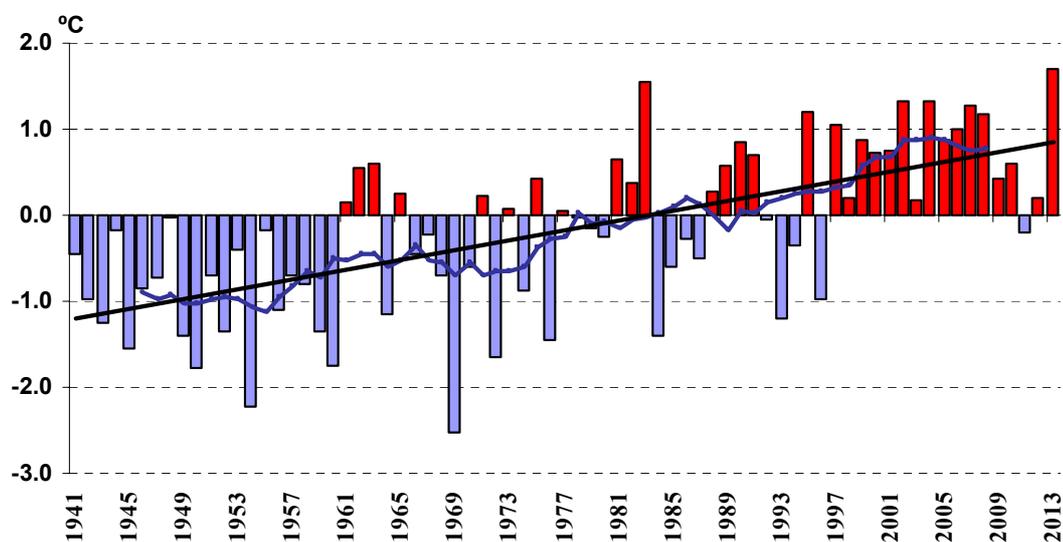




Министерство энергетики
Республиканское государственное
предприятие «Казгидромет»

***ЕЖЕГОДНЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ МОНИТОРИНГА
ИЗМЕНЕНИЯ И СОСТОЯНИЯ КЛИМАТА
КАЗАХСТАНА: 2013 ГОД***



Астана, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 ОБЗОР ИЗМЕНЕНИЙ ГЛОБАЛЬНОГО КЛИМАТА и ЕГО СОСТОЯНИЯ в 2013 г.	6
2 ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА	13
2.1 Наблюдаемые изменения температуры воздуха на территории Казахстана	13
2.2 Аномалии температуры воздуха на территории Казахстана в 2013 г.	21
2.3 Тенденции в экстремумах температуры приземного воздуха	28
3. АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ	32
3.1 Наблюдаемые изменения количества осадков на территории Казахстана	32
3.2 Аномалии количества осадков на территории Казахстана в 2013 г.	38
3.3 Тенденции в экстремумах атмосферных осадков	44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	47
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	50
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	53

ВВЕДЕНИЕ

Климат – это природный ресурс, жизненно важный для нашего благосостояния, здоровья и процветания. Информация, собираемая, управляемая и анализируемая национальными гидрометеорологическими службами, помогает лицам, принимающим решения, и пользователям планировать и адаптировать свою деятельность и проекты с учетом ожидаемых условий. Таким образом, могут приниматься решения в процессе планирования, уменьшающие риски и оптимизирующие 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. Понимание формирования 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 2013 г., включая оценку экстремальности значений метеорологических элементов, и предоставляет историческую информацию относительно тенденций, которые имели место, начиная с 40-ых годов прошлого столетия. Также в этот выпуск бюллетеня добавлены 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 2013 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 2013 гг. (более 90 метеостанций).

Основные подходы и методы. Под «нормой» в бюллетене понимается среднемноголетнее 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 (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 2013 г. использовались индексы изменения климата, рекомендованные Всемирной метеорологической организацией. Некоторые индексы основаны на фиксированных единых пороговых значениях для всех станций, другие – на пороговых значениях, которые могут варьировать от станции к станции. В последнем случае пороговые значения определяются как соответствующие процентиля рядов данных. Индексы позволяют оценить многие аспекты изменения климата, такие, например, как изменение интенсивности, частоты и продолжительности проявления экстремальности в температуре воздуха и количества осадков.



Схема административно-территориального деления Республики Казахстан

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

1 ОБЗОР ИЗМЕНЕНИЙ ГЛОБАЛЬНОГО КЛИМАТА и ЕГО СОСТОЯНИЯ в 2013 г.

В настоящее время наблюдения за климатической системой основываются на Глобальной системе наблюдений за состоянием атмосферы, поверхности суши и океана, которая является скоординированной системой разных 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) °С за период 1880...2012 гг. Увеличение средней глобальной температуры за период 2003...2012 гг. по сравнению с 1850...1900 гг. составляет 0,78(0,72...0,85) °С. Повышение приземной температуры воздуха наблюдается в большинстве регионов Земного шара (рисунок 1.1).

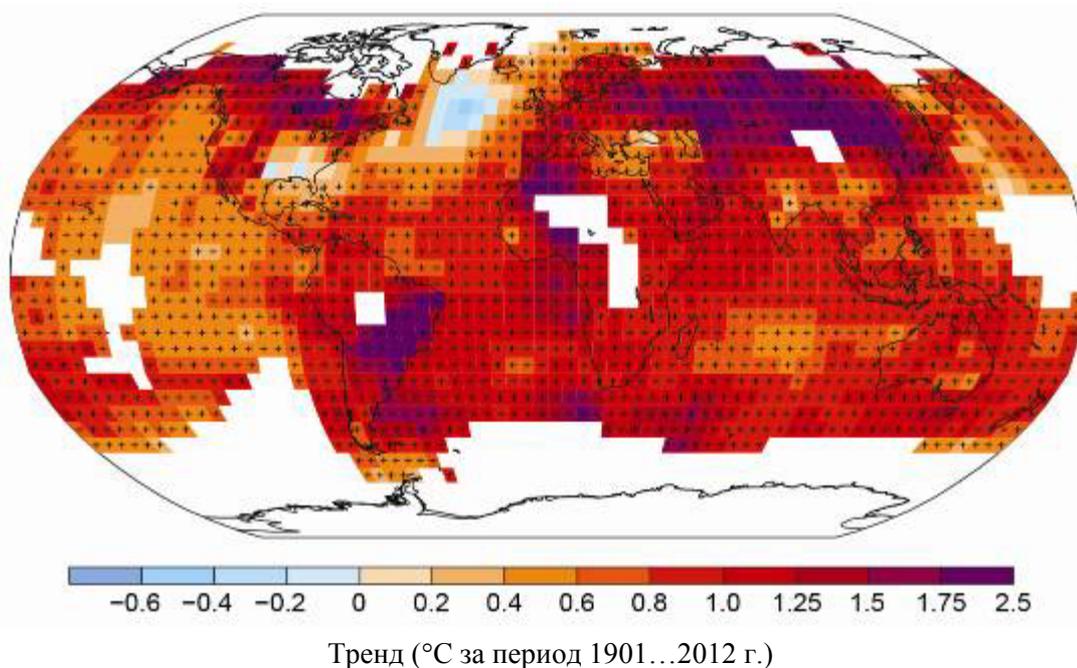


Рисунок 1.1 - Карта наблюдаемых изменений приповерхностной температуры с 1901 по 2012 год, составленная на основе температурных трендов, определенных методом линейной регрессии на основе одного массива данных (красная линия в рисунке 1.2). Тренды были определены для тех мест, где наличие данных позволяет 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 температуры земного шара за период инструментальных наблюдений, рассчитанный по данным трех массивов. Данные Великобритании начинаются с 1850 г, данные США – с 1880 г. В 21 в. потепление не было постоянным. Выделяют три интервала: потепление 1910...1945, слабое похолодание 1946...1975 гг., и наиболее интенсивное потепление с середины 70-х годов. Примерно с 2000 года наступила некоторая пауза в процессе глобального потепления: глобальная температура колеблется на уровне достигнутых высоких значений. В результате, хотя десятилетие 2001...2010 гг. в целом остаётся самым тёплым за весь период инструментальных наблюдений, внутри него монотонного потепления не наблюдалось.

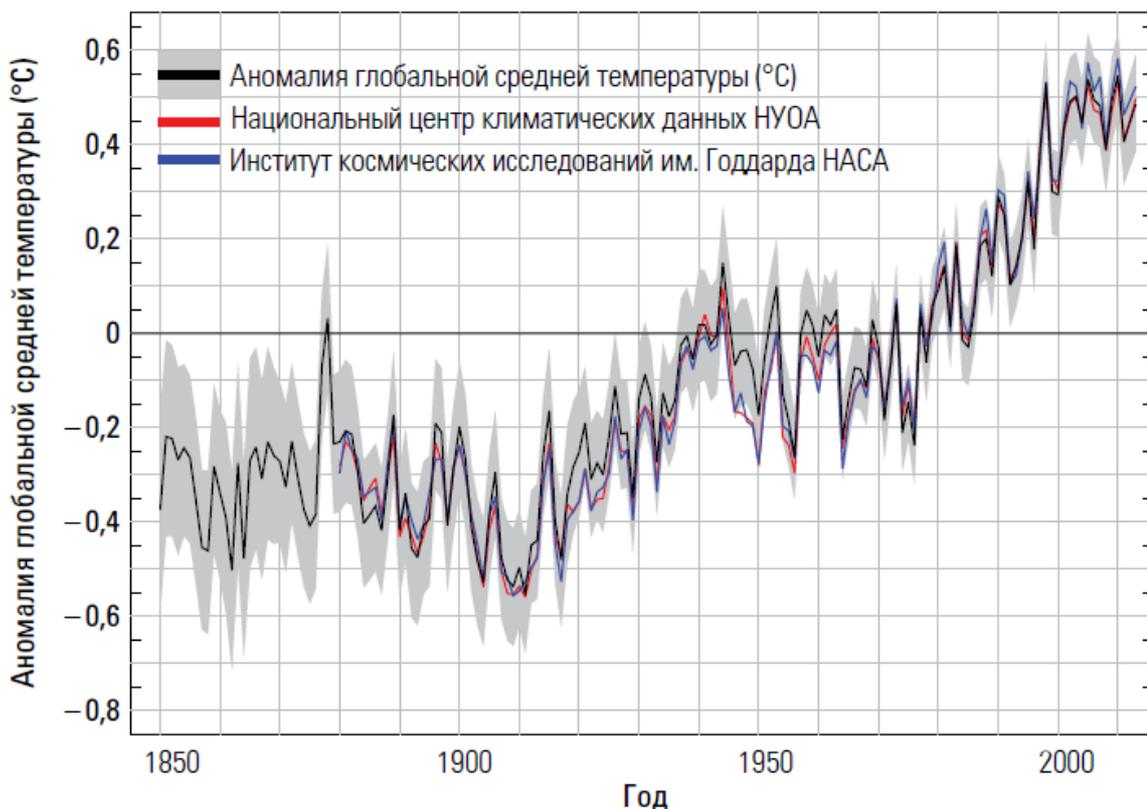


Рисунок 1.2 – Аномалии средней годовой глобальной температуры с 1850 по 2013 гг. по данным Центра им. Гадлея (HadCRUT4, черная линия показывает среднее значение, серая зона – 95 % диапазон неопределённости), Национального центра климатических данных (красная линия) и Института космических исследований им. Годдарда, США. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961...1990 гг. (Источник: Центр им. Гадлея Метеобюро и Отдел исследований климата Университета Восточной Англии, Соединенное Королевство)

Каждое из трех последних десятилетий характеризовалось более высокой температурой у поверхности Земли, чем любое другое десятилетие, начиная с 1850 г. В северном полушарии 30-летний период 1983...2012 годы, вероятно, был самым теплым за последние 1400 лет (средний уровень достоверности).

В отношении изменений осадков в среднем над сушей существует низкая степень достоверности с 1901 по 1951 г. и средняя – с 1901 по 2013 г. В среднем, количество осадков в средних широтах над поверхностью суши в северном полушарии увеличилось с

1901 г. (средняя степень достоверности до 1951 г. и высокая – после). Для других широт имеется низкая степень достоверности положительных или отрицательных трендов.

