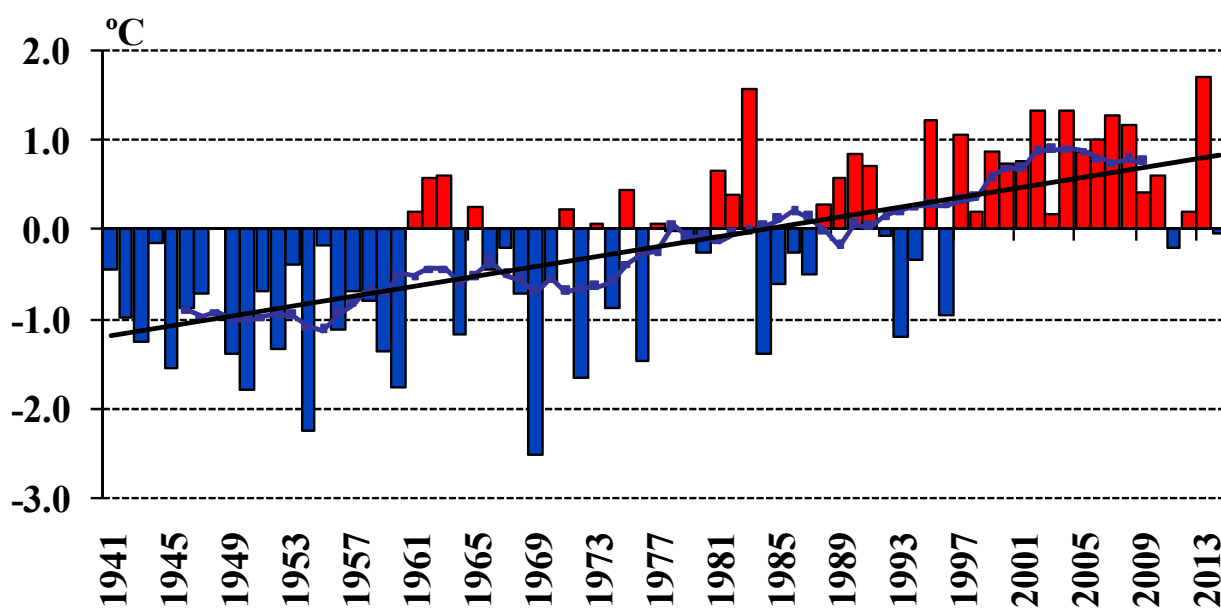




Министерство энергетики
Республиканское государственное
предприятие «Казгидромет»

***ЕЖЕГОДНЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ МОНИТОРИНГА
ИЗМЕНЕНИЯ И СОСТОЯНИЯ КЛИМАТА
КАЗАХСТАНА: 2014 ГОД***



Астана, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 ОБЗОР ИЗМЕНЕНИЙ ГЛОБАЛЬНОГО КЛИМАТА и ЕГО СОСТОЯНИЯ в 2014 г.	6
2 ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА	10
2.1 Наблюдаемые изменения температуры воздуха на территории Казахстана	10
2.2 Аномалии температуры воздуха на территории Казахстана в 2014 г.	19
2.3 Тенденции в экстремумах температуры приземного воздуха	25
3. АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ	29
3.1 Наблюдаемые изменения количества осадков на территории Казахстана	29
3.2 Аномалии количества осадков на территории Казахстана в 2014 г.	36
3.3 Тенденции в экстремумах атмосферных осадков	41
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	44
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	48
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	51

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 2014 г., включая оценку экстремальности значений метеорологических элементов, и предоставляет историческую информацию относительно тенденций, которые имели место, начиная с 40-ых годов прошлого столетия. Также этот выпуск бюллетеня содержит карты распределения температуры воздуха и осадков, осредненных по сезонам за период 1971...2000 г. (нормы за период 1971...2000 г., см. Приложение 1 и 2).

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

1) ряды среднемесячных температур воздуха и месячных сумм осадков с 1941 по 2014 гг., при этом данные более 190 метеостанций были использованы для оценки климатических норм за период 1971...2000 гг. и более 110 метеостанций для оценки тенденций;

2) ряды суточных максимальных и минимальных температур воздуха и суточного количества осадков с 1941 по 2014 гг. (более 90 метеостанций).

Основные подходы и методы. Под «нормой» в бюллетене понимается среднегодовое значение рассматриваемой климатической переменной за период 1971...2000 гг. Аномалии температуры рассчитываются как отклонения наблюдаемого значения от нормы. Аномалии количества осадков принято рассматривать как в отклонениях от нормы (аналогично температуре воздуха), так и в процентах от нормы, то

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

В качестве характеристики изменений параметров климата за определенный интервал времени используются коэффициенты линейных трендов, определяемые по методу наименьших квадратов. Мера существенности тренда – коэффициент детерминации (R^2), представляющий собой долю дисперсии от полной дисперсии климатической переменной за рассматриваемый интервал (в процентах).

Оценка тенденций температуры приземного воздуха и количества осадков проведена как по данным отдельных станций, так и в среднем для 14-ти областей Казахстана. Средние для территории величины аномалий метеорологических переменных рассчитаны путем осреднения станционных данных об аномалиях. Границы областей представлены на карте-схеме ниже.

Для оценки экстремальности температурного режима и режима осадков в 2014 г. использовались индексы изменения климата, рекомендованные Всемирной метеорологической организацией. Некоторые индексы основаны на фиксированных единых пороговых значениях для всех станций, другие – на пороговых значениях, которые могут варьировать от станции к станции. В последнем случае пороговые значения определяются как соответствующие процентилю рядов данных. Индексы позволяют оценить многие аспекты изменения климата, такие, например, как изменение интенсивности, частоты и продолжительности проявления экстремальности в температуре воздуха и количества осадков.



Схема административно-территориального деления Республики Казахстан

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

1 ОБЗОР ИЗМЕНЕНИЙ ГЛОБАЛЬНОГО КЛИМАТА и ЕГО СОСТОЯНИЯ в 2014 г.

В настоящее время наблюдения за климатической системой основываются на Глобальной системе наблюдений за состоянием атмосферы, поверхности суши и океана, которая состоит из разных скоординированных подсистем наблюдений. Наблюдения за температурой и другими переменными в глобальном масштабе начались с середины 19-го века, с началом инструментальной эры, но более всесторонними и разнообразными по набору наблюдаемых параметров они стали с 1950-ых годов.

Оценки изменения глобально осреднённой температуры поверхности суши и океана, рассчитанные на основе линейного тренда, свидетельствуют о потеплении на $0,85$ ($0,65...1,06$) $^{\circ}\text{C}$ за период $1880...2012$ гг. Повышение приземной температуры воздуха наблюдается в большинстве регионов Земного шара (рисунок 1.1).

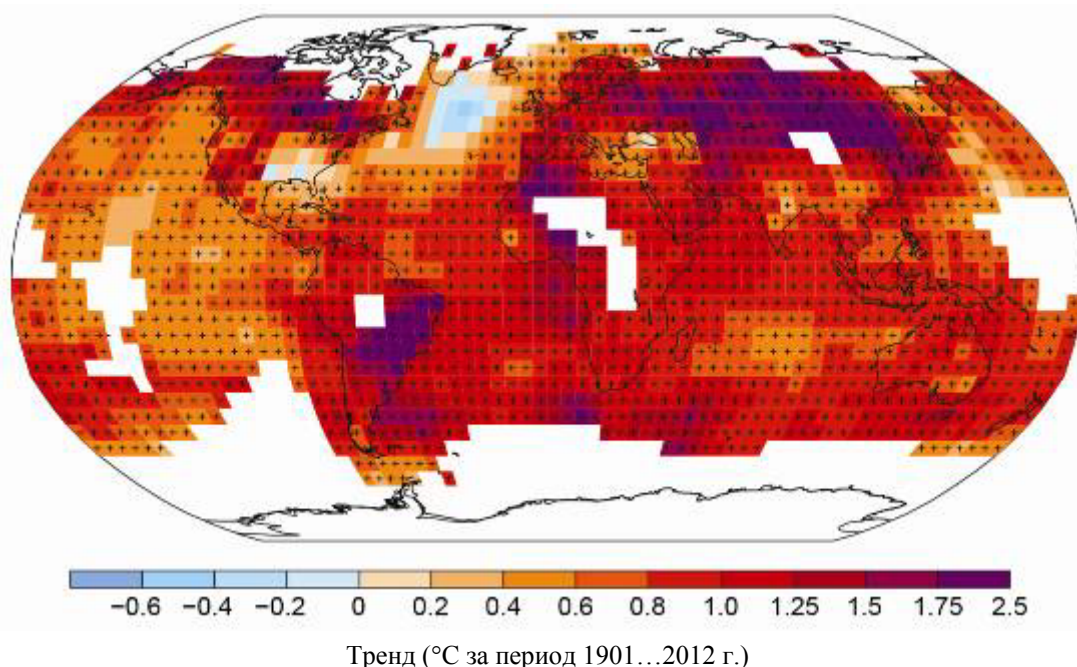


Рисунок 1.1 - Карта наблюдаемых изменений приповерхностной температуры с 1901 по 2012 год, составленная на основе температурных трендов, определенных методом линейной регрессии на основе одного массива данных (красная линия в рисунке 1.2). Тренды были определены для тех мест, где наличие данных позволяет сделать надежную оценку (т.е. только для ячеек сетки, в которых имеется более 70 % от возможного объема данных, причем более 20 % от возможного объема данных за первые и последние 10 % периода наблюдений). Прочие области закрашены белым. Ячейки сетки, для которых статистическая значимость тренда достигает 10 %, обозначены знаком «+».

Источник: МГЭИК, 2013 г.: Резюме для политиков. Содержится в публикации «Изменение климата, 2013 г.: Физическая научная основа. Вклад Рабочей группы I в Пятый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата»

На рисунке 1.2 приведен ход приповерхностной глобальной температуры за период инструментальных наблюдений, рассчитанный по данным трех массивов. Данные Великобритании начинаются с 1850 г, данные США – с 1880 г. В 20-ом веке потепление не было постоянным. Выделяют три интервала: потепление 1910...1945 гг., слабое похолодание 1946...1975 гг., и наиболее интенсивное потепление с середины 70-х годов. Тренд потепления, наблюдаемый в течение последних нескольких десятилетий, сохранился также в 2014 г., который по рейтингу ВМО стал номинально самым теплым годом с начала проведения современных инструментальных измерений в середине 1800-х годов. В 2014 г. средняя глобальная температура была на $0,57 \pm 0,09$ °C выше среднего значения за 1961...1990 гг., составляющего 14 °C. Хотя 2014 г. побил рекорд лишь на несколько сотых градуса, что не превышает значения допустимой неопределенности, этот результат означает, что 14 из 15 самых жарких лет за историю наблюдений приходятся на 21-ый век. Подтверждение глобального потепления под воздействием антропогенных факторов, таким образом, становится все более обоснованным.

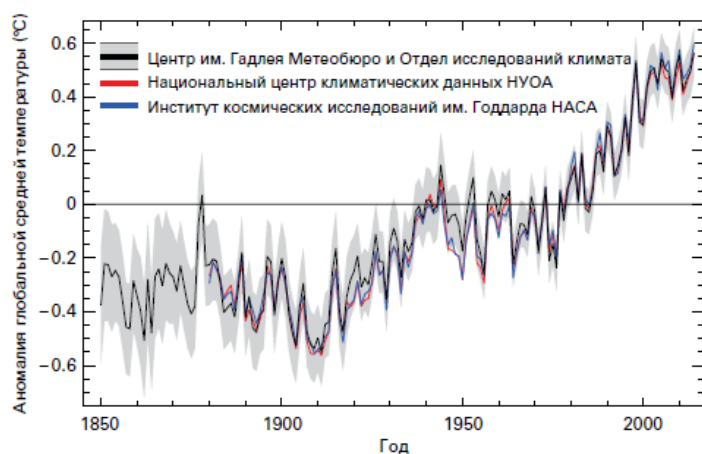


Рисунок 1.2 – Годовые аномалии средней глобальной температуры с 1850 по 2014 гг. по данным Центра им. Гадслея (HadCRUT4, черная линия показывает среднее значение, серая зона – 95 % диапазон неопределенности), Национального центра климатических данных (красная линия) и Института космических исследований им. Годдарда, США. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961...1990 гг. Источник: ВМО-№ 1152

Одной из крупнейших движущих сил ежегодных изменений в глобальной температуре является Эль-Ниньо/Южное колебание (ЭНЮК, рисунок 1.3). Температуры поверхности моря в восточной тропической части Тихого океана в конце 2013 г. были лишь незначительно более низкими, чем в среднем, что указывало на то, что глобальная температура в 2014 г. не будет сильно зависеть от воздействия Эль-Ниньо или Ла-Нинья. В результате 2014 г. стал годом с нейтральной фазой явления Эль-Ниньо/Южное колебание (ЭНЮК). Эль-Ниньо, как правило, связано с повышением глобальных температур. Это означает, что 2014 г. был исключительно теплым, несмотря на отсутствие Эль-Ниньо.

Большая часть энергии, накапливаемой в климатической системе, в конечном итоге поступает в океаны (рисунок 1.4). Глобальные средние температуры поверхности моря в 2014 г. были приблизительно на $0,44 \pm 0,03$ °C выше среднего значения за 1961...1990 гг., что теплее, чем в любой предыдущий год в истории наблюдений. Температуры поверхности моря были особенно высокими в северном полушарии с июня по октябрь.

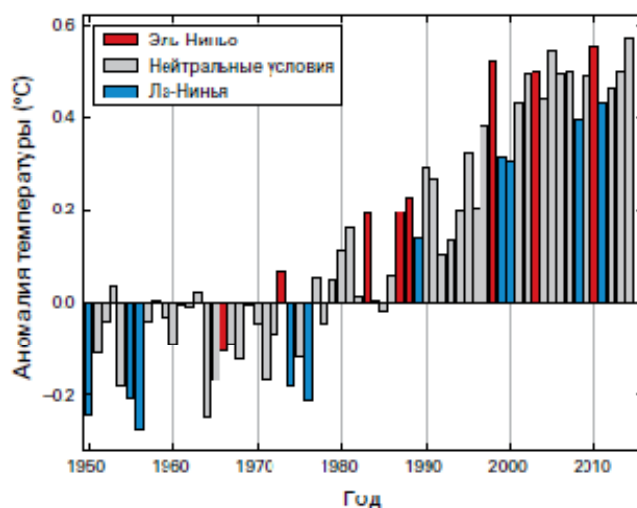


Рисунок 1.3 – Аномалии глобальной среднегодовой температуры (по сравнению со средними значениями 1961...1990 гг.) за период 1950...2014 гг. на основе среднего значения трех комплектов данных (GISTEMP, MLOST и HadCRUT.4.3.0.0). Цветом обозначены годы под влиянием Эль-Ниньо (красный), нейтральные условия с точки зрения влияния ЭНЮК (серый) и годы под влиянием Ла-Нинья (синий).
Источник: ВМО-№ 1152

Уровень моря является еще одним важным измеряемым показателем климатической системы. Он связан с теплом океана, так как океан увеличивается в объеме в результате теплового расширения. Вода от таяния ледовых щитов и ледников также вносит свой вклад в повышение уровня моря. Локальная изменчивость уровня моря зависит от приливов, бурь и крупномасштабных климатических режимов, таких как ЭНЮК. В большинстве месяцев 2014 г. глобальный средний уровень моря достиг рекордных или почти рекордных уровней.

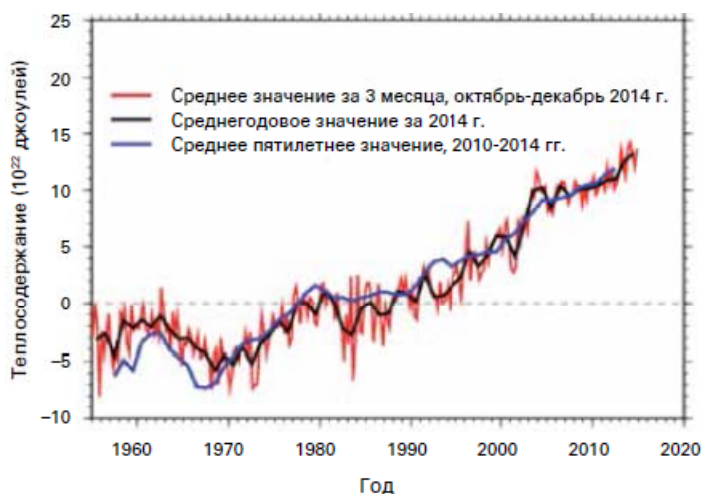


Рисунок 1.4 - Аномалия теплосодержания Мирового океана (по сравнению с 1955...2006 г.) для слоя 0...700 м с 1955 по 2014 г. показывает среднее значение за три месяца октябрь-декабрь 2014 г. (красная линия), среднегодовое значение (черная линия) и среднее пятилетнее значение (синяя линия).
Источник: ВМО-№ 1152

Протяженность морского льда в Арктике достигает максимума в марте и минимума в сентябре. Среднемесячная протяженность в сентябре была шестой из самых низких за весь период наблюдений, на 1,24 млн км² ниже среднего значения за 1981...2010 гг. и на 1,65 млн км² выше рекордно низкой протяженности, зафиксированной в сентябре 2012 г. (рисунок 1.5). 2014 г. стал третьим годом подряд, когда отмечалась рекордная протяженность морского льда в Антарктике. Протяженность антарктического морского льда упала ниже рекордных уровней в конце года, а протяженность в декабре была третьей из самых высоких за историю наблюдений с 1979 г.

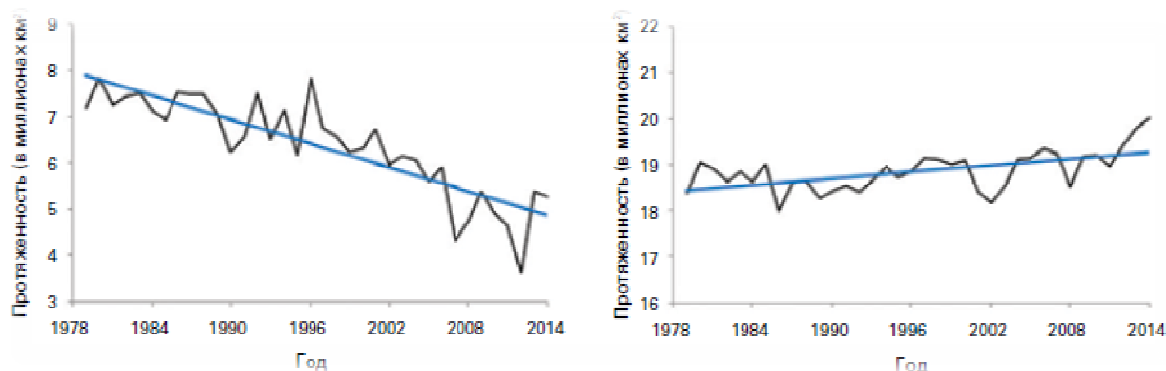


Рисунок 1.5 – Протяженность арктического (слева) и антарктического (справа) морского льда в сентябре за период 1979...2014 гг., измеренная в миллионах квадратных километров. (Источник: Данные предоставлены Национальным центром данных по снегу и льду, США)

В Заявлении ВМО о состоянии глобального климата в 2014 г. также особо отмечены экстремальные явления, которые наблюдались на национальном и региональном уровнях. В Европе, например, было необычайно тепло - 19 стран сообщили о рекордных температурах, зарегистрированных в течение этого года. Во многих странах, особенно на Балканах, в Южной Азии и в отдельных частях Африки, Южной и Центральной Америки произошли сильные наводнения и быстроразвивающиеся бурные паводки. Такие экстремальные явления возникают каждый год по причине естественной изменчивости климата, но высокая частота возникновения наводнений по всему миру является следствием ускорения гидрологического цикла, движущей силой которого является дополнительная энергия, удерживаемая в атмосфере парниковыми газами.

2 ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА

2.1 Наблюдаемые изменения температуры воздуха на территории Казахстана

Климатические изменения, наблюдаемые на земном шаре в 20-ом и 21-ом веках, затронули и Казахстан. При этом территория Казахстана, находящаяся в центре Евразийского континента и удаленная от океана на значительное расстояние (2000...3000 км), прогревается более значительными темпами, чем северное полушарие и земной шар в среднем. Есть разница и в списке самых тёплых лет в целом на земном шаре и в Казахстане. Только пять самых тёплых лет в Казахстане вошли в список десяти самых тёплых лет для Земного шара (в таблице 2.1 каждому из 10-ти самых тёплых лет для земного шара присвоен свой цвет заливки).

Таблица 2.1 – Ранги самых тёплых лет для Земного шара (за период 1850...2014 гг.) и Казахстана (за период 1941...2014 гг.) и соответствующие аномалии среднегодовой температуры приземного воздуха, осредненные по территории Казахстана

Ранг	Земной шар	Казахстан	Аномалия среднегодовой температуры, осредненная по территории Казахстана, °С
1	2014	2013	1,69
2	2010	1983	1,56
3	2005	2002	1,33
4	1998	2004	1,33
5	2003	2007	1,27
6	2002	1995	1,21
7	2013	2008	1,17
8	2007	1997	1,05
9	2006	2006	0,99
10	2009	2005	0,88

2014 г. занял 36 место в ранжированном по убыванию ряду значений аномалии среднегодовой температуры воздуха. Среднегодовая аномалия температуры воздуха в среднем по территории Казахстана в 2014 г. была примерно на 0,04 °С ниже среднего значения за период 1971...2000 гг., составляющего 5,7 °С. Таким образом, 2014 г. приблизился к среднемноголетнему значению температуры воздуха за период 1971...2000 гг. (таблица 2.1).

На рисунке 2.1 представлен ранжированный ряд аномалий среднегодовых температур приземного воздуха, рассчитанных относительно базового периода 1971...2000 гг. и осреднённых по данным 118 метеостанций Казахстана с 1941 по 2014 г. Все экстремально тёплые годы в среднем для земного шара приходятся на последние 20 лет. В Казахстане эта особенность тоже хорошо прослеживается, исключение составляет 1983 г.

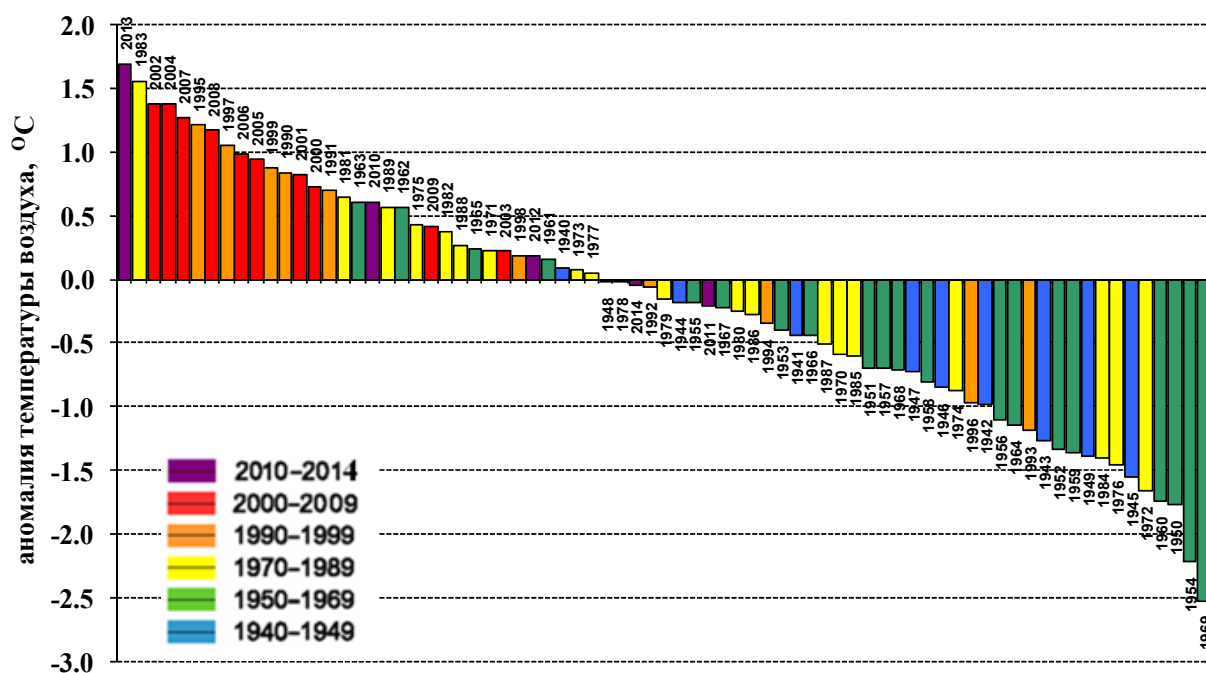


Рисунок 2.1 – Ранжированный ряд аномалий среднегодовых температур приземного воздуха, относительно базового периода 1971...2000 гг., осреднённых с 1941 по 2014 гг.

