагандинской, Восточно-Казахстанской, Северо-Казахстанской, Акмолинской, Костанайской, Павлодарской, Кызылординской областей (всего на 59-ти станциях); в январе на станциях Алматинской, Южно-Казахстанской, Кызылординской и Жамбылской областей (всего на 18-ти станциях); в феврале на станциях Атырауской, Мангистауской, Актюбинской и Костанайской областей (всего на 8-ми станциях).

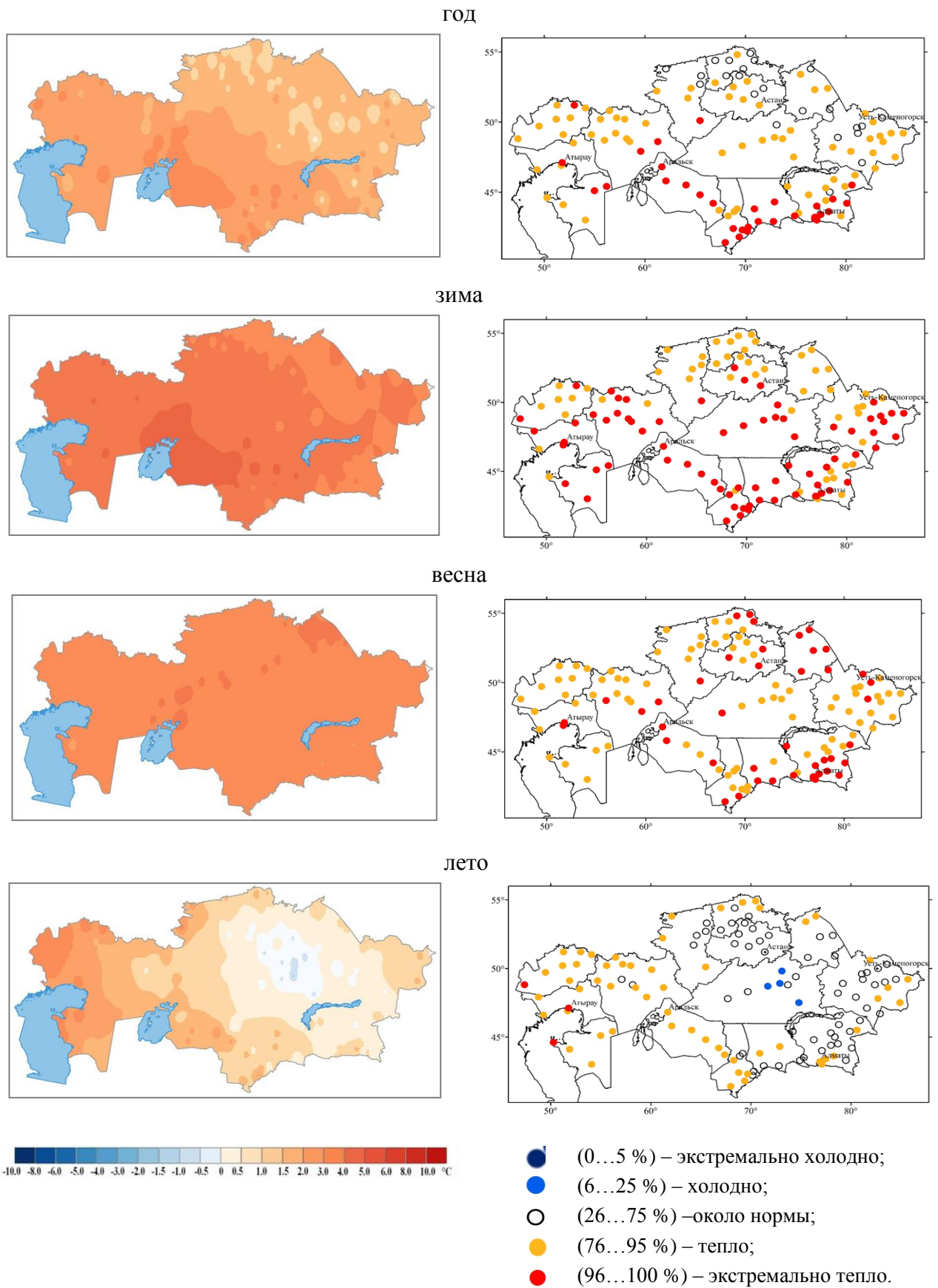


Рисунок 2.2 – Пространственное распределение аномалий температуры воздуха (°C) в 2016 г., рассчитанных относительно базового периода 1961 - 1990 гг., и вероятности непревышения значений температуры воздуха, наблюдавшейся в 2016 г., рассчитанные по данным периода 1941 - 2016 гг. *Лист 1*

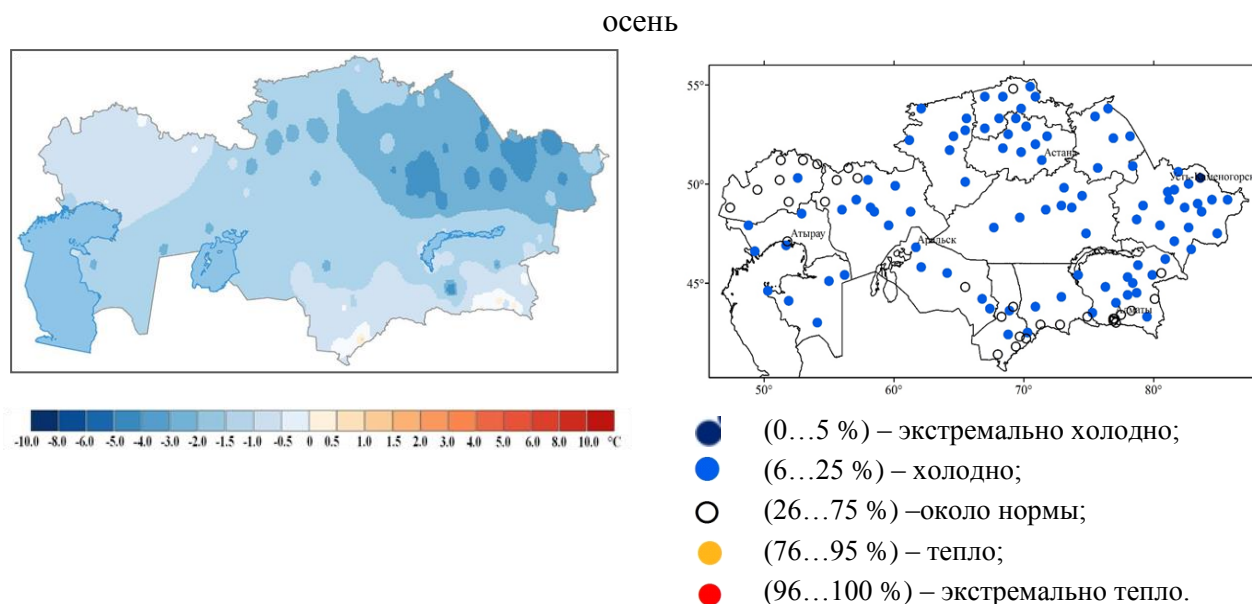


Рисунок 2.2 – Пространственное распределение аномалий температуры воздуха (°C) в 2016 г., рассчитанных относительно базового периода 1961 - 1990 гг., и вероятности превышения значений температуры воздуха, наблюдавшейся в 2016 г., рассчитанные по данным периода 1941 - 2016 гг. *Лист 2*

Весна также была экстремально теплой. Средняя по территории Казахстана аномалия сезонной температуры воздуха составила $+3,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, что является второй величиной с 1941 г. (таблица 2.2) и более чем в 2 раза превысила среднее квадратическое отклонение ($\pm 1,27\text{ }^{\circ}\text{C}$). Во всех областях Казахстана аномалии весенней температуры попали в 10 % самых высоких положительных аномалий. Экстремально тепло (выше 95-го перцентиля) было на территории 9-ти из 14-ти областей (рисунок 2.2). Такая экстремальная весна была, в основном, за счет экстремально теплого марта и теплого апреля.

В марте в среднем по территории Казахстана аномалия среднемесячной температуры воздуха была $+5,89\text{ }^{\circ}\text{C}$ (98-ой перцентиль и 3-я величина аномалии (таблица 2.3). Экстремально тепло было на 55 % станций. **В апреле** осредненная по Казахстану аномалия среднемесячной температуры воздуха составила $+3,02\text{ }^{\circ}\text{C}$, попав в 10 % лет с высокими положительными аномалиями (5 ранг). Экстремально тепло (95-е экстремумы) было в Северо-Казахстанкой ($+4,56\text{ }^{\circ}\text{C}$) и Павлодарской ($+5,30\text{ }^{\circ}\text{C}$) областях (аномалии 4-го ранга). Аномалии температуры воздуха выше 90-го перцентиля наблюдались в Костанайской, Акмолинской, Карагандинской, Восточно-Казахстанской и Алматинской областях. **В мае** среднемесячные температуры воздуха были в пределах нормы, в среднем по территории Казахстана аномалия составила $+0,24\text{ }^{\circ}\text{C}$ (таблица 2.3). В Карагандинской, Алматинской и Восточно-Казахстанской областях наблюдались отрицательные аномалии температуры воздуха – от минус $0,38\text{ }^{\circ}\text{C}$ до минус $0,83\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В весенний период 2016 года на отдельных станциях были обновлены максимумы средней месячной температуры воздуха за период с 1941 г.: в марте на станциях Жамбылской и Алматинской областей (всего на 16-ти станциях); в мае на станции Ассы Алматинской области.

Лето 2016 г. было относительно нежарким, осредненная по территории Казахстана аномалия составила $+0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, это 93-ий перцентиль и 11-ая величина в ряду положительных аномалий с 1940 г. Температура была выше нормы на большей части территории Казахстана, кроме Акмолинской и Карагандинской областей, где наблюдались отрицательные аномалии. В Атырауской области было экстремально тепло: $+2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (96-й перцентиль и 4-ый ранг).

В июне среднемесячные температуры были около нормы – в среднем по Казахстану аномалия составила $+0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Очень тепло в Алматинской области аномалия температуры воздуха составила $+1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ – ранг 8, попав в 10 % очень теплых лет. В северных и центральных регионах Казахстана наблюдалась область отрицательных аномалий температуры воздуха: от минус $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ до минус $1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. **Июль** был относительно прохладным: в большинстве областей Казахстана наблюдались незначительные отрицательные аномалии температуры воздуха, в результате осредненная по территории всей республики аномалия температуры воздуха была на $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ниже среднего многолетнего значения. **Август** был экстремально теплым: осредненная по территории Казахстана аномалия температуры воздуха достигла $+2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (96-ой перцентиль и 5-ый ранг среди положительных значений аномалии температуры). Экстремально тепло в западной и северо-западной части Казахстана, где на большинстве станций отмечались 95 %-е экстремумы, а на 21-ой станции отмечен исторический максимум. Рекордно тепло в Актюбинской ($+4,70\text{ }^{\circ}\text{C}$), Западно-Казахстанской ($+5,68\text{ }^{\circ}\text{C}$), Атырауской ($+4,27\text{ }^{\circ}\text{C}$) областях. Экстремально тепло (выше 95-го перцентилья) было в Костанайской ($+4,49\text{ }^{\circ}\text{C}$) и Мангистауской ($+4,30\text{ }^{\circ}\text{C}$) областях. В Северо-Казахстанской ($+3,63\text{ }^{\circ}\text{C}$) и Кзылординской ($+2,83\text{ }^{\circ}\text{C}$) областях аномалии температуры воздуха вошли в 10 % самых высоких аномалий.

Летом 2016 г. на отдельных станциях был обновлен максимум средней месячной температуры воздуха за период с 1941 г.: в июне на станции Ассы Алматинской области; в августе на станциях Западно-Казахстанской, Атырауской, Мангистауской, Актюбинской, Костанайской областей (всего на 21-ой станции).

Несмотря на экстремально теплый сентябрь, **осень 2016 г.** была холодной за счет относительно низких температур воздуха в октябре и ноябре. Средняя по территории Казахстана температура воздуха в осенний сезон была ниже нормы на $1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (14-ая по величине отрицательная аномалия температуры воздуха). Аномалии температуры, осредненные по областям Казахстана, были в пределах от минус $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ до минус $2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Наиболее холодно в Павлодарской, Карагандинской и Восточно-Казахстанской областях (рисунок 2.2).

Сентябрь был экстремально теплый месяц в осеннем сезоне: на большей части Казахстана аномалии среднемесячной температуры воздуха были выше нормы на $2-3\text{ }^{\circ}\text{C}$; осредненная по территории страны аномалия температуры воздуха составила $+2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ – вторая по величине в ряду положительных аномалий после рекордного сентября 1971 г. Рекордно высокие аномалии наблюдались в Жамбылской ($+3,22\text{ }^{\circ}\text{C}$), Южно-Казахстанской ($+3,23\text{ }^{\circ}\text{C}$) областях. В остальных областях Казахстана, кроме областей западного региона, аномалии вошли в 10 % самых высоких положительных

аномалий. **Октябрь**, напротив, был экстремально холодным месяцем сезона практически на всей территории Казахстана: осредненная по территории Казахстана аномалия температуры воздуха составила минус 2,07 °С (4-ый ранг среди отрицательных значений и 5-ый процентиль). Экстремально холодно (ниже 5-го процентиля) было в восточной половине Казахстана, где среднемесячная температура воздуха опустилась ниже нормы на 1,80-3,33 °С, заняв 3-4 ранги среди самых низких октябрьских температур. Только в Западно-Казахстанской области температура воздуха была около нормы. **В ноябре** температура воздуха, осредненная по республике, была ниже нормы на 3,52 °С. Аномалии были отрицательные во всех областях Казахстана, на территории Восточно-Казахстанской, Кызылординской и Павлодарской областей ноябрь 2016 г. вошел в 10 % самых холодных месяцев. Экстремально холодно было в Мангистауской области (5 %-ый экстремум с аномалией минус 2,90 °С).

В сентябре на отдельных станциях Карагандинской, Восточно-Казахстанской, Павлодарской, Алматинской, Южно-Казахстанской и Жамбылской областей были обновлены максимумы средней месячной температуры воздуха за период с 1941 г. (всего на 30 станциях). В октябре обновлен минимум на станции Актогай в Карагандинской области.

Для оценки экстремальности температурного режима в конкретный год использованы так называемые индексы экстремальности, рекомендованные Всемирной метеорологической организацией. Ниже представлен анализ некоторых наиболее показательных индексов и особенности распределения их значений по территории Казахстана в 2016 г.

Суточный максимум температуры воздуха в 2016 г. На рисунке 2.3 красным цветом показаны значения абсолютных максимумов температуры воздуха, зарегистрированные с начала открытия метеостанции по 2015 год, синим цветом – значения суточных максимумов температуры воздуха, наблюдавшиеся в 2016 г.

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. В 2016 г. значения абсолютных максимумов, когда либо достигнутых ранее, не были превышены ни на одной станции Казахстана.

Суточный минимум температуры воздуха в 2016 г. На рисунке 2.4 представлены абсолютные минимумы температуры воздуха, зафиксированные с момента открытия метеостанции по 2015 г., (красным цветом) и синим цветом - данные о минимальной температуре воздуха в 2016 г.

Самые низкие температуры в Казахстане были зафиксированы на МС Орловский посёлок в январе 1931 г. (-54°С) и в январе 1893 г. на МС Астана (-52 °С). В 2016 г. рекорды суточных минимальных температур не были обновлены. В 2016 г. самые низкие температуры воздуха наблюдались в Акмолинской, Северо-Казахстанской, Костанайской, Павлодарской и Восточно-Казахстанской областях и составляли -35...-39 °С (рисунок 2.4).

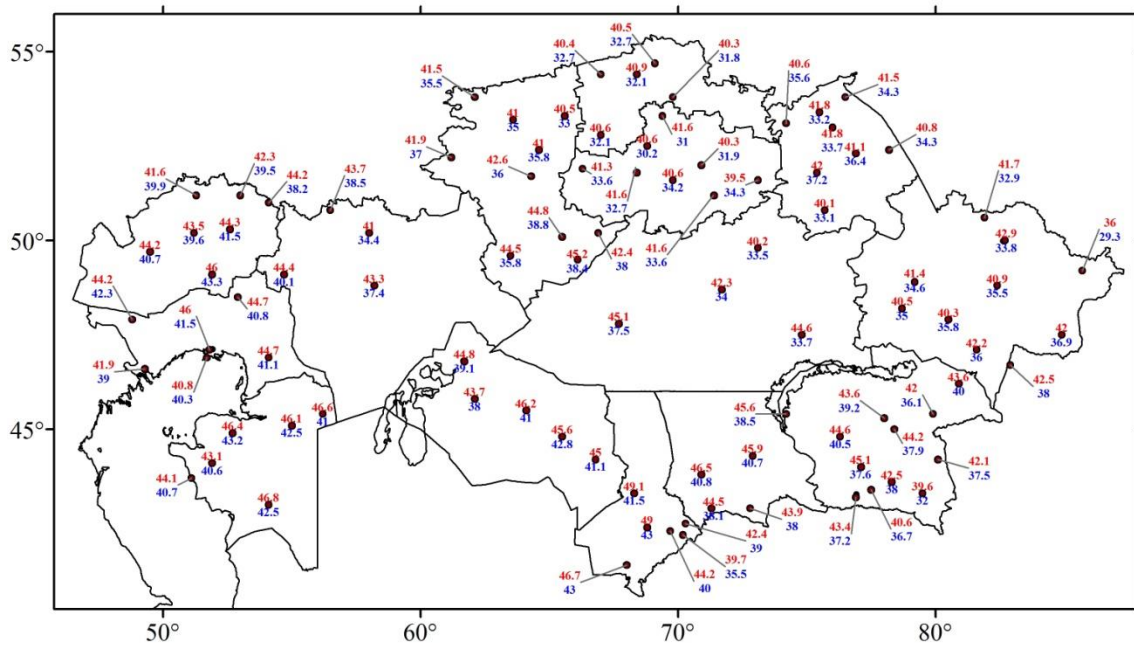


Рисунок 2.3 – Значения абсолютных максимумов температуры воздуха (°С), зарегистрированные с начала открытия метеостанции по 2015 г. (нанесены красным цветом) и максимальные значения суточной температуры воздуха (°С), наблюдавшиеся в 2016 г. (нанесены синим цветом)

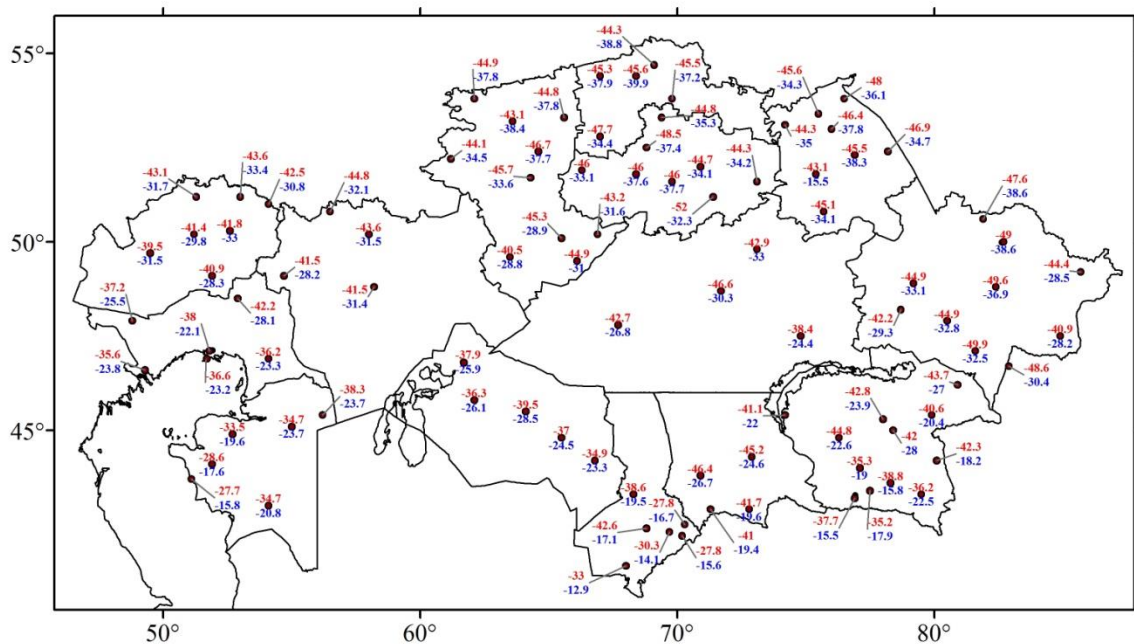


Рисунок 2.4 – Значения абсолютных минимумов температуры воздуха (°С), зарегистрированные с начала открытия метеостанции по 2015 г. (нанесены красным цветом) и минимальные значения суточной температуры (°С), наблюдавшиеся в 2016 г. (нанесены синим цветом)

Количество дней с температурой воздуха выше 35 °С в 2016 г. представлено на рисунке 2.5 а. Количество жарких дней увеличивается с севера на юг и юго-запад. В северных, центральных и северо-восточных равнинных регионах, а также в горных районах юга и юго-востока такие температуры либо не наблюдались, либо наблюдались

крайне редко, о чем свидетельствуют вероятности неперевышения. В западных и южных областях количество дней с температурой выше 35 °С превышало 25 - 35 дней, максимальное количество, 55 - 65 дней, наблюдалось в Южно-Казахстанской и Мангистауской областях. Вероятность неперевышения данных значений здесь была достаточно высокая: 76 - 95 %.