Приблизительно с 1950 г. наблюдаются изменения в экстремальных погодных и климатических явлениях. Очень вероятно, что в мировом масштабе количество холодных дней и ночей уменьшилось, а количество теплых дней и ночей возросло. Вероятно, что частота волн тепла увеличилась на обширных территориях Европы, Азии и Австралии. Частота и интенсивность ливневых осадков, вероятно, возросла в Северной Америке и Европе. (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).

В соответствии с Заявлением Всемирной метеорологической организации о состоянии глобального климата (ВМО-№ 1130), 2013 год вошёл в десятку самых тёплых лет, начиная с 1850 года. По оценкам специалистов в 2013 году осреднённая температура воздуха над сушей и акваторией океана в целом по земному шару была на $0,50^{\circ}\text{C} \pm 0,10^{\circ}\text{C}$ выше средней годовой величины за период 1961...1990 гг., составляющей 14°C . Этот факт делает 2013 г. номинально шестым по счету в ряду самых теплых лет, начиная с 1850 г. (рисунок 1.3).

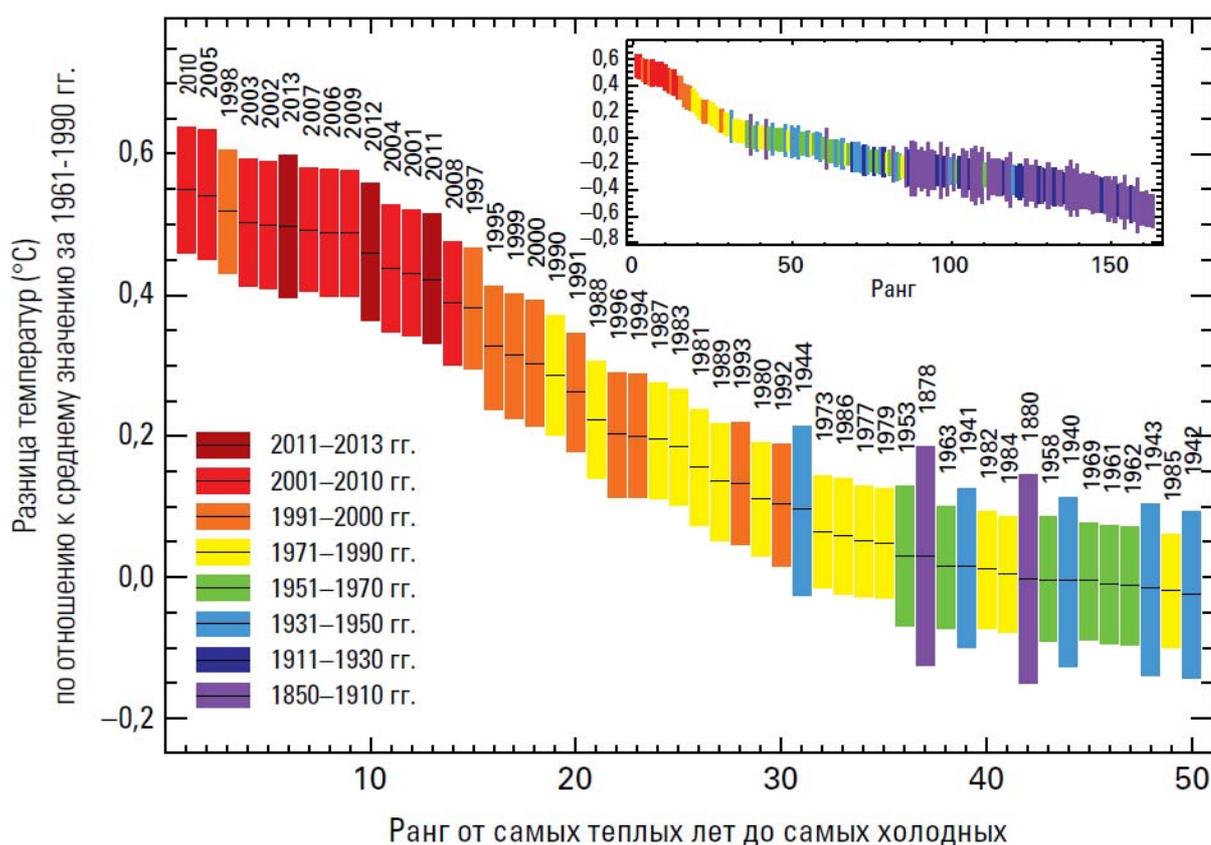


Рисунок 1.3 – Глобальные ранжированные температуры поверхности суши и океана за 50 самых тёплых лет. Во вставке показан ранжированный ряд аномалий глобальной температуры приземного воздуха, начиная с 1850 г. Длина полос указывает на 95 % доверительный интервал для каждого года (Источник: Заявление ВМО о состоянии глобального климата в 2013 г.)

Прошедший 2013 год был теплее, чем 2011 и 2012 годы, в которые, несмотря на наблюдаемые в них охлаждающие условия Ла-Нинья, эти показатели были на 0,43 °С и 0,46 °С выше средних значений соответственно (рисунок 1.3, 1.4). Прогревающие явления Эль-Ниньо и охлаждающие явления Ла-Нинья являются основными движущими силами естественной изменчивости климатической системы. Ни одно из этих явлений не наблюдалось в течение 2013 г., который стал одним из четырех самых теплых лет с нейтральным Эль-Ниньо/Южное колебание (ЭНЮК) за историю наблюдений (рисунок 1.4). Тринадцать из четырнадцати самых теплых лет в истории наблюдений, включая 2013 г., приходятся на 21 век. Самыми теплыми в истории наблюдений являются 2010 и 2005 годы, за которыми следует 1998 год. Условия Эль-Ниньо преобладали в течение первых месяцев 2010 г. и 1998 г., а слабые условия, типичные для Эль-Ниньо, охватили период с 2004 г. до первой половины 2005 г.

Поскольку способность к поглощению тепла отличается над сушей и над морем, воздух над сушей, как правило, прогревается быстрее. Над земной поверхностью на суше глобальная температура воздуха в 2013 г. была приблизительно на 0,85 °С ± 0,17°С выше среднего за 1961...1990 гг. и приблизительно на 0,06 °С выше среднего за 2001...2010 гг. Очень теплый период ноябрь-декабрь, занявший второе место после 2006 г., способствовал возникновению высокой температурной аномалии. Над Мировым океаном приповерхностная температура в 2013 г. сравнялась с показателями за 2004 и 2006 гг. и заняла по этому показателю шестое место в числе самых теплых лет в истории наблюдений, превысив на 0,35 °С ± 0,07 °С среднее значение за 1961...1990 гг.

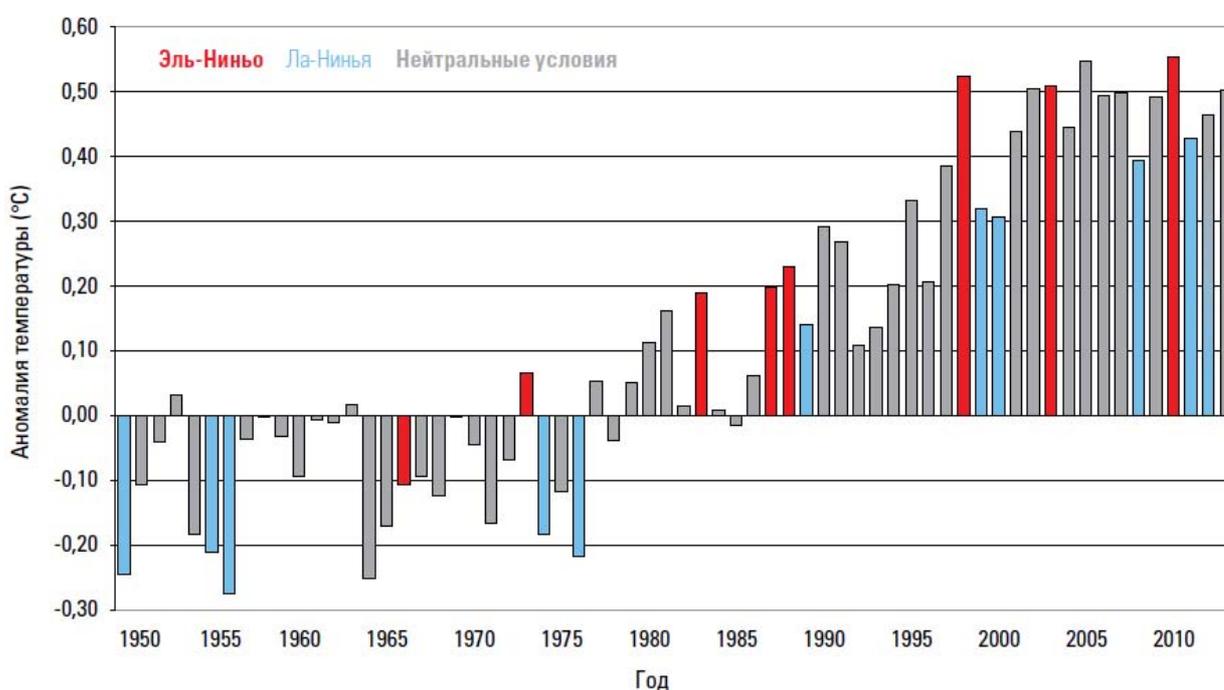


Рисунок 1.4 – Аномалии глобальной температуры воздуха над сушей и океаном в период 1950...2013 гг. (аномалии рассчитаны относительно периода 1961...1990 гг.). Синим цветом показаны годы, в начале которых было умеренное или сильное явление Ла-Нинья; красным цветом показаны годы, в начале которых было умеренное или сильное явление Эль-Ниньо; все остальные годы обозначены серым цветом

Погодные режимы в северном полушарии в начале 2013 г. в значительной степени находились под воздействием Арктического колебания. Это привело к более прохладным, чем в среднем, температурам весной в большинстве стран Европы, в юго-восточной части Соединенных Штатов, на северо-западе Российской Федерации и в отдельных частях Японии. В Арктическом регионе, тем временем, было значительно теплее, чем в среднем, равно как и на большей части центральной и северной Африки, восточной части Средиземноморья, на юге Российской Федерации и на значительной части Китая (рисунок 1.5). Так называемый режим «теплая Арктика, холодные континенты» характерен для отрицательной фазы Арктического колебания. В 2013 г. была зарегистрирована самая сильная отрицательная фаза Арктического колебания в марте месяце за всю историю наблюдений. Аналогичный режим с высоким давлением над Гренландией и низким давлением на юге вновь появился в конце весны, в очередной раз вызвав приток холодного арктического воздуха в Западную и Центральную Европу.

В южном полушарии лето было экстремально теплым с аномалиями месячной температуры января, достигающими $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ в отдельных частях Австралии. Исключительно теплые условия также присутствовали в течение зимы, причем в Новой Зеландии эта зима стала самой теплой в истории наблюдений. Начало лета 2013/14 г. в южном полушарии было очень жарким в некоторых частях Южной Америки, где температуры в декабре достигли новых рекордных максимумов. В результате продолжающегося тепла в течение всего года в различных частях южного полушария 2013 год стал самым теплым за всю историю наблюдений в Австралии, вторым из самых теплых в Аргентине и третьим из самых теплых в Новой Зеландии. Эксперименты по моделированию показали, что шансы того, что в Австралии это лето станет рекордно жарким, увеличились в пять раз в связи с антропогенным изменением климата.