На рисунках 2.2...2.3 и в таблице 2.2 представлены оценки изменений температуры воздуха за период 1941...2014 гг., осредненной по территории Казахстана и административных областей. Все тренды в рядах среднегодовых и сезонных значений положительны и статистически значимы, что говорит об устойчивом повышении приземной температуры воздуха на территории Казахстана с 1941 по 2014 гг.

В среднем по Казахстану скорость повышения среднегодовой температуры воздуха составляет $0,27^{\circ}\text{C}$ каждые 10 лет (таблица 2.2). Если рассматривать по сезонам, то наибольший рост температур происходит весной и осенью – на $0,31^{\circ}\text{C}/10$ лет, немного меньше зимой – на $0,27^{\circ}\text{C}/10$ лет, летом наблюдается наименьшая скорость повышения температуры – на $0,19^{\circ}\text{C}/10$ лет. В большинстве случаев тренды статистически значимы при 95 % доверительном интервале, вклад тренда в суммарную дисперсию среднегодовых температур составляет 38 %, для сезонов – от 6 до 24 % (таблица 2.2). Надо отметить, что в текущем столетии аномалии весенних, летних и осенних температур были, в основном, положительные, в то время как аномалии зимних температур часто были отрицательные (рисунок 2.2). В областном разрезе наибольшими темпами среднегодовые температуры воздуха повышались в Западно-Казахстанской области – на $0,38^{\circ}\text{C}/10$ лет, наименьшими – в Южно-Казахстанской, Алматинской, Восточно-Казахстанской, Мангистауской и Павлодарской областях – на $0,21...0,26^{\circ}\text{C}/10$ лет. В остальных областях рост среднегодовых температур в пределах $0,27...0,31^{\circ}\text{C}/10$ лет (таблица 2.2, рисунок 2.3).

В разрезе сезонов прослеживаются определённые территориальные особенности изменения температуры воздуха (таблица 2.2). Так, в северных, центральных и восточных районах Казахстана наибольшие темпы потепления наблюдаются весной – на $0,28...0,38^{\circ}\text{C}/10$ лет, следующее по величине потепление приходится на осенний сезон. В

западных регионах наибольшее повышение температуры происходит в зимний период – на $0,26...0,46\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ и в переходные сезоны – на $0,25...0,43\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$. В большинстве южных областей основной пик потепления приходится на осенний сезон ($0,29...0,40\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$), второй – на зимний или весенний ($0,21...0,33\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$). В летний период практически во всех областях значения коэффициента линейного тренда, характеризующего скорость роста температуры воздуха, наименьшие – в пределах $0,13...0,27\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, но значения коэффициента детерминации достаточно высокие, особенно в южных областях Казахстана – $18...37\%$. Это свидетельствует об устойчивости тенденции повышения температуры воздуха.

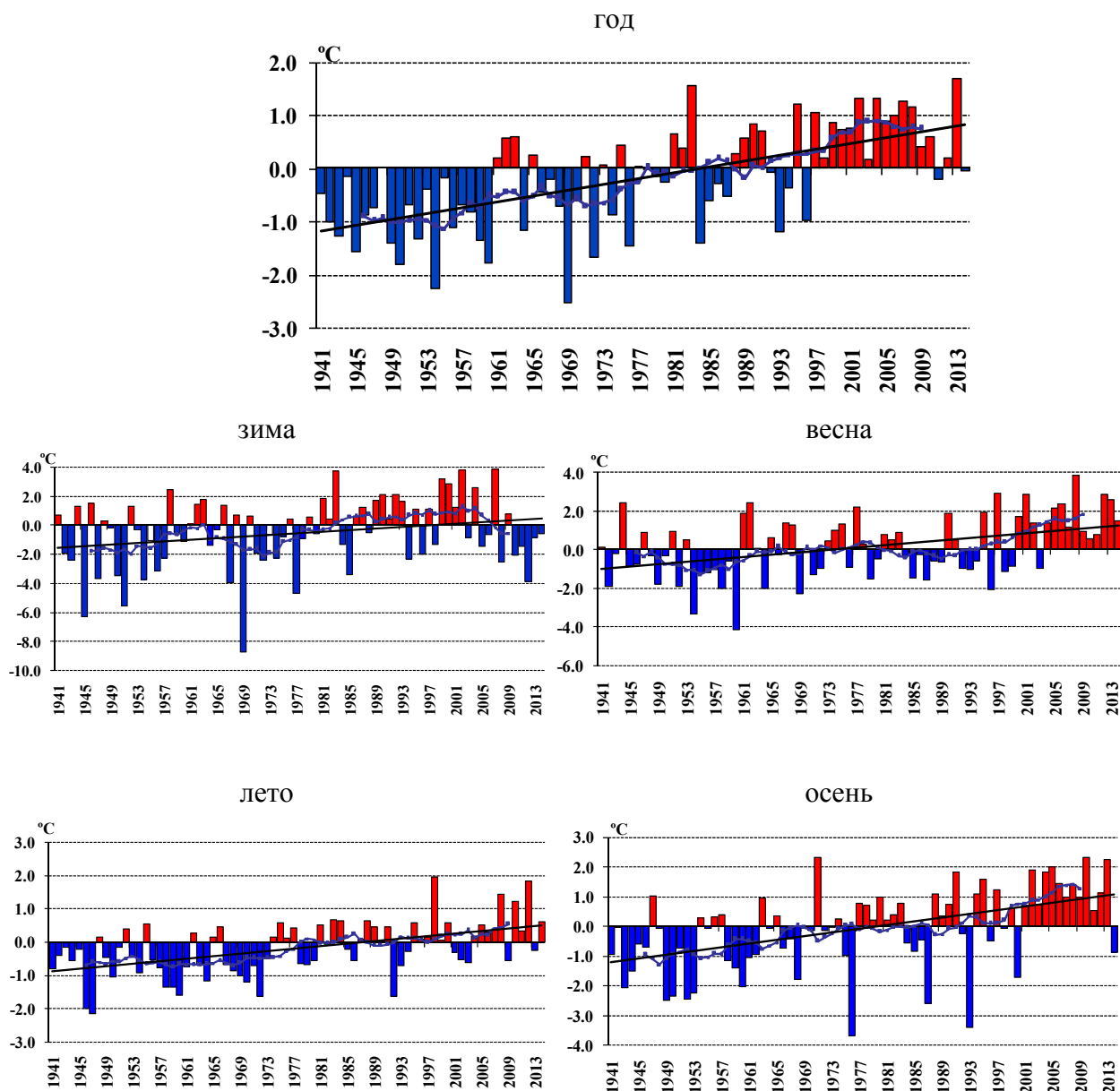


Рисунок 2.2 – Временные ряды и линейный тренд аномалий годовых и сезонных температур воздуха за период 1941...2014 гг., осреднённых по территории Казахстана. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1971...2000 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением

Таблица 2.2 – Характеристики линейного тренда аномалий температуры приземного воздуха, осреднённых по территории Казахстана и его областей за период 1941...2014 гг.

Регион/область	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	*a	**R ²	a	R ²	a	R ²	a	R ²	a	R ²
Казахстан	0,27	38	0,27	6	0,31	17	0,19	25	0,31	24
Кызылординская	0,29	32	0,21	2	0,33	16	0,27	34	0,30	22
Южно-Казахстанская	0,21	27	0,16	2	0,21	11	0,17	18	0,32	27
Жамбылская	0,29	39	0,27	5	0,23	12	0,27	37	0,40	34
Алматинская	0,23	31	0,27	7	0,22	12	0,13	13	0,29	25
Восточно-Казахстанская	0,25	25	0,27	5	0,28	12	0,14	11	0,31	18
Павлодарская	0,26	25	0,26	4	0,37	17	0,14	8	0,28	13
Северо-Казахстанская	0,30	31	0,30	5	0,37	16	0,20	12	0,32	15
Акмолинская	0,28	31	0,25	4	0,38	16	0,18	11	0,32	16
Костанайская	0,31	33	0,30	5	0,37	14	0,24	15	0,32	17
Карагандинская	0,28	31	0,24	4	0,35	16	0,20	17	0,32	19
Актюбинская	0,29	31	0,30	5	0,33	12	0,21	14	0,30	16
Западно-Казахстанская	0,38	39	0,46	10	0,43	20	0,27	16	0,34	21
Атырауская	0,29	34	0,38	9	0,32	17	0,20	19	0,27	17
Мангистауская	0,25	35	0,26	8	0,24	13	0,23	21	0,25	16

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

** R² – коэффициент детерминации, %

для Мангистауской области расчёты выполнены только по метеостанции Форт Шевченко

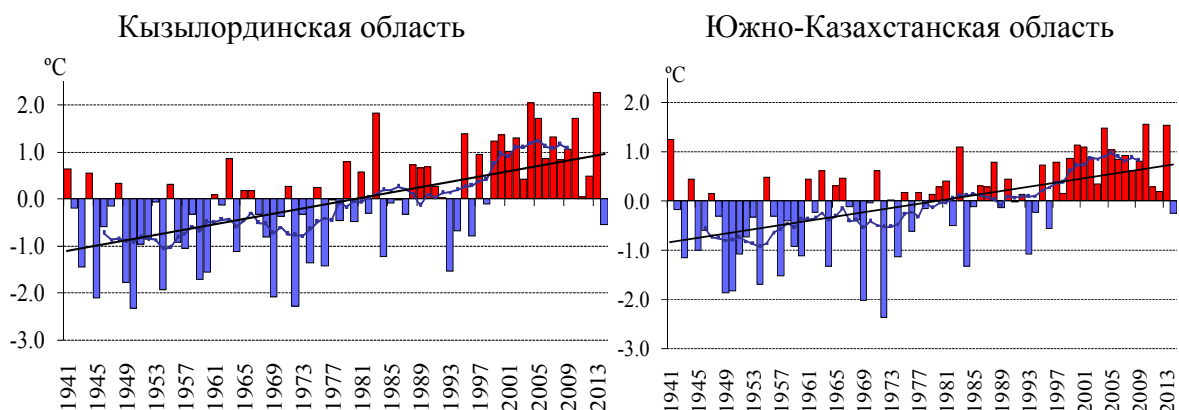


Рисунок 2.3 – Временные ряды и линейные тренды аномалий среднегодовых температур воздуха (°C) за период 1941...2014 гг., осредненных по территории областей Казахстана. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1971...2000 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением.

Лист1

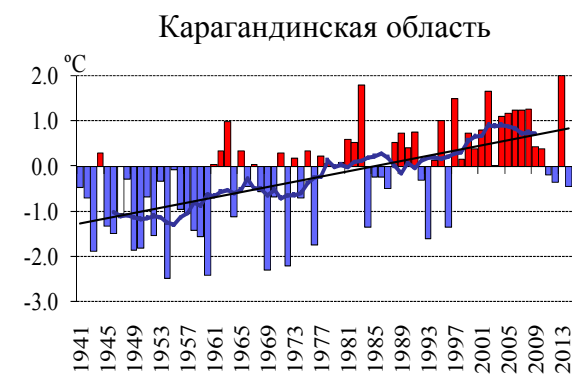
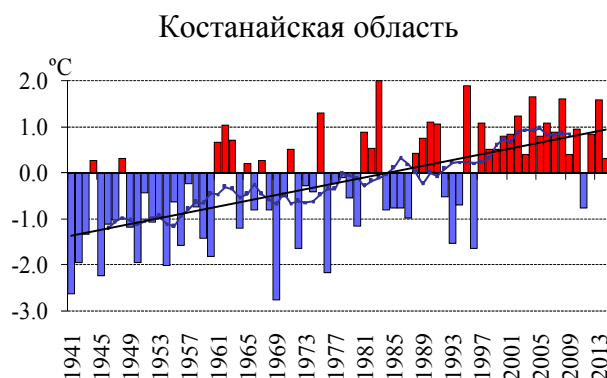
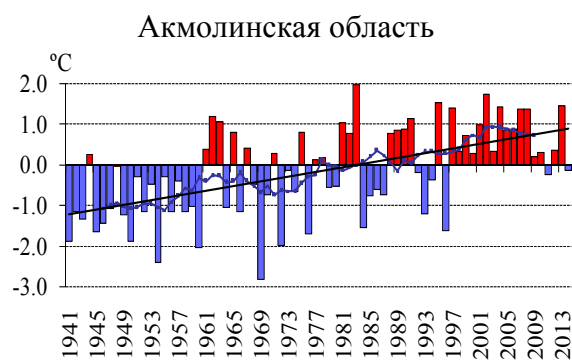
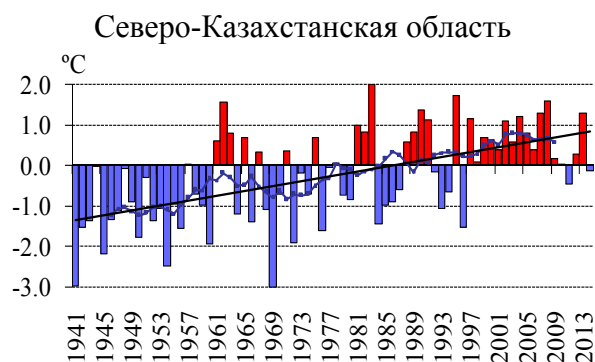
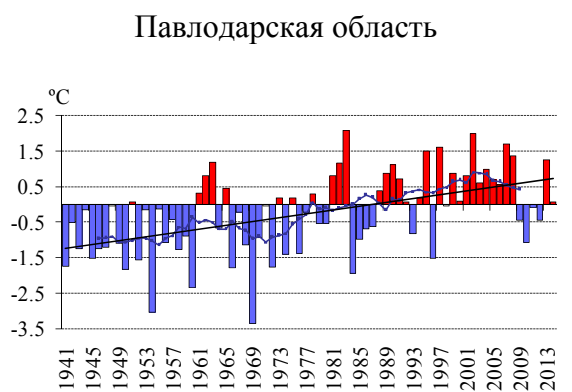
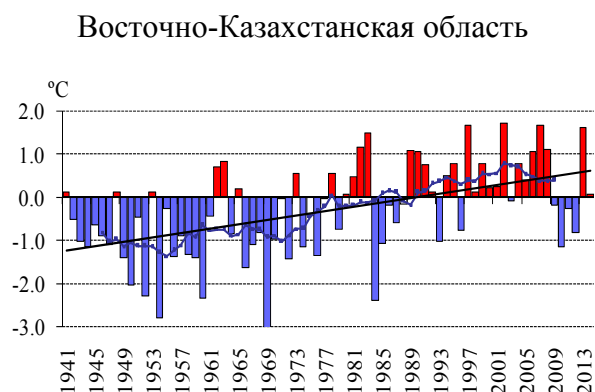
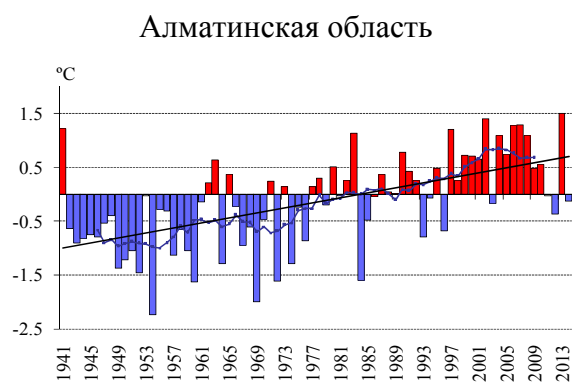
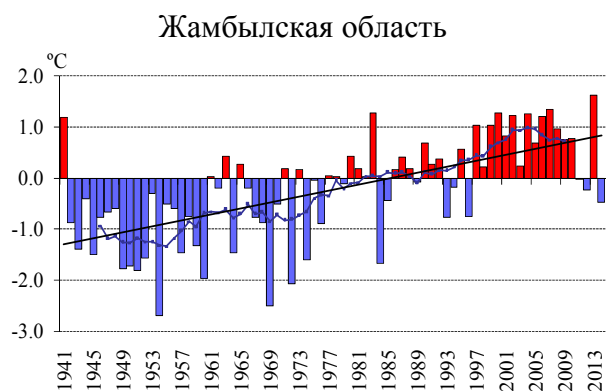


Рисунок 2.3 – Временные ряды и линейные тренды аномалий среднегодовых температур воздуха (°C) за период 1941...2014 гг., осредненных по территории областей Казахстана. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1971...2000 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением.

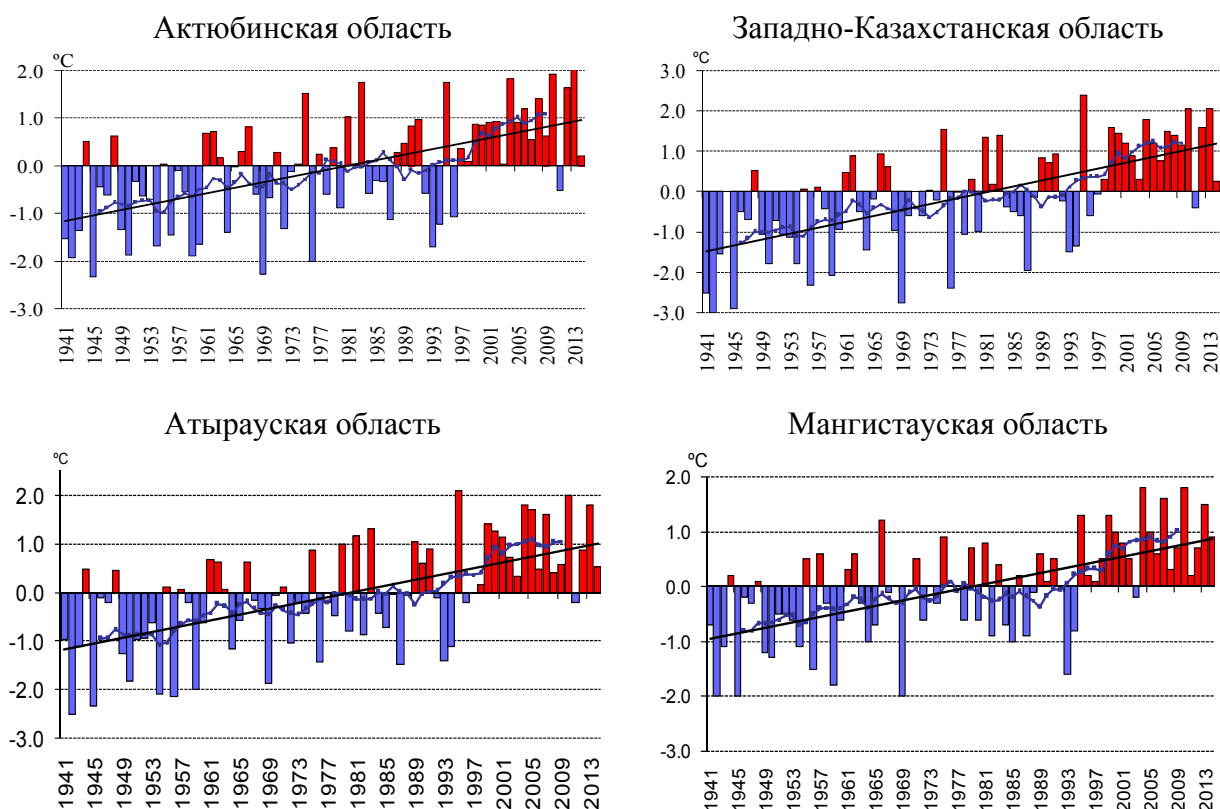


Рисунок 2.3 – Временные ряды и линейные тренды аномалий среднегодовых температур воздуха (°C) за период 1941...2014 гг., осредненных по территории областей Казахстана. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1971...2000 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением.

Лист 3

Более детальная информация об изменении средней годовой, сезонной и месячной температуры воздуха (значения коэффициента линейного тренда в °C/10 лет) по территории Казахстана за период 1941...2014 гг. представлена на рисунке 2.4. Тренды по средней годовой температуры по всей территории Казахстана были положительные и статистически значимые. Это справедливо также для весны, лета и осени. Значения тренда среднегодовой, весенней и осенней температуры составляли в основном 0,21...0,40 °C/10 лет, весной на западе и севере - 0,41...0,60 °C/10 лет. Тренды температуры летнего сезона на большей части территории лежат в пределах 0,21...0,40 °C/10 лет, в юго-восточных, восточных и северных – до 0,21 °C/10 лет. Зимние температуры значимо повышались в западных и юго-восточных, а также в некоторых северных регионах, максимально на 0,41...0,60 °C/10 лет.