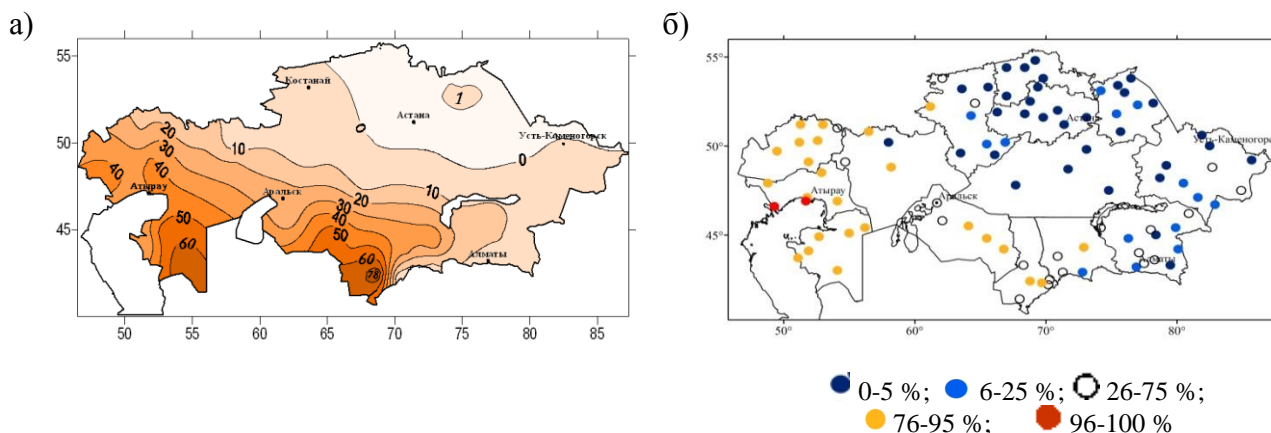


Рисунок 2.5 – Количество дней (а) и вероятность неперевышения количества дней (б) в 2016 г. с температурой воздуха выше 35 °С. Вероятности рассчитаны за период 1941 - 2016 гг.

Процент дней с суточной максимальной температурой воздуха выше 90-го перцентиля в 2016 г. по территории Казахстана составлял от 6 % до 22 % (рисунок 2.6 а). В северных и центральных районах страны экстремально высокий суточный максимум температуры воздуха наблюдался в 12 - 16 % дней. На западе, а также в Кызылординской, Восточно-Казахстанской, Жамбылской областях максимальная температура воздуха превышала 90-ый перцентиль в 18 - 22 % случаях. Закономерности распределения по территории Казахстана значений данного индекса во многом согласуется с распределением количества жарких дней.

Процент дней в году с суточной минимальной температурой воздуха ниже 10-го перцентиля характеризует повторяемость случаев с экстремально низкими температурами (рисунок 2.6 б). В 2016 г. максимальное количество суточной минимальной температурой воздуха ниже 10-го перцентиля наблюдалось, в основном, не более чем в 6 % случаев.

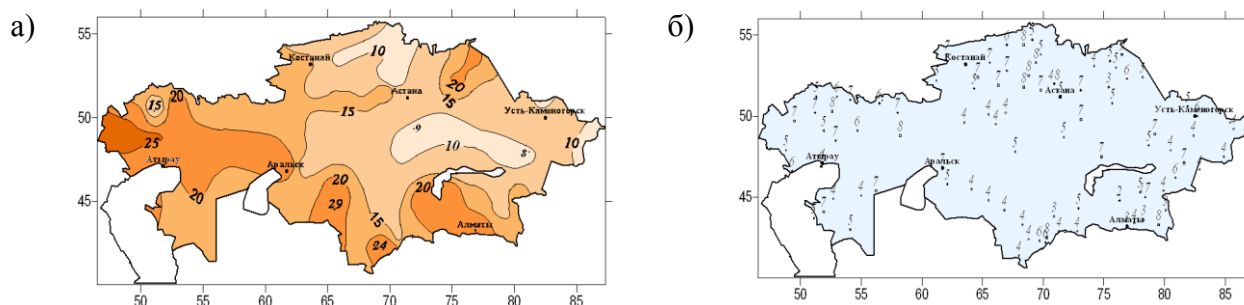


Рисунок 2.6 – Процент дней в 2016 г., когда суточная максимальная температура была выше 90-го перцентиля (а) и суточная минимальная температура была ниже 10-го перцентиля (б)

На рисунке 2.7 а показана общая продолжительность волн тепла на территории Казахстана в 2016 г. (сумма дней, когда, как минимум, 6 последовательных дней

суточная максимальная температура воздуха была выше 90-го перцентиля). Максимальная продолжительность волн тепла наблюдалась в западных и южных районах республики, где она составляла более 30 дней. В крайних западных районах продолжительность составила более 70 дней в году. В некоторых северных и восточных регионах волн тепла не наблюдалось.

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 2016 г. на большей части территории Казахстана продолжительность волн холода не превышала 12 дней (рисунок 2.7 б). Максимальная продолжительность волн холода (15 - 16 дней) наблюдались в Восточно-Казахстанской и Карагандинской областях. В Жамбылской области, некоторых районах Кызылординской области и в предгорных и горных территориях Алматинской области волны холода не проявлялись.

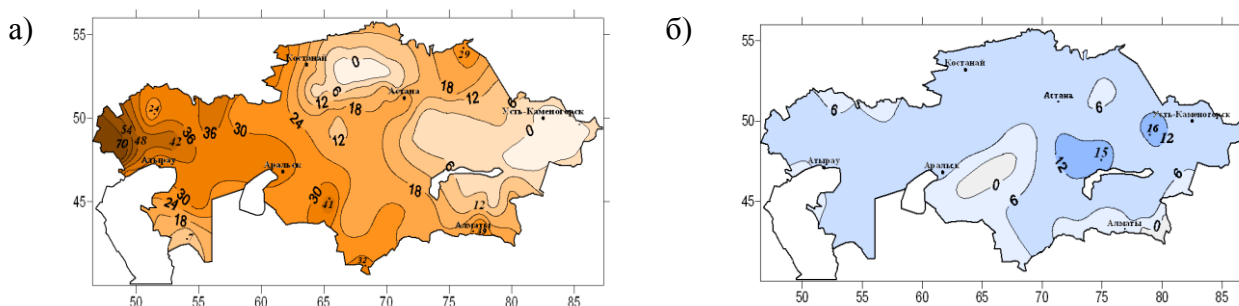


Рисунок 2.7 – Общая сумма дней в 2016 г., когда как минимум 6 последовательных дней суточная максимальная температура воздуха была выше 90-го перцентиля (а) и как минимум 6 последовательных дней суточная минимальная температура воздуха была ниже 10-го перцентиля (б)

На рисунке 2.8 представлено распределение *продолжительности вегетационного периода* (период между первой датой, когда средняя суточная температура пятидневки $\geq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, и последней даты, когда средняя суточная температура пятидневки $\leq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$) в 2016 г. Минимальный вегетационный период (170-180 дней) наблюдался в северных регионах страны. В южной половине Казахстана (за исключением горных районов) период вегетации составил более 200 дней, на крайнем юге - более 260 дней. В целом в 2016 г. продолжительность вегетационного периода на большей части территории республики была как в 2015 г., но в южных районах Алматинской, Жамбылской и Южно-Казахстанской областях период вегетации был короче на 20 - 30 дней.

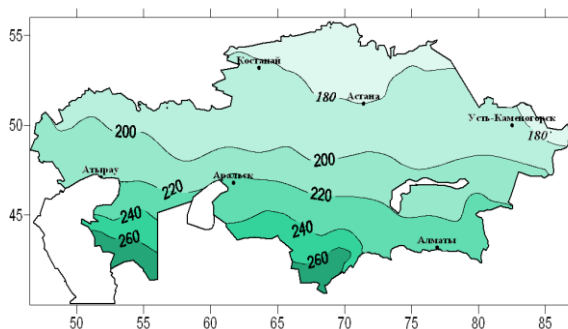


Рисунок 2.8 – Продолжительность вегетационного периода (дни) в 2016 г.

2.2 Наблюдаемые на территории Казахстана изменения температуры воздуха

На рисунках 2.10 - 2.11 представлены временные ряды осредненных по территории Казахстана и административных областей средних годовых и сезонных аномалий температуры приземного воздуха, а также линейные тенденции изменения температуры воздуха за два периода: 1941 - 2016 гг. и 1976 - 2016 гг. В таблице 2.4 представлены оценки изменения температуры воздуха за период 1976 - 2016 гг.: коэффициент линейного тренда, характеризующий среднюю скорость изменения аномалии температуры воздуха; и коэффициент детерминации, показывающий вклад тренда в общую дисперсию.

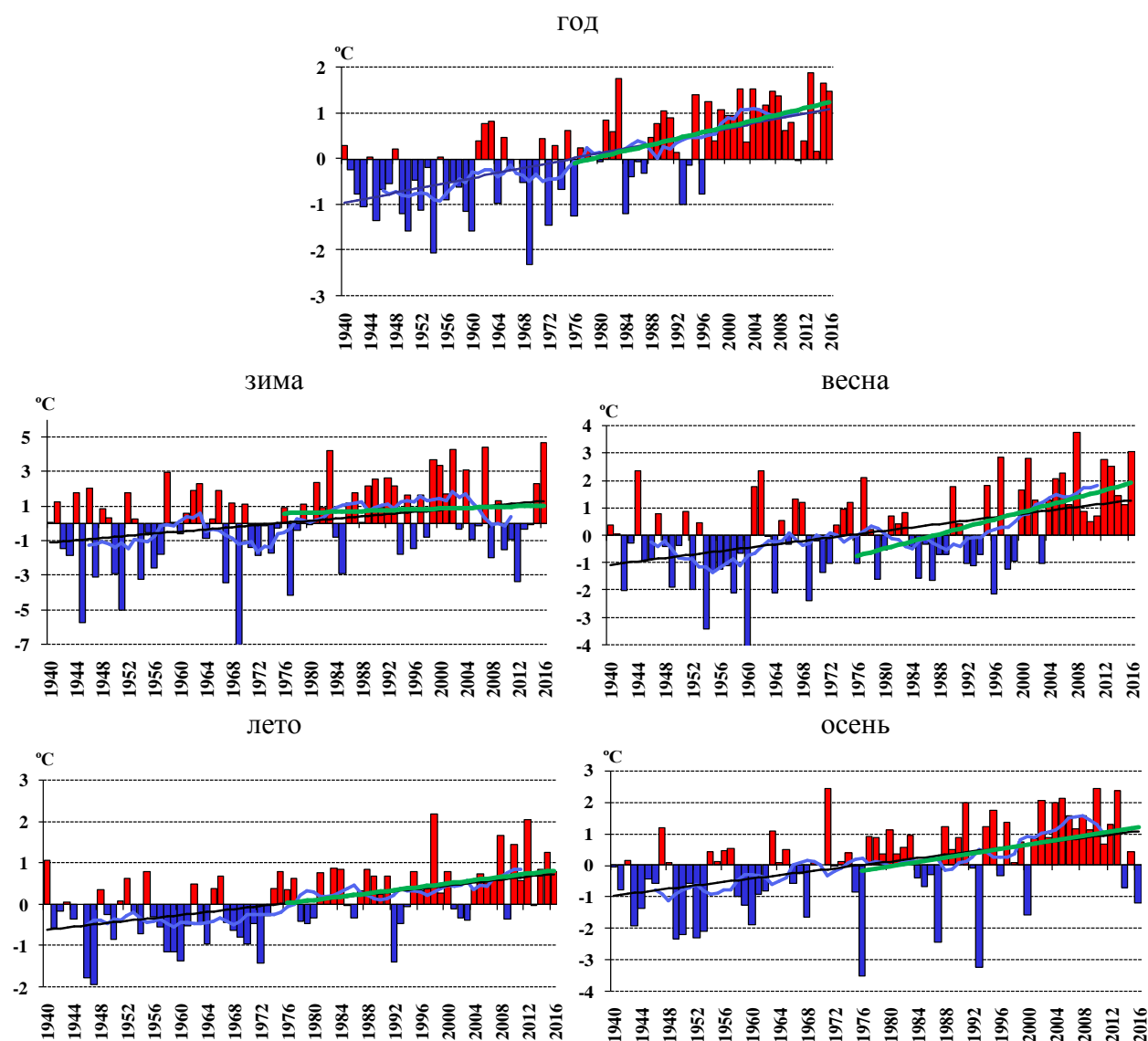


Рисунок 2.10 – Временные ряды и линейные тренды аномалий годовых и сезонных температур воздуха за период 1941 - 2016 гг. (черная линия) и за период 1976 - 2016 гг. (зеленая линия), осреднённых по территории Казахстана. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961 - 1990 гг. *Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением*

В бюллетенях, опубликованных за прошлые годы, приведены оценки изменения среднегодовых и сезонных температур приземного воздуха за последние 76 лет (с 1941 г.). Если рассматривать изменение температуры воздуха за более короткий период - с середины 1970-х годов прошлого века, когда по мнению многих экспертов, изменение

глобального климата стало более интенсивным, то оценки темпов и иногда даже знака тенденций отличаются от оценок за период 1941 - 2016 гг. (таблица 2.4, рисунки 2.10 и 2.11). Например, зимой за последние 41 год темпы потепления значительно слабее, чем в среднем за 76 лет, а в Павлодарской и Восточно-Казахстанской областях наблюдается слабая тенденция понижения температуры воздуха на 0,11 °С/10 лет и 0,14 °С/10 лет, соответственно. Исключение составляют Кызылординская, Южно-Казахстанская, и Мангистауская области, где темпы потепления наоборот, увеличились. Следует также отметить, что в большинстве областей и в среднем по Казахстану тенденции за период с 1976 г. в зимних температурах статистически незначимые.

В среднем по территории Казахстана и за период 1976 - 2016 гг. повышение среднегодовой температуры воздуха составляет 0,34 °С каждые 10 лет (таблица 2.4), весной - 0,67 °С/10 лет, летом – 0,20 °С/10 лет, осенью – 0,35 °С/10 лет, соответственно. Вклад тренда в суммарную дисперсию среднегодовых температур составляет 25 %, для остальных сезонов – от 9 % осенью до 27 % весной. Зимой наблюдается наименьшая и статистически незначимая скорость повышения температуры: на 0,13 °С/10 лет.

Таблица 2.4 – Характеристики линейного тренда аномалий температуры приземного воздуха, осреднённых по территории Казахстана и его областей за период 1976 - 2016 гг.

Регион/область	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	a*	**R ²	a	R ²	a	R ²	a	R ²	a	R ²
Казахстан	0,34	25***	0,13	0	0,67	27	0,2	12	0,35	9
Алматинская	0,29	22	0,07	0	0,61	25	0,2	14	0,26	8
Акмолинская	0,3	14	0,04	0	0,75	23	0,01	0	0,37	6
Актюбинская	0,45	27	0,26	1	0,67	17	0,33	10	0,48	12
Атырауская	0,44	28	0,39	4	0,48	15	0,48	29	0,42	12
Восточно-Казахстанская	0,22	8	-0,14	0	0,66	21	0,13	5	0,22	3
Жамбылская	0,31	25	0,15	1	0,63	26	0,18	10	0,29	8
Западно-Казахстанская	0,55	33	0,49	5	0,65	19	0,61	24	0,48	14
Карагандинская	0,28	14	0,01	0	0,82	28	0	0	0,24	3
Костанайская	0,4	21	0,17	1	0,67	16	0,18	3	0,55	13
Кызылординская	0,45	29	0,31	2	0,87	31	0,25	14	0,34	8
Мангистауская	0,48	41	0,33	4	0,58	23	0,58	36	0,39	11
Павлодарская	0,24	8	-0,11	0	0,77	27	0,03	0	0,26	3
Северо-Казахстанская	0,26	11	0,02	0	0,57	17	0,03	0	0,44	8
Южно-Казахстанская	0,33	31	0,24	2	0,57	25	0,19	9	0,32	11

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

** R² – коэффициент детерминации, %

*** «жирным» шрифтом выделены статистически значимые тенденции

Весной на территории Казахстана за последние 41 год наблюдается более интенсивное потепление, чем в среднем за период 76 лет, и составляет от 0,48 °С/10 лет в Атырауской области до 0,87 °С/10 лет в Карагандинской области. Следует отметить, что

во всех областях и в среднем по Казахстану тенденции весенних температур статистически значимы.

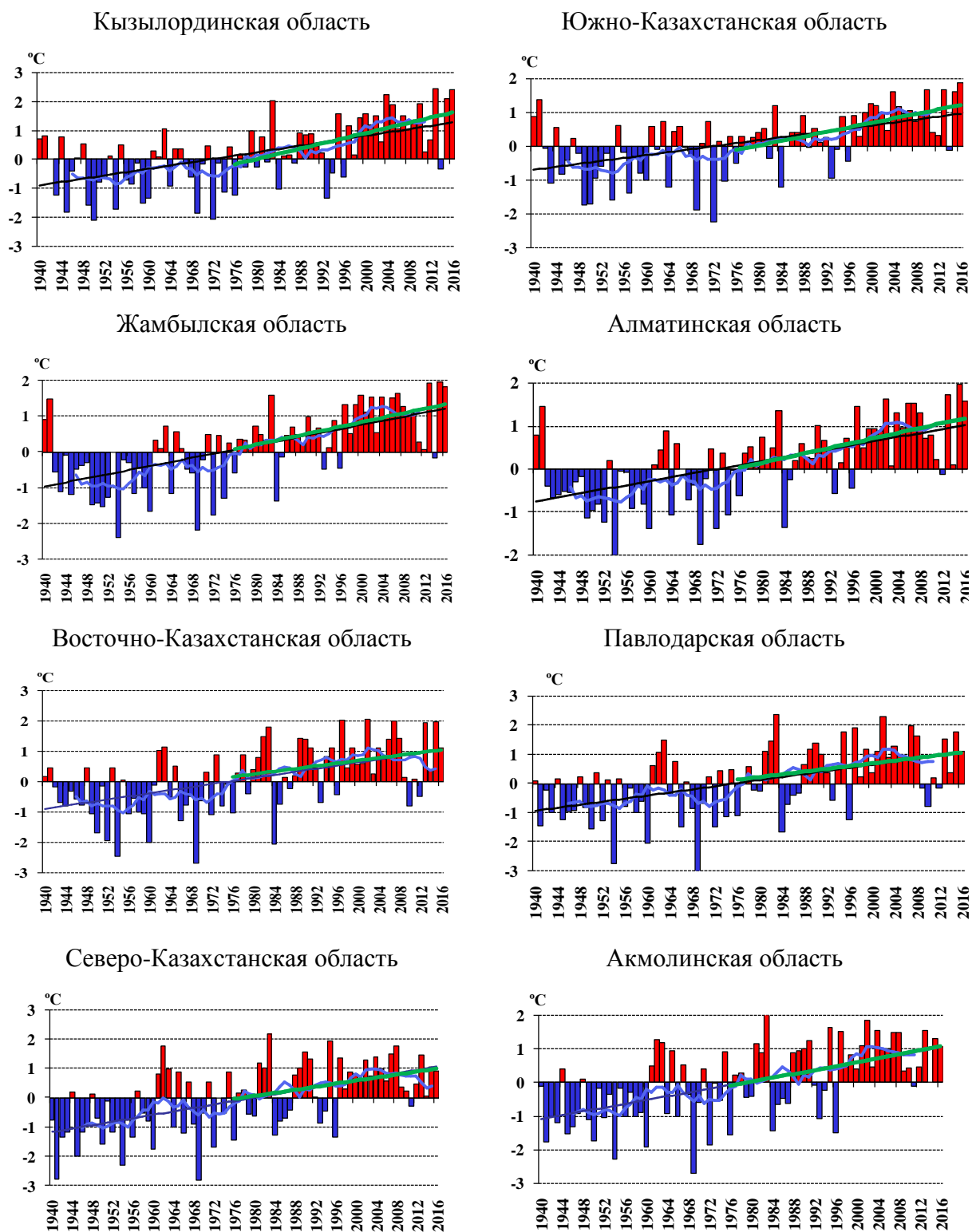


Рисунок 2.11 – Временные ряды и линейные тренды аномалий среднегодовых температур воздуха (°C) за период 1941 – 2016 гг. (черная линия) и за период 1976 - 2016 гг. (зеленая линия), осредненных по территории областей Казахстана. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961 - 1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Лист 1