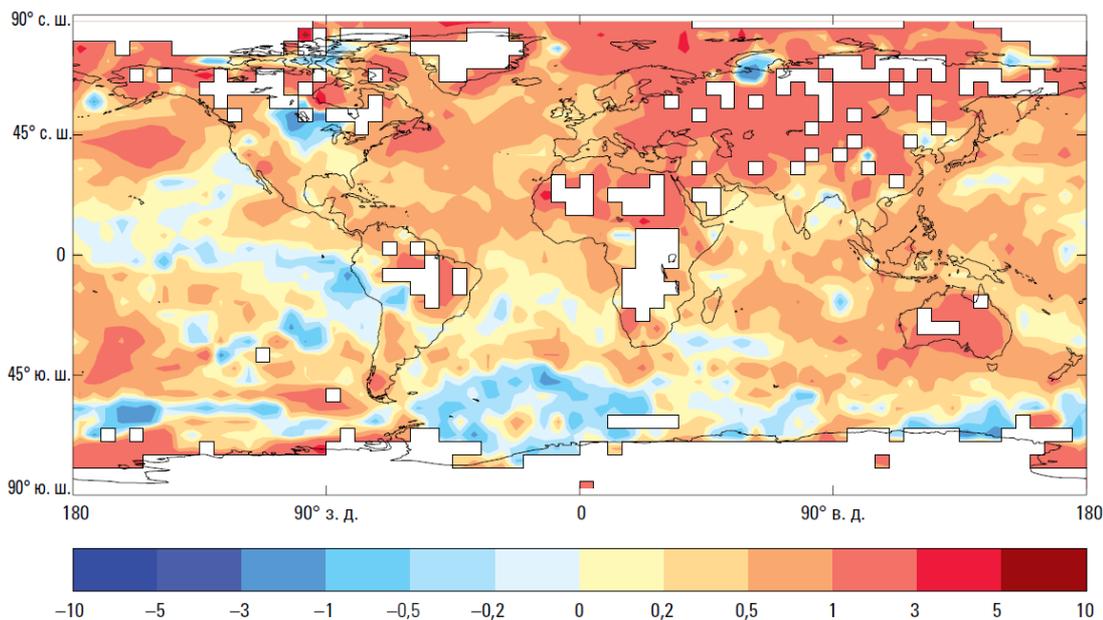


Рисунок 1.5 – Пространственное распределение аномалий среднегодовой температуры воздуха по земному шару в 2013 году (аномалии рассчитаны относительно 1961...1990 гг.)

По данным Национального управления по исследованию океанов и атмосферы (США), глобальное количество осадков в 2013 г. составило 1 033 мм и соответствовало среднему показателю за 1961...1990 гг. Осадки на региональном уровне, однако, значительно различались. Например, более влажные, чем в среднем, условия наблюдались на большей части Гренландии, на юге Аравийского полуострова, в Центральной Индии и западной части Китая. Более засушливые, чем в среднем, условия присутствовали на западе Соединенных Штатов Америки, на большей части северной Канады, в северной части Сибири и восточной континентальной части Австралии (рисунок 1.6).

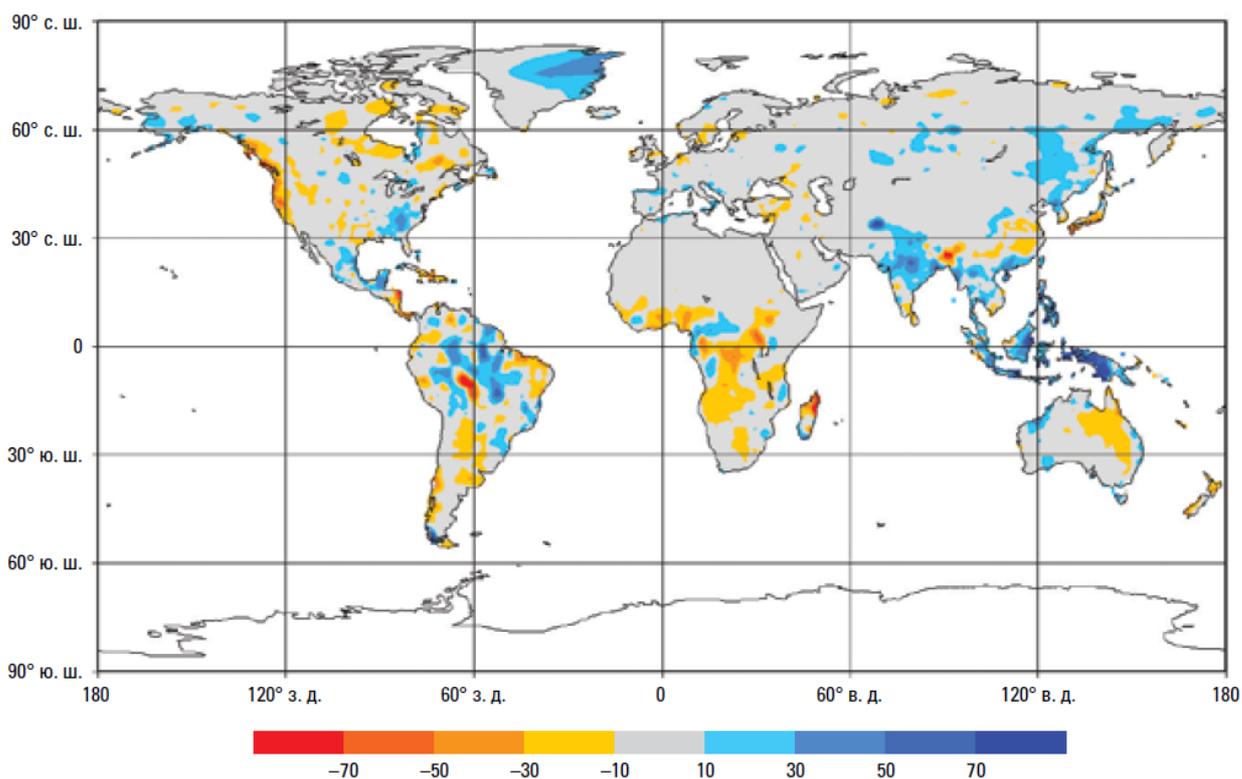


Рисунок 1.6 – Пространственное распределение аномалий годового количества осадков по земному шару в 2013 году (аномалии рассчитаны в % относительно 1951...2000 гг.).
(Источник: Глобальный климатический центр осадков, метеорологическая служба Германии)

Зимний снежный покров в Северной Америке широко варьировался в течение последних нескольких лет. Во время зимы 2012/13 г. площадь снежного покрова была на 500 000 км² выше среднего значения за 1981...2010 гг., в результате чего площадь снежного покрова в зимнее время на этом континенте заняла четырнадцатое место по этому показателю с начала проведения наблюдений в 1966 г. В течение весны в Северной Америке площадь снежного покрова была на 830 000 км² выше среднего значения, в результате чего площадь снежного покрова в весеннее время года на этом континенте заняла десятое место по этому показателю с начала проведения наблюдений и первое место с 1997 г. За тот же период площадь снежного покрова на Евразийском континенте была на 1,71 млн км² выше среднего значения за 1981...2010 гг., или третьей по своей величине в зимнее время по данному региону в истории наблюдений и крупнейшей с 2003 г. Весной площадь снежного покрова на континенте значительно сократилась до

уровня на 430 000 км² ниже среднего, в результате чего она стала четырнадцатой из самых маленьких в истории наблюдений по данному сезону. В мае площадь снежного покрова Евразии сократилась до 7,3 млн км², установив новый рекордный минимум для данного месяца.

Еще одним свидетельством быстрого реагирования арктической криосферы на повышение температуры воздуха является то, что в северном полушарии в июне площадь снежного покрова в настоящее время сокращается более стремительными темпами, чем летом минимальная протяженность морского льда в Арктике, причем этот процесс идет темпами, превышающими темпы, полученные на основании проекций климатических моделей. Площадь снежного покрова в июне 2013 г. по всему полушарию была второй из самых низких, превысив лишь только рекордно низкий показатель за 2012 г.

Влажность почвы является ключевой переменной для мониторинга климатической системы, поскольку она в значительной степени влияет на водно-энергетический обмен между земной поверхностью и атмосферой. Условия высокой влажности почвы, вызванные гидрометеорологическими явлениями, были отмечены и оказали влияние на образование паводков в ряде регионов, включая восточные части Российской Федерации, северо-восток Китая, Индию, Филиппины и Центральную Европу. С другой стороны, годовые аномалии влажности почвы указывали на засушливость в южном полушарии, причем в Австралии, Южной Америке и Южной Африке в первой половине этого года наблюдались самые суровые условия засухи.

Протяженность арктического морского льда достигла своего ежегодного максимума 15 марта на уровне 15,13 млн км². Этот показатель приблизительно на 0,5 млн км² ниже среднего годового максимума за 1981...2010 гг., в результате чего он занял шестое место в числе самых низких показателей максимальной протяженности морского льда с начала проведения спутниковых наблюдений в 1979 г. Во время холодного периода 2012/13 г. протяженность арктического морского льда выросла на 11,72 млн км², что является крупнейшим сезонным приростом за историю наблюдений. Такое увеличение можно объяснить рекордно низкой протяженностью морского льда в сентябре 2012 г. Максимальная протяженность арктического морского льда в марте снижается в среднем на 2,6 % за десятилетие.

Еще одним способом для оценки состояния морского льда в Арктике является оценка возраста льда, исходя из того, что однолетний лед является самым тонким и наиболее восприимчивым к таянию. Лед, которому четыре года или больше, сократился в составе ледяного покрова с 18 % в марте 1984 г. до 2 % в марте 2012 г. Этот показатель немного увеличился до 3 % в 2013 г. В марте 1984 г. ледовый пак на 56 % состоял из однолетнего льда, в то время как в марте 2013 г. на однолетний лед приходилось 78 % от общего объема ледяного покрова в момент его пикового прироста.

Арктика достигла годового минимума протяженности морского ледового покрова 13 сентября на уровне 5,10 млн км², что на 18 % ниже среднего минимума за 1981...2010 гг. и является шестым из самых низких показателей годового минимума за историю наблюдений. Все семь из самых низких показателей протяженности арктического морского льда за историю спутниковых наблюдений приходятся на последние семь лет, начиная с 2007 г. Протяженность арктического морского льда в сентябре снижается в среднем на 13,7 % за десятилетие. Общий минимальный объем

морского льда, который сочетает в себе измерение протяженности льда и модельные расчеты толщины льда, в 2013 г. был выше, чем в 2010, 2011 и 2012 гг., но ниже, чем в 2007 г., и значительно ниже среднего за 1979...2012 гг.

Февраль ознаменовал конец сезона таяния морского льда в Антарктике в 2013 г. Годовой минимум протяженности морского льда был зафиксирован 20 февраля и составил 3,68 млн км². Это был второй из самых больших годовых минимумов протяженности морского льда в Антарктике. Кроме того, протяженность антарктического морского льда достигла рекордного максимума второй год подряд. 1 октября она составила 19,57 млн км², что на 2,7 % выше среднего значения за 1981...2010 гг. Протяженность антарктического морского льда в сентябре растет в среднем на 1,1 % за десятилетие. Ученые считают, что одним из факторов могут быть изменения в атмосферной циркуляции в течение последних трех десятилетий, которые ослабили преобладающие в Антарктиде ветры. Растущая протяженность льда может быть также связана с изменением циркуляции океана и накоплением холодной пресной воды на поверхности Южного океана в связи с увеличением осадков и таянием наземных шельфовых ледников.

Таяние на поверхности ледового щита Гренландии было гораздо менее значительным в 2013 г. по сравнению с рекордным 2012 г. Этот процесс достиг своего пика в конце июля, когда спутники зафиксировали таяние на 44 % поверхности. Это совпало с рекордным теплом на юго-западе Гренландии (30 июля была зафиксирована температура 25,9 °С в Маниитсоке, самая высокая температура за всю историю наблюдений в Гренландии). За последнее десятилетие наблюдалось ускоренное таяние морского ледяного покрова и потеря массы ледяного щита Гренландии.

2 ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА

2.1 Наблюдаемые изменения температуры воздуха на территории Казахстана

Климатические изменения, наблюдаемые на земном шаре в 20...21 вв., 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).

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 2013 гг. Все экстремально тёплые годы в среднем для земного шара приходятся на последние 20 лет. В Казахстане эта особенность тоже хорошо прослеживается, исключение составляет 1983 год.

2013 год занял 1 место в ранжированном по убыванию ряду значений среднегодовых аномалии температуры воздуха и стал самым тёплым годом за последние 73 года в Казахстане. Среднегодовая аномалия температуры воздуха в среднем по

Казахстану в 2013 году составила 1,69 °С, что на 0,13 °С выше предыдущего максимума, наблюдавшегося в 1983 году (таблица 2.1).

Синоптические условия над территорией Казахстана в 2013 г. способствовали формированию очень высоких аномалий температуры воздуха в отдельные месяцы. Так, в марте, ноябре и декабре 2013 г. аномалии температуры воздуха в среднем по Казахстану были выше климатической нормы (за 1971...2000 гг.) на 5,53, 4,43 и 2,57 °С соответственно (4-я, 2-я, 8-я по величине положительная аномалия с 1941 г). Для этих месяцев вероятности превышения аномалий составили 95, 98 и 90 % соответственно. Экстремально теплыми были и другие месяцы: в январе аномалия составила плюс 1,90 °С (вероятность ее превышения 83 %), в апреле – плюс 2,0 °С (вероятность превышения 88 %), в октябре – плюс 1,38 °С (вероятность превышения 86 %). Более подробный анализ о распределении температуры по территории Казахстана в 2013 г. представлен в подразделе 2.2.