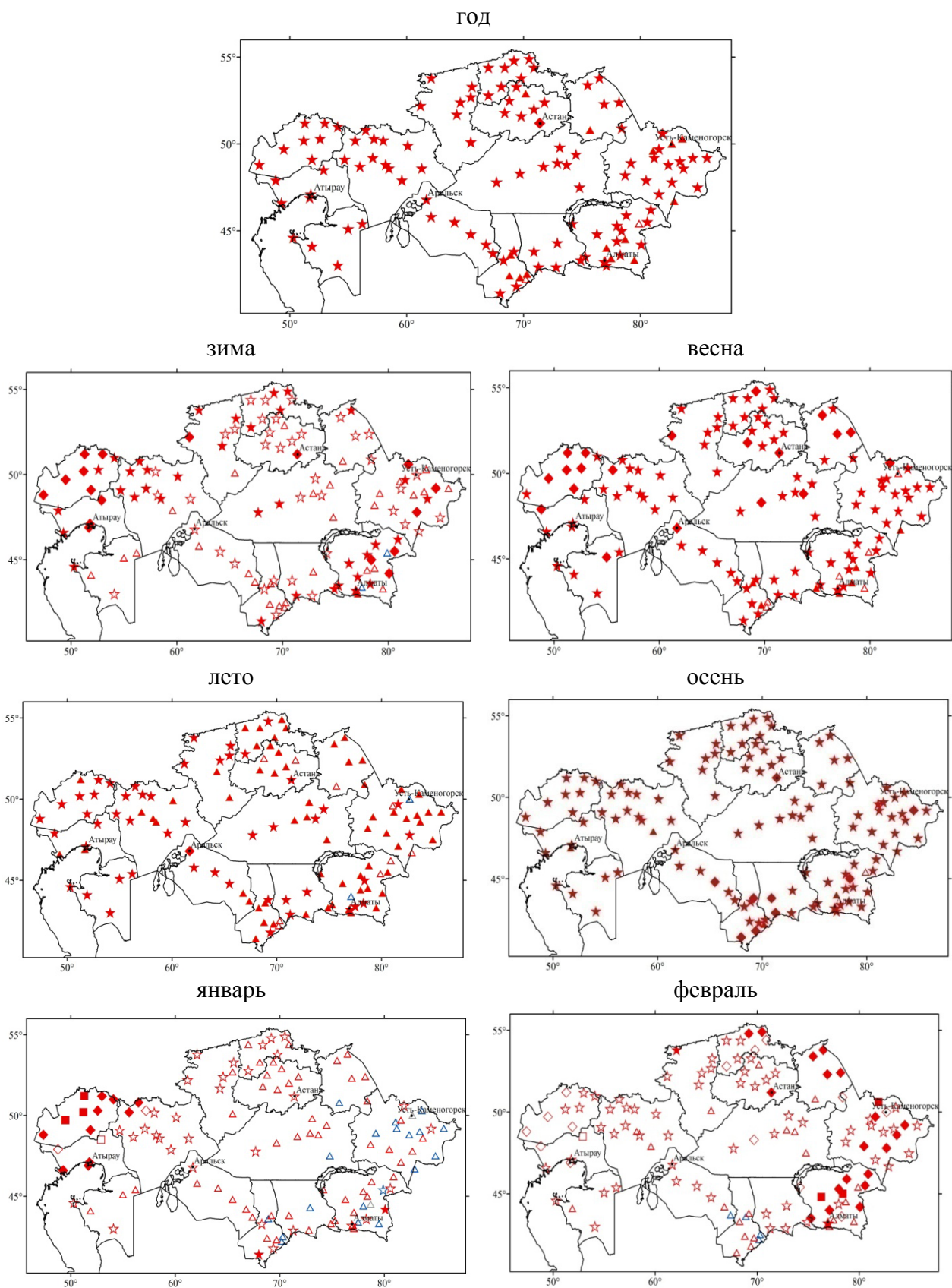


Рисунок 2.4 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}/10$ лет), рассчитанного за период 1941...2014 гг. Обозначения градаций затушёваны в случаях статистической значимости тренда. Лист 1

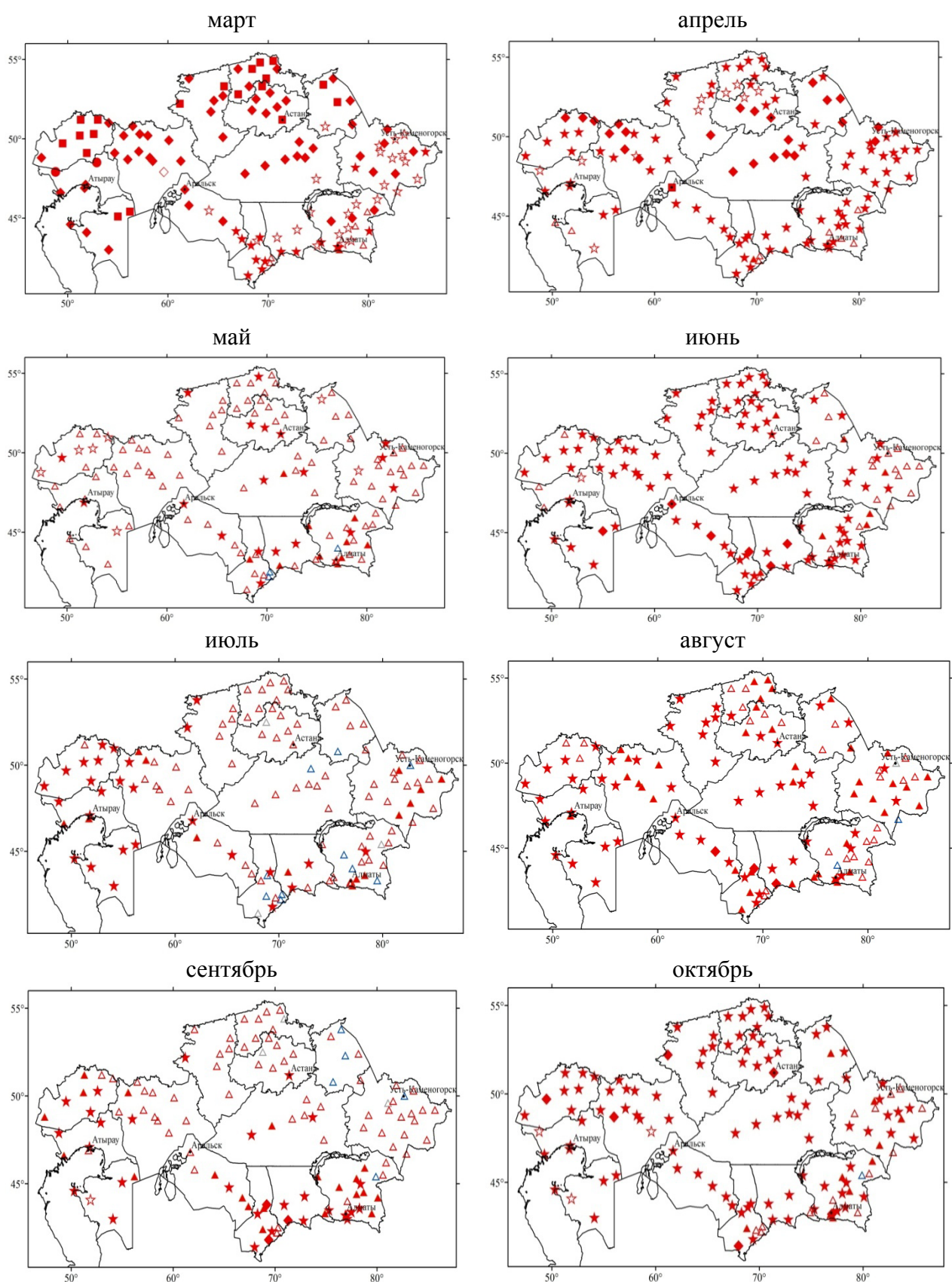


Рисунок 2.4 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}/10$ лет), рассчитанного за период 1941...2014 гг. Обозначения градаций затушёваны в случаях статистической значимости тренда. Лист 2

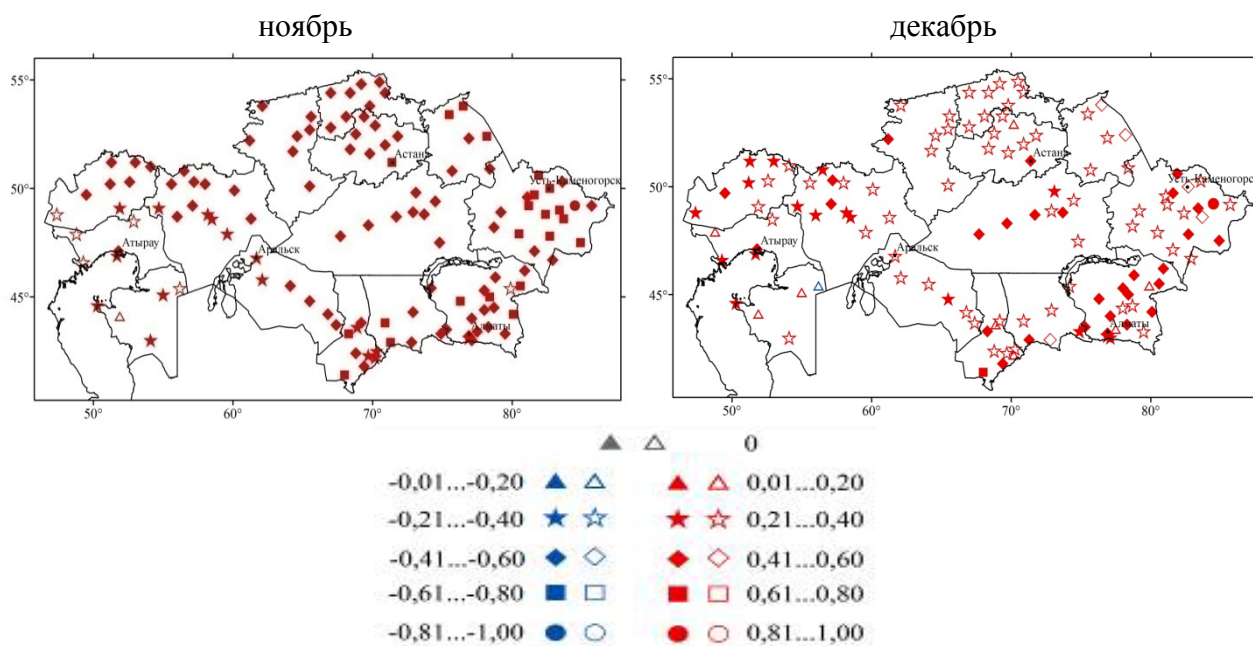


Рисунок 2.4 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}/10$ лет), рассчитанного за период 1941...2014 гг. Обозначения градаций затушёваны в случаях статистической значимости тренда. Лист 3

Январь характеризуется чаще положительными трендами, которые значимы на западе со значениями от $0,41...0,80^{\circ}\text{C}/10$ лет. В восточных регионах проявлялись отрицательные, но незначимые тренды со значениями от минус $0,01$ до минус $0,20^{\circ}\text{C}/10$ лет. В феврале практически по всей территории наблюдались положительные тренды, значимые в юго-восточных и восточных регионах со значениями до $0,41...0,80^{\circ}\text{C}/10$ лет. На некоторых станциях на крайнем юге наблюдались незначительные отрицательные тенденции.

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

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

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

2.2 Аномалии температуры воздуха на территории Казахстана в 2014 году

Географическое распределение очагов тепла и холода по территории и по сезонам представлено на рисунке 2.5.

Средняя за год температура воздуха (метеорологический год с декабря 2013 г. по ноябрь 2014 г.) практически на всей территории Казахстана была в пределах нормы, за исключением отдельных южных районов с отрицательными аномалиями и в восточных районах с положительными аномалиями. Несколько выше нормы была температура также в отдельных северных и юго-западных районах (рисунок 2.5).

Зима

На рисунке 2.5 показано распределение средних за три зимних месяца (декабрь 2013 г., январь и февраль 2014 г.) аномалий температуры воздуха. На большей части территории Казахстана температуры зимнего сезона были в пределах нормы. Зима характеризуется как холодная в южных областях республики с аномалией сезонной температуры минус 2...4 °C. Экстремально низкие температуры отмечены на следующих метеорологических станциях: в январе месяцы - МС Жетыконур Карагандинской области (аномалия температуры составила минус 4,8 °C), МС Злиха Кызылординской области (аномалия температуры - минус 4,2 °C). В феврале месяце - МС Уюк Жамбылской области (аномалия температуры составила минус 8,6 °C), МС Злиха Кызылординской области (минус 8,2 °C), МС Толе би Жамбылской области (аномалия температуры составила минус 8,1 °C). В некоторых восточных районах зима была теплой, например, на МС Усть-Каменогорк температура в январе была на 4,0 °C выше нормы.

Весна

Весна 2014 г. была тёплой почти на всей территории Казахстана (рисунок 2.5). Наибольшие аномалии температуры воздуха (выше 2,5 °C) наблюдались на западе и в некоторых северных и северо-восточных районах. Здесь весна 2014 г. вошла в 10 % экстремально тёплых весенних сезонов. Из весенних месяцев можно выделить март, который был очень тёплым на всей территории республики, аномалии температуры воздуха были выше нормы на 1,0...6,2 °C, очаг тепла располагался в Павлодарской области и в Восточно-Казахстанской области. В мае аномалии температуры воздуха были выше нормы на 1,0...5,8 °C, с очагом тепла в Западно-Казахстанской, Мангистауской и Атырауской областей.

Лето

Лето 2014 г. на большей территории Казахстана характеризуется как теплое (рисунок 2.5). На территории Мангистауской, Атырауской и Актюбинской областей, а также в отдельных районах Кызылординской, Южно-Казахстанской, Жамбылской и

Алматинской областей лето было экстремально теплым. Из летних месяцев необходимо отметить июль, который был прохладным с среднемесячной температурой ниже нормы на 1,0...4,7°C с очагом холода в Северо-Казахстанской, Костанайской и Акмолинской областях, и август месяц, который был теплым со среднемесячной температурой выше нормы на 1,0...5,2 °C с очагами тепла в Западно-Казахстанской, Атырауской, Актюбинской, Мангистауской и Костанайской областях.

Осень

Осень 2014 г. в отличие от прошлой осени была холодной на большей части территории Казахстана и экстремально холодной в западных районах (Атырауской, Мангистауской и Кызылординской областях), вероятности непревышения значений температуры воздуха составили от 0...9 % до 10...29 % соответственно. Лишь в Восточно-Казахстанской, Алматинской, Южно-Казахстанской и Жамбылской областях аномалии температуры осенью были в пределах нормы, рисунок 2.5.

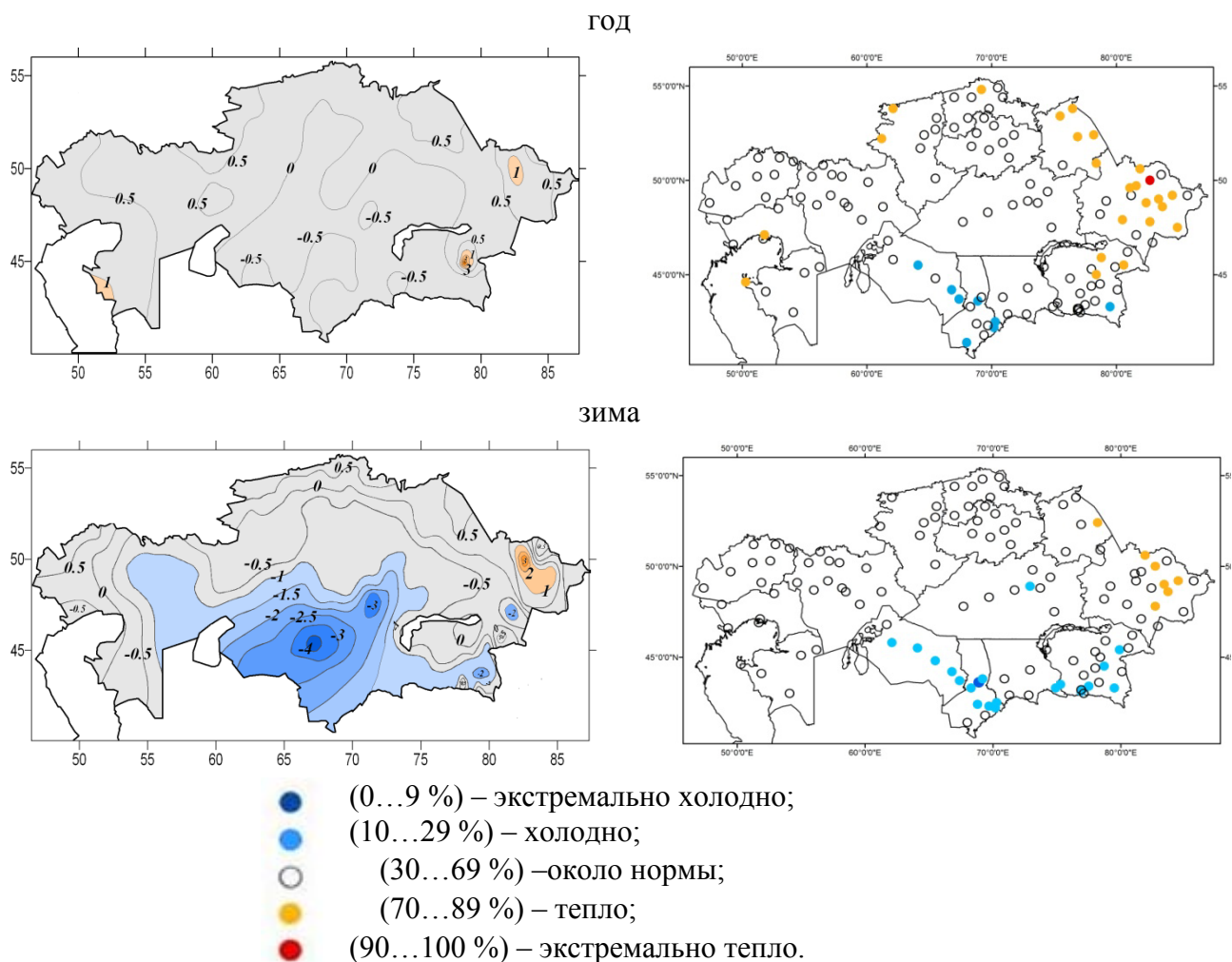


Рисунок 2.5 – Пространственное распределение аномалий температуры воздуха (°C) в 2014 г., рассчитанных относительно базового периода 1971...2000 гг., и вероятности непревышения значений температуры воздуха, наблюдавшейся в 2014 г., рассчитанные по данным периода 1941...2014 гг. Лист 1

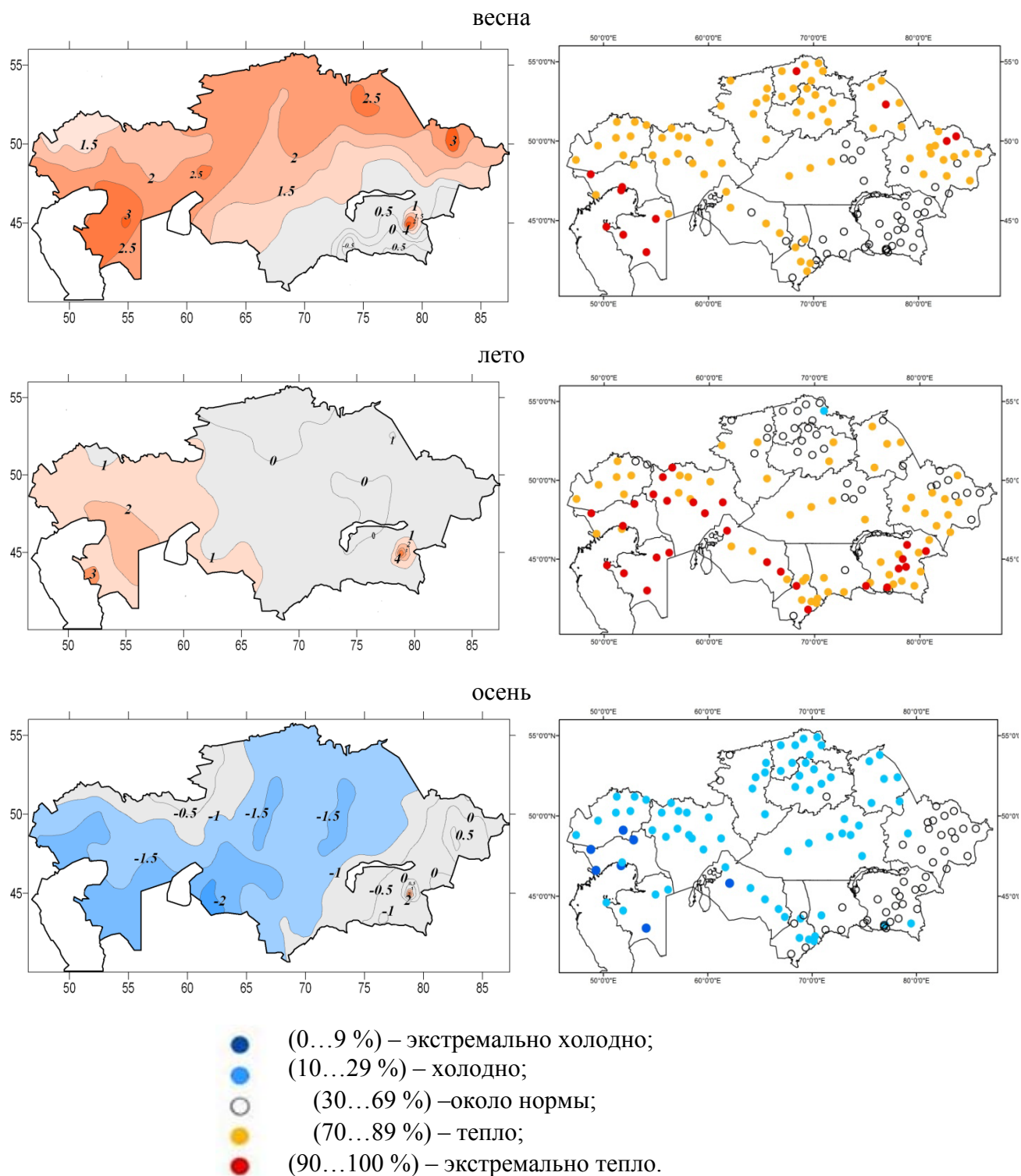


Рисунок 2.5 – Пространственное распределение аномалий температуры воздуха (°C) в 2014 г., рассчитанных относительно базового периода 1971...2000 гг., и вероятности превышения значений температуры воздуха, наблюдавшейся в 2014 г., рассчитанные по данным периода 1941...2014 гг. Лист 2

Для оценки экстремальности температурного режима в конкретный год используются индексы изменения климата, рекомендованные Всемирной метеорологической организацией. Ниже представлен анализ некоторых наиболее

показательных индексов и особенности распределения их значений по территории Казахстана в 2014 г.

Суточный максимум температуры воздуха в 2014 г. На рисунке 2.6 красным цветом показаны значения абсолютных максимумов температуры воздуха, зарегистрированные с начала открытия метеостанции и по 2013 год, синим цветом – значения суточных максимумов температуры воздуха, наблюдавшихся в 2014 г. В 2014 г. абсолютный максимум температуры воздуха не был перекрыт ни на одной метеостанции. На севере республики в 2014 г. максимальные значения температуры воздуха составили 33...39 °С, на юге республики суточные максимумы достигли 34...43 °С.

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

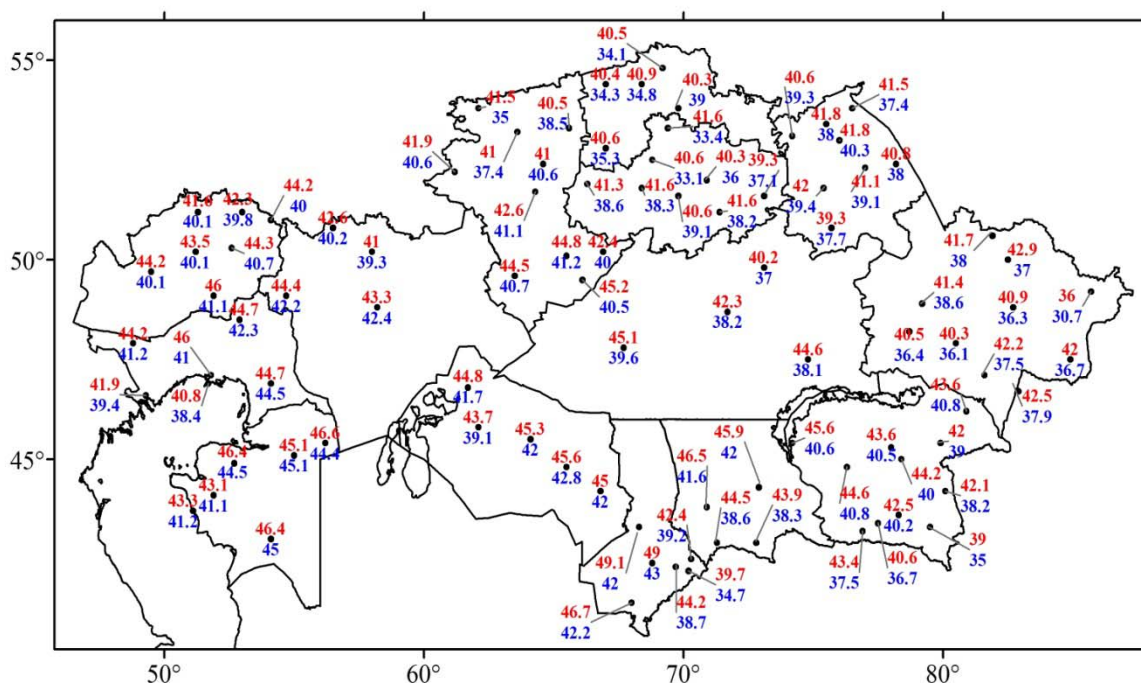


Рисунок 2.6 – Значения абсолютных максимумов температуры воздуха (°С), зарегистрированные с начала открытия метеостанции по 2013 г. (нанесены красным цветом) и максимальные значения суточной температуры воздуха (°С), наблюдавшиеся в 2014 г. (нанесены синим цветом)

Суточный минимум температуры воздуха в 2014 г. Абсолютные минимумы температуры воздуха ни на одной из метеостанций, вошедших в данный анализ, в 2014 г. не были обновлены (рисунок 2.7). В 2014 г. самые низкие температуры воздуха (минус 39...минус 35 °С) наблюдались в основном на севере, востоке и центральном Казахстане, а также на некоторых метеостанциях западной части республики. На всей территории суточные минимумы были значительно выше, чем когда-либо достигнутые абсолютные суточные минимумы температуры.