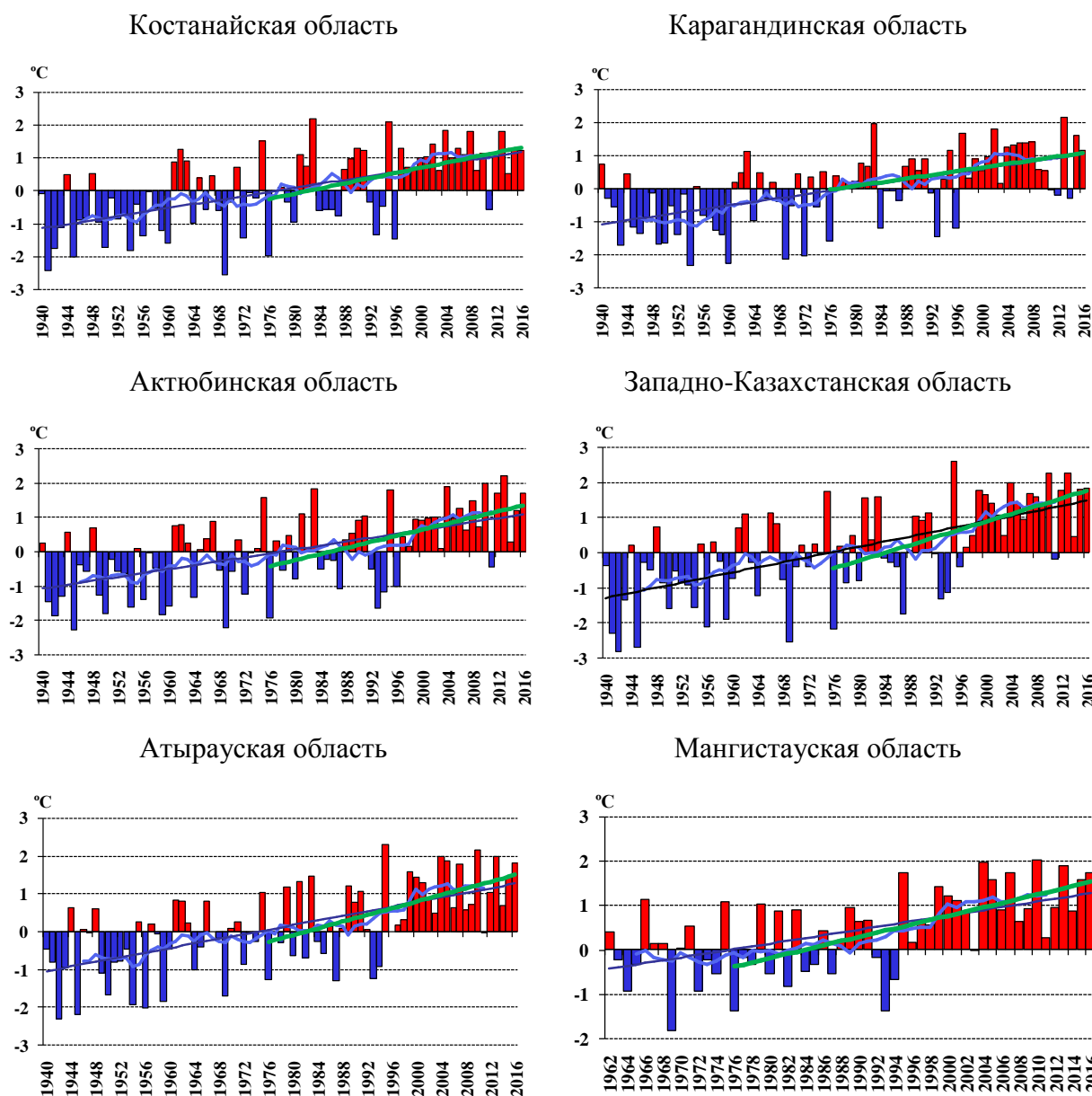


Рисунок 2.11 – Временные ряды и линейные тренды аномалий среднегодовых температур воздуха (°C) за период 1941 – 2016 гг. (черная линия) и за период 1976 - 2016 гг. (зеленая линия), осредненных по территории областей Казахстана. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961 - 1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Лист 2

Летние температуры воздуха в период 1976 - 2016 гг. повышаются более высокими темпами, чем за более длительный период на территории западных и южных областей. На остальной территории тенденции в последние десятилетия остались положительными, но они, в основном, статистически незначимые.

Осенью за последние 4-е десятилетия увеличился средний темп повышения температуры воздуха в северных, западных и некоторых южных регионах и несколько уменьшился в центральных, восточных и юго-восточных регионах.

Более детальная информация об изменении средней годовой, сезонной и месячной температуры воздуха (в °C/10 лет) по территории Казахстана за период 1976 - 2016 гг. представлена на рисунке 2.12.

Тренды средней годовой температуры по всей территории Казахстана были положительными и статистически значимыми. В западной половине Казахстана теплеет более быстрыми темпами - до +0,64 °C/10 лет, в восточных регионах (Павлодарской и Восточно-Казахстанской областях) скорость потепления составляет до 0,38 °C/10 лет.

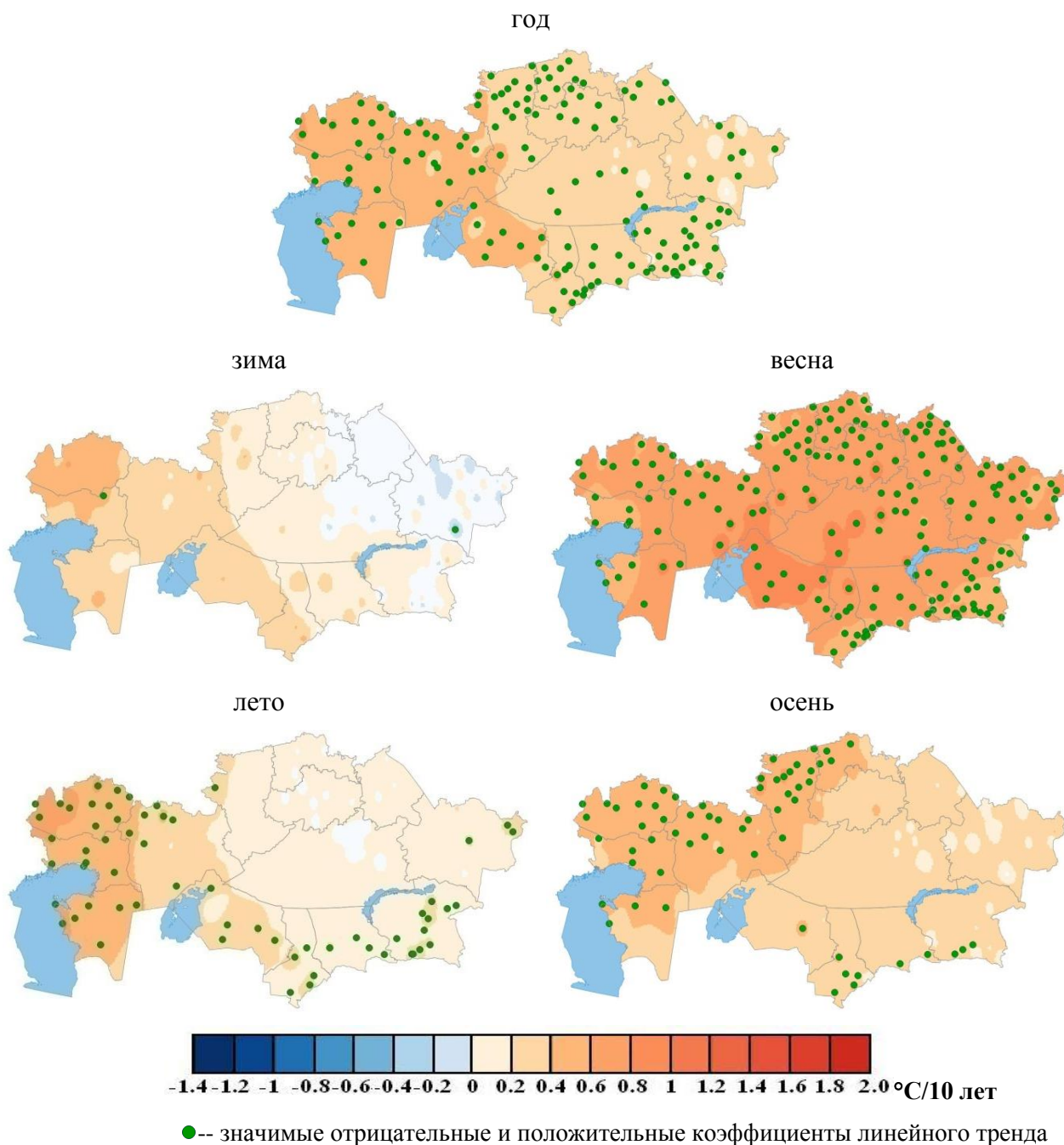


Рисунок 2.12 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда средней годовой и сезонной температуры приземного воздуха (°C/10 лет), рассчитанного по данным наблюдений за период 1976 - 2016 гг.

В зимний сезон наибольшая скорость потепления прослеживается на западе Казахстана, где максимальное значение достигает +0,63 °C/10 лет (рисунок 2.12). При

продвижении на восток положительные тенденции ослабевают и меняют знак на отрицательный. В северо-восточной части Казахстана отрицательные тенденции достигают минус 0,66 °C/10 лет. На среднюю скорость изменения среднесезонной зимней температуры повлияла отрицательная тенденция изменения температуры воздуха в северо-восточной части Казахстана в январе месяце (рисунок 2.13). Тренды температуры зимних месяцев и сезона в целом по всей территории Казахстана незначимы.

Весной на всей территории Казахстана наблюдается наиболее интенсивное потепление: от +0,48 °C/10 лет до +1,02 °C/10 лет. Наибольшая скорость потепления наблюдается в центральных и южных регионах. Особенно надо отметить март месяц с высокой и устойчивой скоростью потепления на всей территории Казахстана от +0,61 °C/10 лет до 2,0 °C/10 лет. Тренды весенних температур статистически значимы на всей территории Казахстана (рисунок 2.12).

Летом, так же как и зимой, наибольшая и статистически значимая скорость потепления наблюдается в западных регионах Казахстана: от +0,40 °C/10 лет до +0,97 °C/10 лет (рисунок 2.12). В южных, юго-восточных и восточных районах тренды также значимы но максимальные значения достигают +0,2 °C/10 лет. Области слабой тенденции к похолоданию в летний сезон в некоторых центральных и северных регионах объясняется наличием здесь устойчивой отрицательной тенденции в июле (до минус 0,5 °C/10 лет), рисунок 2.13.

Осенью, как и весной, температура воздуха повышается на всей территории Казахстана. Наибольшая скорость потепления осеннего сезона наблюдалась в северо-западной части Казахстана и составляет до +0,72 °C/10 лет (рисунок 2.12), что происходит, в основном, из-за значительного повышения в этих регионах ноябрьской температуры воздуха (до +0,94 °C/10 лет), рисунок 2.13.

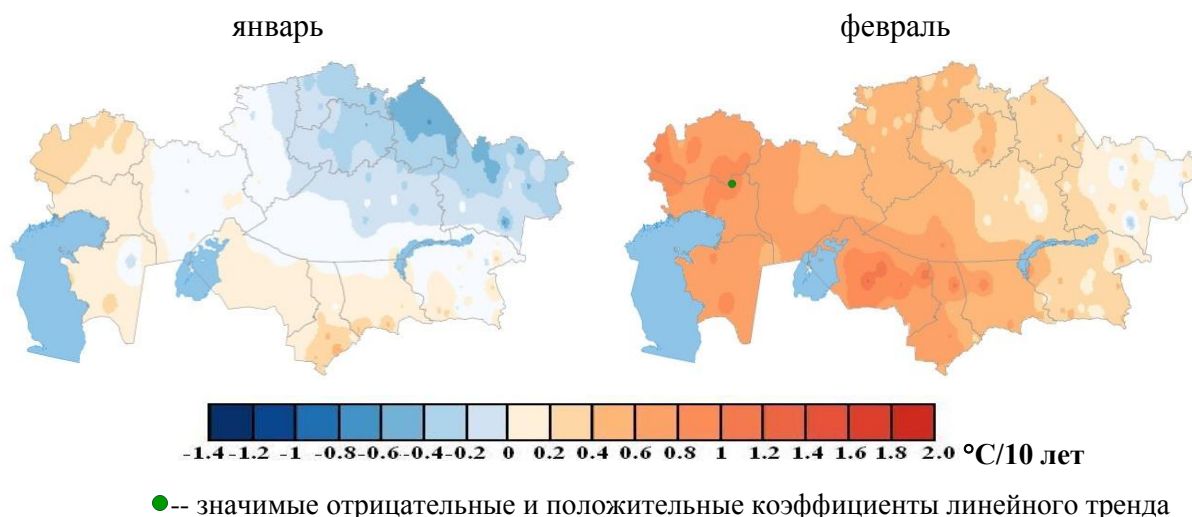


Рисунок 2.13 - Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда средней месячной температуры приземного воздуха (°C/10 лет), рассчитанного по данным наблюдений за период 1976 - 2016 гг. *Лист 1*

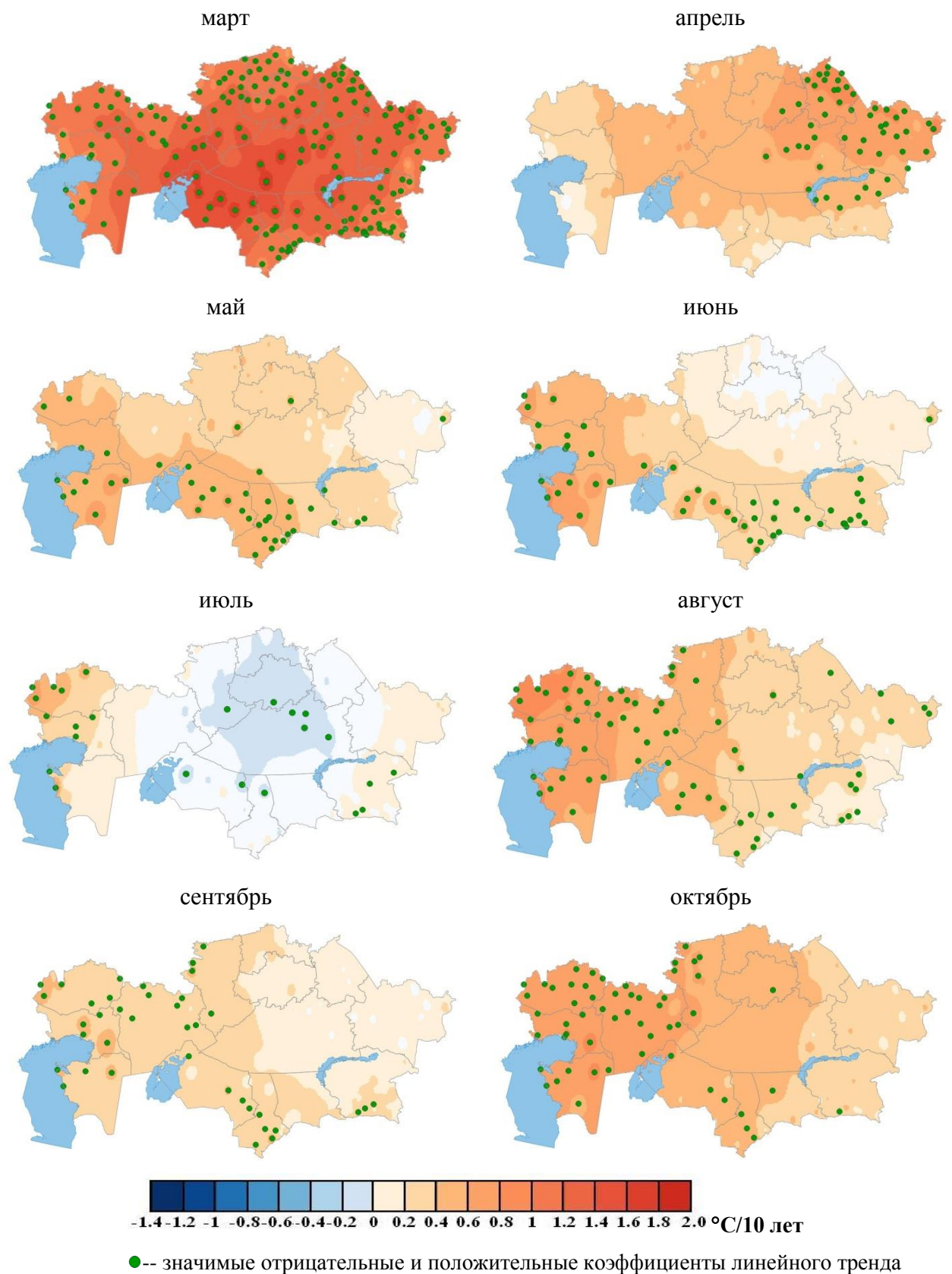


Рисунок 2.13 - Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда средней месячной температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}/10$ лет), рассчитанного по данным наблюдений за период 1976 - 2016 гг. *Лист 2*

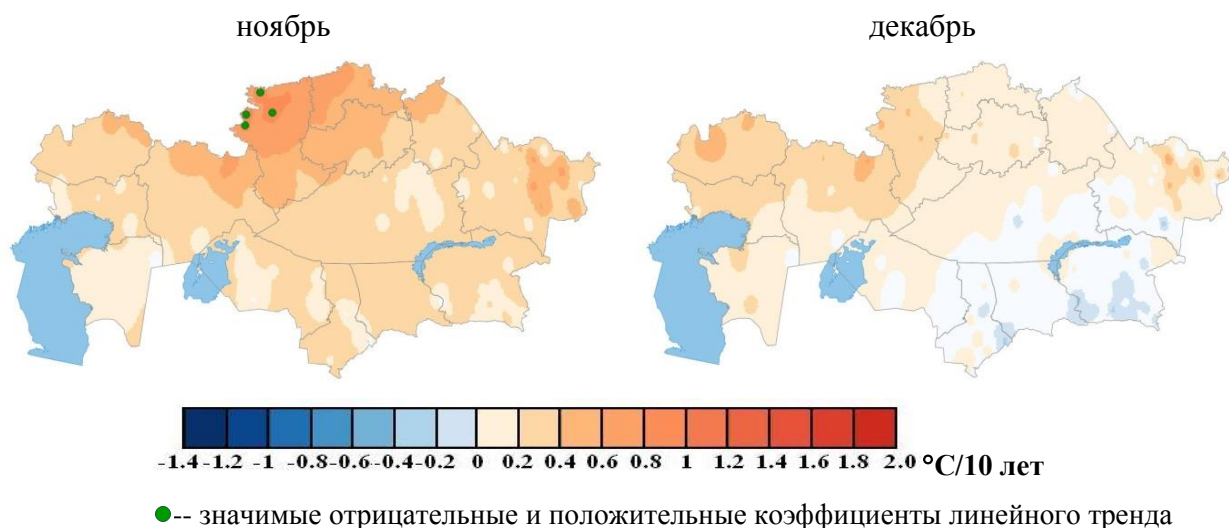


Рисунок 2.13 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда средней месячной температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}/10$ лет), рассчитанного по данным наблюдений за период 1976 - 2016 гг. *Лист 3*

2.3 Тенденции в экстремумах температуры приземного воздуха

За последние 40 лет в Казахстане прослеживаются как положительные, так и отрицательные тенденции в *суточных максимумах температуры приземного воздуха*, но тенденции, в основном, незначимые. Значимое уменьшение суточных максимумов температуры приземного воздуха наблюдается на станции Балкашино (на $0,73$ $^{\circ}\text{C}/10$ лет) и на станции Жаркент (на $0,37$ $^{\circ}\text{C}/10$ лет). На некоторых станциях зафиксировано значимое повышение тенденции суточных максимумов температуры воздуха: на западе это станции Новый Уштоган, Жалпактал и Актау (на $0,41$ - $0,90$ $^{\circ}\text{C}/10$ лет); в Кызылординской области на станции Кызылорда (на $0,52$ $^{\circ}\text{C}/10$ лет); в Восточно-Казахстанской области на станции Кокпекты (на $0,48$ $^{\circ}\text{C}/10$ лет).

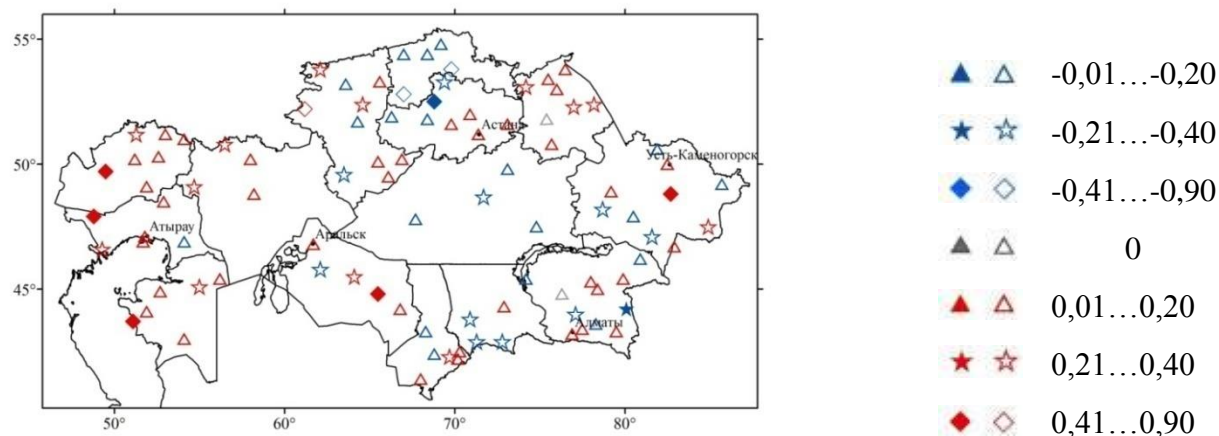


Рисунок 2.13 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда значений суточной максимальной температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) за период 1976 - 2016 гг. *Обозначения градаций затумешаны в случаях статистической значимости тренда*

Статистически значимая тенденция увеличения **количества дней с температурой воздуха выше 35 °С** наблюдается в Западно-Казахстанской, Актыубинской, Атырауской, Мангистауской, Кызылординской, Южно-Казахстанской областях: на 4-8 дней каждые 10 лет (рисунок 2.14). На остальной территории республики наблюдалось статистически незначимое как увеличение, так и сокращение числа дней с температурой более 35 °С.