Таблица 2.1 – Ранги самых тёплых лет для Земного шара (за период 1850...2013 гг.) и Казахстана (за период 1941...2013 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	2010	2013	1,69
2	2005	1983	1,56
3	1998	2002	1,33
4	2003	2004	1,33
5	2002	2007	1,27
6	2013	1995	1,21
7	2007	2008	1,17
8	2006	1997	1,05
9	2009	2006	0,99
10	2012	2005	0,88

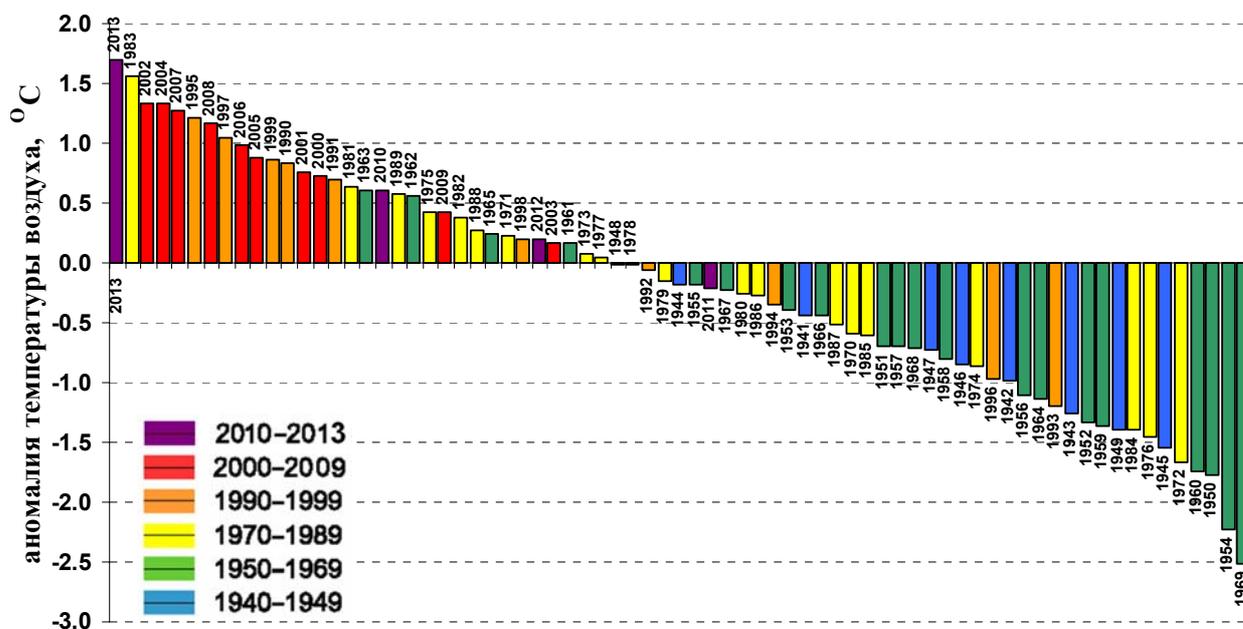


Рисунок 2.1 – Ранжированный ряд аномалий среднегодовых температур приземного воздуха, осреднённых по территории Казахстана за период 1941...2013 гг. (по данным 118 метеостанций). Аномалии рассчитаны относительно периода 1971...2000 гг.

На рисунках 2.2...2.4 и в таблице 2.2 представлены оценки изменений температуры воздуха за период 1941...2013 г., осредненной по территории Казахстана и административным областям. Все тренды в рядах среднегодовых и сезонных значений положительны, что говорит о повышении приземной температуры воздуха на территории Казахстана с 1941 по 2013 г.

В среднем по Казахстану скорость повышения среднегодовой температуры воздуха составляет $0,28\text{ }^{\circ}\text{C}$ каждые 10 лет. Если рассматривать по сезонам, то наибольший рост температур происходит осенью – на $0,33\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет, немного меньше весной и зимой – на $0,30\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет и $0,28\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет соответственно, а летом наблюдалась наименьшая скорость повышения температуры – на $0,19\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет (таблица 2.2). В большинстве случаев тренды статистически значимы при 95 % доверительном интервале, вклад тренда в суммарную дисперсию среднегодовых температур составляет 39 %, для сезонов – от 2 до 37 % (таблица 1.2). Надо отметить, что в текущем столетии аномалии весенних, летних и осенних температур были, в основном, положительные, в то время как аномалии зимних температур преимущественно отрицательные (рисунок 2.2). Это повлияло на усиление общей за весь период положительной тенденции в температуре весной, летом осенью и на ослабление положительной тенденции в зимний период (см. бюллетени за 2008...2012 гг.). Причиной отрицательных аномалий зимних температур за последние годы (с 2008 по 2013 г) являются холодные зимы в центральных, северных, восточных регионах республики (в большинстве случаев из-за длительного стационарирования азиатского антициклона).

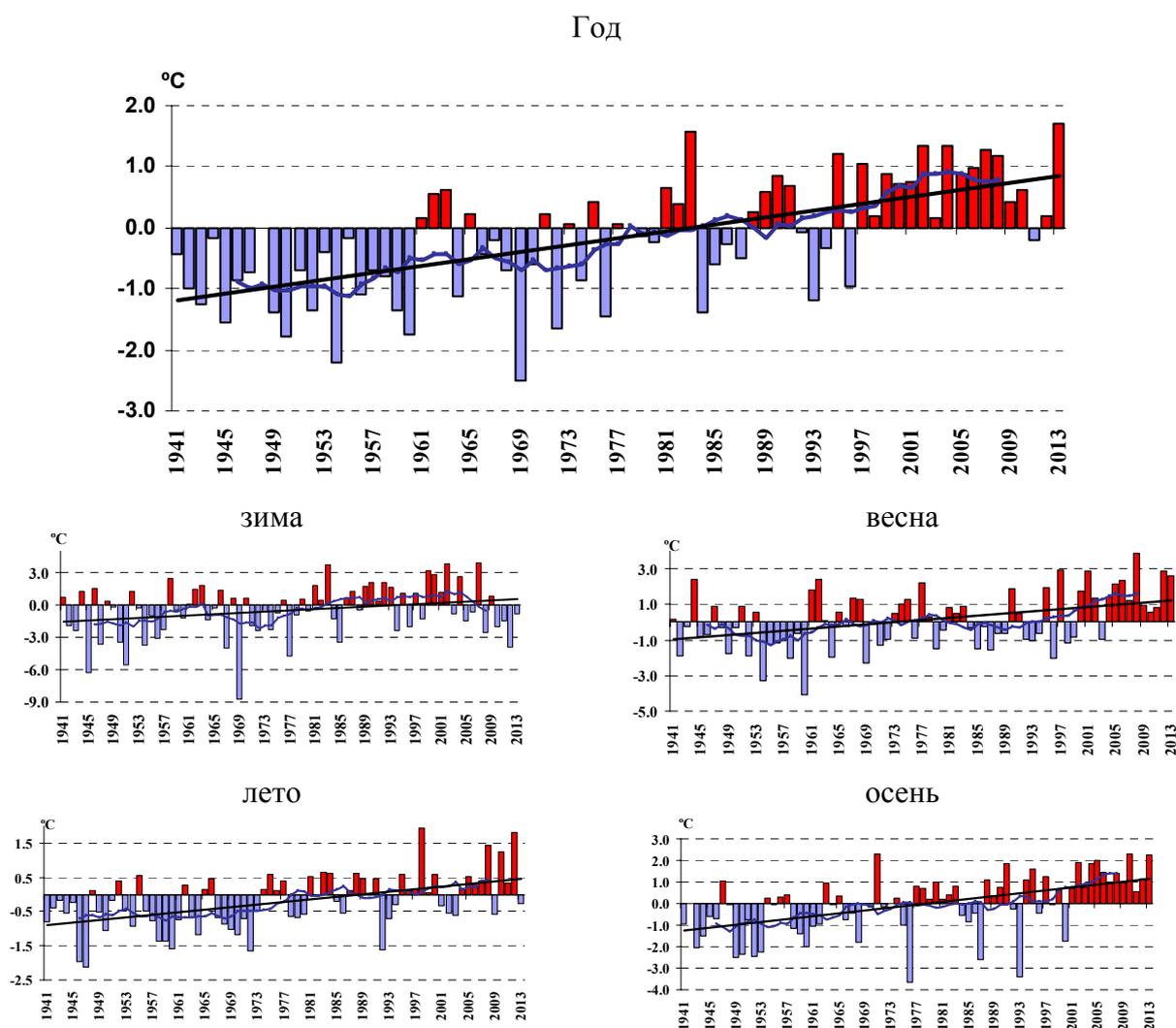
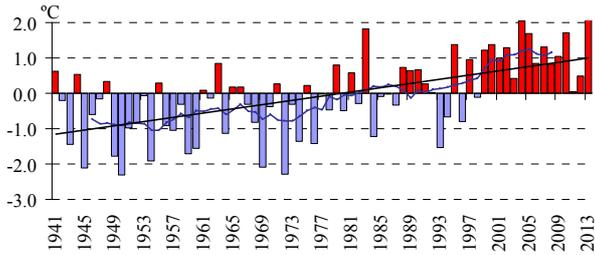


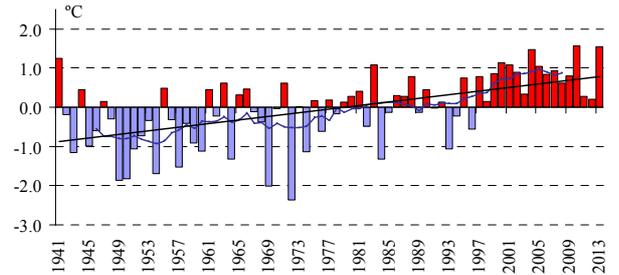
Рисунок 2.2 – Временные ряды и линейный тренд аномалий годовых и сезонных температур воздуха за период 1941...2013 г., осреднённых по территории Казахстана. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1971...2000 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением

В областном разрезе наибольшими темпами среднегодовые температуры воздуха повышались в Западно-Казахстанской области – на 0,39 °C/10 лет, наименьшими – в ЮКО, ВКО, Алматинской и Мангистауской областях – на 0,22...0,26 °C/10 лет. В остальных областях рост среднегодовых температур в пределах 0,27...0,32 °C/10 лет (таблица 2.2, рисунок 2.3).