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

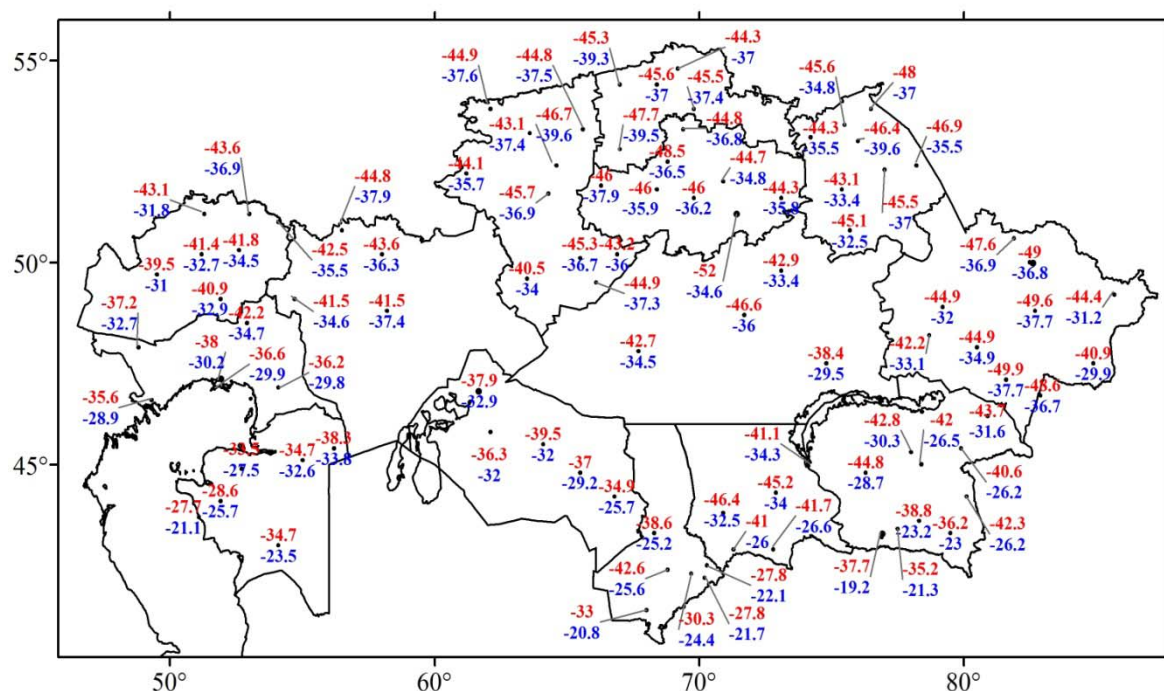


Рисунок 2.7 – Значения абсолютных минимумов температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$), зарегистрированные с начала открытия метеостанции по 2013 г. (нанесены красным цветом) и минимальные значения суточной температуры ($^{\circ}\text{C}$), наблюдавшиеся в 2014 г. (нанесены синим цветом)

Количество дней с температурой воздуха выше 35°C в 2014 г. На рисунке 2.8 а представлено пространственное распределение количества дней с температурой воздуха выше 35°C в 2014 г.

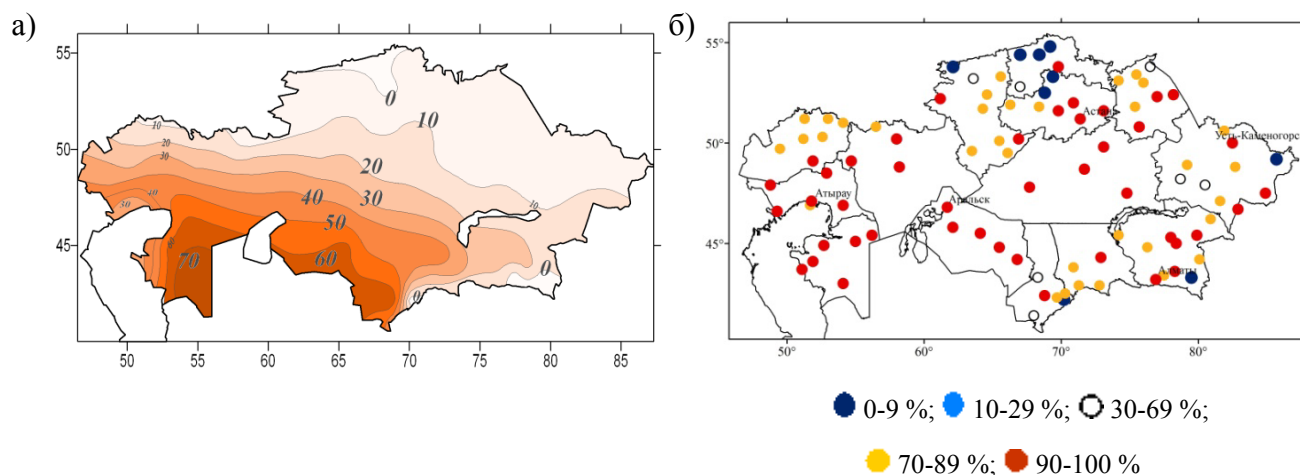


Рисунок 2.8 – Количество дней (а) и вероятность непревышения количества дней (б) в 2014 г. с температурой воздуха выше 35°C . Вероятности рассчитаны за период 1941...2014 гг.

Количество жарких дней на территории Казахстана увеличивалось от 20 до 70 дней с севера на юг. На территории всех областей были районы, где количество жарких дней было высоким, или экстремально высоким, их вероятность непревышения составляла 30...69 % и 0...9 % соответственно. Температура выше 35°C наблюдалась более 40...70 дней в Мангистауской, Атырауской, Актюбинской, Западно-Казахстанской,

Кызылординской, Южно-Казахстанской и Жамбылской областях. На некоторых горных метеостанциях юга и юго-востока, а также в Акмолинской и Костанайской областях количество таких дней составляло около 10, а их вероятность непревышения от 70-89 % до 90-100 %.

Процент дней с суточной максимальной температурой воздуха выше 90-го перцентиля в 2014 г. составлял по территории Казахстана от 8 % до 20 %, распределение повторяемости высоких суточных температур воздуха по территории страны было контрастным, например, в северо-западных, северных и юго-восточных районах таких дней было от 8 % до 12 % (рисунок 2.9а). На западе и юго-западе, а также в Кызылординской области максимальная температура воздуха превышала 90-ый перцентиль наиболее часто – в 16...20 %, что составляет около 1/5 года.

Процент дней в году с суточной минимальной температурой воздуха ниже 10-го перцентиля характеризует повторяемость случаев с экстремально низкими температурами. В 2014 г. максимальное количество таких дней (более 18 %) наблюдалось в Кызылординской области, а также с очагами на востоке страны (более 22 %) и в Алматинской области (более 19 %, рисунок 2.9б).

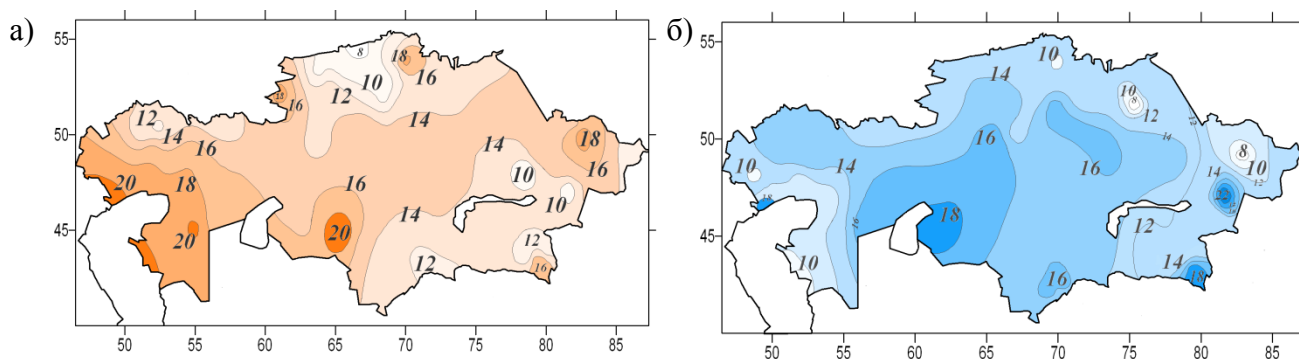


Рисунок 2.9 – Процент дней в 2014 году, когда суточная максимальная температура была выше 90-го перцентиля (а) и суточная минимальная температура была ниже 10-го перцентиля (б)

На рисунке 2.10 а показана общая продолжительность волн тепла на территории Казахстана в 2014 г. (*сумма дней, когда, как минимум, 6 последовательных дней суточная максимальная температура воздуха была выше 90-го перцентиля*). Общая продолжительность волн тепла была высокой в западной и юго-западной части республики с максимумом в Актюбинской, Атырауской и Мангистауской областей – 18...30 дней, а также в Восточно-Казахстанской и Северо-Казахстанской областей – 18...24 дней.

Сумма дней за год, когда, *как минимум, 6 последовательных дней суточная минимальная температура воздуха была ниже 10-го перцентиля*, характеризует общую продолжительность волн холода. В 2014 г. волны холода продолжительностью от 6 до 18 дней наблюдались в западной части Казахстана, а также в отдельных районах Центрального, Южного и Восточного Казахстана (рисунок 2.10 б). На всей остальной территории страны волн холода с продолжительностью более 6 дней не наблюдалось.

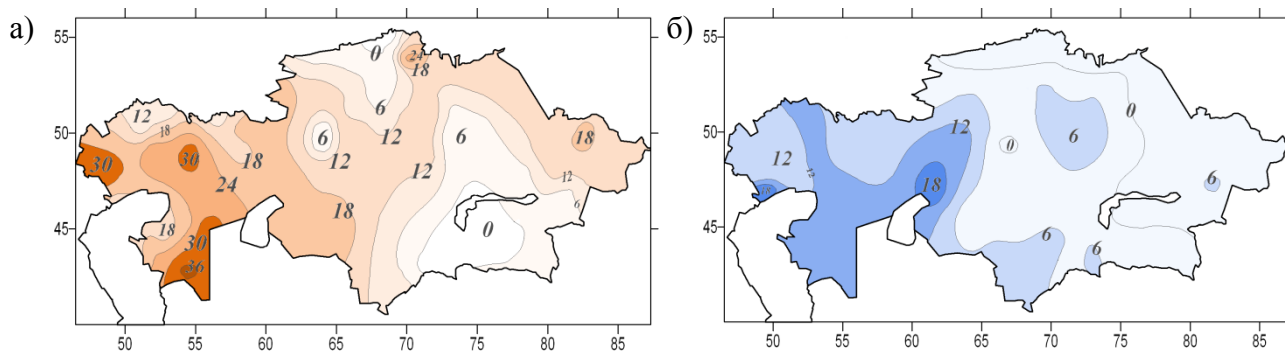


Рисунок 2.10 – Общая сумма дней в 2014 г., когда как минимум 6 последовательных дней суточная максимальная температура воздуха была выше 90-го перцентиля (а) и как минимум 6 последовательных дней суточная минимальная температура воздуха была ниже 10-го перцентиля (б)

На рисунке 2.11 представлено распределение *продолжительности вегетационного периода* в 2014 г. (период между первой датой, когда средняя суточная температура пятидневки $\geq 5^{\circ}\text{C}$, и последней даты, когда средняя суточная температура пятидневки $\leq 5^{\circ}\text{C}$). Продолжительность вегетационного периода составила около 160...180 дней на севере и более 260 дней на юге республики. По сравнению с прошлым 2013 годом, продолжительность вегетационного периода на юге республики была короче более чем на месяц, так как в 2013 г. весна и осень были экстремально теплыми.

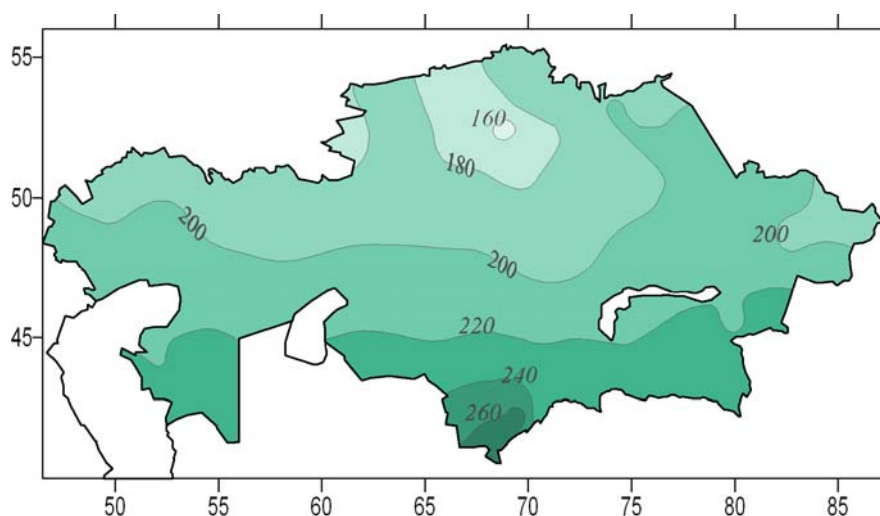


Рисунок 2.11 – Продолжительность вегетационного периода (дни) в 2014 г.

2.3 Тенденции в экстремумах температуры приземного воздуха

Анализ тенденций в экстремумах температуры воздуха выполнен за период 1941...2014 гг. Прослеживается тенденция увеличения значений *суточных максимумов температуры приземного воздуха* на большинстве метеостанций всех областей Казахстана. Однако, на большей части Казахстана тенденции в экстремумах незначимы, за исключением отдельных метеостанций в различных регионах (рисунок 2.12), где суточные максимумы температуры повышаются на $0,20...0,60^{\circ}\text{C}$ каждые 10 лет. И лишь

на юге страны наблюдались отрицательные значения коэффициентов линейного тренда, в основном до минус 0,20 °C за 10 лет.

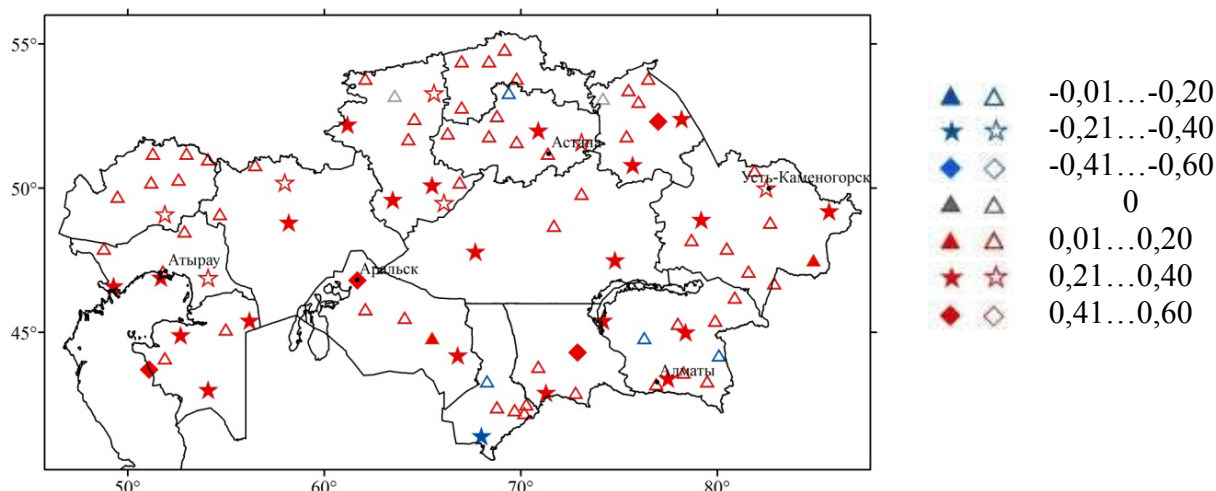


Рисунок 2.12 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда значений суточной максимальной температуры воздуха (°C/10 лет) за период 1941...2014 гг. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

Статистически значимая тенденция увеличения *количества дней с температурой воздуха выше 35 °C* наблюдается в Западно-Казахстанской, Актыбинской, Атырауской, Мангистауской, Кызылординской, Южно-Казахстанской, Жамбылской, Алматинской и на некоторых метеостанциях Костанайской области – от 1 до 5 дней каждые 10 лет (рисунок 2.13). В северных регионах, а также на востоке и юго-востоке страны в период с 1941...2014 гг. повторяемость жарких дней практически не изменилась.

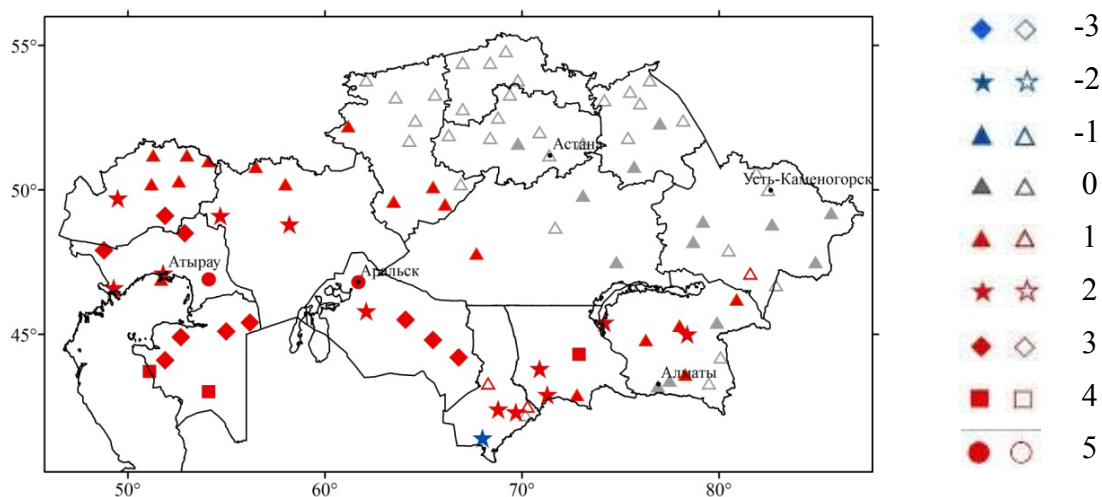


Рисунок 2.13 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда числа дней с температурой воздуха выше 35 °C (дни/10 лет) за период 1941...2014 гг. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

Общая продолжительность волн тепла увеличивается на всей территории республики (на 1...3 дня/10 лет, рисунок 2.14). За волну тепла принимается случай, *когда, как минимум, 6 последовательных дней суточная максимальная температура воздуха*

была выше 90-го перцентиля. Статистически значимые тенденции наблюдаются на более чем 70 % метеостанций.

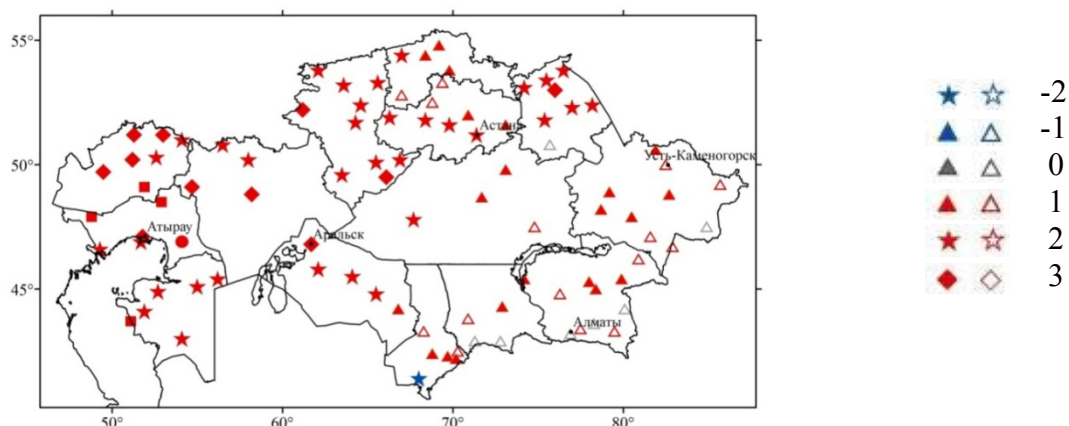


Рисунок 2.14 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда суммарной продолжительности волн тепла (дни/10 лет) за период 1941...2014 гг. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

Необходимо отметить, что на крайнем юге Южно-Казахстанской области на МС Шардара тенденции в экстремумах температуры воздуха, рассмотренных выше по тексту (рисунки 2.12...2.14), являются отрицательными. МС Шардара окружена с трёх сторон Шардаринским водохранилищем, оказывающим охлаждающий эффект и формирующим локальные климатические условия.

Практически повсеместно на территории всех областей наблюдается тенденция уменьшения повторяемости морозных дней, *когда суточная минимальная температура опускается ниже 0 °C* (рисунок 2.15). На 5...6 дней каждые 10 лет сокращается количество морозных дней в отдельных районах Южно-Казахстанской, Кызылординской и Атырауской областей. На остальной территории уменьшение количества таких дней составляет 1...4 дня каждые 10 лет.

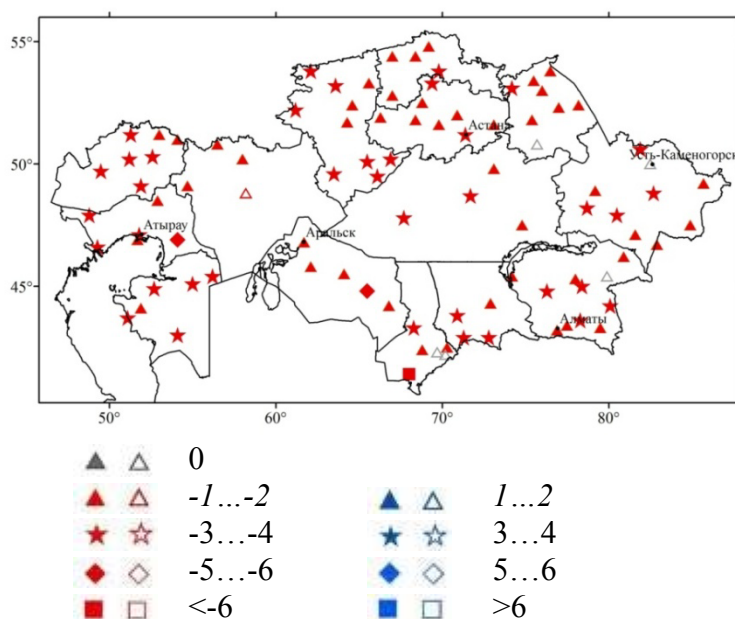


Рисунок 2.15 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда

числа дней с суточным минимумом температуры воздуха ниже 0°C (дни/10 лет) за период 1941...2014 гг. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

На большей части территории Казахстана прослеживается значимая тенденция уменьшения *суточной амплитуды температуры воздуха* – на $0,1...0,2^{\circ}\text{C}$ (рисунок 2.16), что свидетельствует об уменьшении континентальности климата. Значимое увеличение суточной амплитуды на $0,1...0,2^{\circ}\text{C}$ наблюдается на некоторых метеостанциях Павлодарской, Восточно-Казахстанской, Алматинской, Южно-Казахстанской, Кызылординской и Мангистауской областей.