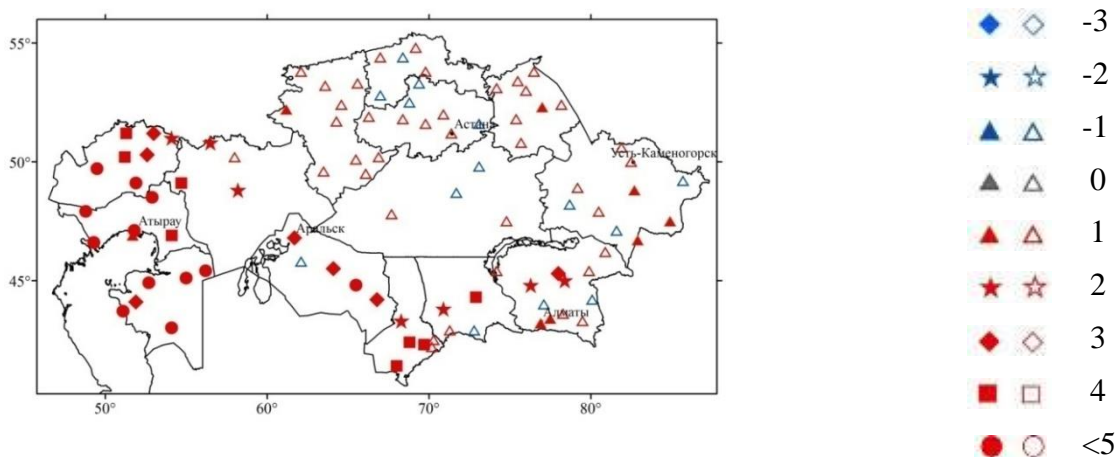


Рисунок 2.14 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда числа дней с температурой воздуха выше 35 °С (дни/10 лет) за период 1976 - 2016 гг. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

Общая продолжительность волн тепла увеличивается практически на всей территории республики (на 6-10 дней/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 95 % метеостанций.

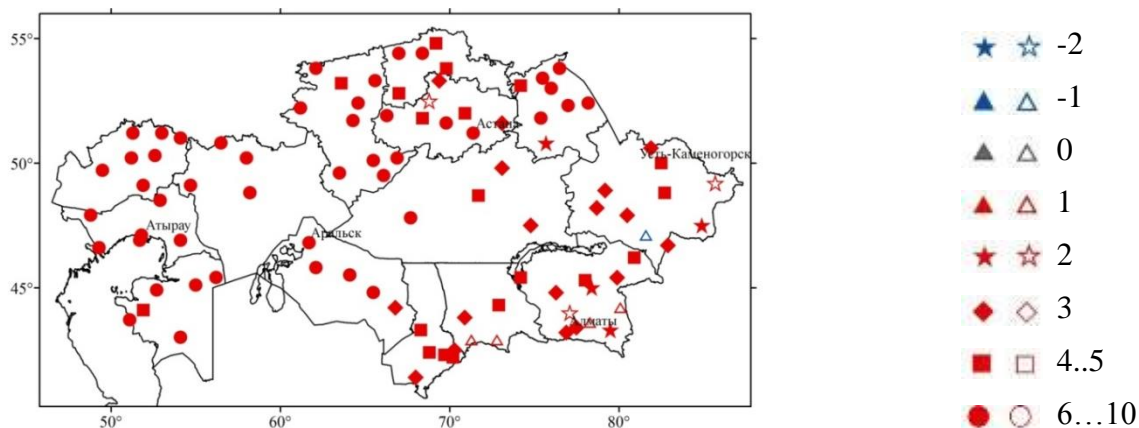


Рисунок 2.15 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда суммарной продолжительности волн тепла (дни/10 лет) за период 1976 - 2016 гг. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

Практически повсеместно наблюдается тенденция уменьшения повторяемости морозных дней на территории республики, **когда суточная минимальная температура опускается ниже 0 °С** (рисунок 2.16). В основном, скорость сокращения количества таких дней составляет 3-4 дня каждые 10 лет, на МС Кызана, Атырау, Кокшетау, Бейнеу,

Тайынша, Баканас и Шемонаиха – 5 дней, в Алматы, Кульсары – 6 дней, в Кызылорде, Екибастузе, Туркестане: 7-8 дней каждые 10 лет.

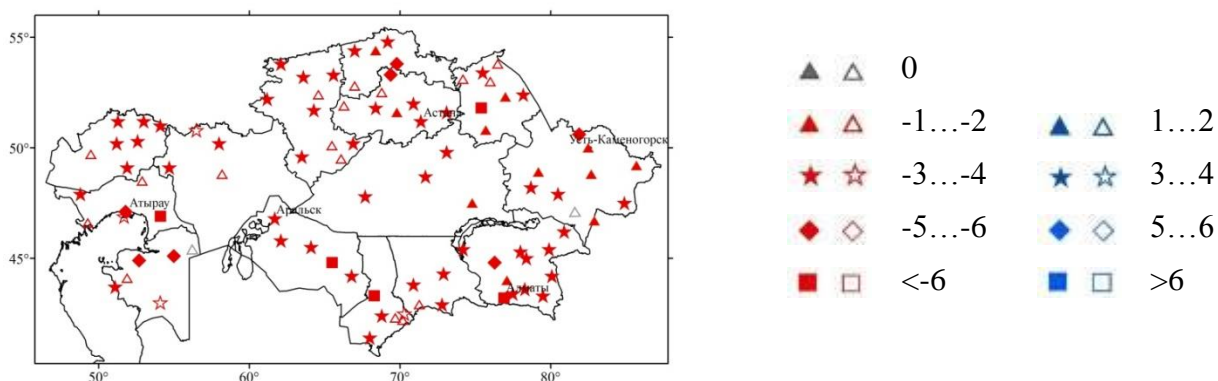


Рисунок 2.16 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда числа дней с суточным минимумом температуры воздуха ниже 0 °С (дни/10 лет) за период 1976 - 2016 гг. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

На большей части территории Казахстана прослеживается значимая тенденция увеличения **суточной амплитуды температуры воздуха**: на 0,1-0,4 °С (рисунок 2.17), что свидетельствует об увеличении здесь континентальности климата. Значимое уменьшение суточной амплитуды (на 0,1 - 0,2 °С) наблюдается на некоторых метеостанциях Восточно-Казахстанской, Алматинской области, а также на станциях: Атырау, Баршатас, Кулан, Тайынша и Голубовка.

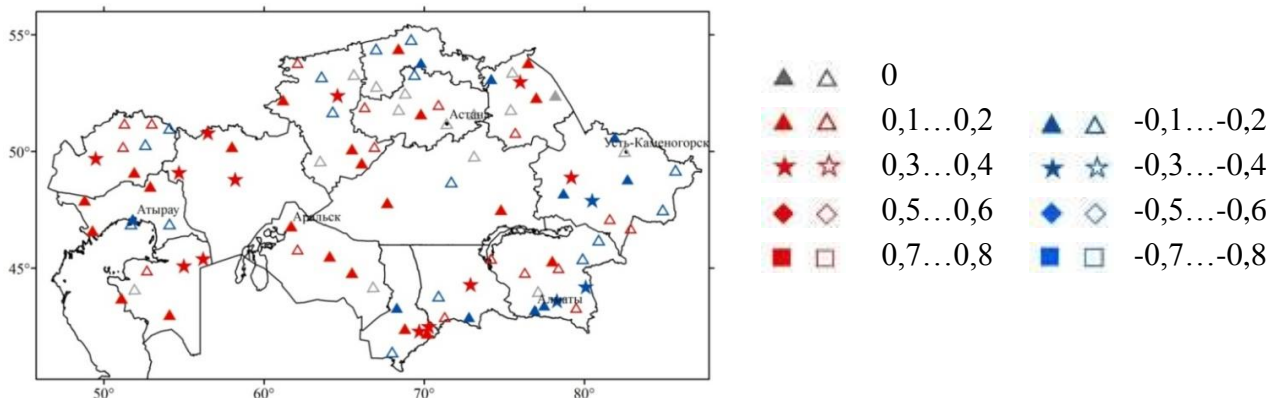


Рисунок 2.17 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда суточной амплитуды температуры воздуха (°С/10 лет) за период 1976 - 2016 гг. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

Таким образом, тенденции в индексах температуры приземного воздуха показывают, что за период с 1976 г. увеличивается повторяемость жарких дней и продолжительность волн тепла, одновременно уменьшается повторяемость морозных дней.

3 АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ

3.1 Аномалии количества осадков на территории Казахстана в 2016 году

Месячное количество осадков в 2016 году, осредненное по территории Казахстана, было, в основном, выше нормы, за исключением февраля и августа (рисунок 3.1). Дефицит количества осадков в эти месяцы составил 14 % и 59 %, соответственно. Значительно превышали норму атмосферные осадки в марте (71 %), мае (65 %), июне (97 %) и декабре (76 %). Месяцы март и май заняли 4-ый ранг среди влажных месяцев за весь период наблюдений, а июнь и декабрь – 2-ой ранг.

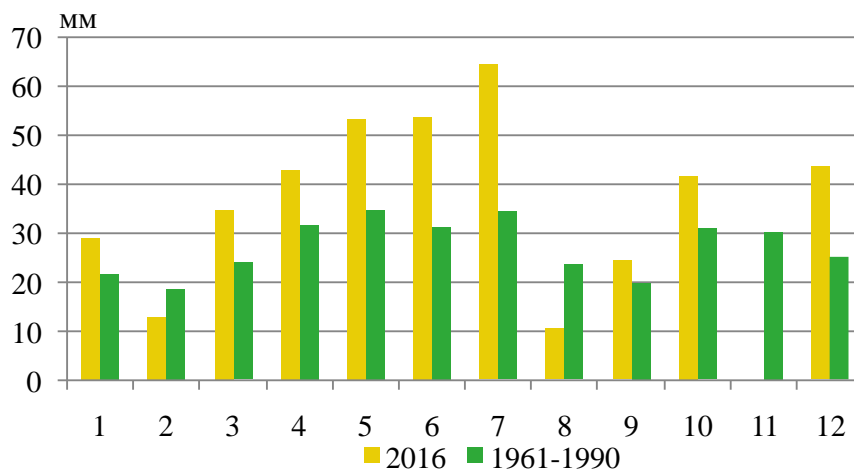


Рисунок 3.1 - Месячные суммы осадков в 2016 году и нормы за период 1961 - 1990 гг., осредненные по территории Казахстана

На рисунке 3.2 представлено территориальное распределение годового и сезонного количества осадков в 2016 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.

Годовое количество осадков в 2016 году в среднем по территории Казахстана составило 140 % нормы или 441,3 мм. Это максимальное количество осадков, наблюдавшееся за период с 1941 - 2016 гг. (1-ый ранг среди влажных лет). Предыдущий максимум количества осадков был в 1958 году (437,8 мм). Исторический максимум количества осадков наблюдался в Актюбинской (149 %), Мангистауской (174%) и Алматинской (157 %) областях. Значительное превышение нормы количества осадков наблюдалось в Западно-Казахстанской, Атырауской, Акмолинской и Восточно-Казахстанской областях (3-я максимальная величина в ряду наблюдений). На многих метеорологических станциях республики (47 % станций) количество выпавших осадков достигло экстремальных значений (вероятность непревышения 90 - 100 %). Экстремально сухо (вероятность непревышения 5 %) было на МС Амангельды Костанайской области (таблица 3.1 и рисунок 3.2).

Таблица 3.1 – Регионально осредненные годовые и сезонные аномалии количества осадков в 2016 г.: **vR** - отклонения от средних за 1961 – 1990 гг., мм; **P(r ≤ R₂₀₁₆)** - вероятность неперевышения (в скобках), рассчитанная по данным за период 1941 – 2016 гг. и выражена в %; **RR** - отношение **R₂₀₁₆** к норме, выраженное в %

Регион/область	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	vR (P)	RR	vR (P)	RR	vR (P)	RR	vR (P)	RR	vR (P)	RR
Казахстан	123,0 (100)	140	19,7 (92)	140	41,8 (97)	153	37,1 (89)	157	22,8 (92)	128
Алматинская	231,1 (100)	157	8,2 (56)	117	87,4 (96)	160	63,8 (93)	174	51,9 (94)	156
Акмолинская	115,4 (97)	134	25,6 (90)	152	8,1 (69)	110	43,5 (78)	130	24,8 (88)	133
Актюбинская	131,1 (100)	149	49,9 (100)	184	87,1 (98)	240	-7,5 (40)	88	7,8 (74)	109
Атырауская	102,9 (97)	165	32,5 (92)	198	80,1 (100)	301	11,3 (72)	126	-9,7 (30)	77
Восточно-Казахстанская	134,4 (97)	140	13,6 (72)	120	18,3 (68)	121	72,2 (96)	175	35,6 (96)	142
Жамбылская	114,2 (92)	133	-15,8 (22)	84	26,1 (77)	120	54,2 (94)	237	28,3 (84)	135
Западно-Казахстанская	118,0 (97)	143	34,2 (98)	156	61,2 (98)	206	6,1 (52)	138	26,8 (82)	134
Карагандинская	73,1 (94)	128	30,1 (97)	152	11,7 (69)	121	52,0 (90)	169	9,8 (77)	114
Костанайская	84,6 (90)	126	31,3 (98)	163	23,8 (74)	137	17,3 (68)	109	13,8 (74)	119
Кызылординская	40,7 (89)	128	17,5 (89)	144	24,4 (86)	148	5,7 (70)	134	6,4 (77)	128
Мангистауская ¹	111,6 (100)	174	39,4 (100)	223	61,2 (98)	218	11,9 (78)	141	3,9 (60)	111
Павлодарская	56,4 (80)	119	1,5 (61)	103	-6,4 (33)	91	44,7 (78)	139	10,3 (76)	114
Северо-Казахстанская	98,5 (90)	127	20,1 (89)	142	13,6 (70)	120	39,7 (76)	126	22,7 (81)	126
Южно-Казахстанская	108,2 (86)	125	-1,9 (36)	95	42,8 (76)	128	39,3 (93)	287	13,6 (69)	112

Примечания: 1. для Мангистауской области оценка проводилась за период 1960-2016 гг.

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

Зима (декабрь 2015 – февраль 2016 гг.)

Зимний сезон по количеству выпавших осадков в среднем по территории Казахстана был влажным (таблица 3.1 и рисунок 3.2). Количество осадков на большей части территории Казахстана было выше нормы на 40 - 80 %. Исторические максимумы наблюдались в Актюбинской (184 %) и Мангистауской (223 %) областях. Экстремально влажно (выше 95-го перцентиля) было в Западно-Казахстанской (156 %) и Костанайской (163 %) областях – вторая по величине аномалия в ряду наблюдений и Карагандинской (152 %) области – третий ранг среди влажных лет. В Акмолинской и Атырауской областях зима вошла в 10 % наиболее влажных сезонов. Дефицит осадков наблюдался Южно-Казахстанской и Жамбылской областях, а на некоторых станциях в этих регионах было очень сухо (вероятность неперевышения составила 7 - 25 %).

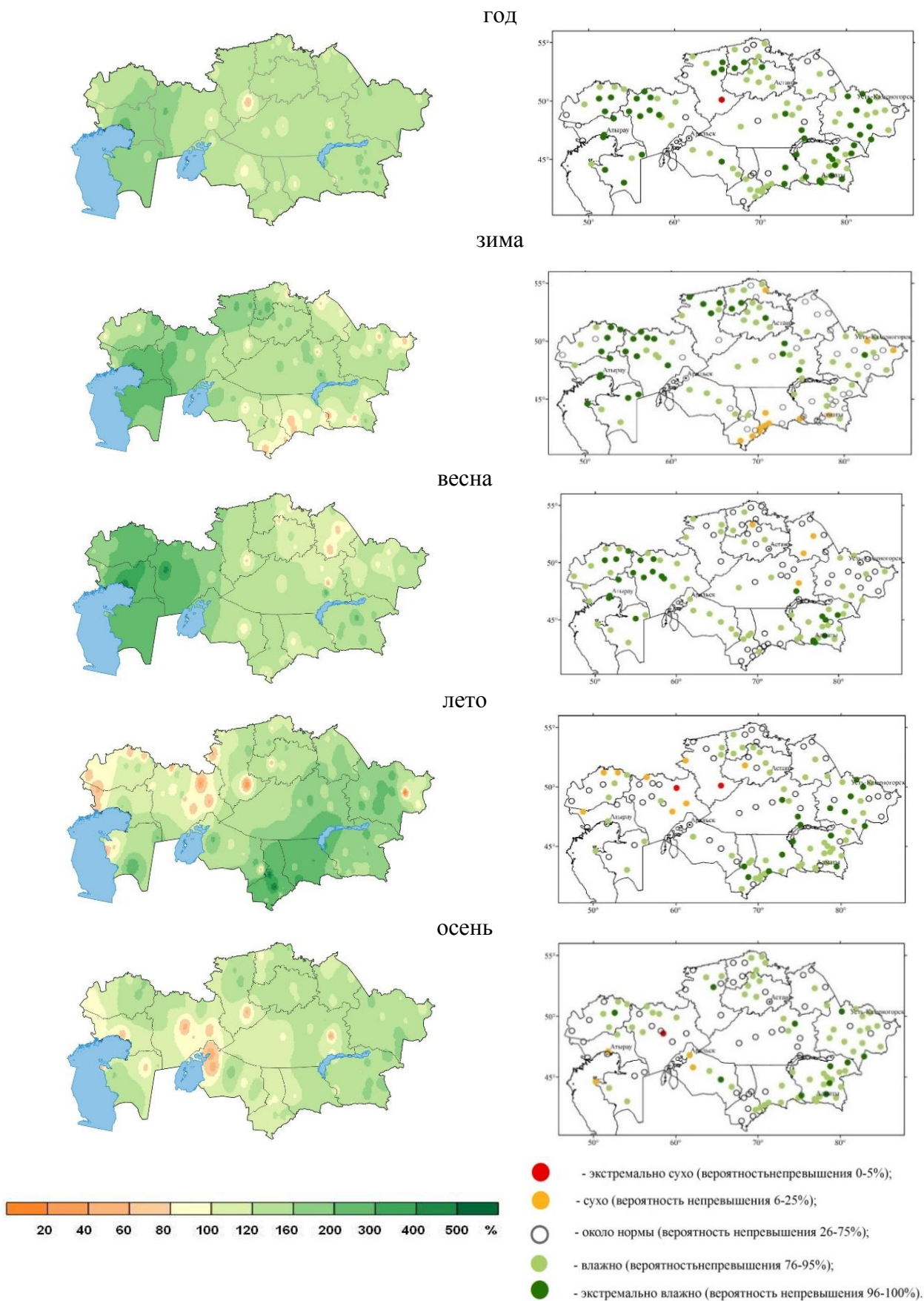


Рисунок 3.2 – Количество осадков в 2016 году, выраженное в % нормы за период 1961 - 1990 гг. (слева) и аномалии годовых и сезонных сумм осадков, наблюдавшихся в 2016 году, выраженные как вероятности непревышения количества осадков, рассчитанные по данным периода 1941 - 2016 гг. (справа)

Весна

Весна 2016 года была влажной (153% нормы) на территории большинства областей Казахстана. Экстремально влажно было на западе республики, а также в горных и предгорных районах Илийского Алатау. В Атырауской области количество осадков весеннего периода составило 301 % нормы, что является историческим максимумом с 1941 г. Весенний сезон в этих районах вошел в 10 % наиболее влажных сезонов. Дефицит осадков наблюдался на северо-востоке республики, вероятность неперевышения в этих районах составила 9-25 % (таблица 3.1, рисунок 3.2).

Лето

Летом количество атмосферных осадков составило 153 % нормы (таблица 3.1, рисунок 3.2). Экстремально влажно было в Восточно-Казахстанской области. Количество атмосферных осадков здесь составило 175 % нормы (96-й перцентиль, 4 ранг), а также на некоторых станциях юга и юго-востока республики. Недостаток влаги наблюдался в отдельных районах Западно-Казахстанской, Актыубинской и Костанайской областях. На метеостанций Амангельды и Карабутак было экстремально сухо (вероятность неперевышения 4 и 5 % соответственно).

Осень

В целом за осенний сезон количество осадков по территории Казахстана составило 128 % нормы (92-ой перцентиль). Наибольшее количество осадков выпало в Алматинской и Восточно-Казахстанской областях 156 % и 142 % нормы соответственно. Дефицит осадков наблюдался в Атырауской области – 77 % нормы. Сухо было также в отдельных районах Актыубинской и Кызылординской областях (таблица 3.1, рисунок 3.2).

Для оценки экстремальности количества осадков в 2016 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 2016 году.