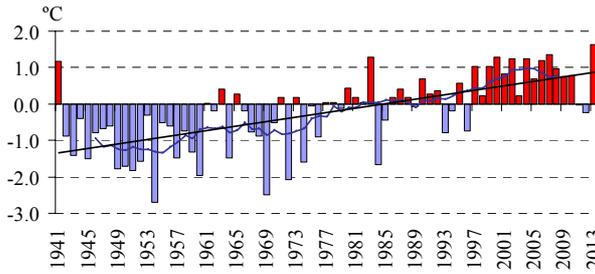
Кызылординская область



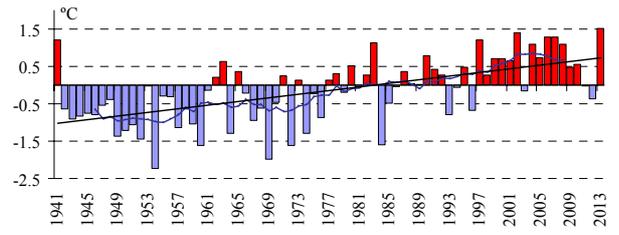
Южно-Казахстанская область



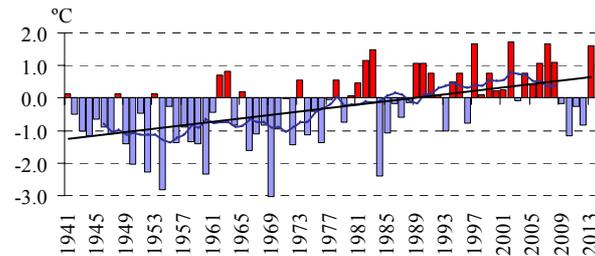
Жамбылская область



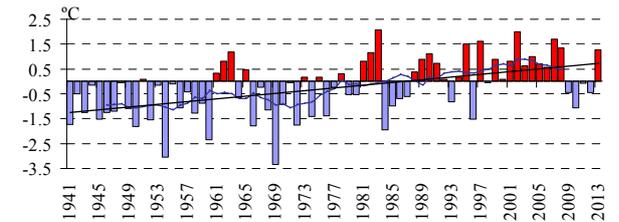
Алматинская область



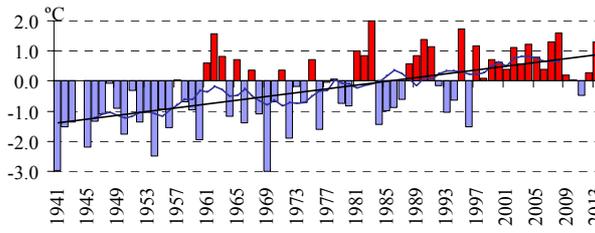
Восточно-Казахстанская область



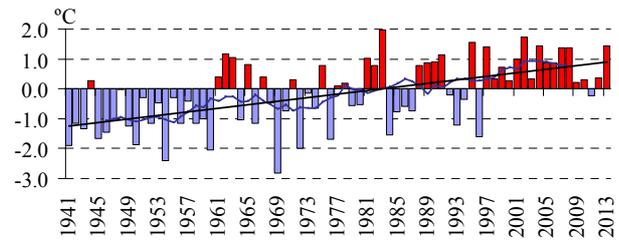
Павлодарская область



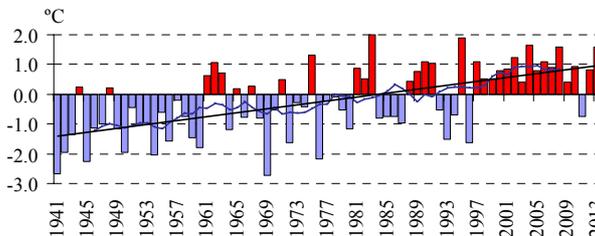
Северо-Казахстанская область



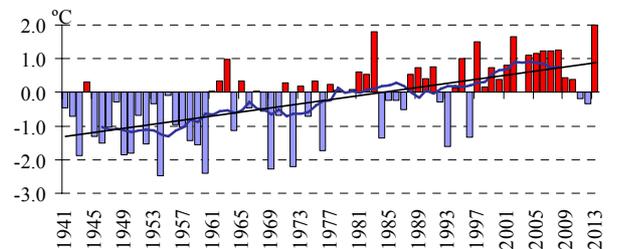
Акмолинская область



Костанайская область



Карагандинская область



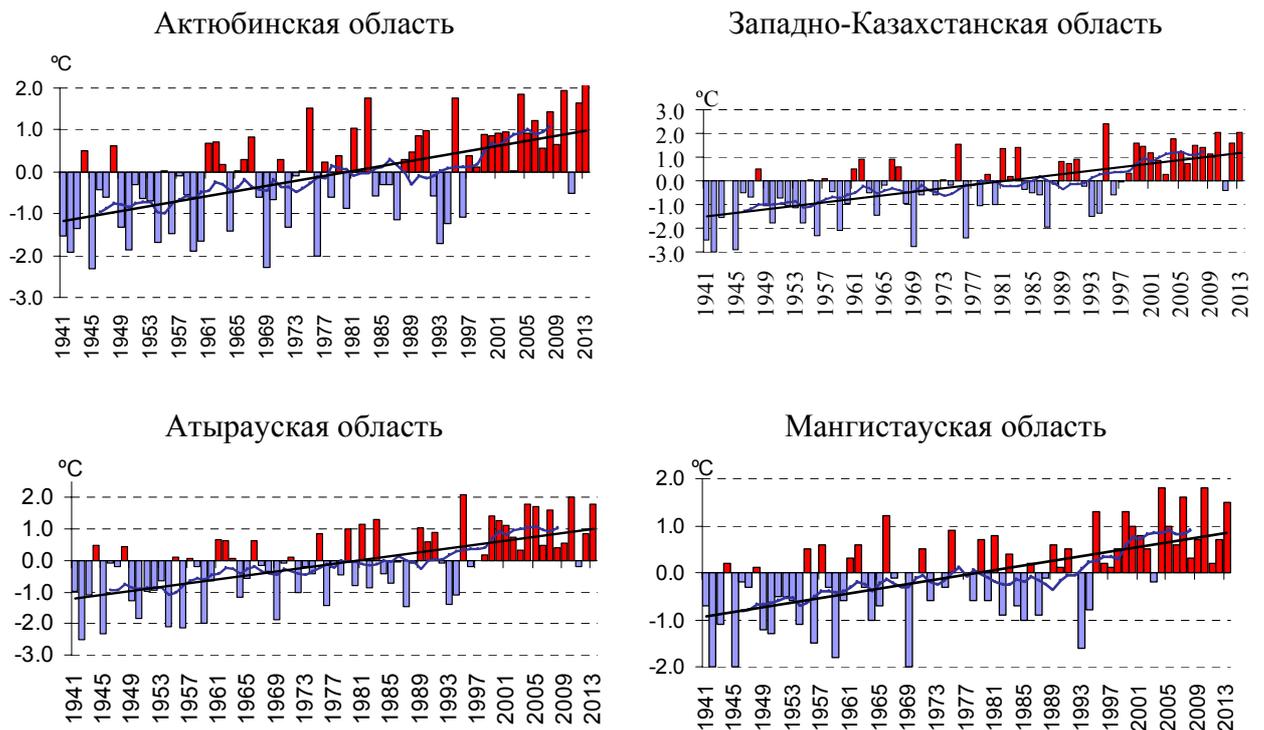


Рисунок 2.3 – Временные ряды и линейные тренды аномалий среднегодовых температур воздуха (°C) за период 1941...2013 гг., осредненных по территории областей Казахстана. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1971...2000 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением

Если рассматривать изменение температуры воздуха в разрезе сезонов, то прослеживаются определённые территориальные особенности. Так, в южных и восточных областях Казахстана наибольшие темпы потепления наблюдаются осенью – 0,30...0,40 °C/10 лет (таблица 2.2), в северных, а также в Карагандинской и Актыубинской областях максимум потепления приходится на весну (0,36...0,37 °C/10 лет), а в западных областях на зиму (0,39...0,47 °C/10 лет). В летний период практически во всех областях значения коэффициента линейного тренда, характеризующего скорость роста температуры воздуха, наименьшие – в пределах 0,13...0,27 °C/10 лет, но значения коэффициента детерминации достаточно высокие, особенно в южных областях Казахстана – 17...36 %. Это свидетельствует об устойчивости тенденции повышения температуры воздуха. Тенденция повышения осенней и весенней температуры по областям также устойчива (коэффициент детерминации составляет 12...37 %).

Таблица 2.2 – Характеристики линейного тренда аномалий температуры приземного воздуха, осреднённых по территории Казахстана и его областей за период 1941...2013 гг.

Регион/область	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	*a	**R ²	a	R ²	a	R ²	a	R ²	a	R ²
Казахстан	0,28	39	0,28	6	0,30	16	0,19	24	0,33	27
Кызылординская	0,30	35	0,25	3	0,33	16	0,26	32	0,33	26
Южно-Казахстанская	0,22	28	0,18	2	0,21	11	0,16	17	0,34	30

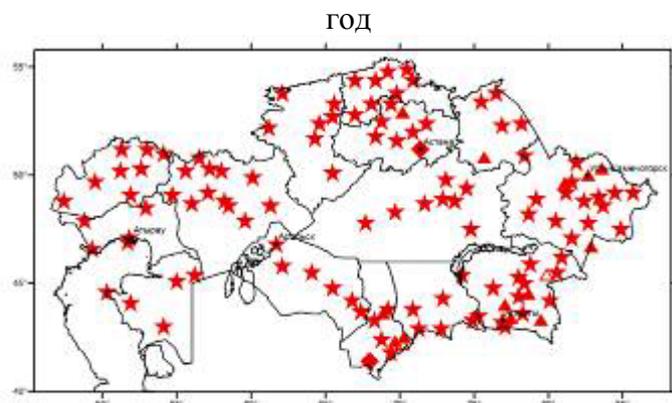
Регион/область	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	*a	**R ²	a	R ²	a	R ²	a	R ²	a	R ²
Жамбылская	0,31	41	0,29	5	0,24	12	0,27	36	0,40	37
Алматинская	0,24	33	0,28	7	0,22	12	0,13	12	0,30	26
Восточно-Казахстанская	0,26	25	0,26	5	0,27	11	0,14	10	0,32	18
Павлодарская	0,27	25	0,26	3	0,36	16	0,14	8	0,30	15
Северо-Казахстанская	0,31	32	0,30	5	0,36	15	0,21	13	0,35	18
Акмолинская	0,30	32	0,27	4	0,37	15	0,18	11	0,35	19
Костанайская	0,32	33	0,31	5	0,36	13	0,24	15	0,35	19
Карагандинская	0,29	32	0,25	4	0,36	16	0,20	17	0,35	22
Актюбинская	0,30	31	0,32	6	0,33	11	0,21	13	0,32	18
Западно-Казахстанская	0,39	40	0,47	11	0,43	19	0,26	16	0,37	24
Атырауская	0,29	34	0,39	9	0,31	15	0,19	18	0,30	21
Мангистауская	0,24	31	0,27	8	0,21	9	0,21	18	0,28	17

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

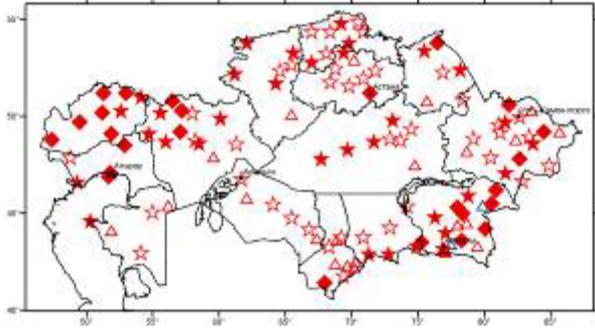
** R² – коэффициент детерминации, %

Для Мангистауской области расчёты выполнены только по метеостанции Форт Шевченко

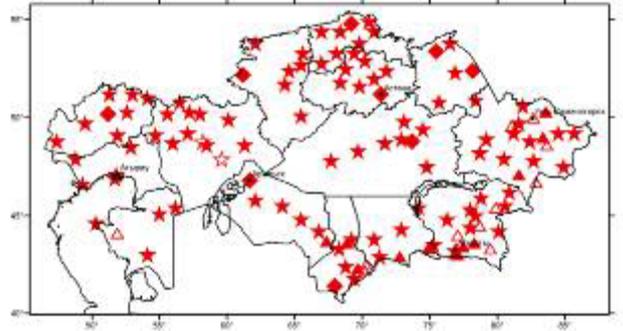
Более детальная информация об изменении средней годовой, сезонной и средней месячной температуры воздуха (°C/10 лет) по территории Казахстана за период 1941...2012 гг. представлена на рисунке 2.4. Можно выделить следующие особенности: практически повсеместно наблюдается положительная тенденция среднемесячных температур воздуха, исключение составляют данные некоторых метеостанций, но все отрицательные тенденции статистически незначимы. В феврале-марте и ноябре-декабре наблюдаются самые значительные темпы роста температур по территории Казахстана, составляющие 0,41...0,80 °C/10 лет. В апреле, июне и октябре темпы потепления ниже – 0,21...0,40 °C/10 лет, во все остальные месяцы рост температуры в пределах 0,01...0,20 °C/10 лет. Таким образом, в холодный период года (ноябрь-март) рост температур более значительный, чем в тёплый (апрель-октябрь). По характеру распределения коэффициента линейного тренда по территории республики можно сказать об изменении характеристик циркуляционных процессов.