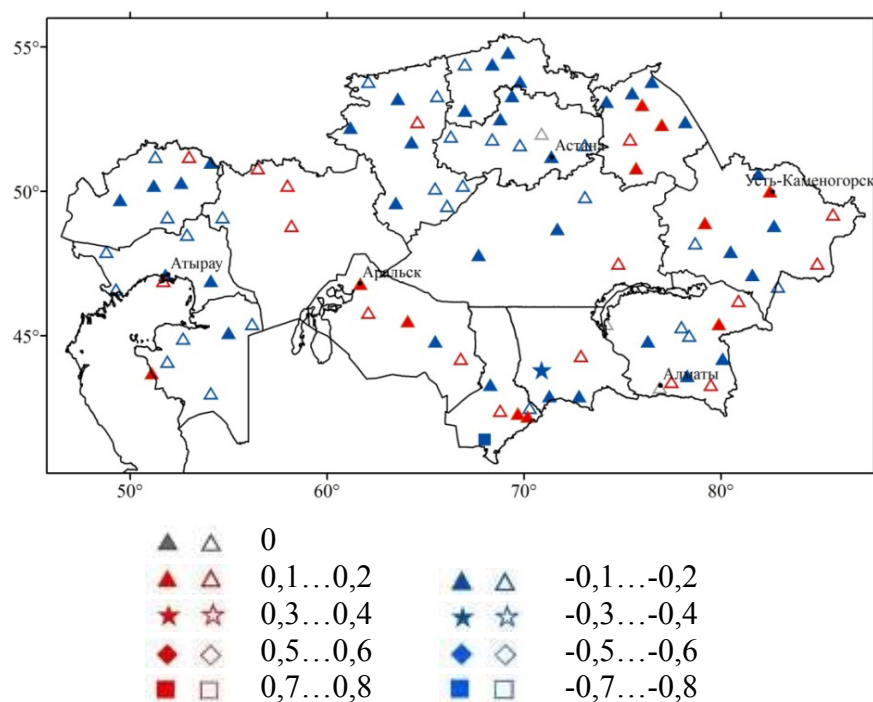


Рисунок 2.16 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда суточной амплитуды температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) за период 1941...2014 гг. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

3 АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ

3.1 Наблюдаемые изменения количества осадков на территории Казахстана

В отличие от температуры воздуха, изменение режима атмосферных осадков на территории Казахстана за исследуемый период представляет собой более пеструю картину. Линейные тенденции в рядах месячных, сезонных и годовых суммах осадков были оценены по данным 121-ой станции.

На рисунке 3.1 представлены временные ряды аномалий годовых сумм осадков за период 1941...2014 гг., рассчитанных относительно базового периода 1971...2000 гг. и пространственно осреднённых по территории Казахстана и областям. В среднем по Казахстану годовые суммы осадков незначительно уменьшались – на 0,8 мм/10 лет или примерно на 0,4 %/10 лет (таблица 3.1). Если рассматривать изменение количества осадков по областям, то в Западно-Казахстанской, Атырауской, Костанайской, Кызылординской, Южно-Казахстанской, Жамбылской и Восточно-Казахстанской областях наблюдалась незначительная тенденция уменьшения годовых сумм осадков на 1,1...4,1 мм/10 лет, на остальной территории было отмечено их увеличение на 0,1...3,7 мм/10 лет. Все полученные тренды годовых сумм осадков, статистически незначимы.

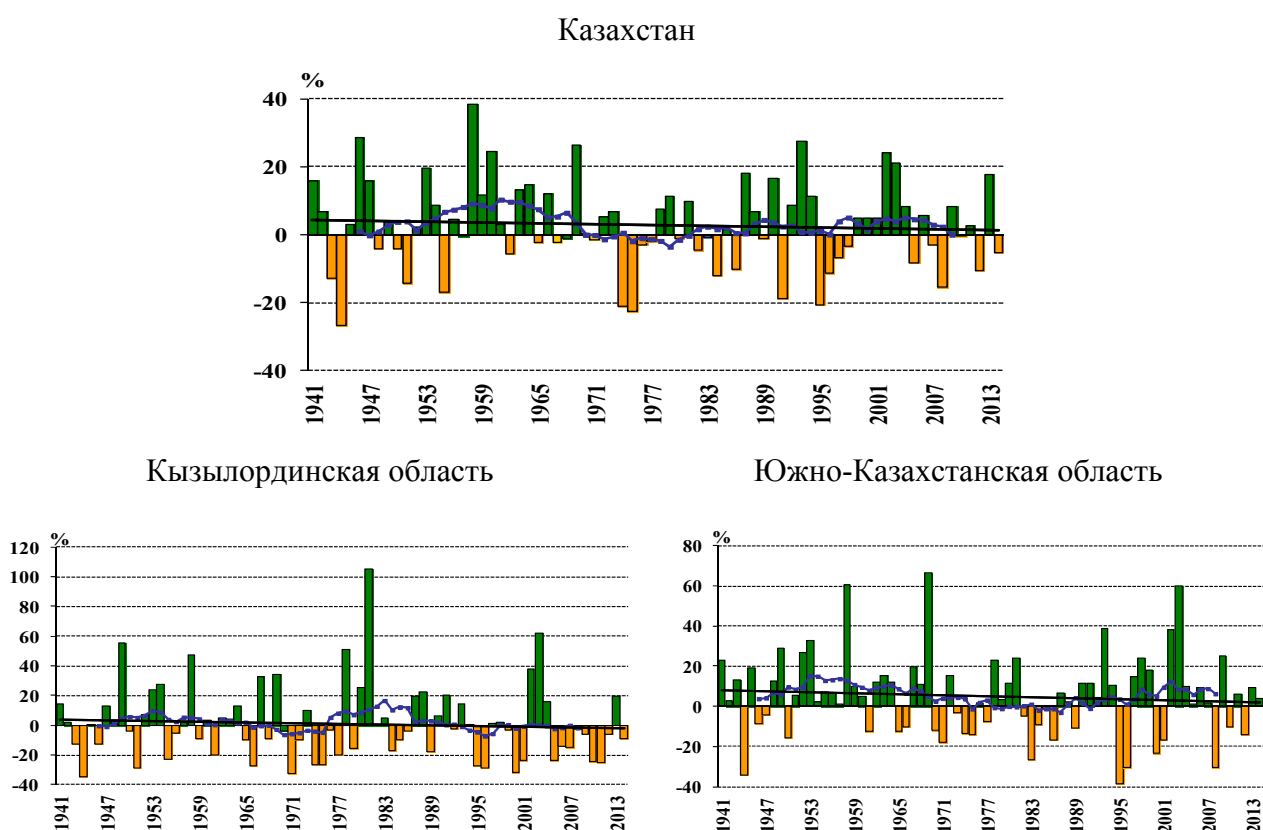


Рисунок 3.1 - Временные ряды и линейные тренды аномалий годовых сумм осадков (в %) за период 1941...2014 гг., пространственно осредненных по территории Казахстана и его областей. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1971...2000 гг.

Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Лист 1

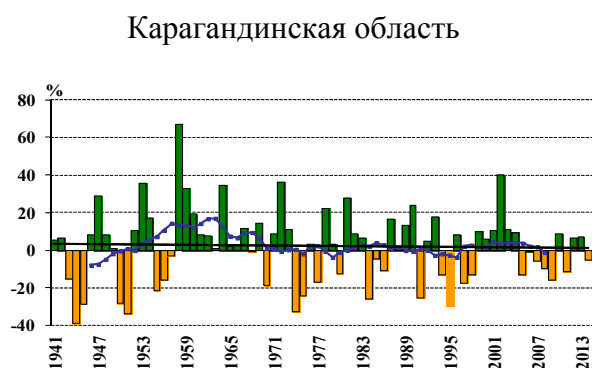
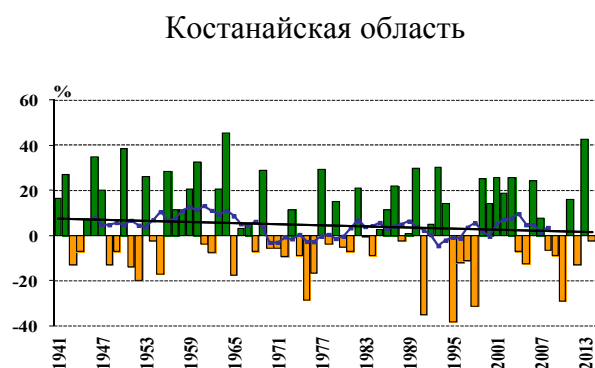
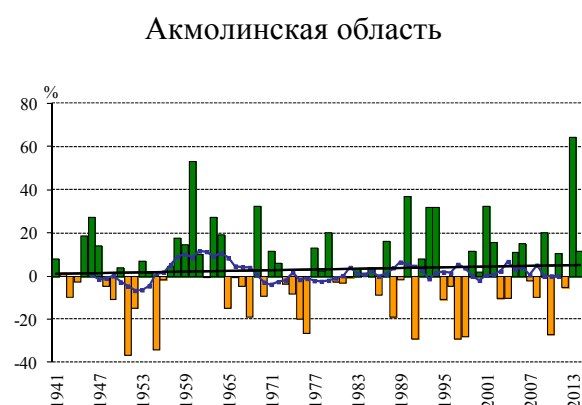
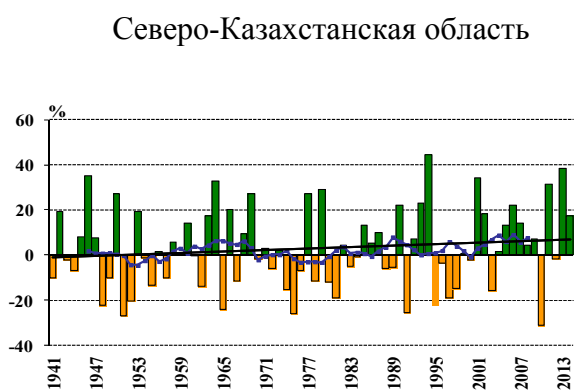
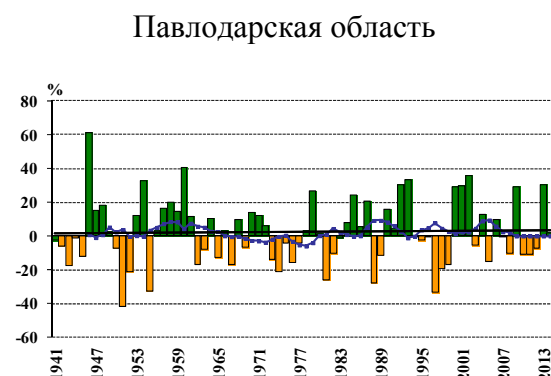
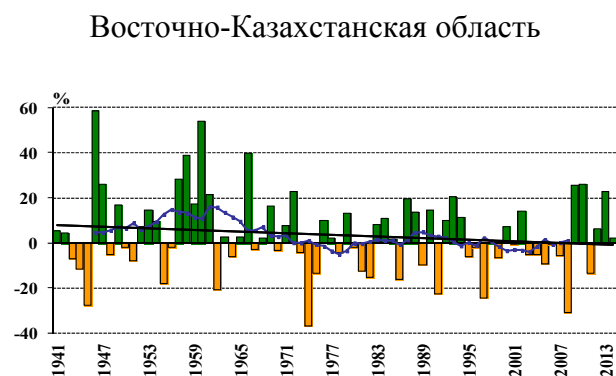
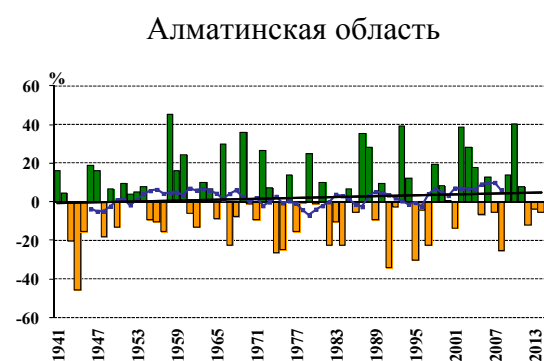
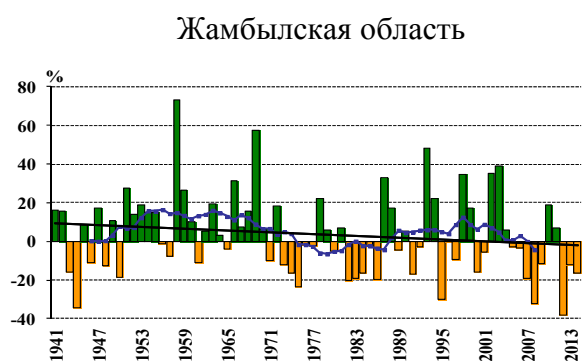


Рисунок 3.1 - Временные ряды и линейные тренды аномалий годовых сумм осадков (в %) за период 1941...2014 гг., пространственно осредненных по территории Казахстана и его областей. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1971...2000 гг.

Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Лист 2

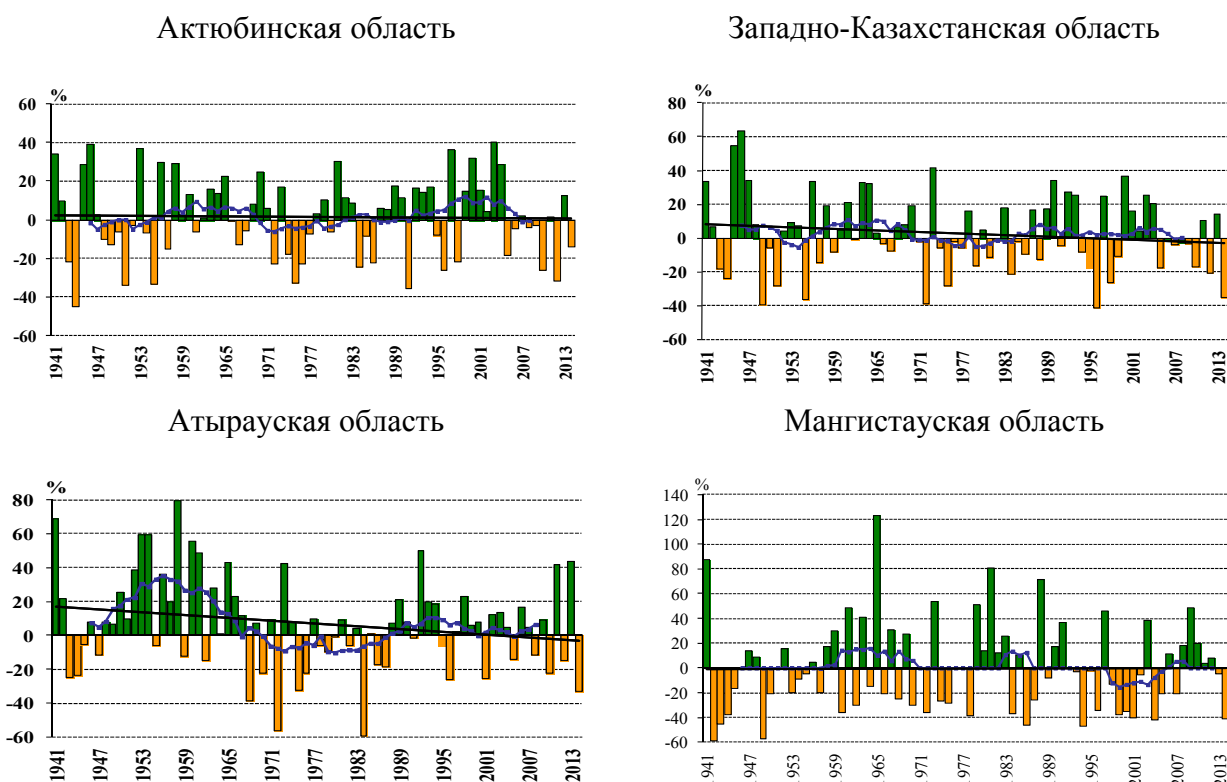


Рисунок 3.1 - Временные ряды и линейные тренды аномалий годовых сумм осадков (в %) за период 1941...2014 гг., пространственно осредненных по территории Казахстана и его областей. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1971...2000 гг.

Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Лист 3

Таблица 3.1 – Характеристики линейного тренда (мм/10 лет, %/10 лет) аномалий сезонных и годовых сумм атмосферных осадков, осредненных по территории Казахстана и его областей за период 1941...2014 гг. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1971...2000 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	-0,8	0	1,5	7	-0,7	1	-0,8	1	-0,7	1
	%	-0,4		2,1		-0,4		-1,1		-1,0	
Кызылординская	мм	-1,1	1	-0,6	1	-0,3	0	0,1	0	-0,1	0
	%	-1,0		-1,4		-0,7		0,6		-0,2	
Южно-Казахстанская	мм	-2,8	1	1,1	0	-4,3	2	0,3	0	0,3	0
	%	-0,8		0,3		-2,8		-0,6		1,2	
Жамбылская	мм	-2,8	3	1	1	-3,6	5	-0,2	0	0	0
	%	-1,4		0,6		-3,7		-1		-0,5	
Алматинская	мм	3,1	1	3,5	10	-2,6	2	1,3	1	0,8	0
	%	0,8		4,5		-1,9		1,1		1,1	

Регион/область	Ед. изм.	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
		*а	**R ²	а	R ²	а	R ²	а	R ²	а	R ²
Восточно-Казахстанская	мм	-4,1	2	0,7	1	-1,4	2	-2,6	2	-0,9	1
	%	-1,2		1,2		-2,1		-2,2		-1,0	
Павлодарская	мм	0,6	0	1,4	7	1,1	2	0,1	0	-2,1	4
	%	0,3		2,7		2,0		0,1		-3,0	
Северо-Казахстанская	мм	3,7	2	3,4	17	1,9	4	-2,2	1	0,7	0
	%	1,1		6,2		3,0		-1,4		0,8	
Акмолинская	мм	1,9	0	2,3	8	1,0	1	0,2	0	-1,7	2
	%	0,5		4,2		1,2		0,2		-2,4	
Костанайская	мм	-2,0	1	0,6	1	1,0	1	-1,3	1	-2,5	5
	%	-1,0		1,2		1,4		-1,7		-3,4	
Карагандинская	мм	0,2	0	1,9	7	-0,1	0	-1,0	1	-0,3	1
	%	-0,4		1,9		-0,5		-1,8		-1,3	
Актюбинская	мм	0,1	0	2,0	5	1,9	3	-1,6	2	-2,1	4
	%	-0,1		2,4		2,7		-2,4		-3,4	
Западно-Казахстанская	мм	-4,0	2	1,2	2	-0,6	0	-2,5	3	-2,1	3
	%	-1,6		1,9		-1,0		-3,4		-3,2	
Атырауская	мм	-3,9	4	-2,2	10	-0,3	0	-1,4	1	-0,4	0
	%	-2,4		-7,5		-1,1		-3,0		-1,1	
Мангистауская	мм	0,1	0	0,5	1	1,6	1	-1,7	2	-0,1	0
	%	0,1		2,0		3,3		-6,1		-0,3	

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

** R² – коэффициент детерминации, %

На рисунке 3.2 представлен межгодовой ход аномалий сезонных сумм осадков (%), осредненных по территории Казахстана. В среднем по Казахстану во все сезоны наблюдается слабая тенденция (статистически незначимая) к уменьшению количества осадков примерно на 0,7 мм/10 лет, за исключение зимнего сезона, когда тенденция к увеличению осадков составляет 1,5 мм/10 лет (2,1 %/10 лет) и является значимой (таблица 3.1).

Более детальная информация об изменении количества среднегодовых, сезонных, месячных сумм осадков (%/10 лет) по территории Казахстана за период 1941...2014 гг. представлена на рисунках 3.3 и 3.4.

По территории республики наблюдается пятнистость в распределении знака изменения сезонного количества осадков. Летом и осенью на большей территории Казахстана, за исключением горных юго-восточных и северных регионов, осадки уменьшались на 1...14 %/10 лет. В зимний и весенний периоды устойчивые положительные тенденции наблюдались почти по всей территории, за исключением юго-запада и юго-востока республики соответственно. Надо отметить, что почти все тенденции в сезонном количестве осадков статистически незначимы, за исключением зимних осадков.

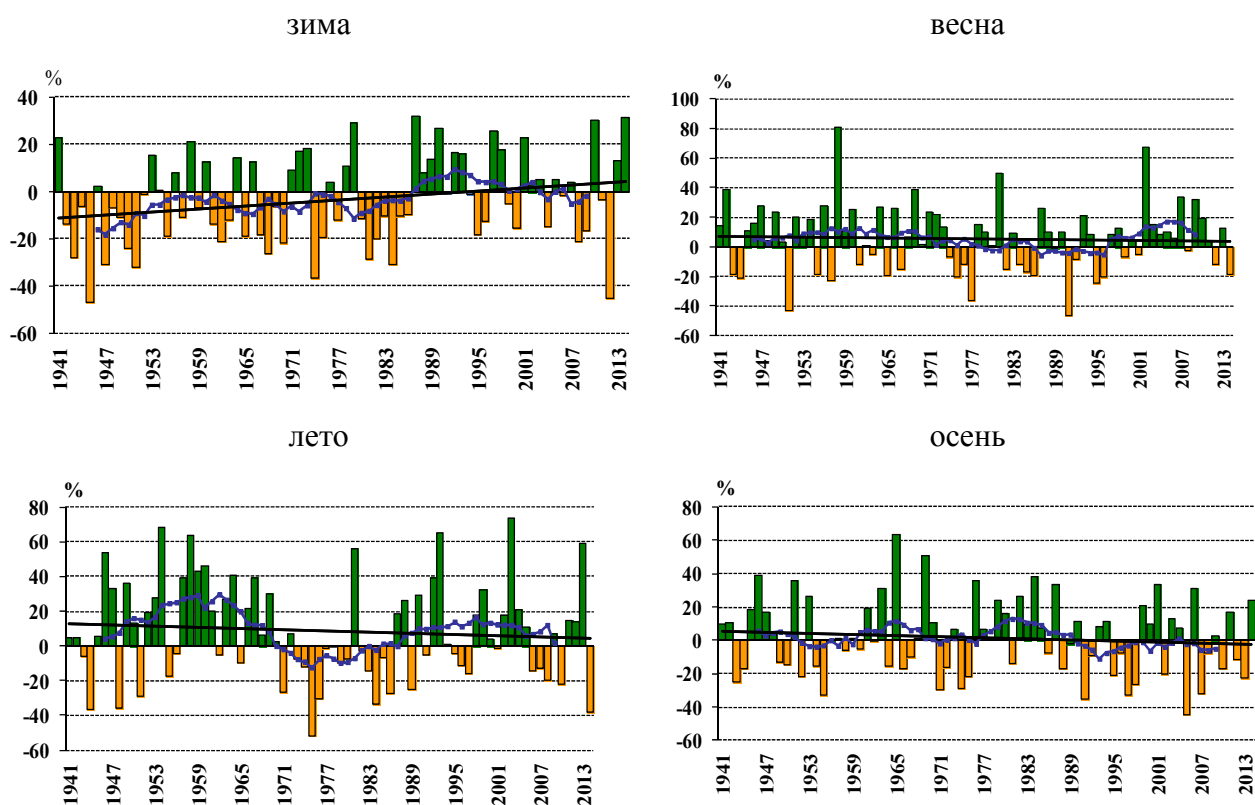


Рисунок 3.2 – Временные ряды и линейные тренды аномалий сезонных сумм осадков за период 1941...2014 гг., пространственно осреднённых по территории Казахстана.