Максимумы суточного количества осадков в 2016 году. (индекс $Rx1day$). На рисунке 3.3 красным цветом показаны значения абсолютных максимумов суточного количества осадков, определенные за период с начала открытия метеостанции по 2015 год, синим цветом – значения суточных максимумов, наблюдавшиеся в 2016 году. Абсолютный максимум суточного количества осадков в 2016 году перекрыт на метеостанциях Шелек (49 мм), Ерейментау (123 мм), Есиль (81 мм) и Чингирлау (77 мм).

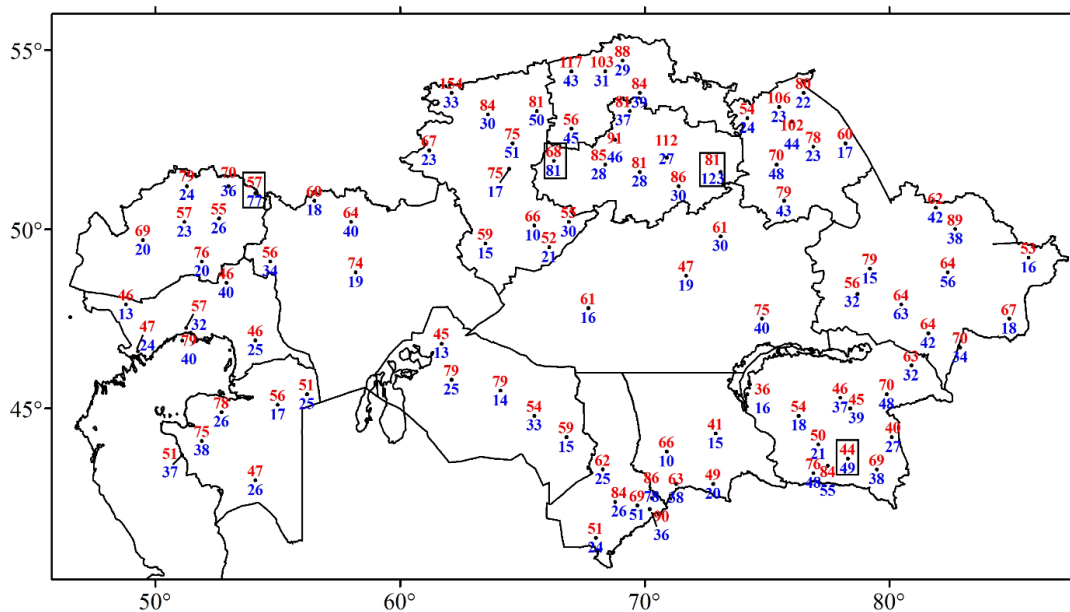


Рисунок 3.3 – Абсолютный максимум суточного количества осадков, выбранный за период с начала открытия метеостанции по 2015 год (нанесен красным цветом) и максимальное количество осадков, выпавшее за сутки в 2016 году (нанесен синим цветом), мм. Квадратом обозначены станции с обновленным рекордом

На рисунке 3.4 представлена доля экстремального количества осадков, выпавшего за сутки (более 95-го перцентиля), в годовой сумме осадков за 2016 год. Наибольшая доля экстремального количества осадков наблюдалась на метеостанциях Ерейментау (57 %), Аягоз (50 %), Кызылорда (48 %), Атырау (47 %), Бектауата (46 %), Кульсары и Бакты (42 %), Рузаевка и Джамбейты (40 %). На 24-х метеостанциях (25 % от общего количества метеостанций) доля экстремальных осадков также достаточно высокая (30 - 39 %), что говорит о неравномерности выпадения атмосферных осадков во времени.

В условиях засушливого климата Казахстана очень важным является индекс CDD, который показывает **максимальную продолжительность периода, когда суточное количество осадков составляет менее 1 мм** (рисунок 3.5). В 2016 году продолжительность бездождного периода больше 30 дней была зафиксирована на 67 станциях. Особо длительные периоды без осадков (60 - 77 дней) отмечены на метеостанциях Арысь, Сам, Куйган, Аральское море, Шиили, Кызылорда и Туркестан.

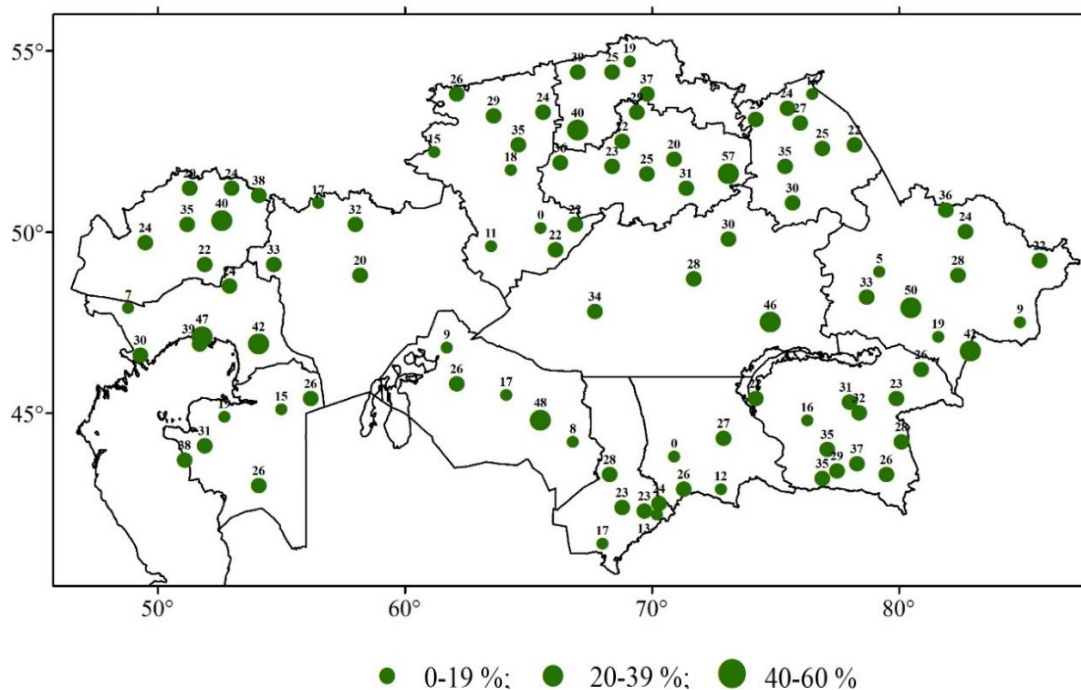


Рисунок 3.4 – Доля (в %) экстремального количества осадков в годовой сумме осадков в 2016 году. Экстремальное количество осадков рассчитано как сумма суточного количества осадков, превышающего 95-й процентиль

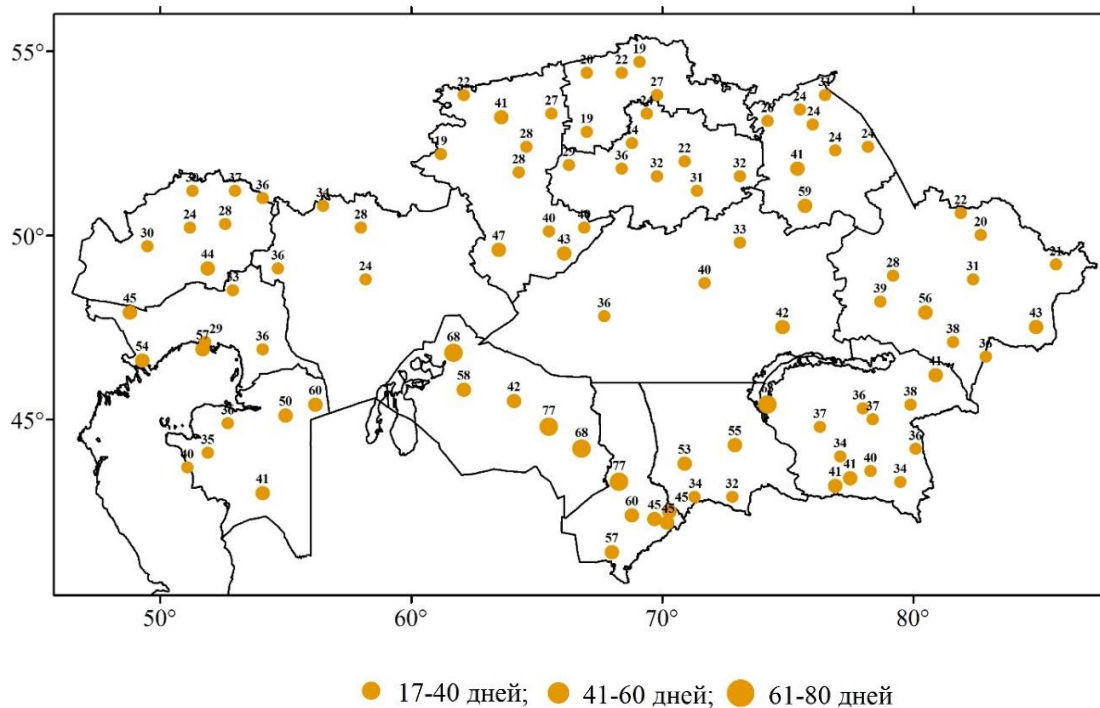


Рисунок 3.5 – Максимальная продолжительность бездождного периода (в днях) в 2016 году

В 2016 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 8 до 10 дней. Наибольший по продолжительности дождливый период наблюдался на метеостанциях Аягоз (10 дней), Рузаевка (8 дней), Балкашино (8 дней), Акколь (8 дней) и Михайловка (Павлодпрская область, 8 дней).

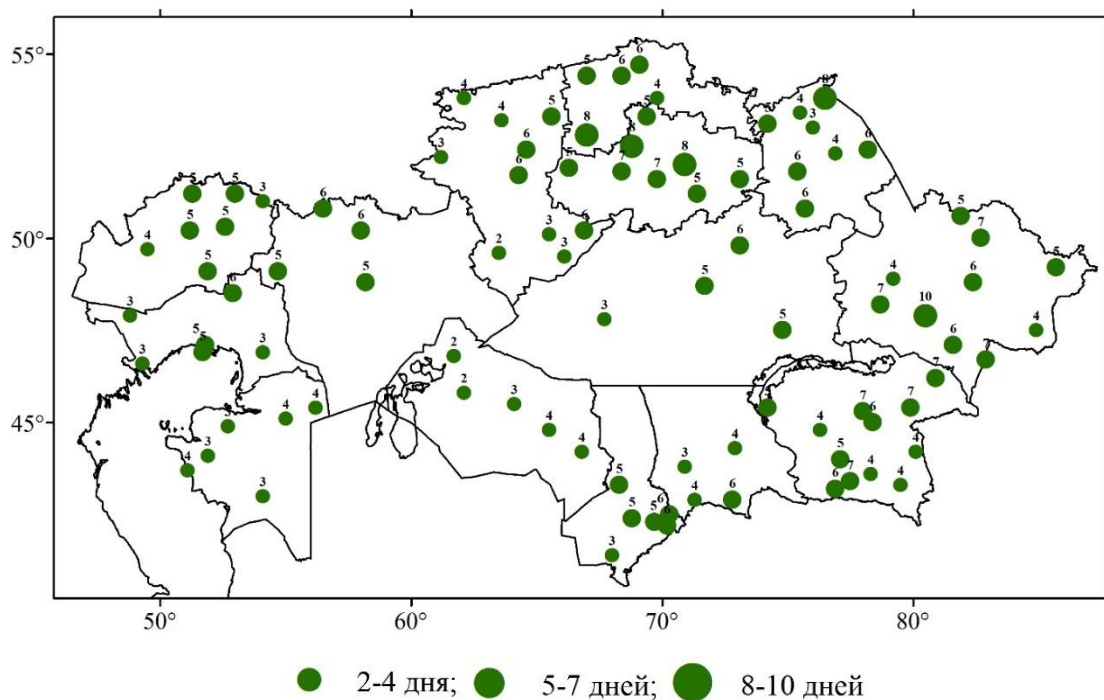


Рисунок 3.6 – Максимальная продолжительность периода (в днях) в 2016 году, когда количество выпавших осадков было равно или больше 1 мм

3.2 Наблюдаемые изменения количества осадков на территории Казахстана

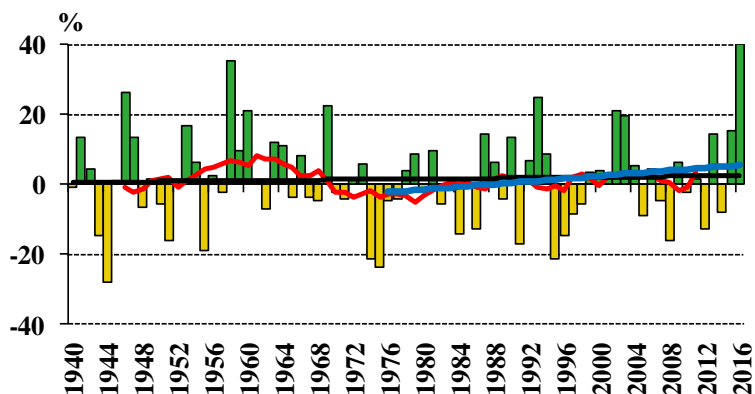
Временные ряды аномалий годовых и сезонных сумм осадков за период 1940 - 2016 гг. и 1976 – 2016 гг., рассчитанные относительно базового периода 1961 - 1990 гг. и пространственно-осреднённые по территории Казахстана и областям дают общее представление о характере современных изменений режима атмосферных осадков.

Линейные тенденции в рядах месячных, сезонных и годовых сумм атмосферных осадков были оценены по данным 121-ой станции. За последние десятилетия наблюдалось чередование коротких периодов с положительными и отрицательными аномалиями количества осадков. Долгопериодные тенденции количества осадков за исследуемый период отсутствуют (рисунок 3.7 и 3.8).

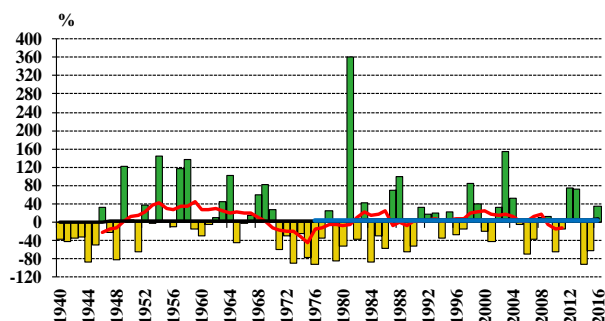
В среднем по Казахстану за период 1976 - 2016 гг. наблюдалась слабая тенденция увеличения годового количества атмосферных осадков – на 7 мм/10 лет (рисунок 3.7, таблица 3.2). В областном разрезе также отмечено годовое увеличение количества осадков по всем областям, исключение составляет Кызылординская область, где уменьшение количества осадков составило 5,2 мм/10 лет. В зимний, весенний и летний сезоны также наблюдается тенденция к увеличению количества осадков в среднем на 2,5 мм/10 лет. Уменьшение количества атмосферных осадков в осенний период

составило 1,2 мм/10 лет (рисунок 3.8, таблица 3.2). Все полученные тренды годовых и сезонных сумм осадков по территории республики статистически недостоверны.

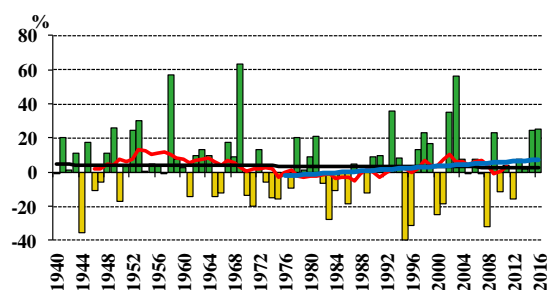
Казахстан



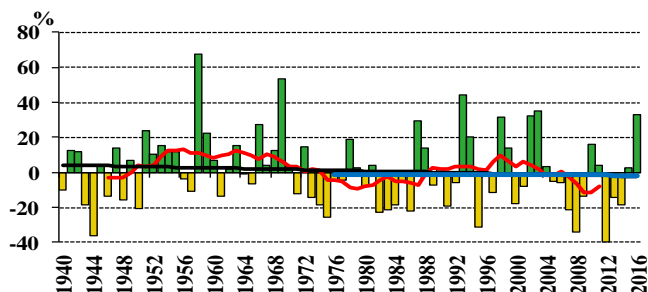
Кызылординская область



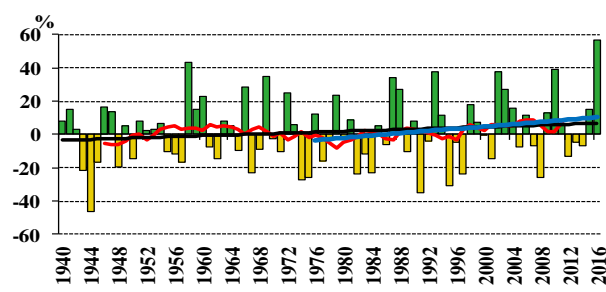
Южно-Казахстанская область



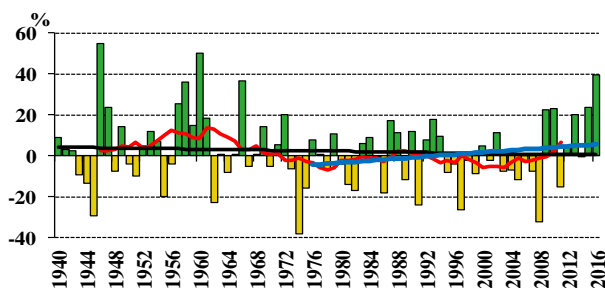
Жамбылская область



Алматинская область



Восточно-Казахстанская область



Павлодарская область

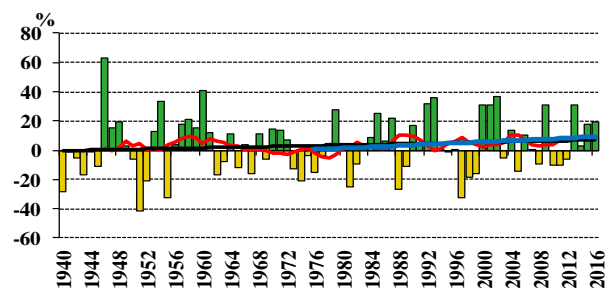


Рисунок 3.7 - Временные ряды и линейные тренды аномалий годовых сумм осадков (в %) за период 1940 - 2016 гг. (черная линия), и за период 1976 - 2016 гг. (синяя линия), пространственно осредненных по территории Казахстана и его областей. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961 - 1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд за период 1976 - 2016 гг. выделен синим цветом. Лист 1

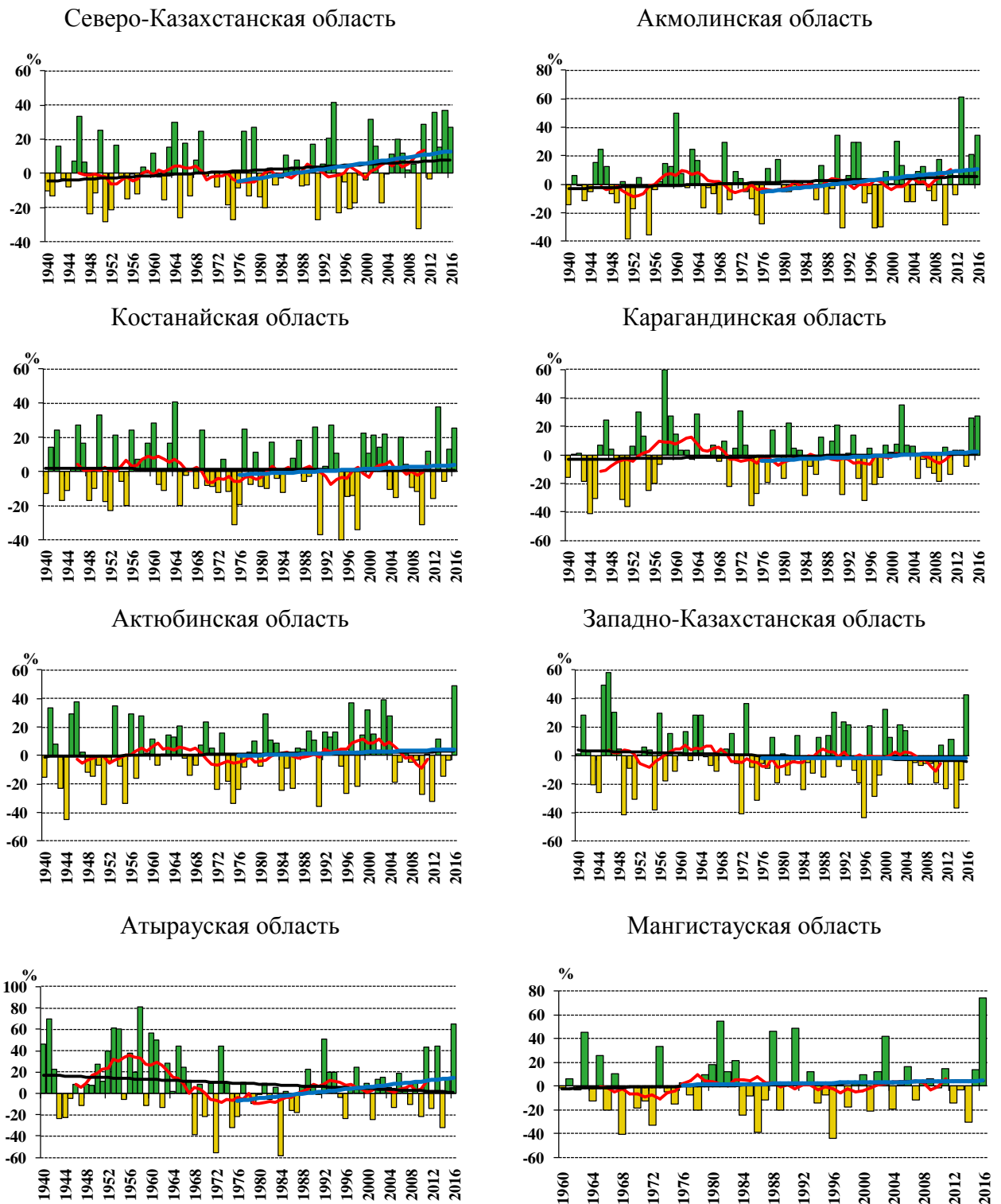


Рисунок 3.7 - Временные ряды и линейные тренды аномалий годовых сумм осадков (в %) за период 1940 - 2016 гг., пространственно осредненных по территории Казахстана и его областей. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961 - 1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд за период 1976 - 2016 гг. выделен синим цветом. Лист 2