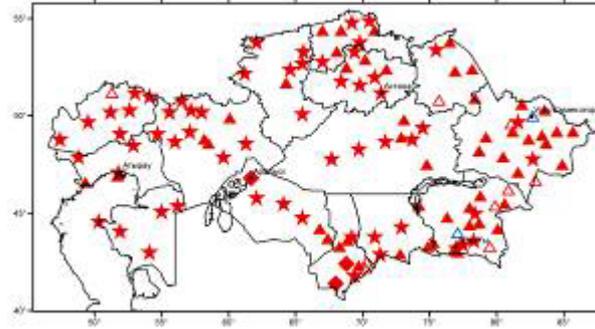
зима



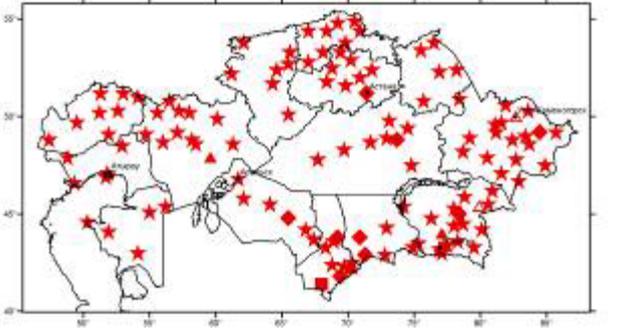
весна



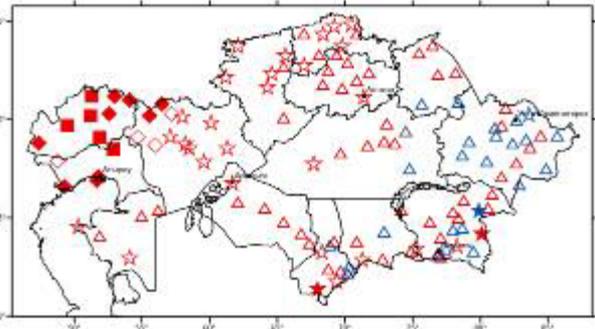
лето



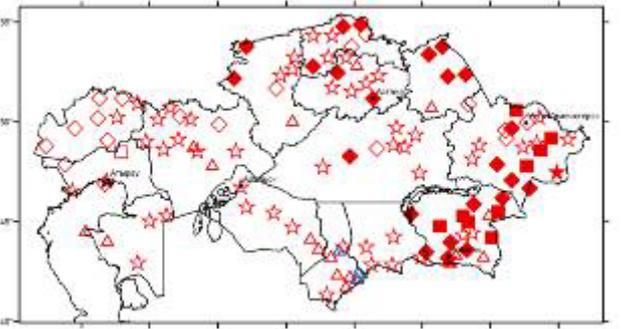
осень



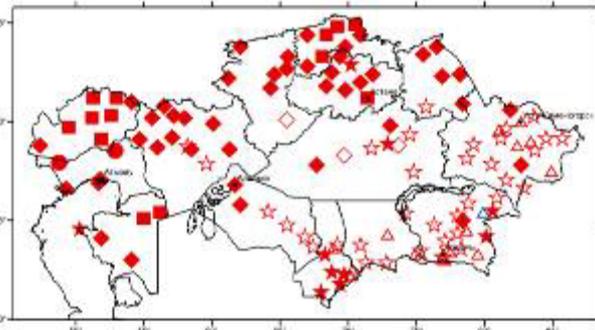
январь



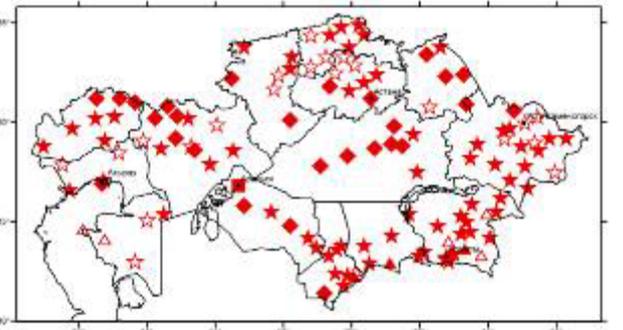
февраль



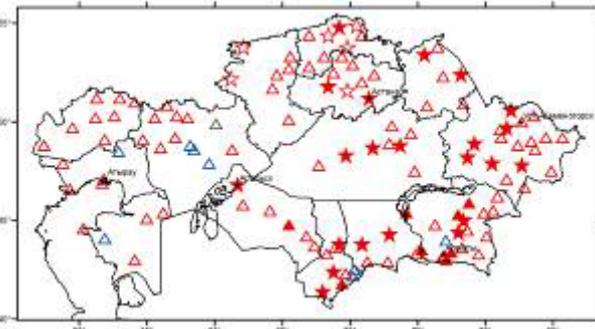
март



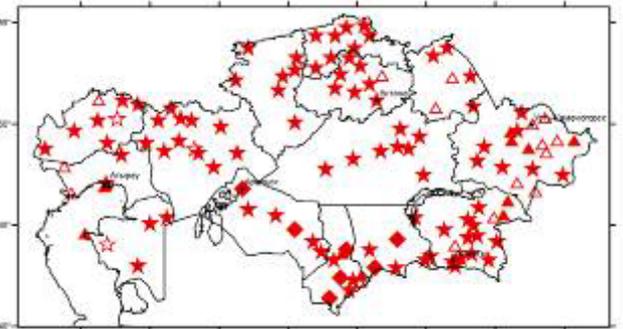
апрель



май



июнь



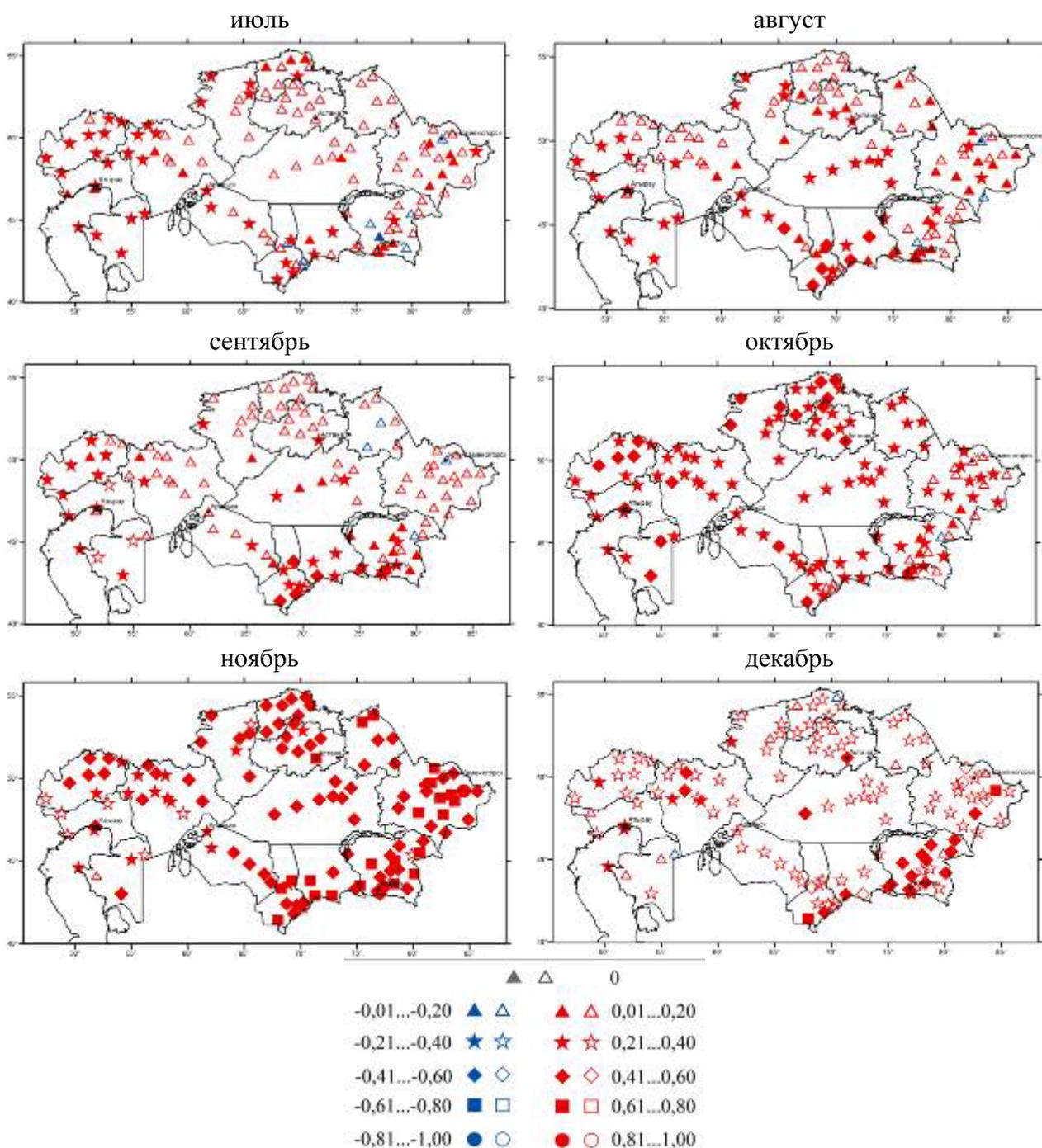


Рисунок 2.4 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}/10$ лет), рассчитанного за период 1941...2012 гг. Обозначения градаций затушёваны в случаях статистической значимости тренда

2.2 Аномалии температуры воздуха на территории Казахстана в 2013 году

Аномалии среднегодовой температуры воздуха (за метеорологический год с декабря 2012 г. по ноябрь 2013 г.) на западе, юге и в центральном Казахстане были выше нормы на $1,0...2,0^{\circ}\text{C}$, для этих районов 2013 год вошёл в 10 % экстремально теплых лет. На всей остальной территории Казахстана аномалии температуры были в пределах $\pm 1^{\circ}\text{C}$

(рисунок 2.5а). Географическое распределение очагов тепла и холода по территории и по сезонам представлено на рисунке 2.5.

Зима

Зима 2013 года (декабрь 2012 г. – февраль 2013 г.) была холодной в СКО, Павлодарской, ВКО, местами в Карагандинской и Алматинской областях, аномалии температуры воздуха составили минус 1,0...минус 3,0 °С. В западных областях Казахстана и в Кызылординской области аномалии температуры были выше нормы на 1,0...2,0 °С. На остальной территории зимние температуры лежали в пределах ± 1 °С к норме (рисунок 2.5б).

На рисунке 2.5б показано распределение средних за три зимних месяца аномалий температуры воздуха. Аномалии среднесезонной температуры зимы получились сглаженными, хотя зима 2012-2013гг. по температурным условиям была очень контрастной. Так, декабрь 2012 г. на всей территории Казахстана был холодным и экстремально холодным, аномалии температуры воздуха достигали значений от -2...-4 °С на западе республики до -8,0...-10,0 °С на северо-востоке (рисунок 2.5б). В январе и феврале 2013 г. температуры воздуха на большей территории Казахстана были выше нормы на 1,0...3,0 °С, местами на 4,0...5,0 °С и около нормы на остальной территории.

Весна

Весна была тёплой и экстремально тёплой почти на всей территории Казахстана. Температуры воздуха были выше нормы на 1,0...4,0 °С. Наибольшие аномалии температуры воздуха – 3,0...4,0 °С наблюдались на западе, в центре, востоке и частично на юге республики. Здесь весна 2013 г. вошла в 10 % экстремально тёплых весенних сезонов. На остальной территории аномалии лежали в пределах 1,0...3,0 °С, только на крайнем севере аномалии были около нормы (± 1 °С, рисунок 2.5в).

Из весенних месяцев можно выделить март месяц, который был очень тёплым на всей территории республики, аномалии были выше нормы на 1,0...9,0 °С, очаг тепла располагался в районе Прибалхашья.

Лето

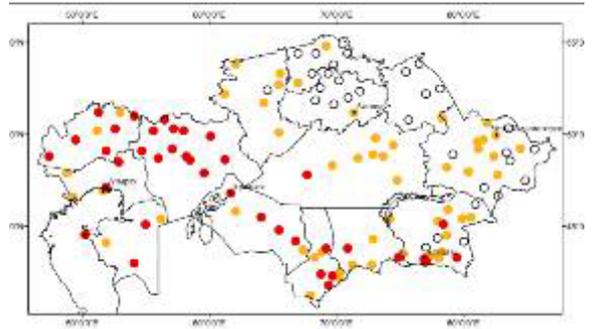
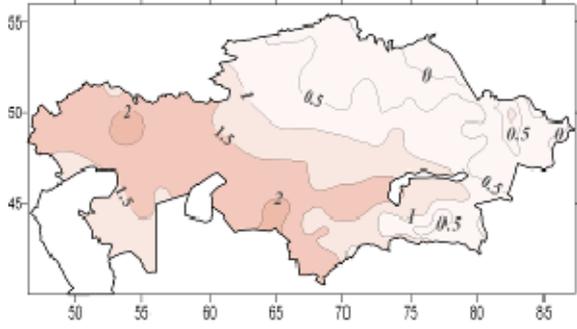
Лето 2013 года было нежарким, а на востоке и северо-востоке даже прохладным. На большей территории Казахстана температуры воздуха были близки к среднемноголетним значениям (приложение 1), лишь на востоке республики наблюдались существенные отрицательные аномалии и составляли -1,0...-1,5 °С (рисунок 2.5г).