Аномалии рассчитаны в % относительно базового периода 1971...2000 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением

Далее рассмотрим изменения в месячном количестве осадков по областям Казахстана. В январе-феврале значимое увеличение количества осадков на 0,1...13,0 %/10 лет наблюдалось в отдельных регионах Алматинской, Павлодарской, Северо-Казахстанской, Акмолинской областях и на северо-западе Казахстана. В весенний период уменьшение осадков (0,1...14,0 %/10 лет) наблюдалось практически по всей территории республики, а в некоторых районах Актыбинской, Северо-Казахстанской и Костанайской областях уменьшение осадков было значимым. Изменение количества осадков летнего периода (как в сторону уменьшения, так и в сторону его увеличения) практически по всем областям Казахстана было незначительным (тренды статистически незначимы), за исключением июля, когда в Алматинской, Жамбылской, Южно-Казахстанской, значимое увеличение составило 6...13 %/10 лет. В сентябре-октябре в большей части территории Казахстана отмечены тенденции к

уменьшению количества осадков, причем в сентябре статистически значимое уменьшение наблюдалось в отдельных регионах практически всех областей Казахстана, за исключением юго-восточной части, где наблюдается незначительное увеличение осадков. В ноябре-декабре наблюдаемые тенденции в количестве осадков чаще имели положительный знак. На территории Северо-Казахстанской и Карагандинской областей положительные тенденции в эти месяцы статистически значимые и составляют 6...11 %/10 лет.

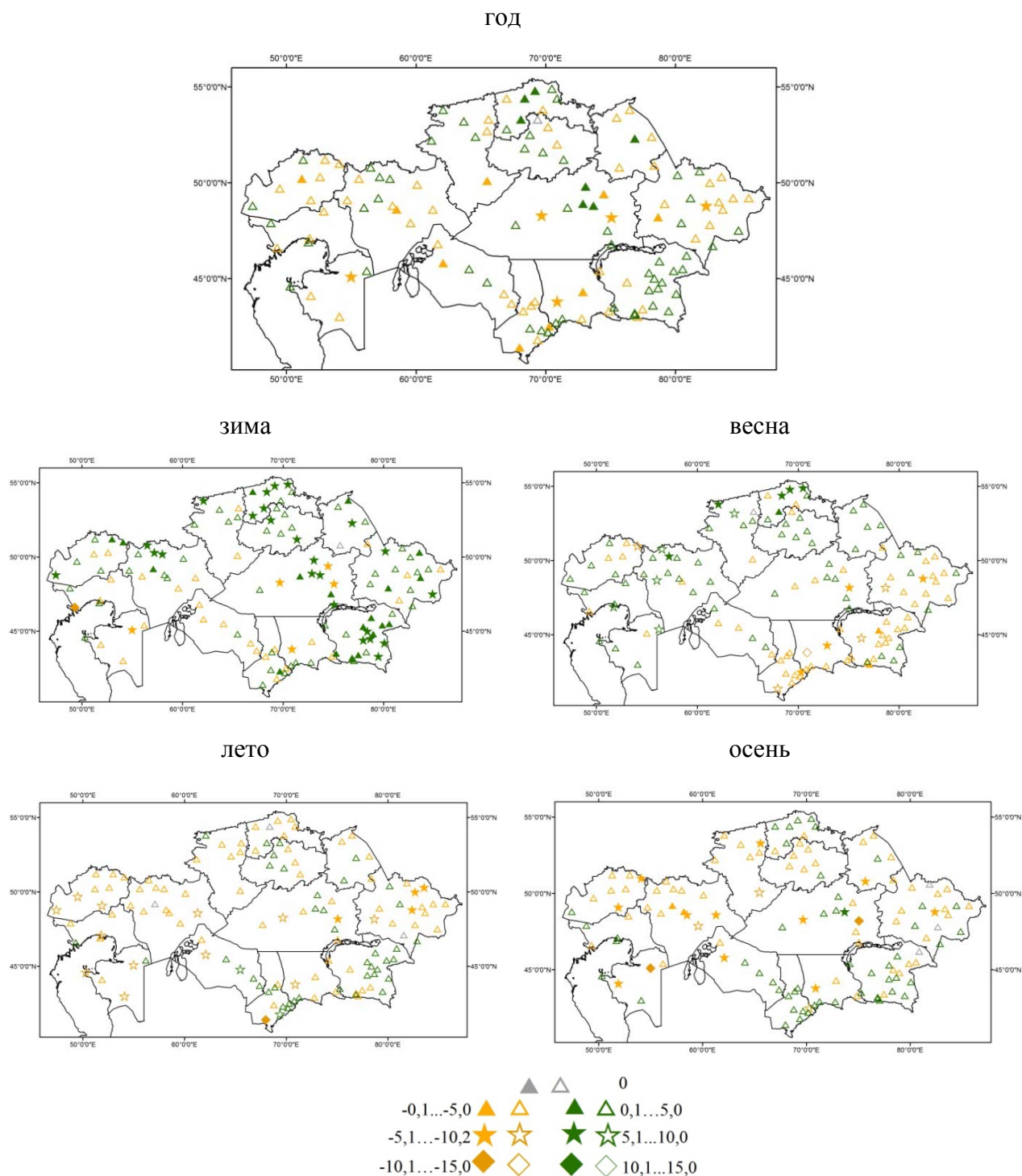


Рисунок 3.3 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда сезонных и годовых сумм осадков (%/10 лет), рассчитанных за период 1941...2014 гг.
Обозначения градаций затушёваны в случаях статистической значимости тренд

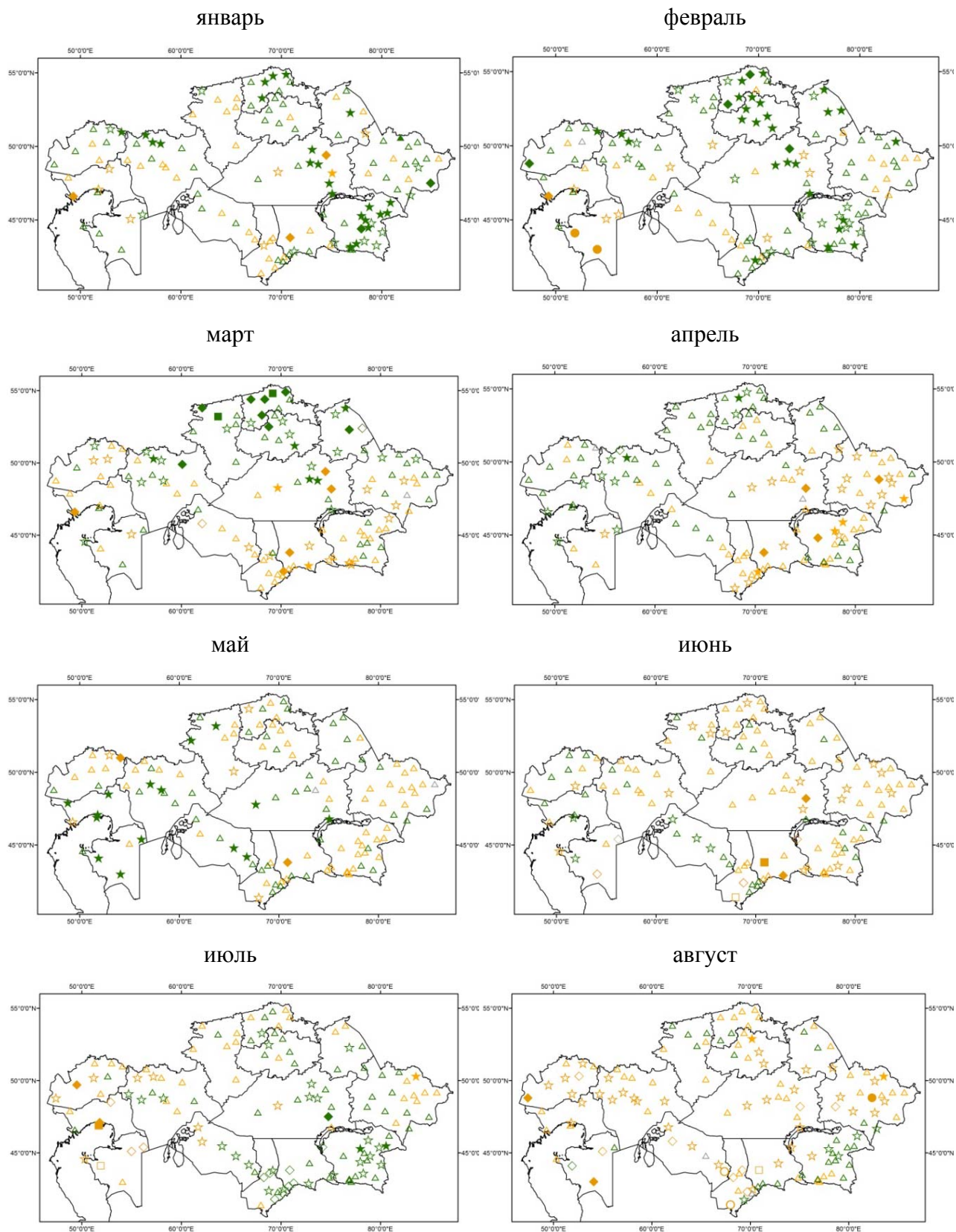


Рисунок 3.4 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда количества осадков (%/10 лет), рассчитанного за период 1941...2014 гг. Норма за период 1971...2000 гг. Обозначения градаций затушёваны в случаях статистической значимости тренда. Лист 1

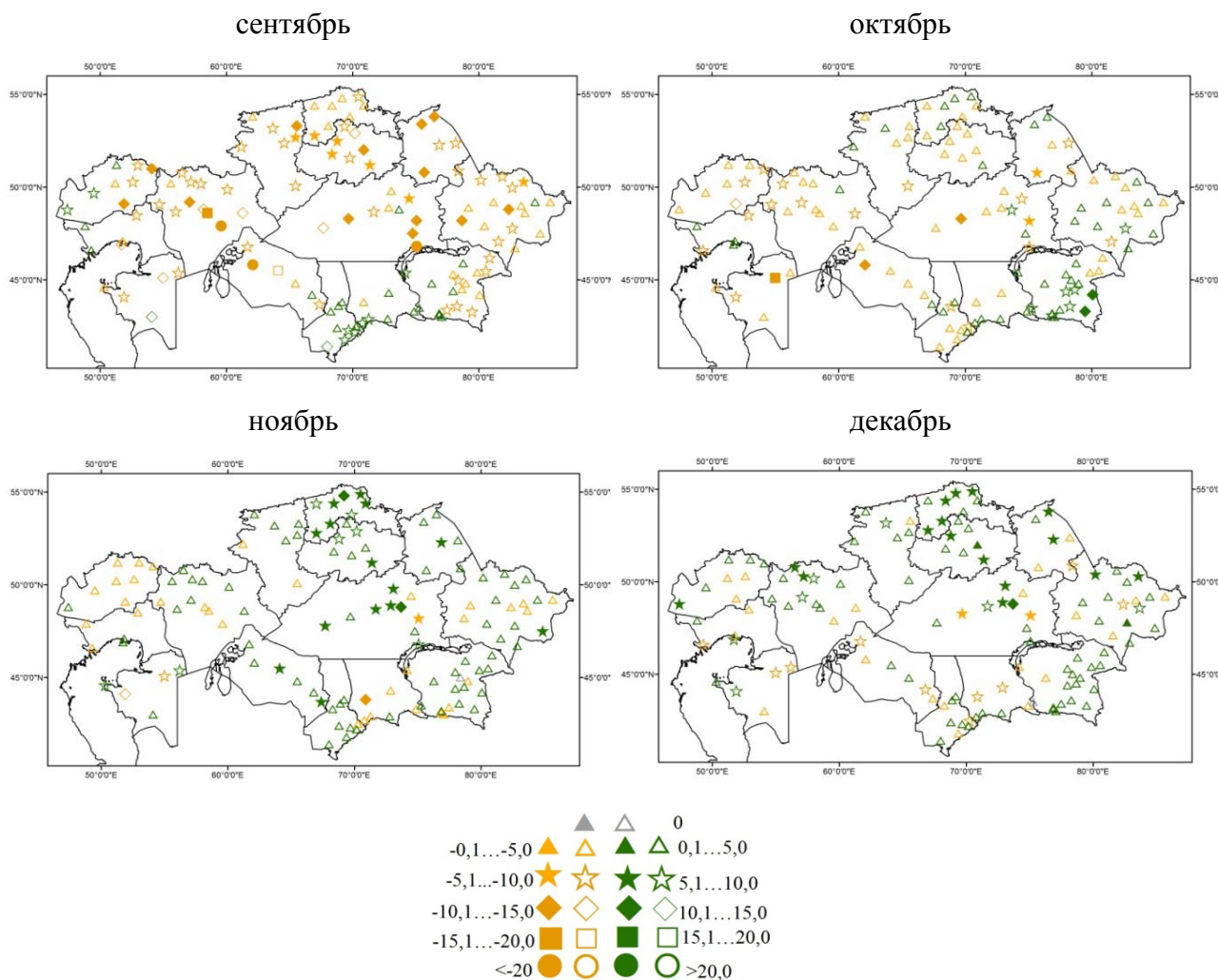


Рисунок 3.4 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда количества осадков (%/10 лет), рассчитанного за период 1941...2014 гг. Норма за период 1971...2000 гг. Обозначения градаций затушёваны в случаях статистической значимости тренда. Лист 2

3.2 Аномалии количества осадков на территории Казахстана в 2014 г.

На рисунке 3.5 представлено территориальное распределение годового и сезонного количества осадков в 2014 г., выраженное в процентах нормы за период 1971...2000 гг., а также приведены вероятности неперевышения годовых и сезонных сумм осадков в данном году. Вероятность неперевышения характеризует частоту появления соответствующего значения аномалии в ряду наблюдений.

В 2014 г. (декабрь 2013 – ноябрь 2014) на большей территории Казахстана годовое количество осадков было в пределах нормы (80...120 %, рисунок 3.5). На северо-востоке и юге республики осадки превысили норму на 20...60 %. Эти регионы в 2014 г. по количеству выпавших осадков вошли в 10 % экстремально влажных лет, начиная с 1941 г.

Значительный дефицит осадков наблюдался на западе и местами юго-западе Казахстана (20...60 %). Вероятность непревышения в этих регионах составила 0-9 %.

Зима (декабрь 2013-февраль 2014).

Зимой практически на всей территории республики количество осадков было около нормы, а местами выше нормы на 20...100 %. Аномально сухо было в некоторых районах Восточно-Казахстанской, Карагандинской, Кызылординской областей и на западе Казахстана (рисунок 3.5), где осадки составляли менее 60 % нормы.

Весна

Дефицит осадков (20...80 %) в весенний период наблюдался почти по всей территории Казахстана (рисунок 3.5). В Мангистауской, Атырауской и Актюбинской областях было экстремально сухо. Вероятность непревышения в этих районах составила 0-9 %. Очаги со значительными положительными аномалиями осадков – на 40...80 % выше нормы, наблюдались в Западно-Казахстанской, Костанайской и Восточно-Казахстанской областях.

Лето

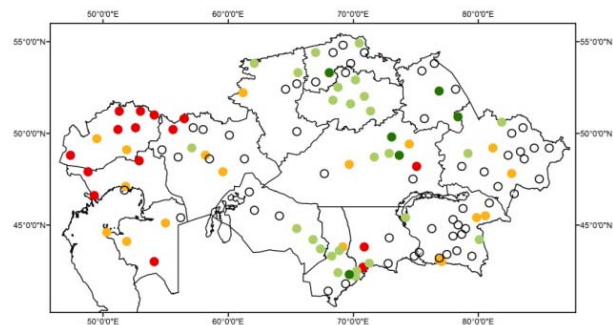
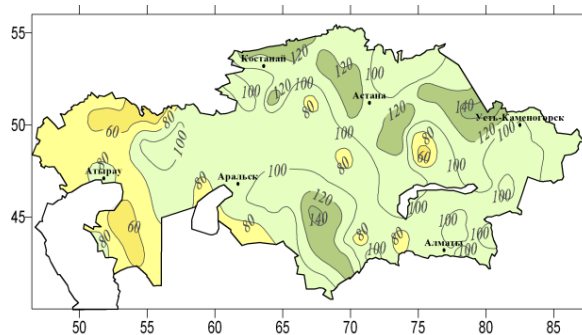
Лето 2014 г. было сухим и экстремально сухим на большей части территории Казахстана. Очаги с отрицательными аномалиями осадков – более 60 % ниже нормы, были зафиксированы в районах некоторых станций Западно-Казахстанской, Актюбинской, Атырауской, Мангистауской, Кызылординской областей и юго-востоке республики. Летний сезон этого года в этих районах вошел в 10 % экстремально сухих сезонов. На севере и северо-востоке Казахстана осадки летнего сезона превысили норму на 20...80 % (рисунок 3.5).

Осень

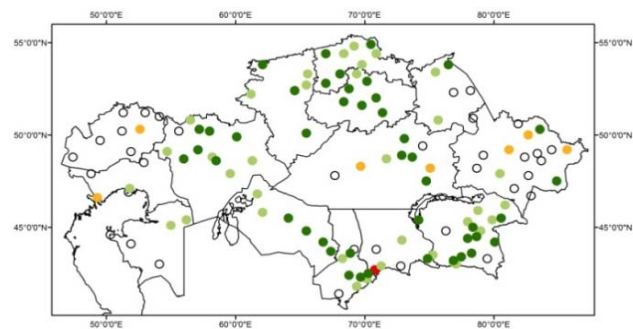
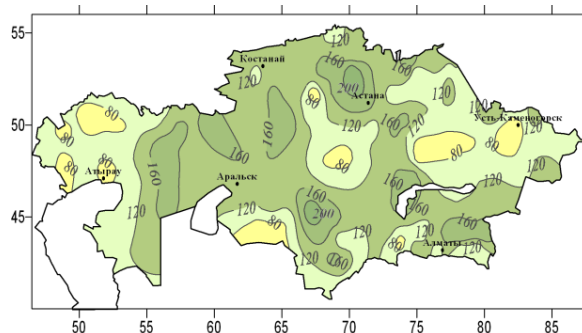
Осенью практически на всей территории Казахстана количество осадков выпало около нормы. На территории горных и предгорных районов юго-востока республики, а также в Кызылординской и Карагандинской областях осадки превысили норму почти в два раза. Сухо было на западе республики, где дефицит осадков составил 20...60 %. По данным большинства метеостанции западного Казахстана осень в этом регионе вошла в 10 % экстремально сухих сезонов (рисунок 3.5).

Для оценки экстремальности количества осадков в 2014 г. использовались индексы изменения климата, предложенные Всемирной Метеорологической Организацией. Ниже представлен анализ некоторых наиболее показательных индексов осадков и особенностей распределения их значений по территории Казахстана в 2014 г.

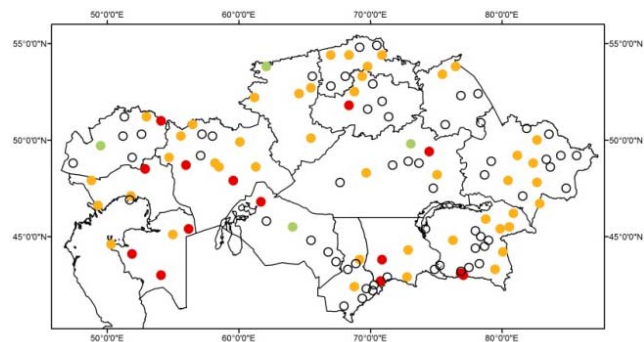
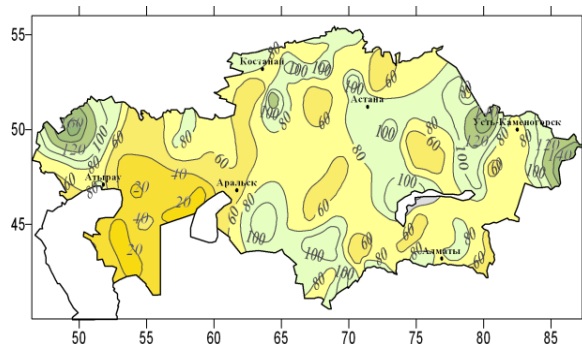
ГОД



ЗИМА



ВЕСНА



ЛЕТО

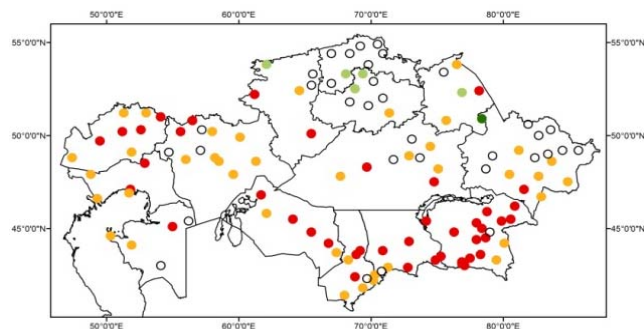
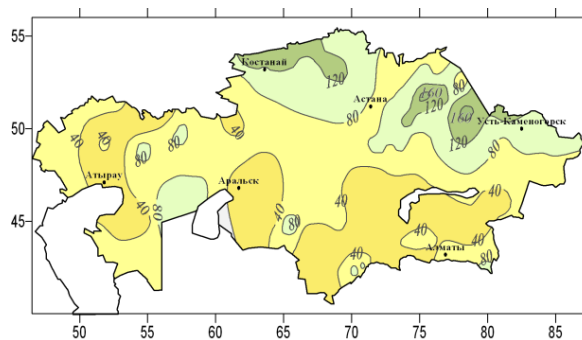


Рисунок 3.5 – Количество осадков в 2014 г., выраженное в % нормы, рассчитанной за период 1971...2000 гг. (слева) и аномалии годовых и сезонных сумм осадков, наблюдавшихся в 2014 году, выраженные как вероятности превышения количества осадков, рассчитанные по данным периода 1941...2013 гг. (справа). Лист 1

осень



Рисунок 3.5 – Количество осадков в 2014 г., выраженное в % нормы, рассчитанной за период 1971...2000 гг. (слева) и аномалии годовых и сезонных сумм осадков, наблюдавшихся в 2014 г., выраженные как вероятности непревышения количества осадков, рассчитанные по данным периода 1941...2013 гг. (справа). Лист 2

Максимумы суточного количества осадков в 2014 г. (индекс $Rx1day$). На рисунке 3.6 красным цветом показаны значения абсолютных максимумов суточного количества осадков, определенные за период с начала открытия метеостанции по 2013 г., синим цветом – значения суточных максимумов, наблюдавшиеся в 2014 г. Абсолютный максимум суточного количества осадков в 2014 г. перекрыт не был.