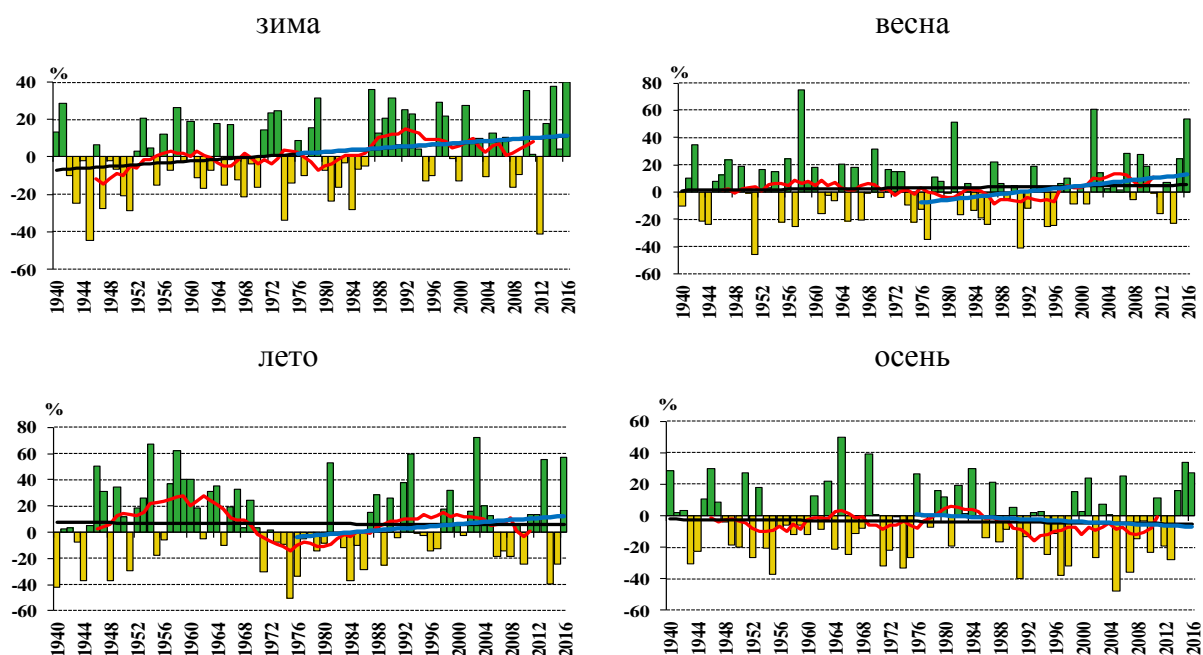


Рисунок 3.8 – Временные ряды и линейные тренды аномалий сезонных сумм осадков за период 1940 - 2016 гг., пространственно осреднённых по территории Казахстана. Аномалии рассчитаны в % относительно базового периода 1961 - 1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд за период 1976 - 2016 гг. выделен синим цветом

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 - 2016 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).

На большей территории Казахстана тренды *годового* количества осадков были, в основном, положительны, но незначимы. Статистически достоверное увеличение осадков прослеживается на некоторых метеостанциях Атырауской и Актыубинской областей (8 - 13 % /10 лет), а также в центральной и восточной частях Казахстана (6 - 10 % /10 лет). На метеостанциях Бес-Оба, Амангельды, Уюк и Актогай (Караг) устойчивые отрицательные тенденции составили 7 - 13 % /10 лет.

Зимой наибольшая значимая скорость увеличения количества атмосферных осадков (9...24 % /10 лет) отмечена на юго-западе, севере и юго-востоке республики. Количество осадков января и декабря внесли наибольший вклад в положительный тренд этого сезона (рисунок 3.10). Статистически достоверное уменьшение количества осадков зафиксировано на метеостанциях Западно-Казахстанской (13...19 % /10 лет), Карагандинской (10...21 % /10 лет) и Восточно-Казахстанской (11 %/10 лет) областей.

Таблица 3.2 - 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 – 2016 гг. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961 - 1990 гг.

Регион/область	Ед. изм.	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
		a*	**R ²	a	R ²	a	R ²	a	R ²	a	R ²
Казахстан	мм	7,0	4	1,4	2	3,4	5	2,8	3	-1,2	1
	%	1,9		2,4		5,1		4,0		-1,9	
Алматинская	мм	13,5	4	5,5	8	2,2	0	3,9	2	1,4	0
	%	3,4		8,0		1,9		3,7		1,9	
Акмолинская	мм	13,6	6	3,3	6	3,3	3	7,8	4	-2,0	1
	%	4,0		7,2		4,6		6,1		-2,4	
Актюбинская	мм	2,7	0	0,0	0	7,3	8	-1,7	0	-4,0	6
	%	1,1		0,1		11,9		-2,1		-5,6	
Атырауская	мм	8,4	7	3,4	9	7,9	16	-2,5	2	-0,5	0
	%	5,3		10,3		19,7		-5,4		-1,1	
Восточно-Казахстанская	мм	8,0	3	1,4	1	3,3	3	4,8	4	-1,4	0
	%	2,5		2,8		3,7		5,4		-1,2	
Жамбылская	мм	1,3	0	1,1	0	-5,0	3	4,5	4	0,2	0
	%	0,2		1,4		-4,3		10,3		-0,5	
Западно-Казахстанская	мм	0,2	0	-3,5	6	7,1	13	-4,1	2	0,1	0
	%	0,1		-4,6		12,2		-5,3		0,2	
Карагандинская	мм	5,1	2	-0,4	0	2,1	1	7,0	10	-3,6	5
	%	1,5		-2,3		3,1		9,6		-6,1	
Костанайская	мм	5,7	1	-0,4	0	8,6	23	1,4	0	-4,4	6
	%	1,4		-0,7		13,6		1,3		-5,7	
Кызылординская	мм	-5,2	2	-1,4	2	-0,7	0	0,1	0	-3,4	8
	%	-3,2		-1,8		-0,8		-0,2		-9,6	
Мангистауская	мм	0,8	0	3,5	10	-3,7	3	2,0	2	-1,2	1
	%	0,9		11,1		-6,6		0,6		-3,4	
Павлодарская	мм	6,2	2	-0,7	1	4,3	8	3,7	1	-1,2	0
	%	2,1		-1,4		8,1		3,3		-1,7	
Северо-Казахстанская	мм	15,7	8	1,6	1	9,5	22	3,8	1	0,6	0
	%	4,4		3,2		14,3		2,4		0,6	
Южно-Казахстанская	мм	11,2	3	2,3	0	3,2	1	3,1	3	0,9	0
	%	2,4		0,6		1,9		12,3		1,9	

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

** R² – коэффициент детерминации, %

***«жирным» шрифтом выделены статистически значимые тенденции

Весной количество осадков увеличивалось по всей территории Казахстана. Значимые положительные тренды на севере и северо-западе республики составили 10 - 38 % /10 лет. Наибольший вклад в увеличение количества осадков весеннего периода внес март, когда значимые положительные тенденции от 13 до 45 % /10 лет наблюдались практически по всему Казахстану (рисунок 3.10). Значимое уменьшение количества осадков на 10 - 12 % /10 лет зафиксировано на метеостанциях Актогай (Караг), Бес-Оба и Уюк.

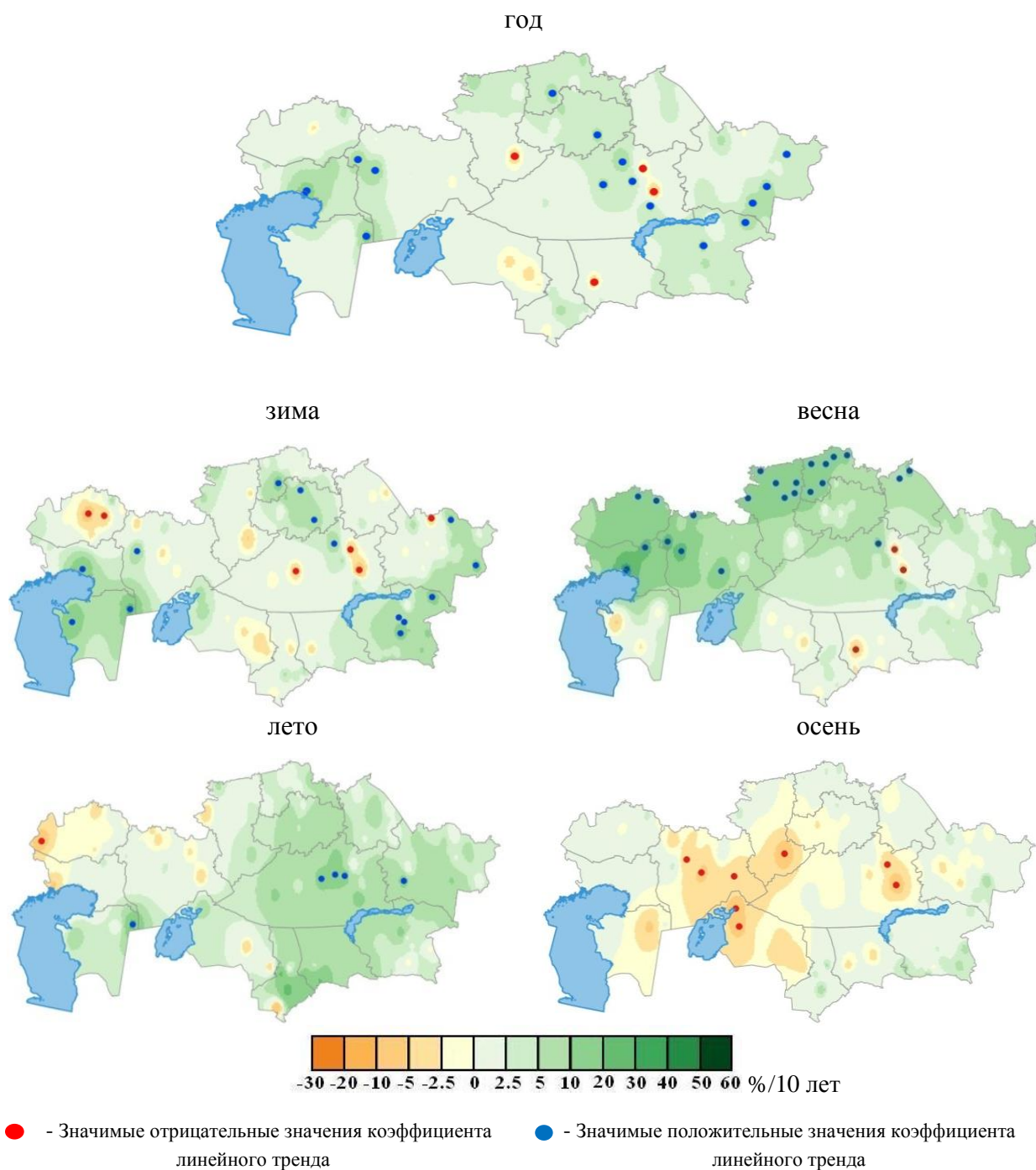


Рисунок 3.9 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда годовых и сезонных сумм осадков (%/10 лет), рассчитанных за период 1976 - 2016 гг.

Летом количество осадков уменьшалось на 1 - 16 %/10 лет в Западно-Казахстанской, Актыубинской и Атырауской областях. Тренды в основном незначимы, за исключением метеостанции Урда, где значимое уменьшение количества осадков составило 14 % /10 лет. В июне и августе наиболее значительные площади охвачены отрицательными тенденциями (рисунок 3.10). Достоверные положительные тенденции были отмечены в Мангистауской, Карагандинской и Восточно-Казахстанской областях на метеостанциях Сам, Аксу-Аюлы, Жанаарка, Жарык и Баршатас (13 - 23 %/10 лет).

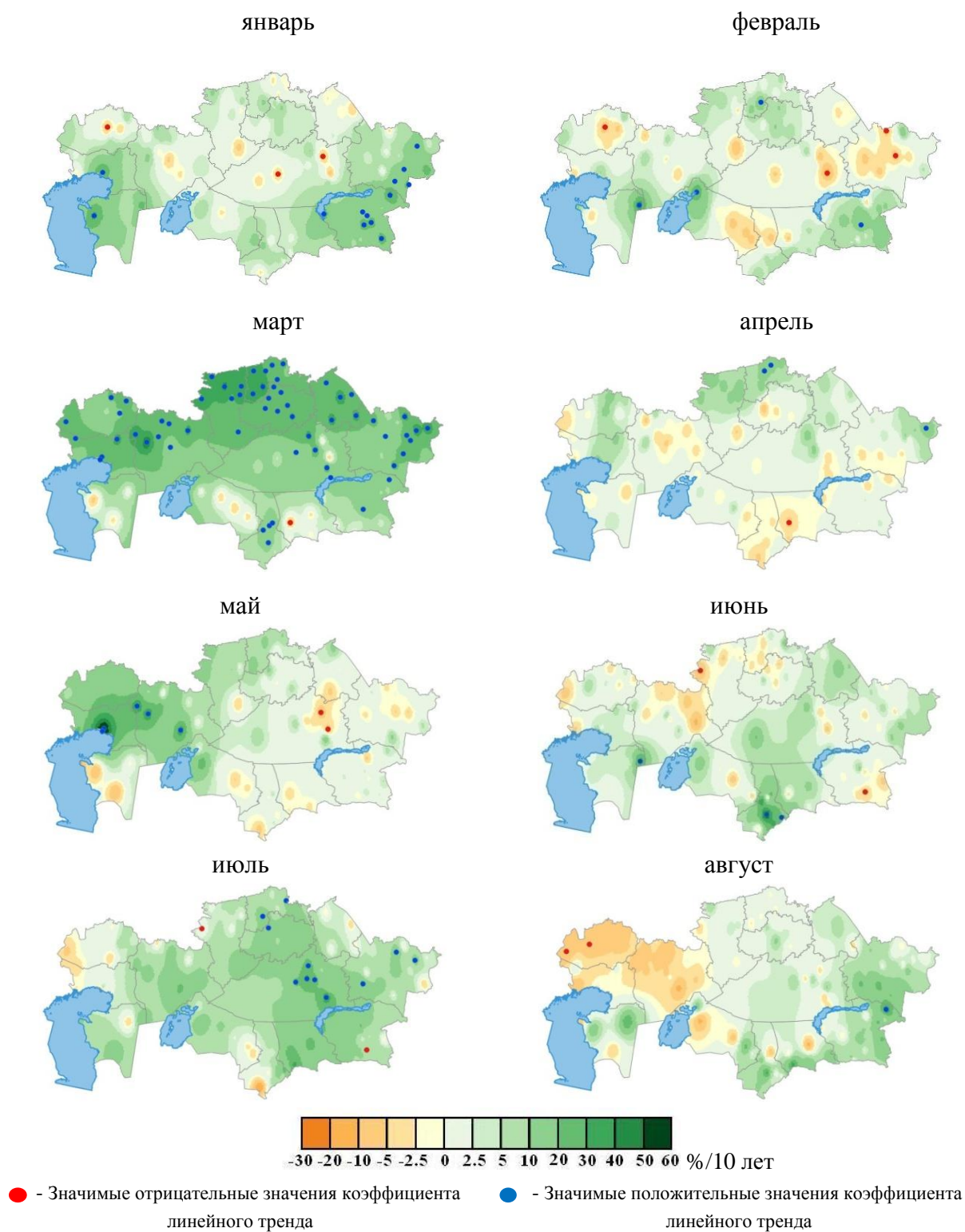


Рисунок 3.10 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда месячного количества осадков (% нормы/10 лет), рассчитанного за период 1976 - 2016 гг. *Лист 1*

Осенний сезон характеризуется уменьшением количества количества осадков на большей части территории Казахстана, особенно в районе Аральского моря, севернее его и севернее оз. Балкаш. На некоторых метеостанциях Актюбинской, Костанайской, Карагандинской и Кызылординской областей значимое уменьшение осадков составило

8 - 26 % /10 лет. В сентябре и октябре уменьшение количества количества осадков наблюдается на большей части территории Республики (рисунок 3.10). Положительные тренды в осенний период статистически недостоверны.

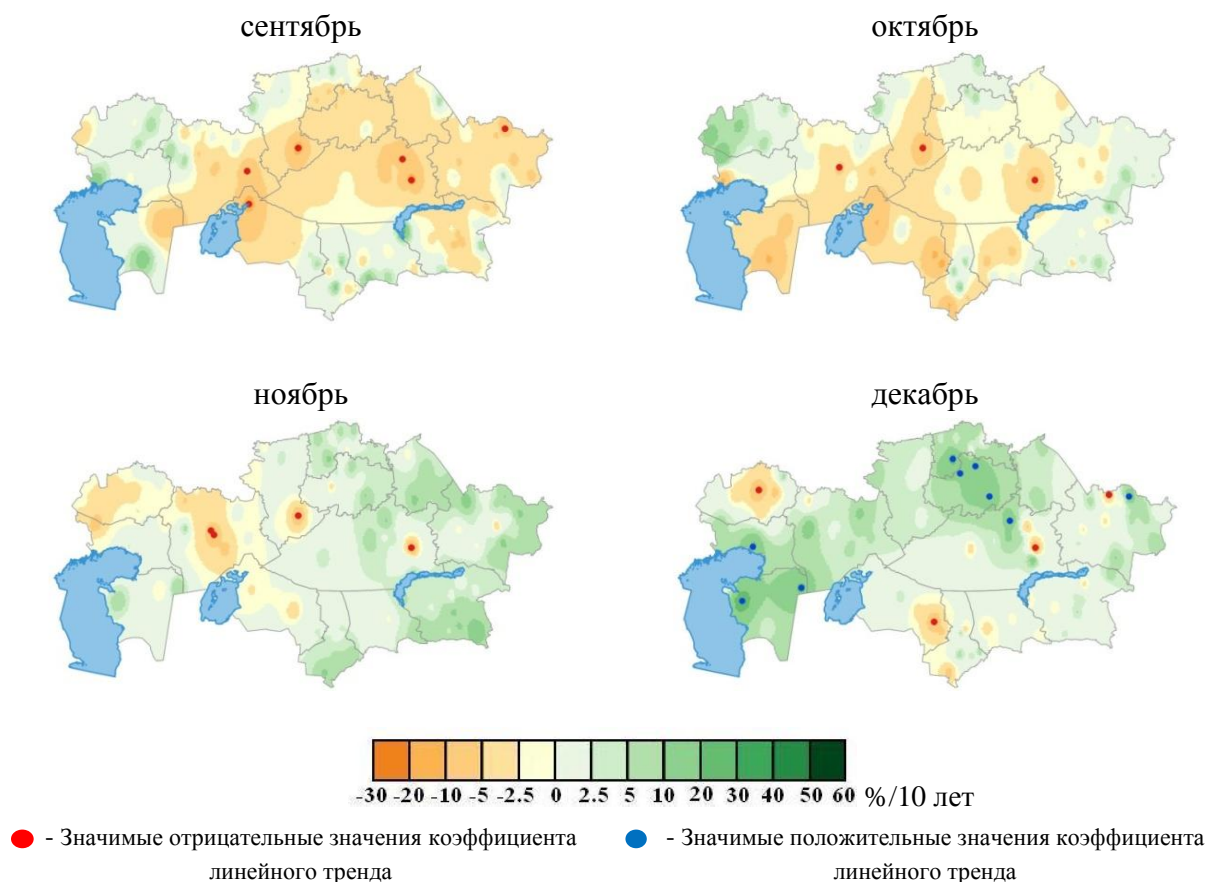


Рисунок 3.10 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда месячного количества осадков (%нормы/10 лет), рассчитанного за период 1976 - 2016 гг. *Лист 2*

3.3 Тенденции в экстремумах атмосферных осадков

Анализ тенденций в экстремумах атмосферных осадков выполнен за период 1941 - 2016 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 (65 % от общего количества метеостанций) наблюдалось незначительное увеличение значения максимального суточного количества осадков на 0,01 - 2,0 мм/10 лет. Статистически достоверные изменения были зафиксированы на метеостанциях Куйган, Атырау, Бектауата Баянаули Аул Турара Рыскулова.