Осень

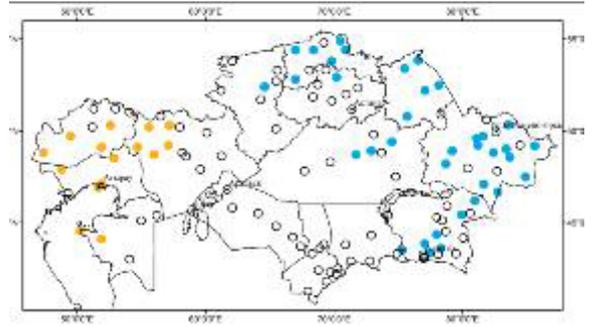
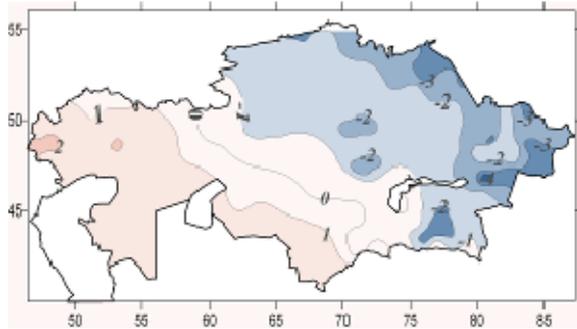
Осень была теплой и экстремально тёплой на всей территории Казахстана. В СКО и Кустанайской области наблюдались наибольшие значения аномалий до 2,5...3,0 °С, на остальной территории – в пределах 1,0...2,5 °С. По данным большинства метеостанций осень 2013 года вошла в 10 % экстремально теплых осенних сезонов (рисунок 2.5д).

Из осенних месяцев в ноябре аномалии температуры воздуха на всей территории Казахстана были положительными, увеличиваясь с юга на север от +2,0 до +8,0 °С.

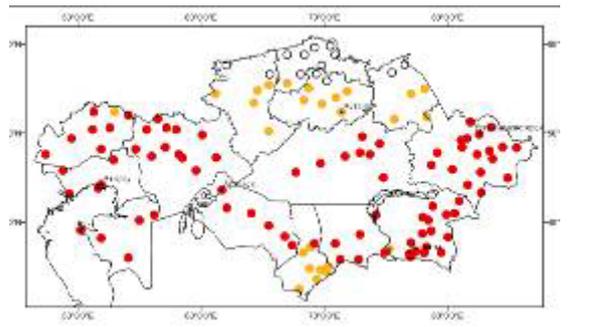
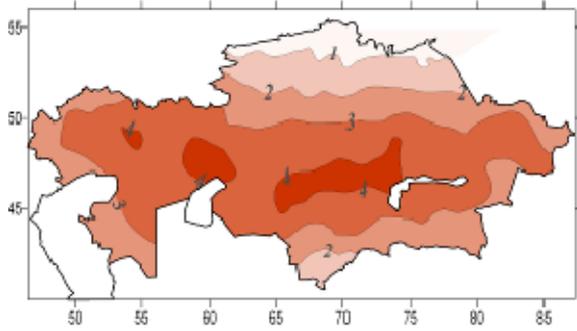
ГОД



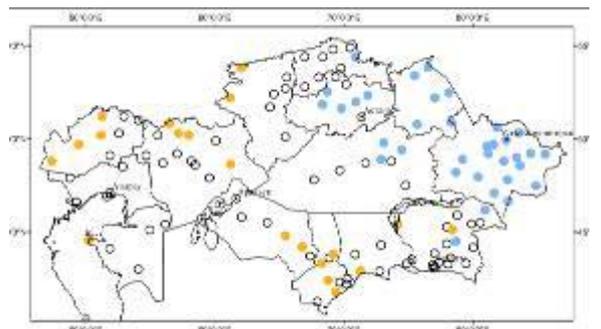
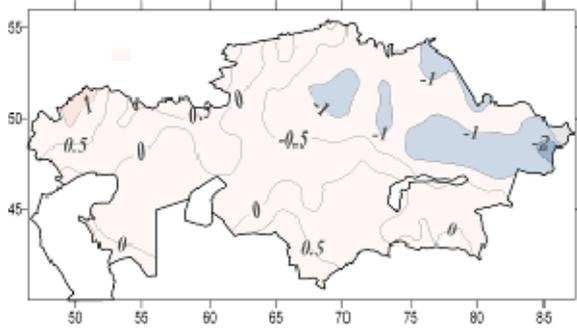
ЗИМА



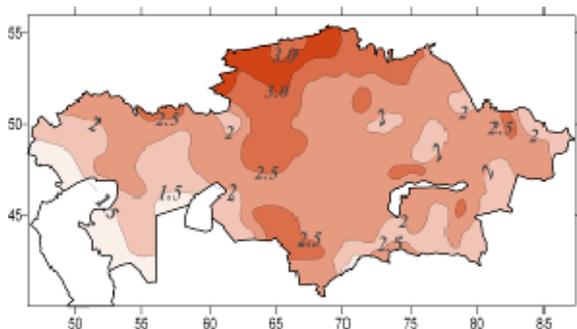
ВЕСНА



ЛЕТО



осень



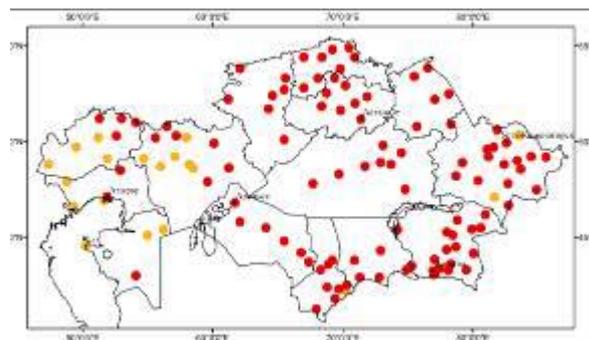
а) год (декабрь 2012 г.– ноябрь 2013 г.)

б) зима

в) весна

г) лето

д) осень



● (0...9 %) – экстремально холодно;

● (10...29 %) – холодно;

○ (30...69 %) – около нормы;

● (70...89 %) – тепло;

● (90...100 %) – экстремально тепло.

Рисунок 2.5 – Пространственное распределение аномалий температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$) в 2013 г., рассчитанных относительно базового периода 1971...2000 гг., и вероятности превышения значений температуры воздуха, наблюдавшейся в 2013 году, рассчитанные по данным периода 1941...2013 гг.

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 2013 году.

Суточный максимум температуры воздуха в 2013 г. На рисунке 2.6 красным цветом показаны значения абсолютных максимумов температуры воздуха, зарегистрированные с начала открытия метеостанции и по 2012 год, синим цветом – значения суточных максимумов температуры воздуха, наблюдавшихся в 2013 году. В 2013 году абсолютный максимум температуры воздуха не был перекрыт ни на одной метеостанции. На севере республики в 2013 г. максимальные значения температуры воздуха составили $32...35^{\circ}\text{C}$, на юге республики суточные максимумы достигли $38...44^{\circ}\text{C}$.

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 $49...50^{\circ}\text{C}$ (МС уркестан, Чайн, Арысь, Тасты), и в июле 1995 г., когда на МС Кызылкум температура воздуха поднялась до 51°C .

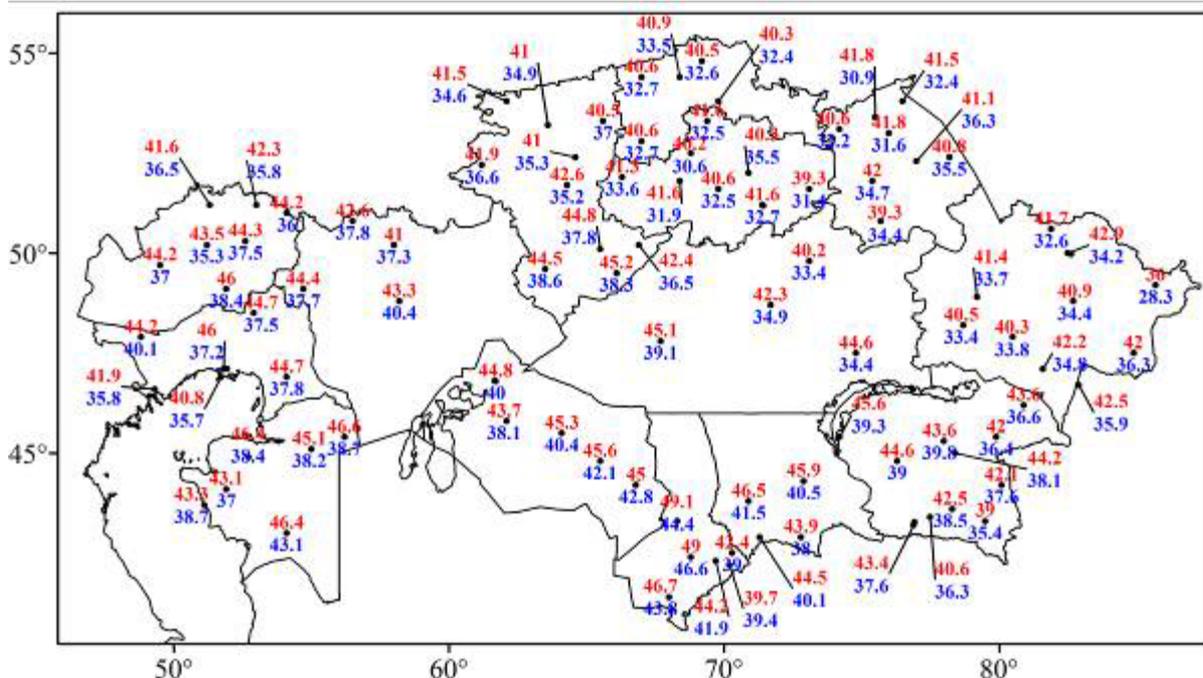


Рисунок 2.6 – Значения абсолютных максимумов температуры воздуха (°C), зарегистрированные с начала открытия метеостанции по 2012 год (нанесены красным цветом) и максимальные значения суточной температуры воздуха (°C), наблюдавшиеся в 2013 году (нанесены синим цветом)

Суточный минимум температуры воздуха в 2013 г. Абсолютные минимумы температуры воздуха ни на одной из метеостанций, вошедших в данный анализ, в 2013 году не были обновлены (рисунок 2.7). В 2013 г. самые низкие температуры воздуха (-37...-35 °C) наблюдались на некоторых метеостанциях востока и крайнего запада 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 °C) и на МС Орловский посёлок в январе 1931 г. (-54°C).