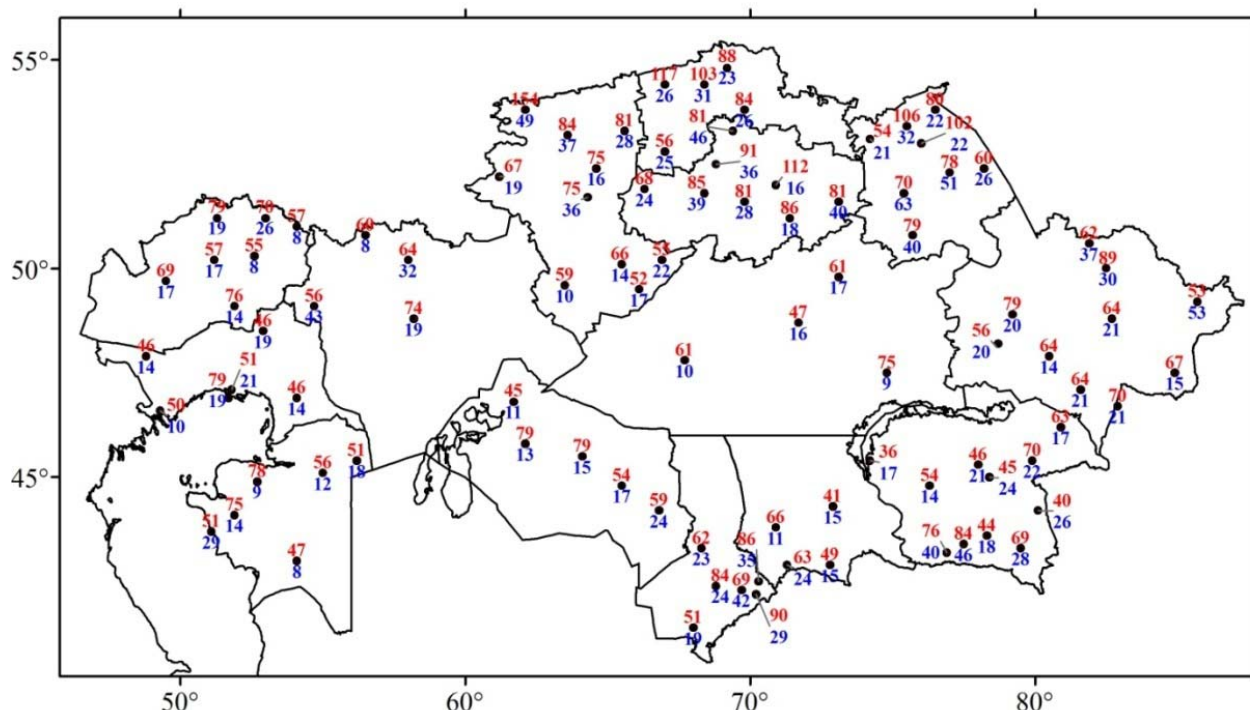


Рисунок 3.6 – Абсолютный максимум суточного количества осадков, выбранный за период с начала открытия метеостанции по 2013 год (нанесен красным цветом) и максимальное количество осадков, выпавшее за сутки в 2014 г. (нанесен синим цветом), мм

На рисунке 3.7 представлена доля количества осадков, выпавших за сутки с экстремально большим количеством осадков (более 95-го перцентиля), в сумме осадков за весь 2014 г. Для расчета использовались индексы R95 и PRPTOT. Индекс осадков R95 показывает количество осадков, превышающее 95-й перцентиль, индекс PRPTOT – количество осадков за год. Наибольшая доля экстремального количества осадков наблюдалась на метеостанциях Уил (46 %) и Екибастуз (42 %). Экстремальная доля количества осадков на этих метеостанциях достаточно высокая. На 34 метеостанциях (36 % от общего количества метеостанций) доля экстремальных осадков составила 20...39 %.

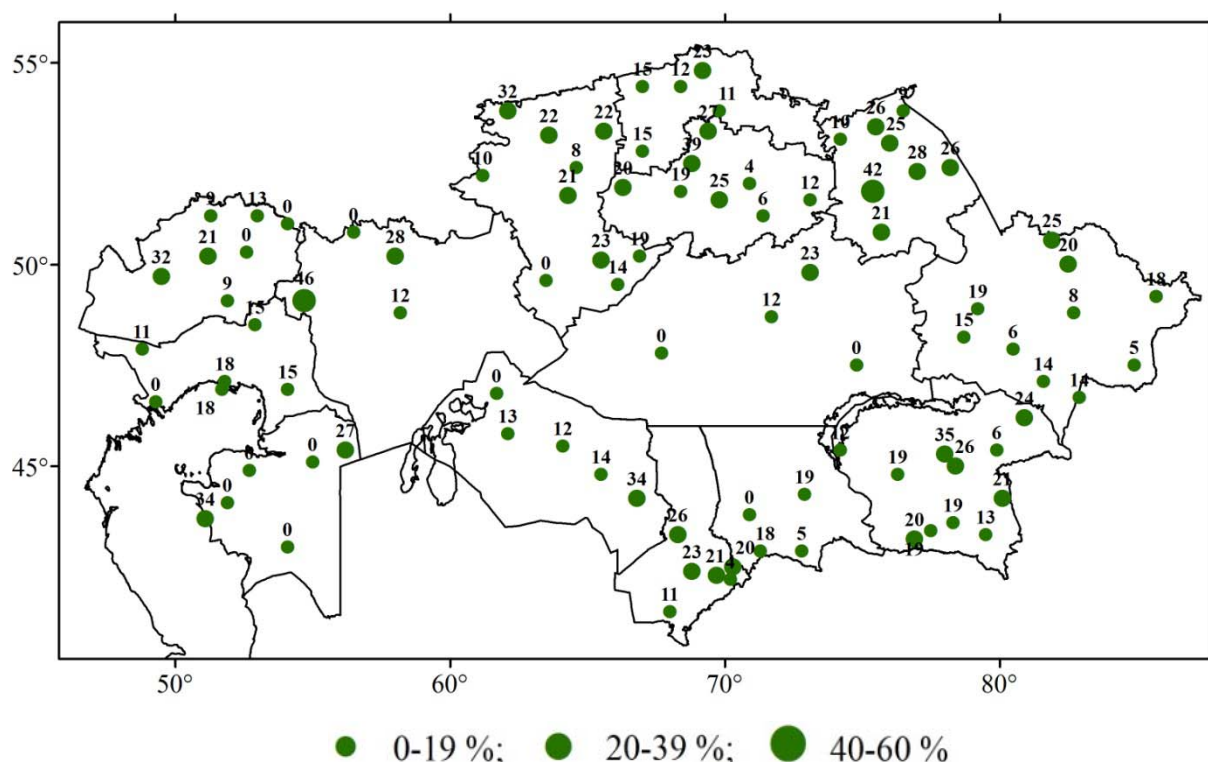


Рисунок 3.7 – Доля (в %) экстремального количества осадков в годовой сумме осадков в 2014 г. Экстремальное количество осадков рассчитано как сумма суточного количества осадков, превышающего 95-й перцентиль

В условиях засушливого климата Казахстана очень важным является индекс CDD, который показывает **максимальную продолжительность периода, когда осадки были менее 1 мм** (продолжительность бездождного периода, рисунок 3.8). В 2014 г. практически на всех метеостанциях продолжительность периода без осадков была около месяца. Продолжительность бездождного периода от 61 до 89 дней отмечена на метеостанциях Западно-Казахстанской, Атырауской, Мангистауской, Актыбинской и Алматинской областей. Особо длительные периоды без осадков, от 90 до 142 дней, наблюдались на станциях Кызылординской, Южно-Казахстанской и Жамбылской областей.

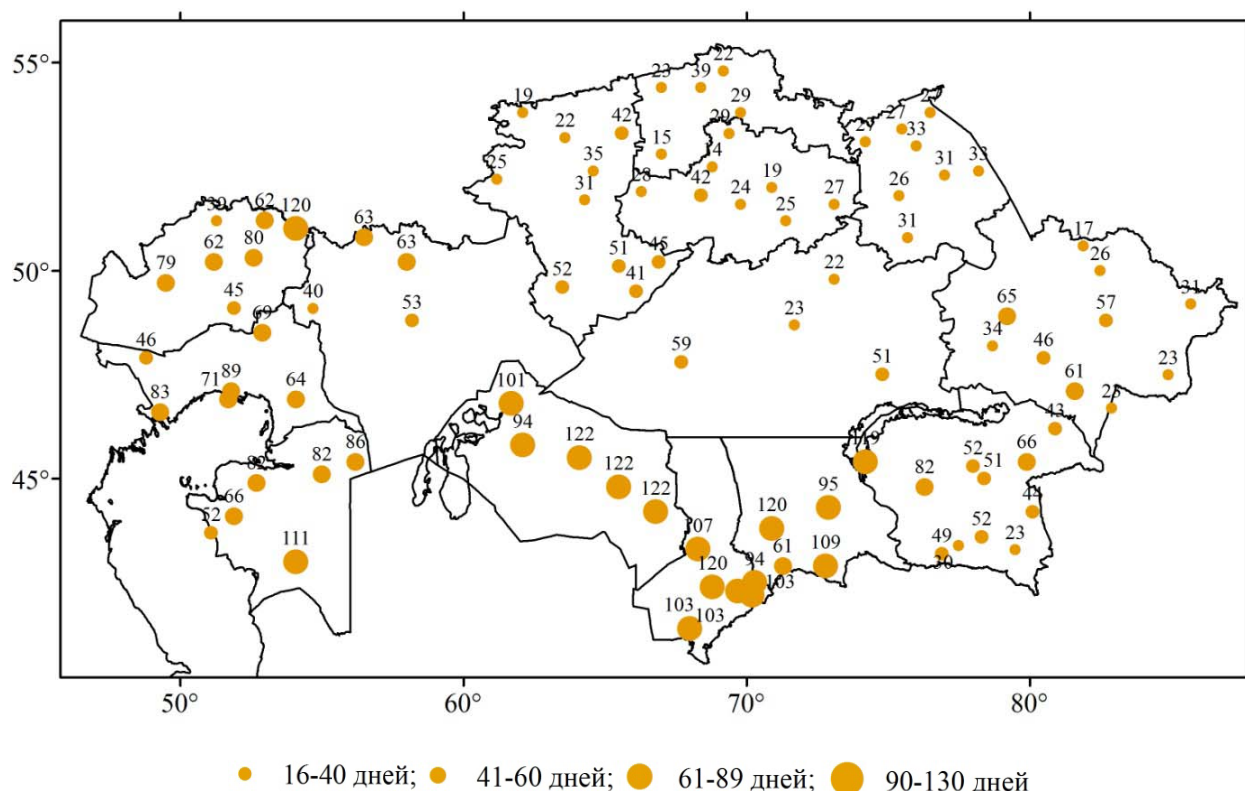


Рисунок 3.8 – Максимальная продолжительность бездождного периода (в днях) в 2014 г.

В 2014 г. **максимальная продолжительность дождливого периода, когда осадки были равны или больше 1 мм** (индекс CWD), представлена на рисунке 3.9. По результатам расчета индекса CWD, максимальная продолжительность периода с осадками составляла от 2 до 9 дней. На некоторых станциях Северо-Казахстанской, Акмолинской, Костанайской областях, а также на юго-востоке и северо-западе Казахстана, осадки выпадали в течение 5...7 дней подряд. Наибольший по продолжительности дождливый период, от 8 до 9 дней, наблюдался на метеостанциях аул Турара Рыскулова и Тасарык Южно-Казахстанской области.

3.3 Тенденции в экстремумах атмосферных осадков

Анализ тенденций в экстремумах атмосферных осадков выполнен за период 1941...2014 гг. на основе наиболее показательных индексов, предложенных ВМО.

Значения максимального суточного количества осадков (индекс Rx1day) на территории Казахстана практически не изменились (рисунок 3.10). Почти на всей территории республики наблюдались слабые – на 0,01...1,0 мм/10 лет, тенденции, как уменьшения, так и увеличения максимального суточного количества осадков. При этом практически все тренды статистически незначимы, за исключением нескольких станций. Так, например, на МС Куйган наблюдается статистически значимое незначительное увеличение на 0,75 мм/10 лет, на МС Бектаута и МС Баянаул статистически значимое увеличение на 1,3...1,6 мм/10лет. Значимое уменьшение максимального суточного количества осадков на 3,61 мм/10 лет наблюдалось за этот период на МС Турара Рыскулова.

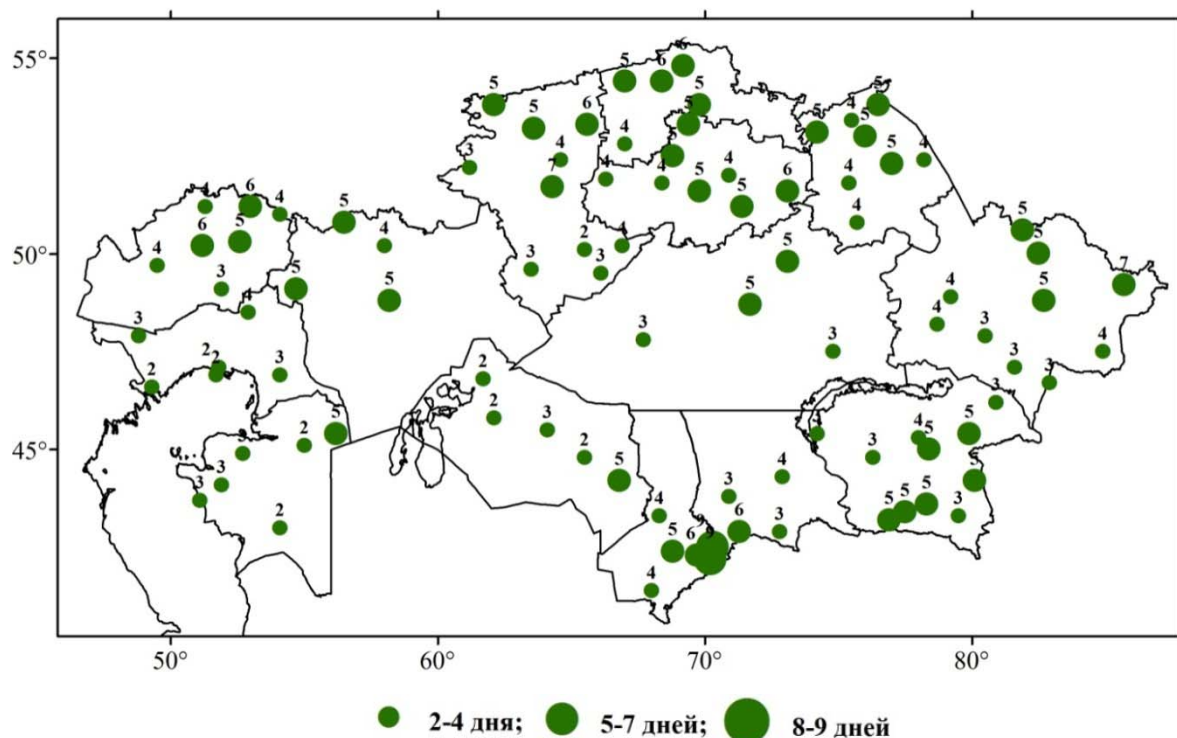


Рисунок 3.9 – Максимальная продолжительность периода (в днях) в 2014 г., когда осадки были равны или больше 1 мм

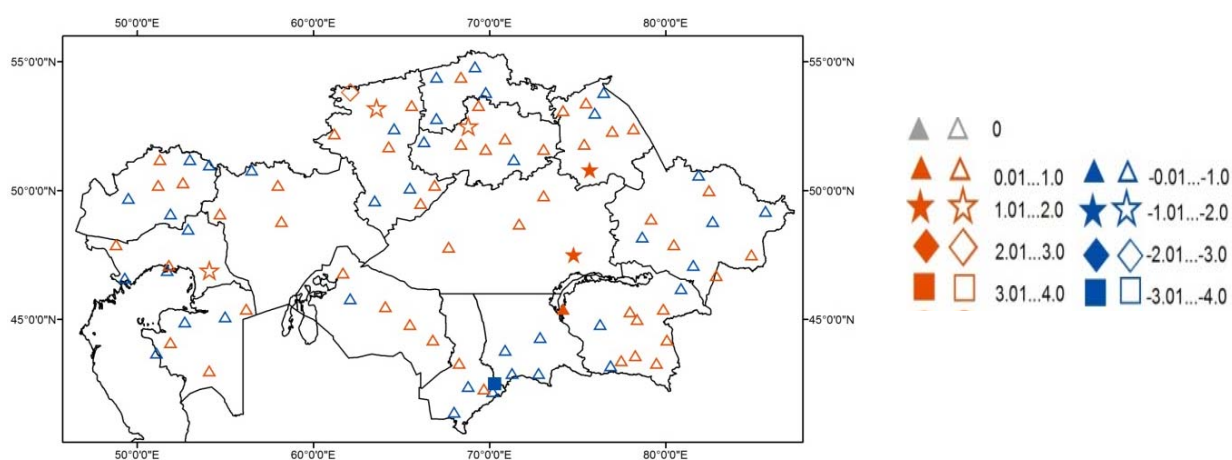


Рисунок 3.10 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда максимальных в году значений суточного количества осадков (мм/10 лет), рассчитанного за период 1941...2014 гг. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

Анализ тренда в значениях *доли экстремального количества осадков в годовой сумме осадков (индекс $R95pTOT$)* показал, что в целом по Казахстану, за исключением некоторых станций, наблюдались незначительные и статистически незначимые тенденции, как уменьшения, так и увеличения – на 0,01...1,0 % каждые 10 лет. На МС Михайловка (Павлодарская область) и Мойынкум отмечено статистически значимое увеличение доли экстремального количества осадков на 1,2...1,5 % каждые 10 лет, на МС Чапаево,

Чингирлау и Астана статистически значимое уменьшение на 1,2...2,5 % каждые 10 лет (рисунок 3.11). 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.

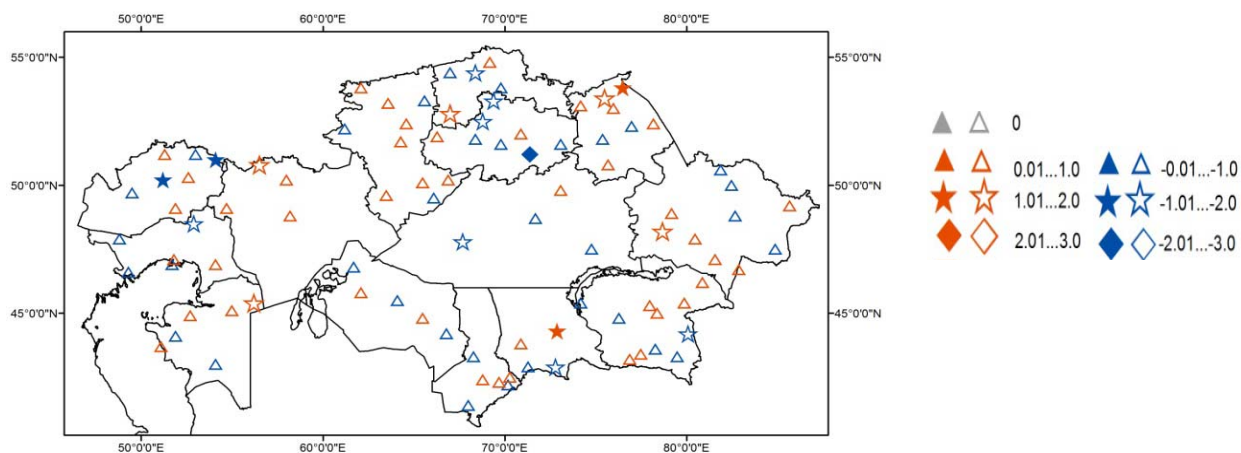


Рисунок 3.11 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда доли (%/10 лет) экстремального количества осадков в годовых суммах осадков, рассчитанного за период 1941...2014 гг. Экстремальное количество осадков рассчитано как сумма суточного количества осадков, превышающего 95-й процентиль. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

На большей части территории Казахстана наметилась тенденция сокращения **максимальной продолжительности периода без осадков (индекс CDD)**. Статистически значимые тенденции уменьшения наблюдались в северных и северо-восточных регионах республики – на 1...4 дня, на метеостанциях Жусалы, Павлодар, Петропавловск около 5 дней каждые 10 лет. Статистически значимое увеличение продолжительности периода без осадков отмечено на МС Кокпекты 2 дня/10 лет. На всей остальной территории тенденции статистически незначимы (рисунок 3.12).

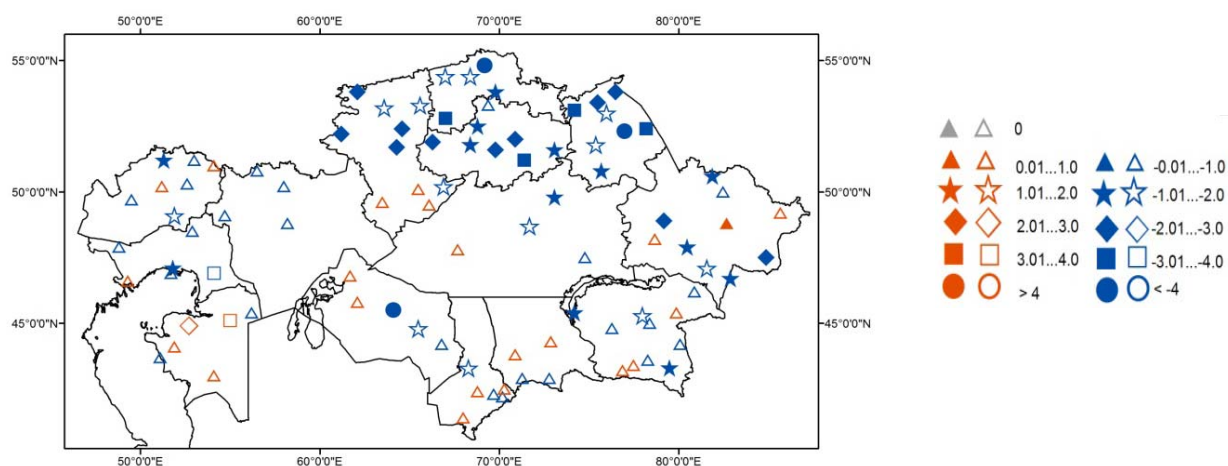


Рисунок 3.12 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда максимальной продолжительности бездождного периода (дни/10 лет), рассчитанного за период 1941...2014 гг. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Особенности 2014 г. В глобальном масштабе 2014 г. стал номинально самым теплым годом за всю историю наблюдений. В 2014 г. осредненная температура воздуха над сушей и акваторией океана в среднем по земному шару была на $0,57 \pm 0,09$ °C выше среднего значения за 1961...1990 гг., составляющего 14 °C.

В 2014 г. в Казахстане среднегодовая температура воздуха (январь-декабрь) на 0,04 °C ниже среднемноголетнего значения за период 1971...2000 гг., составляющего 5,65 °C. Четыре месяца 2014 года – февраль, июль, сентябрь, октябрь, - были холодными, два месяца (март, июнь) были теплыми, и август месяц - экстремально теплым. Все это повлияло на то, что 2014 год занял 36 место в ранжированном ряду значений среднегодовых аномалий температуры воздуха начиная с 1941 г.

Средняя за год температура воздуха практически на всей территории Казахстана была в пределах нормы, за исключением отдельных южных районов с отрицательными аномалиями и в восточных районах с положительными аномалиями. Несколько выше нормы была температура также в отдельных северных и юго-западных районах.

Температуры зимнего сезона на большей части территории Казахстана были в пределах нормы. В южных областях республики зима характеризуется как холодная, аномалии сезонной температуры здесь составили минус 2...4 °C. Экстремально низкие температуры (аномалии температуры минус 4,8 °C, минус 4,2 °C) отмечены в январе на МС Жетыконур, МС Злиха и в феврале на МС Уюк, МС Злиха, МС Толе би (аномалии температуры минус 8,6 °C, минус 8,2 °C, минус 8,1 °C соответственно). Экстремально тепло было в январе на МС Усть-Каменогорк (аномалия температуры воздуха плюс 4 °C). Осадки зимнего сезона 2014 г. были на 20...100 % выше нормы практически на всей территории республики. Дефицит осадков (20...40 % нормы) охватил небольшие районы на западе, юге, востоке и центральной части Казахстана.