Анализ тренда в значениях **доли (%/10 лет) экстремального количества осадков в годовой сумме осадков** (индекс R_{95pTOT}) показал, что в целом по Казахстану, за исключением некоторых станций, наблюдались незначительные тенденции, как ее уменьшения, так и увеличения на 0,01 - 2,0 % 10 лет. На метеостанциях Бакты и Караганда увеличение доли экстремального количества осадков составило 1,38 - 1,46 % 10 лет, тогда как на метеостанциях аул Турара Рыскулова, Тайыншы, Аягоз доля экстремального

количества осадков уменьшилась на 1,02 – 2,41 %/10 лет. Все изменения на этих метеостанциях являются статистически достоверными (рисунок 3.12).

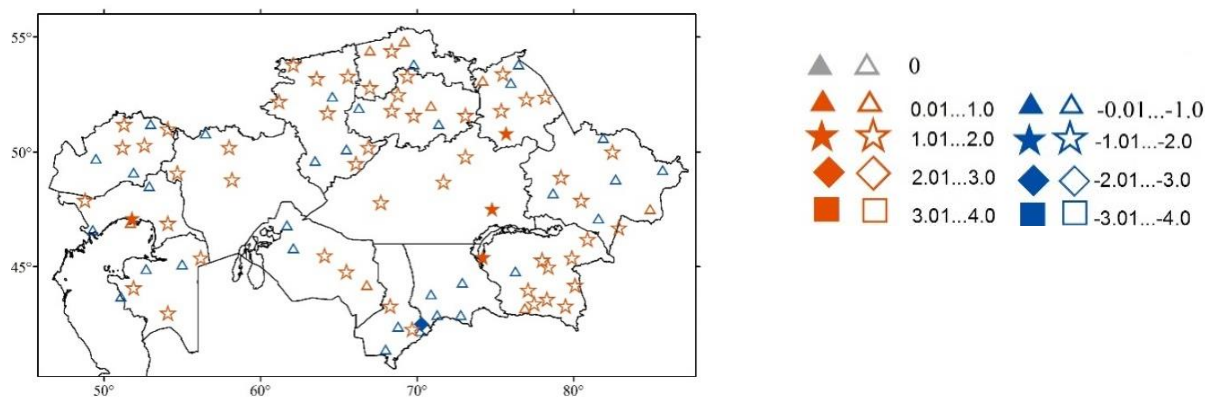


Рисунок 3.11 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда максимальных в году значений суточного количества осадков (мм/10 лет), рассчитанного за период 1941 - 2016 гг. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

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.

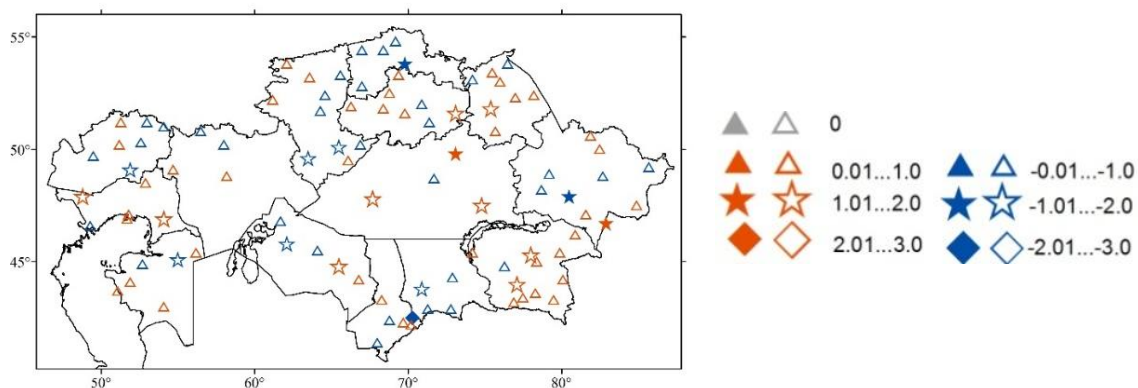


Рисунок 3.12 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда доли (%/10 лет) экстремального количества осадков в годовых суммах осадков, рассчитанного за период 1941 - 2016 гг. Экстремальное количество осадков рассчитано как сумма суточного количества осадков, превышающего 95-й процентиль. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

На большей части территории Казахстана наметилась тенденция сокращения максимальной продолжительности периода без осадков (**индекс CDD**, рисунок 3.13). В северных и северо-восточных регионах, а также на некоторых метеостанциях юга и юго-востока республики статистически значимое сокращение бездождного периода составило 1 - 5 дней/10 лет. Значения индекса CDD являются важной характеристикой климата, особенно для сельского хозяйства.

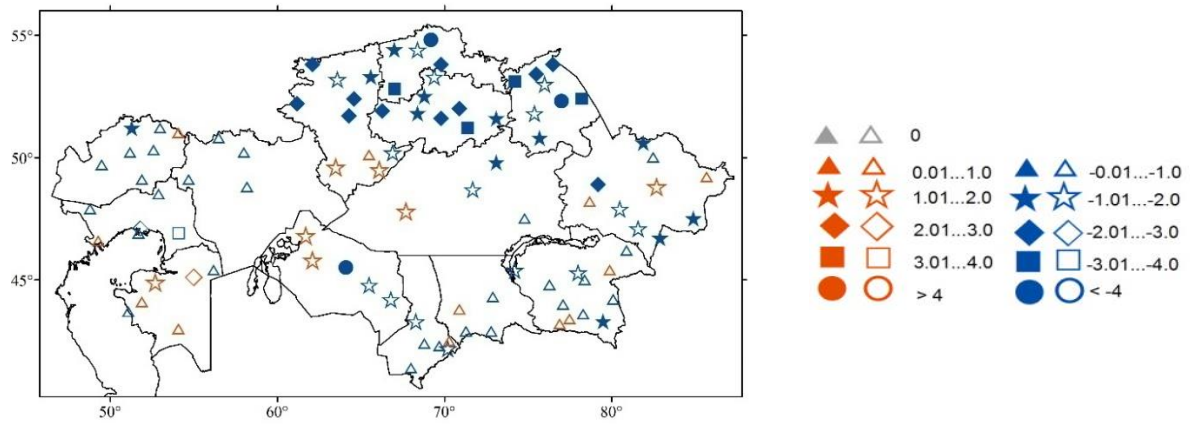


Рисунок 3.13 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда максимальной продолжительности бездождного периода (дни/10 лет), рассчитанного за период 1941 - 2016 гг. Обозначения градаций затусованы в случаях статистической значимости тренда

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Особенности климата в 2016 году.

Согласно используемому ВМО среднему значению трех комплектов данных 2016 год был на $0,83 \pm 0,1$ °С теплее в сравнении со средним значением за базовый период 1961 - 1990 годов, на $0,52$ °С теплее в сравнении со средним значением за 1981 - 2010 годы и на $0,06$ °С превысил предыдущее максимальное значение, зафиксированное в 2015 году. Это также примерно на $1,1$ °С выше значений доиндустриального периода.

На глобальные температуры в 2016 году, особенно в начале года, значительное влияние оказало мощное явление Эль-Ниньо 2015/2016 года. В те годы, когда мощное явление Эль-Ниньо прекращается (например, в 1973, 1983 и 1998 годах), температуры, как правило, на $0,1 - 0,2$ °С превышают фоновые уровни, и температурные значения в 2016 году соответствовали этой схеме. Глобальные значения уровня моря существенно повысились в период Эль-Ниньо 2015/2016 года и в начале 2016 года достигли новых рекордных отметок.

На количество глобальных осадков в 2016 году сильно повлиял переход от условий Эль-Ниньо в начале года к нейтральным или слабым условиям Ла-Нинья во второй половине года. Это привело к резким сезонным контрастам, однако годовые суммарные значения были относительно близки к средним во многих частях мира.

В 2016 году были зафиксированы многочисленные экстремальные явления по всему миру, такие как:

- сильные засухи и наводнения;
- тропические циклоны;
- разрушительные природные пожары;
- крупные волны тепла;
- значительные волны холода;
- сильные грозы и торнадо.

В нескольких случаях сообщалось о высоком материальном ущербе, перемещению сотни тысяч людей, а также о многочисленных пострадавших и даже гибели людей.

В среднем по территории Казахстана 2016 год был экстремально теплым. Средняя за год аномалия температуры воздуха, осредненная по территории республики, составила $1,48$ °С (97%-ый экстремум) – шестая положительная величина в ряду с 1941 г. Экстремально теплый год (95%-е экстремумы и выше) был в южной части Казахстана - Жамбылской, Южно-Казахстанской и Кызылординской областях. На 38-ми станциях были зафиксированы максимумы средней годовой температуры за период с 1941 г. В крайних западных районах максимальная продолжительность волн тепла составила более 70 дней в году. Продолжительность вегетационного периода в Алматинской, Жамбылской и Южно-Казахстанской областях была короче на 20 - 30 дней, чем в 2015 году. В целом по Казахстану 2016 год был рекордным по количеству выпавших осадков. В среднем по территории Казахстана годовые осадки составили 140 % нормы или $441,3$ мм - это

максимальное количество осадков, наблюдавшееся за период с 1941 - 2016 гг. Предыдущий максимум количества осадков был в 1958 году (437,8 мм). Исторический максимум годового количества осадков наблюдался в Актюбинской (148 % нормы), Мангистауской (173 % нормы) и Алматинской (157 % нормы) областях. На 47 % метеорологических станций республики количество выпавших осадков достигло экстремальных значений (вероятность превышения 90 - 100 %). Абсолютный максимум суточного количества осадков в 2016 году перекрыт на метеостанциях: Шелек (49 мм), Ерейментау (123 мм), Есиль (81 мм) и Чингирлау (77 мм). Наибольшая доля экстремального количества осадков наблюдалась на метеостанциях: Ерейментау (57 %), Аягоз (50 %), Кызылорда (48 %), Атырау (47 %), Бектауата (46 %), Кульсары и, Бакты (42 %), Рузаевка и Джамбейты (40 %). Наибольший по продолжительности дождливый период наблюдался на метеостанциях Аягоз (10 дней), Рузаевка (8 дней), Балкашино (8 дней), Акколь (8 дней) и Михайловка (Павлодарская область) - 8 дней. Особо длительные периоды без осадков (60 - 77 дней) отмечены на метеостанциях: Арысь, Сам, Куйган, Аральское море, Шиили, Кызылорда и Туркестан.

Зима 2015/16 гг. была экстремально и рекордно теплой. Средняя по территории республики аномалия температуры составила +4,6 °С, что является абсолютным максимумом за период с 1941 г. Рекордно высокие аномалии наблюдались в западных и южных регионах Казахстана, где 2016 г. стал самым теплым зимним сезоном в истории наблюдений, начиная с 1941 г. Максимальная продолжительность волн холода (15-16 дней) наблюдались в Карагандинской и Восточно-Казахстанской областях. Зимний сезон 2015/2016 гг. по количеству выпавших осадков был рекордно влажным. Количество осадков на большей части территории Казахстана было на 40 - 80 % выше нормы. Исторические максимумы наблюдались в Актюбинской (183 % нормы) и Мангистауской (223 % нормы) областях. Дефицит осадков наблюдался в некоторых районах Южно-Казахстанской и Жамбылской областей, где вероятность превышения составила 7 - 25 %.

Весна 2016 года была также экстремально теплой. Средняя по территории Казахстана аномалия сезонной температуры воздуха составила +3,1 °С, что является второй величиной с 1941 года. Во всех областях Казахстана аномалии весенней температуры попали в 10 % самых высоких положительных аномалий. Экстремально влажно было в западном регионе, а также в горных и предгорных районах Илейского Алатау. Так, например, в Атырауской области количество осадков составило 301 % нормы, что является историческим максимумом с 1941 года. Весенний сезон в этих районах вошел в 10 % наиболее влажных сезонов.

Лето 2016 г. было относительно нежарким, осредненная по территории Казахстана аномалия температуры составила +0,8 °С, это 93-ий перцентиль и 11-ая величина в ряду положительных аномалий с 1941 г. Отрицательные аномалии наблюдались в Акмолинской и Карагандинской областях. Максимальное количество дней (55 - 65 дней) с температурой воздуха выше 35 °С наблюдалось в Южно-Казахстанской и Мангистауской областях. Экстремально сухо было в районе станций Амангельды (Костанайская область) и Карабутах (Актюбинская область), где вероятность превышения составила 4 и 5 %

соответственно. Экстремально влажно было на юге и юго-востоке республики (вероятность превышения 93-96 %).

Осень, несмотря на экстремально теплый сентябрь, была холодной за счет экстремально холодного октября и холодного ноября. Средняя по территории Казахстана температура воздуха в осенний сезон была ниже нормы на 1,2 °С. Наиболее холодно было в Павлодарской, Карагандинской и Восточно-Казахстанской областях. В сентябре на отдельных станциях Карагандинской, Восточно-Казахстанской, Павлодарской, Алматинской, Южно-Казахстанской и Жамбылской областей были обновлены максимумы средней месячной температуры воздуха за период с 1941 г. В октябре обновлен минимум на станции Актогай Карагандинской области. В целом за осенний сезон количество атмосферных осадков по территории Казахстана составило 128 % нормы. Наибольшее количество осадков выпало в Восточно-Казахстанской области - 142 % нормы и Алматинской области - 156 % нормы. Недостаток влаги наблюдался в Атырауской области (77 % нормы).

Изменение климата в Казахстане

Скорость повышения средней годовой температуры воздуха в среднем по территории Казахстана в период 1976 - 2016 гг. составила 0,34 °С/10 лет, при этом вклад тренда в суммарную дисперсию достаточно высок и составляет 25 %. Наибольший рост температуры воздуха за последние 40 лет наблюдается в весенний период (0,67 °С/10 лет), наименьший и статистически незначимый - в зимний период (0,13 °С/10 лет). В среднем по Казахстану за период 1976 - 2016 гг. наблюдалась слабая тенденция увеличения годового количества атмосферных осадков на 7 мм/10 лет. Статистически достоверные изменения в сезонных суммах осадков не выявлены.

За период 1976 - 2016 гг. на некоторых станциях зафиксировано значимое повышение *суточных максимумов температуры воздуха* на 0,41 - 0,90 °С/10 лет. На станциях Жаркент и Балкашино наблюдается значимое их уменьшение на 0,37 °С/10 лет и 0,73 °С/10 лет соответственно.

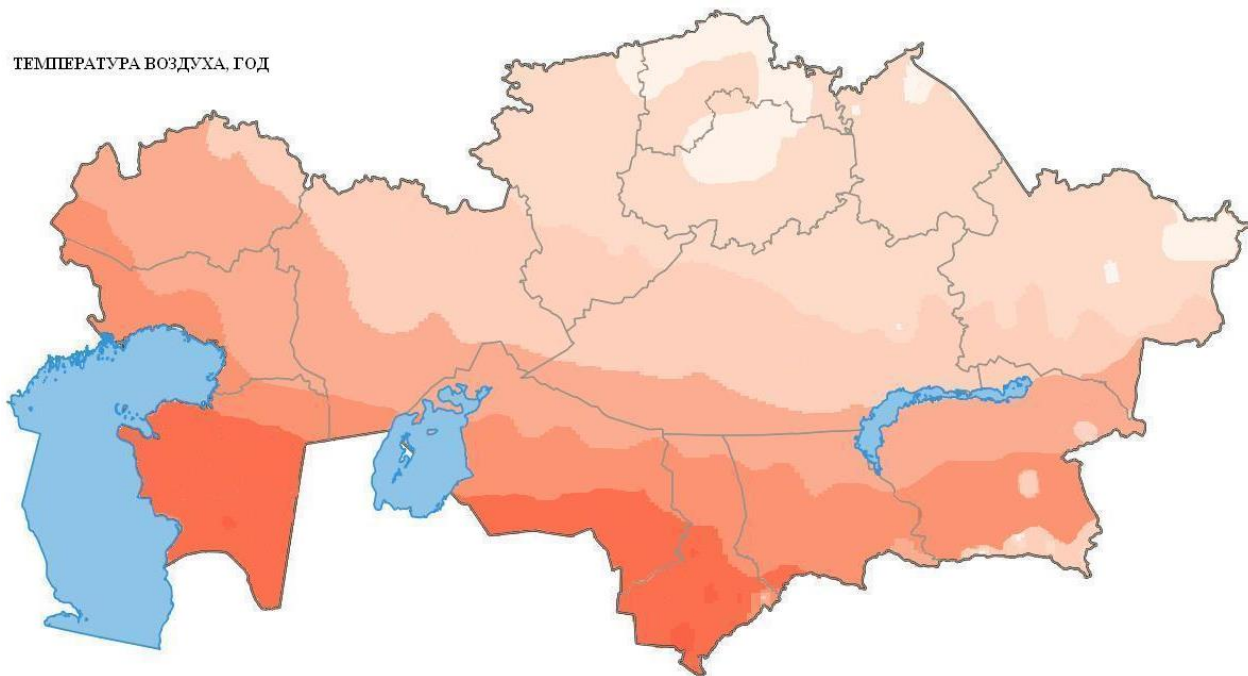
В Западно-Казахстанской, Актюбинской, Атырауской, Мангистауской, Кызылординской, Южно-Казахстанской областях существует значимая тенденция увеличения *количества дней с температурой воздуха выше 35 °С* на 4-8 дней каждые 10 лет. Практически на всей территории Казахстана увеличивается общая *продолжительность волн тепла* на 6 – 10 дней/10 лет. Также повсеместно наблюдается сокращение повторяемости *морозных дней*: на 3 - 8 дней каждые 10 лет.

На некоторых станциях Казахстана наблюдались существенные изменения в режиме осадков. В северных и северо-восточных регионах, а также на некоторых метеостанциях юга и юго-востока республики наметилась тенденция к сокращению *бездождного периода* на 1 - 5 дней/10 лет. На станциях Куйган, Атырау, Бектауата и Баян значимое увеличение значения *максимального суточного количества осадков* составило 0,7 - 1,5 мм/10 лет. Достоверное увеличение *доли экстремального количества осадков* на 1,38 - 1,46 % 10 лет отмечено на метеостанциях Бакты и Караганда, а ее уменьшение на станциях аул Турара Рыскулова, Тайынши и Аягоз (1,02 - 2,41 %/10 лет).