Весна была тёплой почти на всей территории Казахстана. Наибольшие аномалии температуры воздуха (выше 2,5 °C) наблюдались на западе и в некоторых северных и северо-восточных районах. Здесь весна 2014 г. вошла в 10 % экстремально тёплых весенних сезонов. В Мангистауской и Атырауской областях аномалии температуры воздуха были выше нормы на 1,0...5,8 °C. Экстремально сухо было в Мангистауской, Атырауской и Актюбинской областях. Значительный рост осадков наблюдался в Западно-Казахстанской, Костанайской и Восточно-Казахстанской областях.

Температурные условия летом 2014 г. на большей территории Казахстана были в пределах нормы. Из летних месяцев необходимо отметить июль, который был прохладным со среднемесячной температурой ниже нормы на 1,0...4,7 °C с очагом холода в Северо-Казахстанской, Костанайской и Акмолинской областях, и август месяц со среднемесячной температурой выше нормы на 1,0...5,2 °C с очагами тепла в Западно-Казахстанской, Атырауской, Актюбинской, Мангистауской и Костанайской областях. Наибольший дефицит осадков наблюдался на западе и юге Казахстана. Летний сезон этого года в этих районах вошел в 10 % экстремально сухих сезонов. Осадки превысили норму на 20...80 % на севере и северо-востоке республики.

Осень в отличие от прошлой осени была холодной на большей части территории Казахстана и экстремально холодной в Атырауской, Мангистауской и Кызылординской областях, где вероятности непревышения значений температуры воздуха составили от 0...9 % до 10...29 % соответственно. На юго-востоке республики аномалии температуры воздуха были в пределах нормы. Осадков в этом сезоне выпало около нормы в большинстве регионов. В горных и предгорных районах юго-востока республики, а также местами в Кызылординской и Карагандинской областях количество осадков превысило норму почти в два раза. На западе Казахстана дефицит осадков составил 20...60 %. Осень в этом регионе вошла в 10 % экстремально сухих сезонов.

Абсолютные суточные максимумы и минимумы температуры воздуха в 2014 г. не были перекрыты ни на одной метеостанции. Количество жарких дней на территории Казахстана увеличивалось от 20 до 70 дней с севера на юг.

В 2014 г. наблюдалась большая неравномерность в выпадении осадков во времени. Экстремальная доля количества осадков была зафиксирована на МС Уил (46 %) и МС Екибастуз (42 %). На 34 метеостанциях (36 % от общего количества метеостанций) доля экстремальных осадков составила 20...39 %. Абсолютный максимум суточного количества осадков в 2014 г. перекрыт не был. Максимальная продолжительность периода с осадками на территории Казахстана составляла от 2 до 9 дней. Наибольший по продолжительности дождливый период (8...9 дней) наблюдался на метеостанциях Южно-Казахстанской области. Продолжительность бездождного периода от 61 до 89 дней отмечена на западе и юго-востоке республики. Наиболее длительные периоды без дождя (90...142 дней), наблюдались на метеостанциях Кызылординской, Южно-Казахстанской и Жамбылской областей.

Изменение климата в Казахстане. За период 1941...2014 гг. (74 года) практически повсеместно по Казахстану повысились среднемесячные, среднесезонные и среднегодовые температуры воздуха.

В среднем по Казахстану скорость повышения среднегодовой температуры воздуха составляет 0,27 °C каждые 10 лет. Если рассматривать по сезонам, то наибольший рост температур происходит весной и осенью – на 0,31 °C/10 лет, немного меньше зимой – на 0,27 °C/10 лет, а летом наблюдалась наименьшая скорость повышения температуры – на 0,19 °C/10 лет. В большинстве случаев тренды статистически значимы при 95 % доверительном интервале, вклад тренда в суммарную дисперсию среднегодовых температур составляет 38 %, для сезонов – от 6 до 24 %. Надо отметить, что в текущем столетии аномалии весенних и летних температур были, в основном, положительные, в то время как аномалии зимних и осенних температур преимущественно отрицательные.

В областном разрезе наибольшими темпами среднегодовые температуры воздуха повышались в Западно-Казахстанской области – на 0,38 °C/10 лет, наименьшими – в Южно-Казахстанской, Алматинской, Восточно-Казахстанской, Мангистауской и Павлодарской областях – на 0,21...0,26 °C/10 лет. В остальных областях рост среднегодовых температур в пределах 0,27...0,31 °C/10 лет

В северных, центральных и восточных районах Казахстана наибольшие темпы потепления наблюдаются весной – на 0,28...0,38 °C/10 лет, следующее по величине

потепление приходится на осенний сезон. В западных регионах наибольшее повышение температуры происходит в зимний период – на $0,26...0,46\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ и в переходные сезоны – на $0,25...0,43\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$. В большинстве южных областей основной пик потепления приходится на осенний сезон ($0,29...0,40\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$), второй – на зимний или весенний ($0,21...0,33\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$). В летний период практически во всех областях значения коэффициента линейного тренда, характеризующего скорость роста температуры воздуха, наименьшие – в пределах $0,13...0,27\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, но значения коэффициента детерминации достаточно высокие, особенно в южных областях Казахстана – $18...37\%$. Это свидетельствует об устойчивости тенденции повышения температуры воздуха.

В январе, феврале, марте, апреле и ноябре наблюдаются самые значительные значимые темпы роста температуры воздуха – $0,41...0,81\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$. В апреле, июне и октябре темпы потепления были ниже – $0,21...0,60\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$. В остальные месяцы наблюдался незначительный незначимый рост температуры воздуха.

На севере республики в 2014 г. максимальные значения температуры воздуха составили $33...39\text{ }^{\circ}\text{C}$, на юге республики суточные максимумы достигли $34...43\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Самые низкие температуры воздуха (минус $39...минус\ 35\text{ }^{\circ}\text{C}$) наблюдались в основном на севере, востоке и центральном Казахстане, а также на некоторых метеостанциях западной части республики. На всей территории суточные минимумы были значительно выше, чем когда-либо достигнутые абсолютные суточные минимумы температуры.

Общая продолжительность волн тепла была высокой в западной и юго-западной части республики с максимумом в Актюбинской, Атырауской и Мангистауской области – $18...30$ дней, а также в Восточно-Казахстанской и Северо-Казахстанской областях – $18...24$ дней.

Волны холода продолжительностью от 6 до 18 дней наблюдались в западной части Казахстана, а также в отдельных районах Центрального, Южного и Восточного Казахстана. На всей остальной территории страны волн холода с продолжительностью более 6 дней не наблюдалось.

Максимальное количество дней с повторяемостью случаев экстремально низких температур наблюдалось в Кызылординской области (более 18%), а также с очагами на востоке страны (более 22%), и в Алматинской области (более 19%).

Тенденция увеличения количества дней с температурой воздуха выше $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ наблюдается в Западно-Казахстанской, Актюбинской, Атырауской, Мангистауской, Кызылординской, Южно-Казахстанской, Жамбылской, Алматинской областях и на некоторых метеостанциях Костанайской области – от 1 до 5 дней каждые 10 лет.

Значимое увеличение суточной амплитуды на $0,1...0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ наблюдается на некоторых метеостанциях Павлодарской, Восточно-Казахстанской, Алматинской, Южно-Казахстанской, Кызылординской и Мангистауской областей.

На 5...6 дней каждые 10 лет сокращается количество морозных дней в отдельных районах Южно-Казахстанской, Кызылординской и Атырауской областей. На остальной территории уменьшение количества таких дней составляет 1...4 дня каждые 10 лет.

В период 1941-2014 гг. годовые суммы осадков незначительно уменьшались – в среднем по Казахстану на 0,8 мм/10 лет или примерно на 0,4 % нормы/10 лет. Слабая тенденция (статистически незначимая) к уменьшению среднего по Казахстану количества осадков наблюдается в весенний, летний и осенний сезоны. В зимний период осадки несколько увеличиваются. Все тенденции статистически незначимы, за исключением зимнего периода.

По территории республики наблюдается пятнистость в распределении знака изменения сезонного количества осадков. Летом и осенью почти на всей территории Казахстана, за исключением горных юго-восточных регионов, осадки уменьшались на 1...14 % нормы каждые 10 лет. Зимой и весной, наоборот, осадки в основном увеличивались, устойчивые положительные тенденции наблюдались почти по всей территории, за исключением юго-запада и юго-востока республики соответственно. в северных и центральных регионах, а также в горных и предгорных северо-западных, восточных, юго-восточных регионах республики – на 1...9 % нормы/10 лет. В весенний период положительная тенденция в осадках наблюдалась в северо-западной половине Казахстана и отрицательная на всей остальной территории. Надо отметить, что за исключением зимних осадков, тенденции в сезонном количестве осадков статистически незначимы.

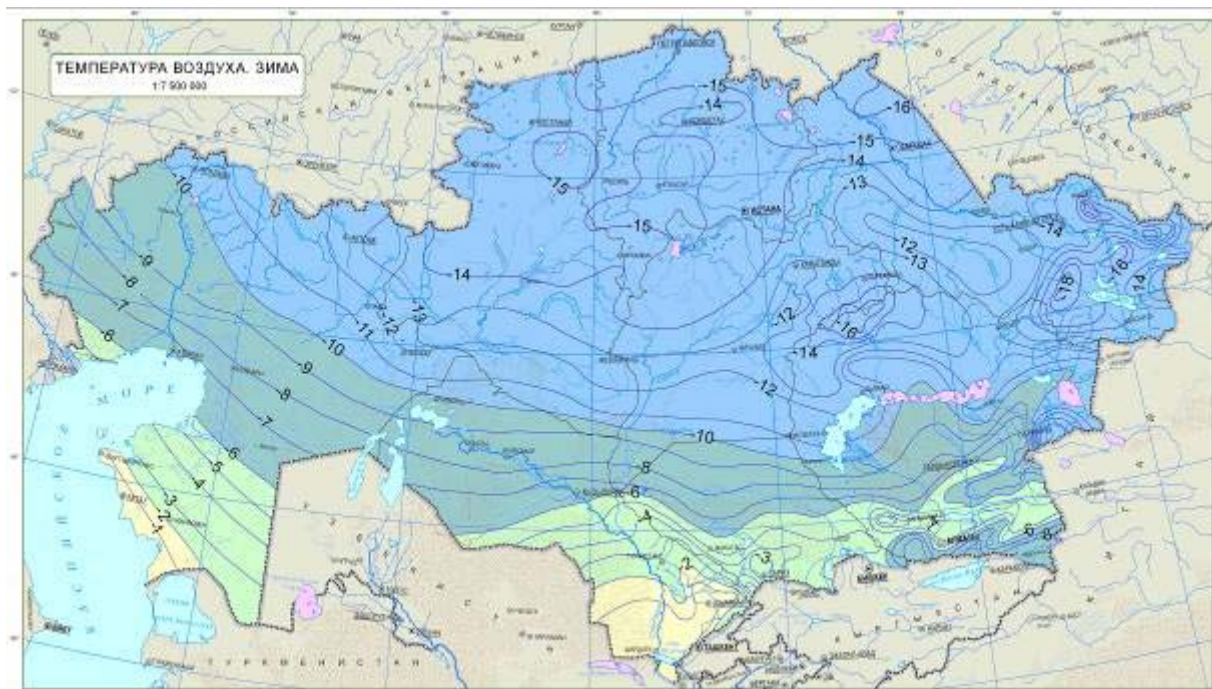
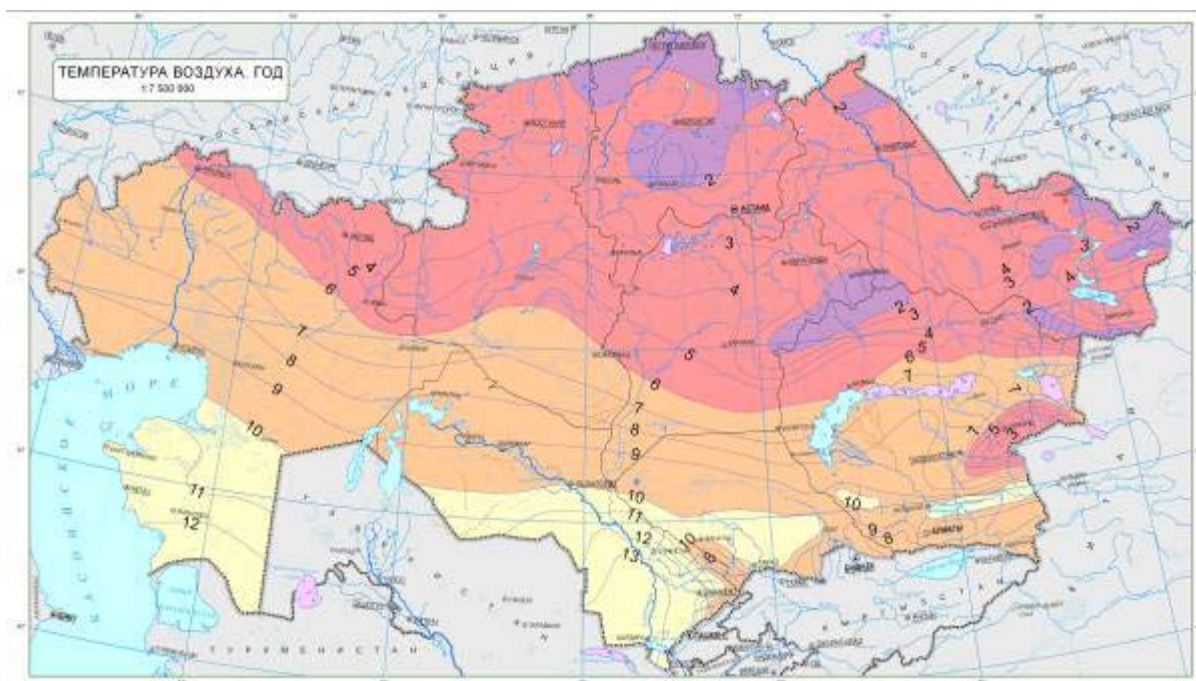
Наблюдаются некоторые тенденции в экстремумах осадков. Почти на всей территории республики отмечены слабые – на 0,01...1,0 мм/10 лет тенденции, как уменьшения, так и увеличения максимального суточного количества осадков. При этом практически все тренды статистически незначимы, за исключением нескольких станций.

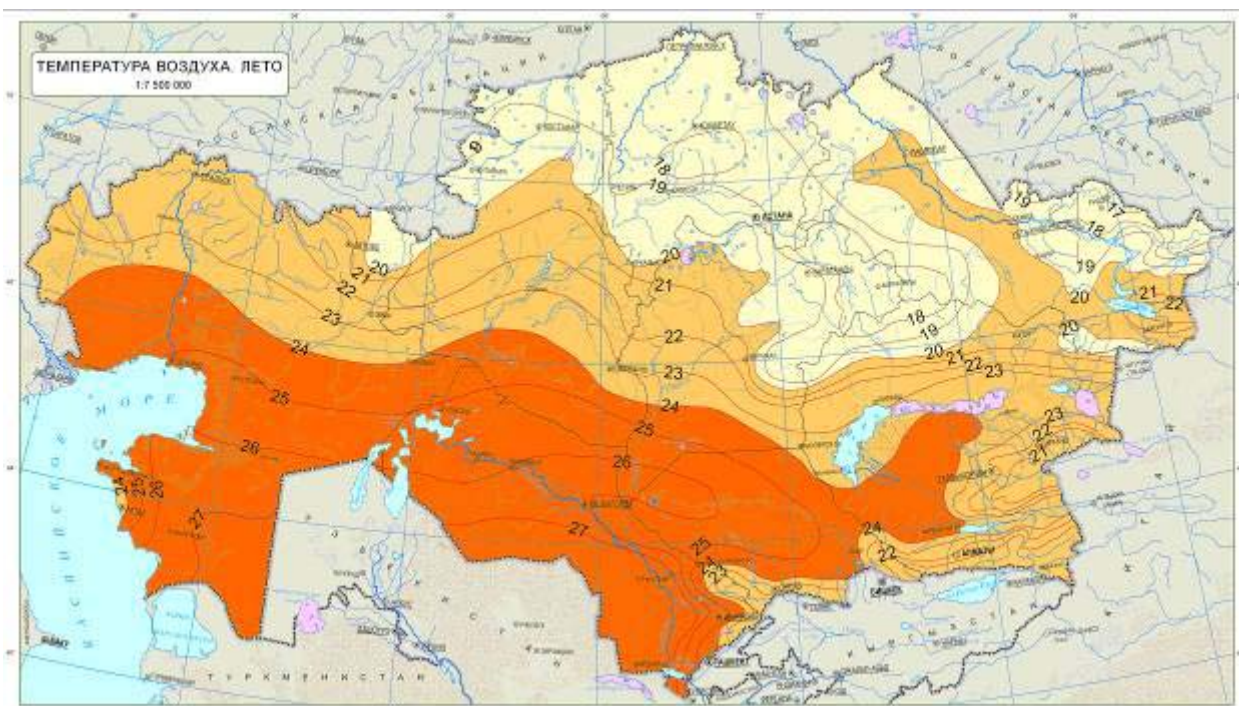
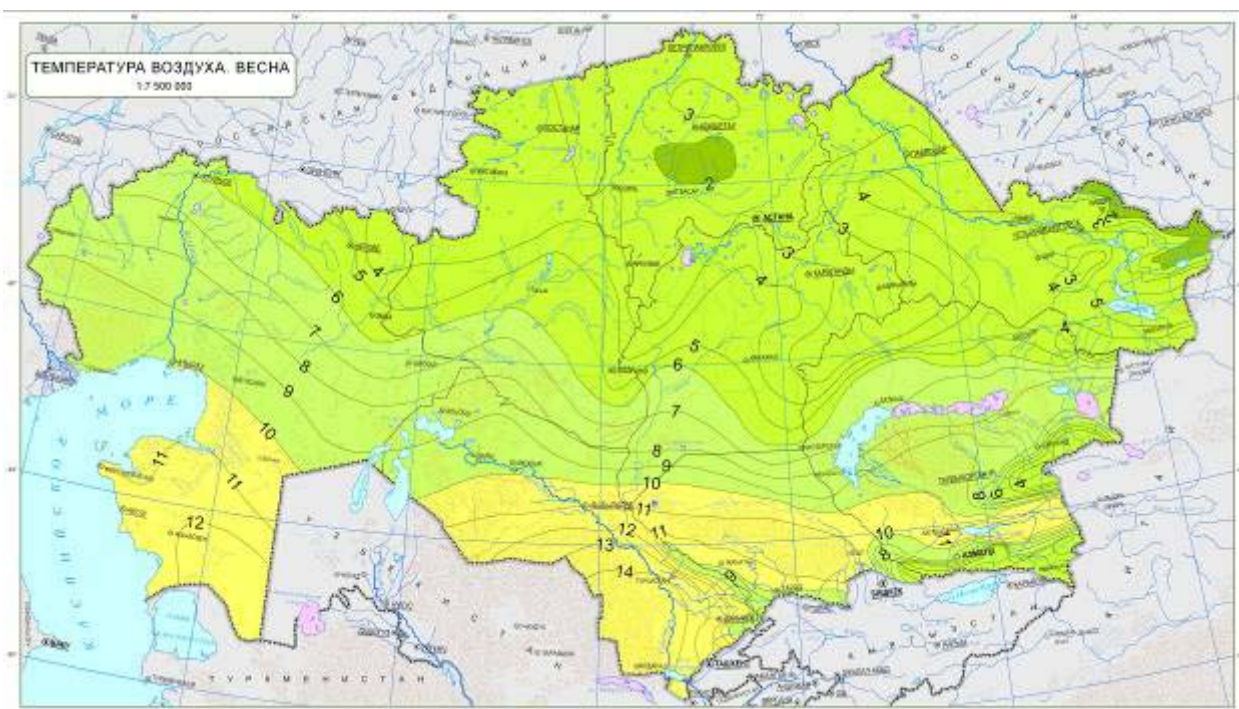
Анализ тренда в значениях доли экстремального количества осадков в годовой сумме осадков показал, что в целом по Казахстану, за исключением некоторых станций, наблюдались незначительные и статистически незначимые тенденции, как ее уменьшения, так и увеличения – на 0,01...1,0 % каждые 10 лет.

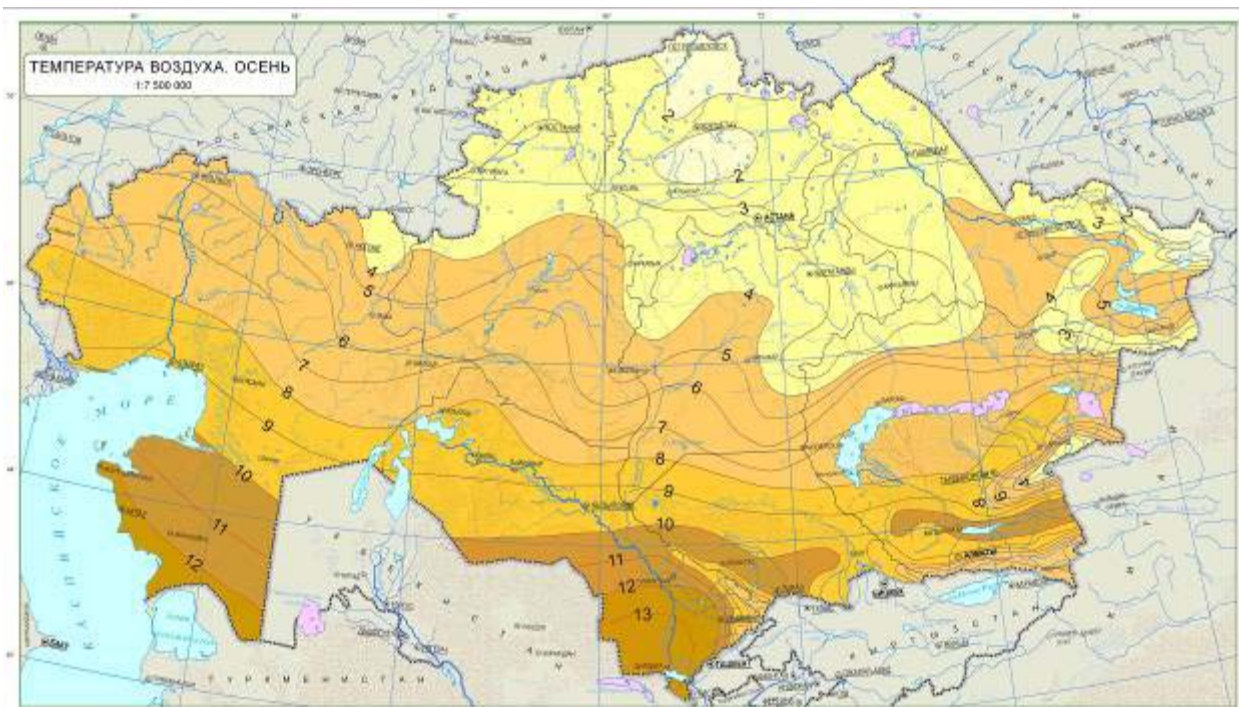
Статистически значимые тенденции уменьшения максимальной продолжительности периода без осадков (1...4 дня/10 лет) наблюдались на метеостанциях Жусалы и Павлодар, а статистически значимое увеличение продолжительности периода без осадков - на МС Кокпекты (2 дня/10 лет).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕГОДОВЫХ И СРЕДНЕСЕЗОННЫХ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА ПО ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА, РАССЧИТАННЫХ ЗА ПЕРИОД 1971...2000 гг.







ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГОДОВЫХ И СЕЗОННЫХ СУММ ОСАДКОВ ПО ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА, РАССЧИТАННЫХ ЗА ПЕРИОД 1971...2000 гг.