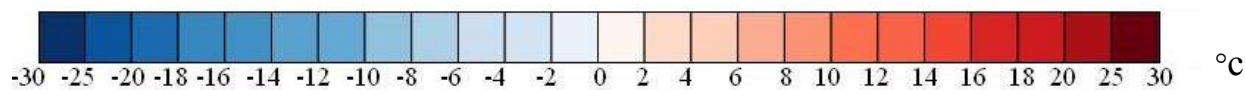
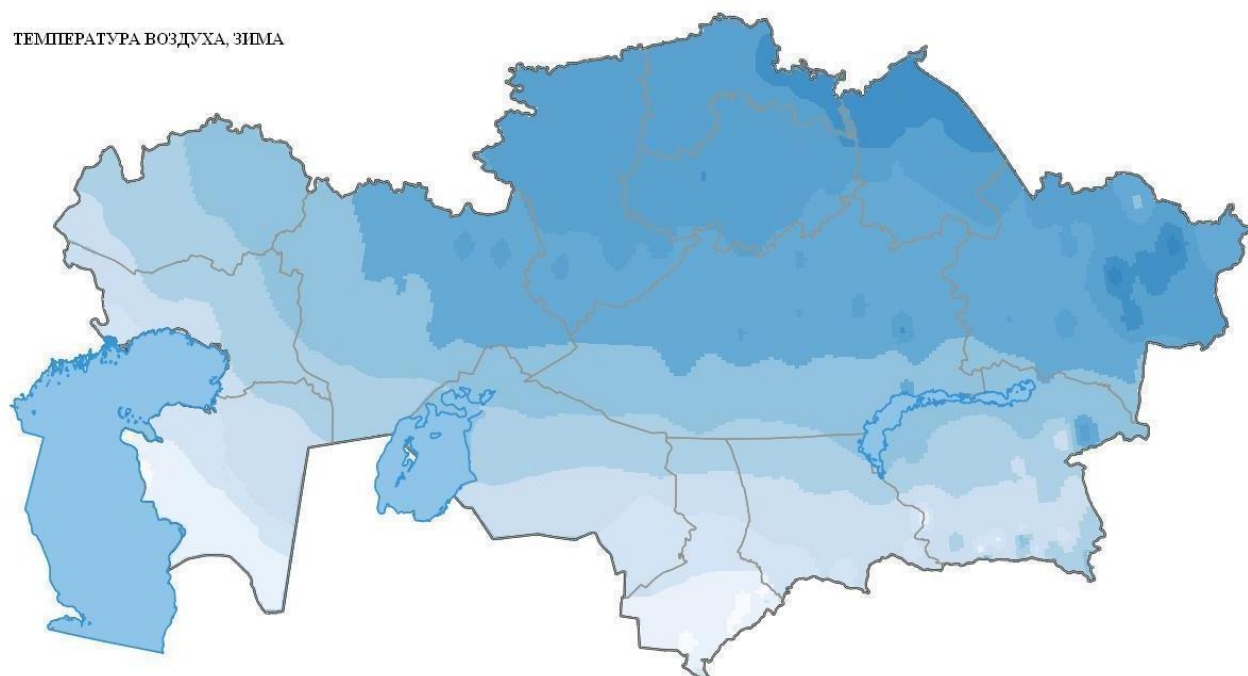
ПРИЛОЖЕНИЕ 1

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

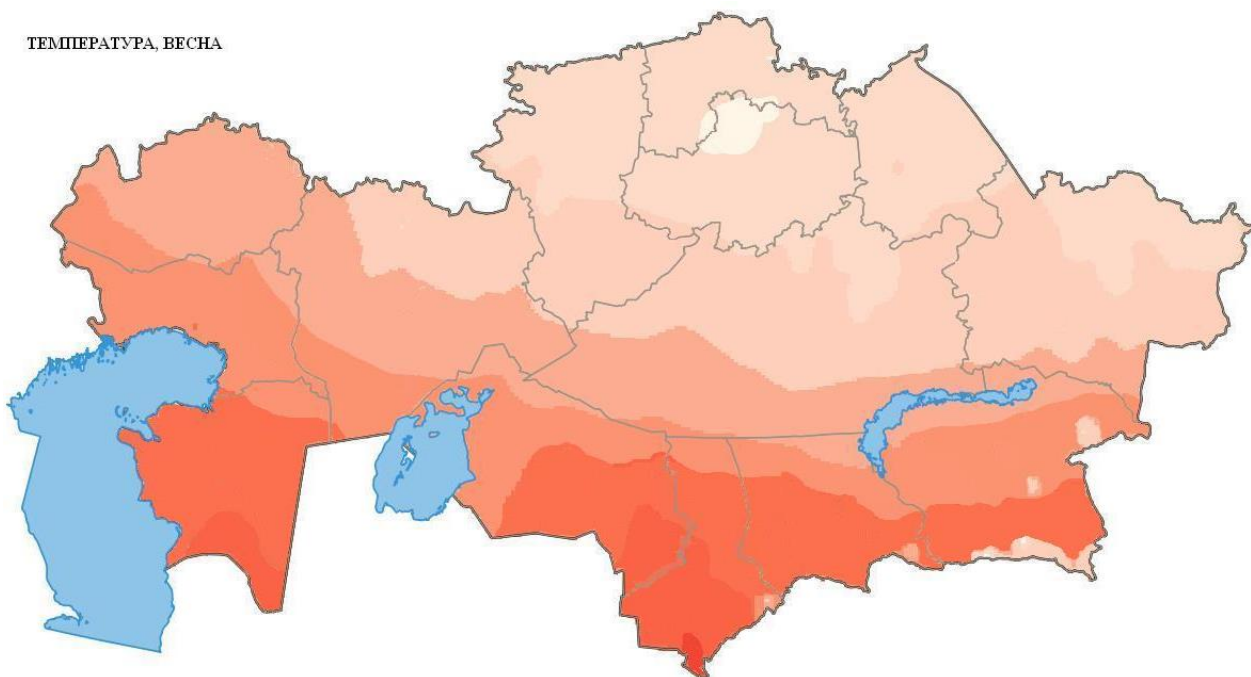
ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА, ГОД



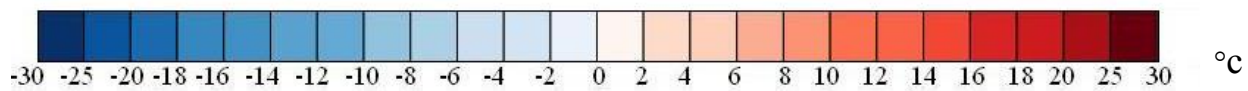
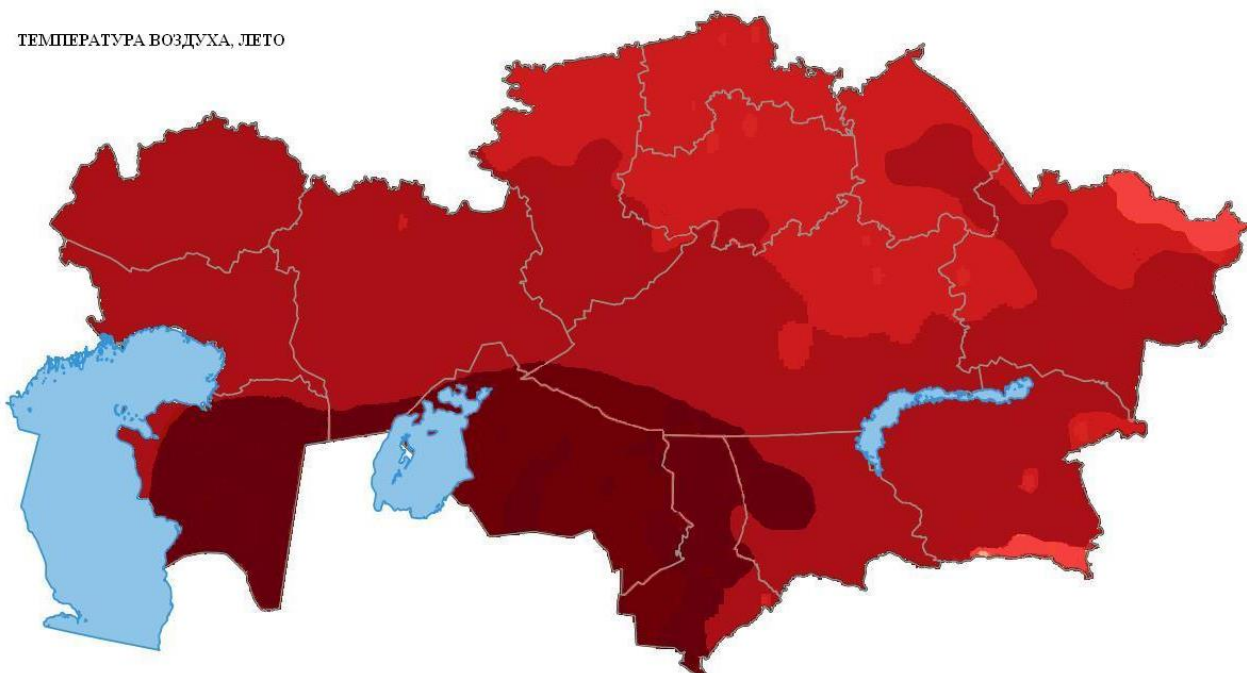
ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА, ЗИМА



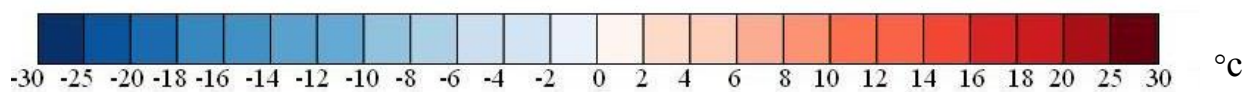
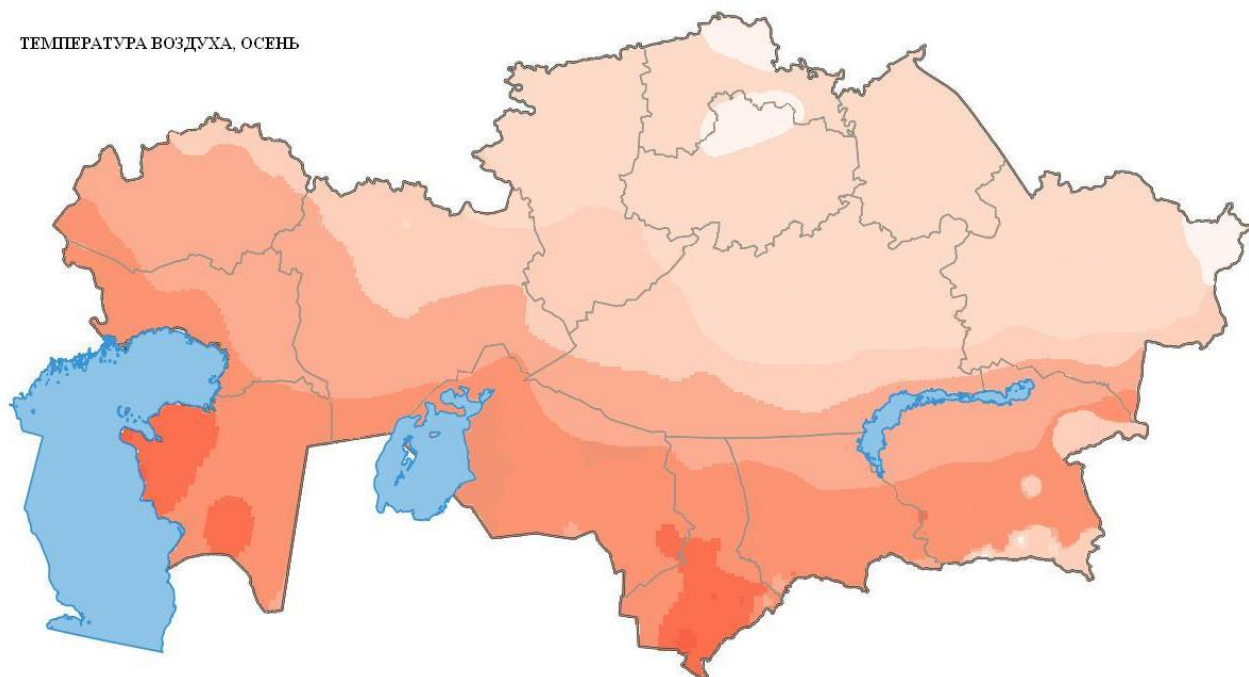
ТЕМПЕРАТУРА, ВЕСНА



ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА, ЛЕТО



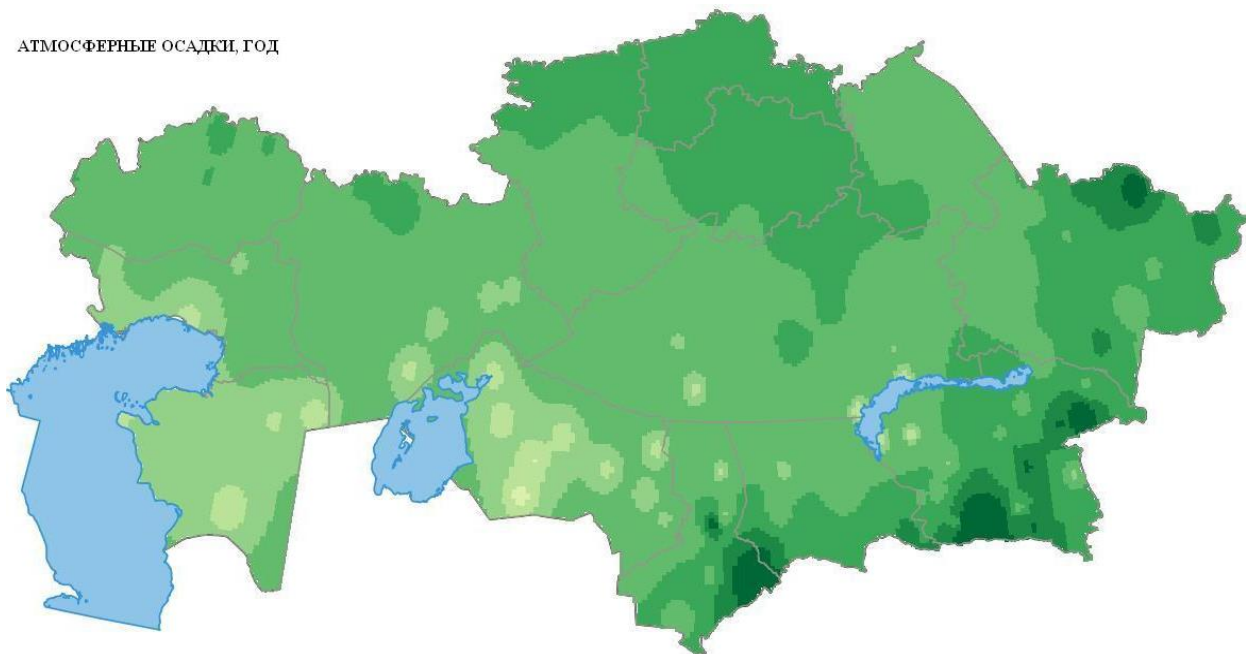
ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА, ОСЕНЬ



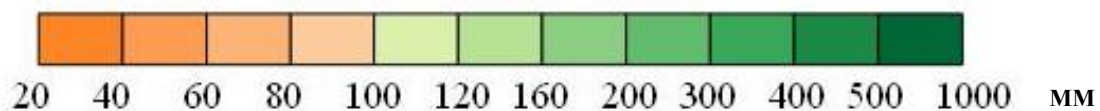
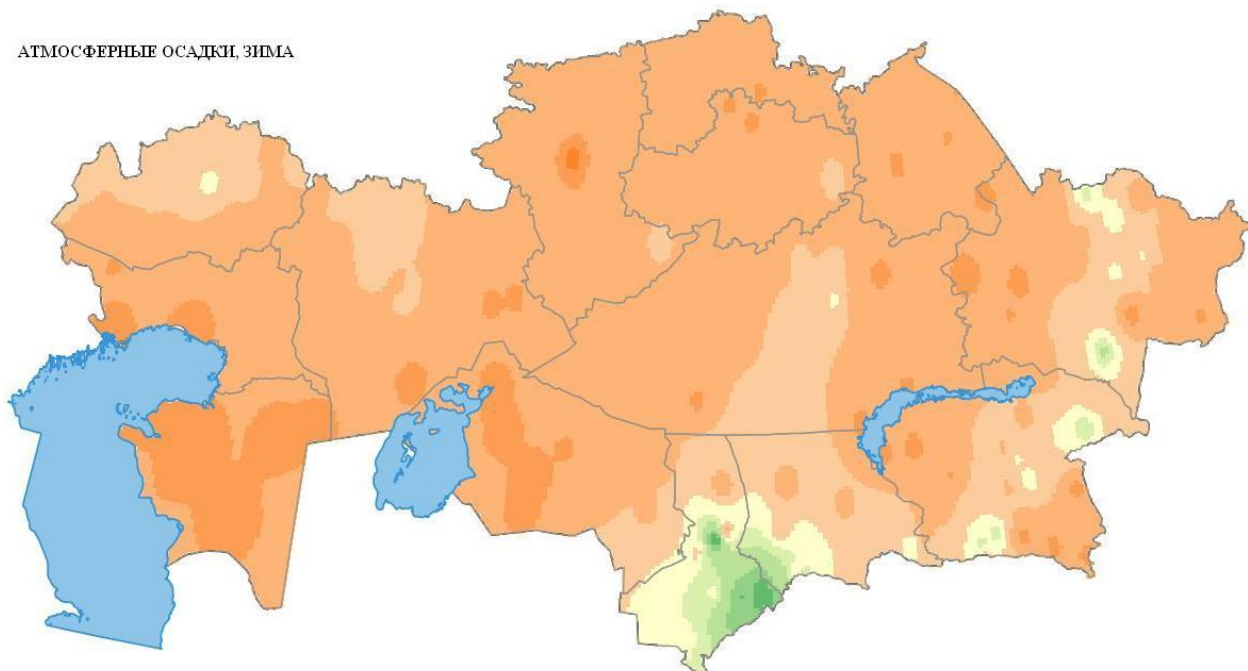
ПРИЛОЖЕНИЕ 2

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

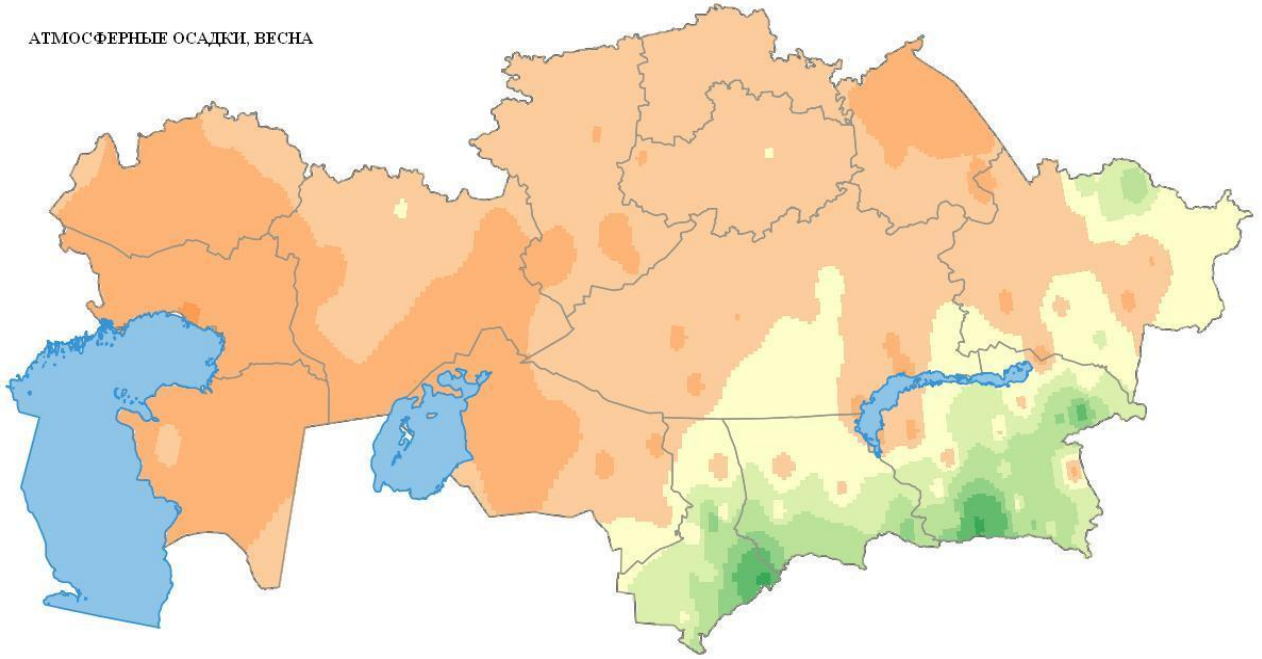
АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ, ГОД



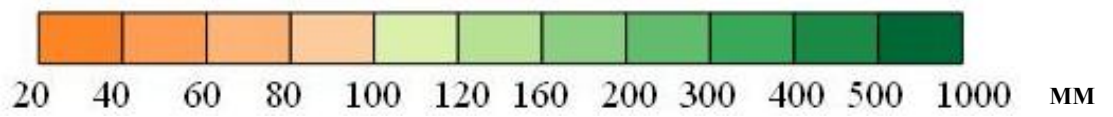
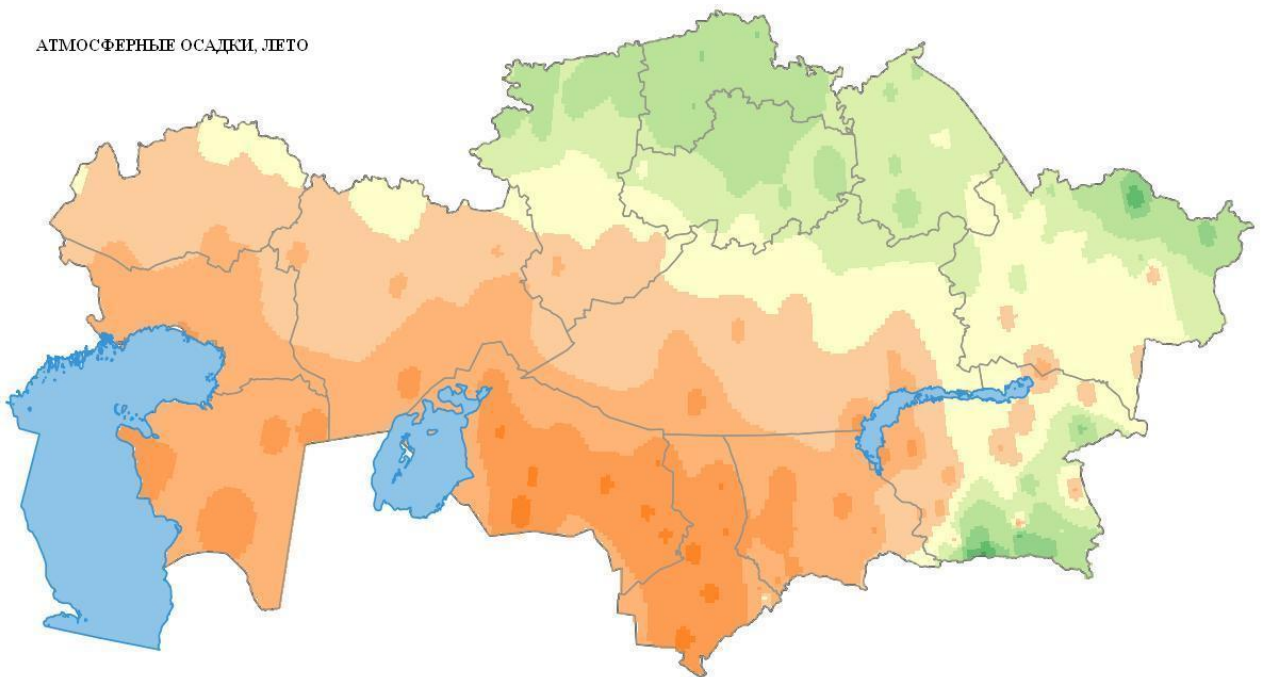
АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ, ЗИМА



АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ, ВЕСНА



АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ, ЛЕТО



АТОМСФЕРНЫЕ ОСАДКИ, ОСЕНЬ