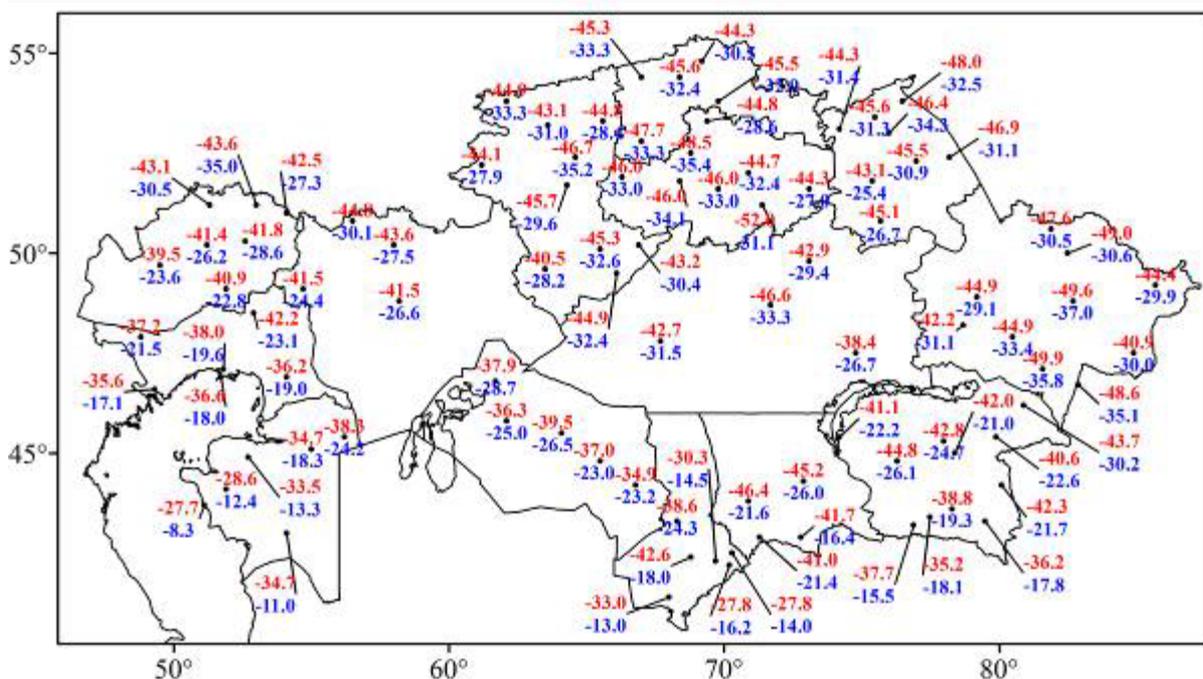


Рисунок 2.7 – Значения абсолютных минимумов температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$), зарегистрированные с начала открытия метеостанции по 2012 год (нанесены красным цветом) и минимальные значения суточной температуры ($^{\circ}\text{C}$), наблюдавшиеся в 2013 году (нанесены синим цветом)

Количество дней с температурой воздуха выше 35°C в 2013 г. На рисунке 2.8а представлено пространственное распределение количества дней с температурой воздуха выше 35°C в 2013 году. В южных областях Казахстана количество жарких дней составило от 20 до 60, в некоторых районах вероятность такого события составляет не более 10-20 %. На востоке и северо-востоке Казахстана суточные температуры редко превышали 35°C (рисунок 2.8б).

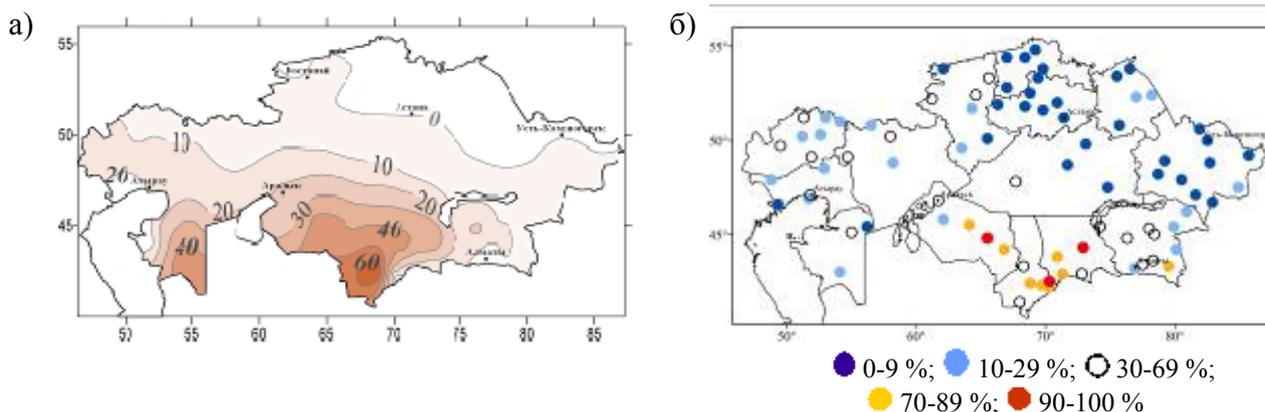


Рисунок 2.8 – Количество дней (а) и вероятность превышения количества дней (б) в 2013 году с температурой воздуха выше 35°C . Вероятности рассчитаны за период 1941...2013 гг.

Процент дней с суточной максимальной температурой воздуха выше 90-го перцентиля в 2013 году составлял по территории Казахстана от 12 до 20 %, увеличиваясь с севера на юг (рисунок 2.9а). В центральных регионах, на западе и юго-востоке

максимальная температура воздуха превышала 90-ый процентиль наиболее часто – в 18...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 2013 г. максимальное количество таких дней (более 10 %) наблюдалось в районе Северного Прибалхашья (рисунок 2.9б).

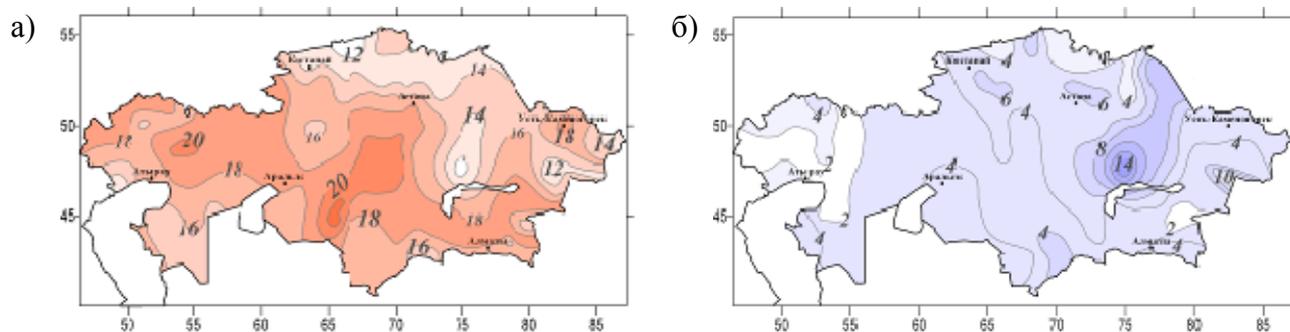


Рисунок 2.9 – Процент дней в 2013 году, когда суточная максимальная температура была выше 90-го перцентиля (а) и суточная минимальная температура была ниже 10-го перцентиля (б)

На рисунке 2.10а показана общая продолжительность волн тепла на территории Казахстана в 2013 году (*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 половине республики с максимумом в Актюбинской области – 30...42 дня, а также в центральном Казахстане 24...30 дней. На остальной территории волны тепла длились 6...18 дней.

Сумма дней за год, когда, *как минимум, 6 последовательных дней суточная минимальная температура воздуха была ниже 10-го перцентиля*, характеризует общую продолжительность волн холода. В 2013 году на большей части территории Казахстана волны холода не наблюдались. Исключение составляют небольшой район на крайнем севере и район севернее оз. Балкаш, где максимальная продолжительность волн холода составила более 18 дней (рисунок 2.10б).

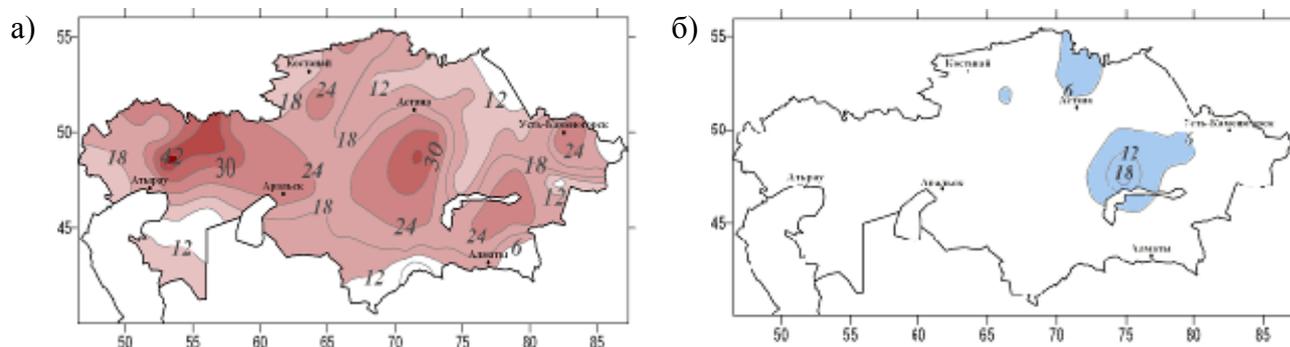


Рисунок 2.10 – Общая сумма дней в 2013 году, когда как минимум 6 последовательных дней суточная максимальная температура воздуха была выше 90-го перцентиля (а) и как минимум 6 последовательных дней суточная минимальная температура воздуха была ниже 10-го перцентиля (б)

На рисунке 2.11 представлено распределение продолжительности вегетационного периода в 2013 году (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 200 дней на севере и более 300 дней на юге республики.

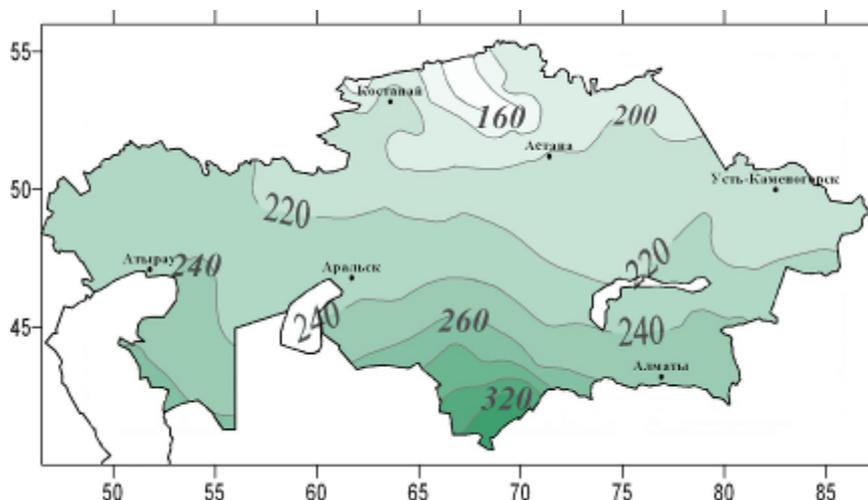


Рисунок 2.11 – Продолжительность вегетационного периода (дни) в 2013 году

2.3 Тенденции в экстремумах температуры приземного воздуха

Анализ тенденций в экстремумах температуры воздуха выполнен за период 1941...2012 гг.

Прослеживается тенденция увеличения значений **суточных максимумов температуры приземного воздуха** на большинстве метеостанций всех областей Казахстана. Однако, статистически значимые тенденции характерны, в основном, для территории ВКО, Павлодарской, Кызылординской, Мангистауской и Атырауской областей (рисунок 2.12), где суточные максимумы температуры повышаются на 0,21...0,60 $^\circ\text{C}$ каждые 10 лет.

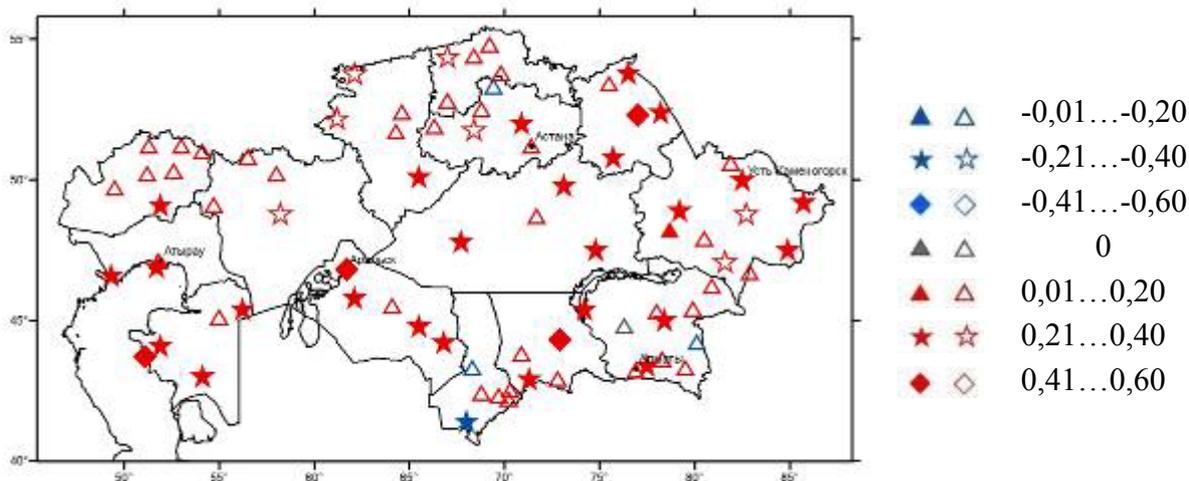


Рисунок 2.12 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда значений суточной максимальной температуры воздуха ($^\circ\text{C}/10$ лет) за период 1941...2012 гг. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

Статистически значимая тенденция увеличения *количества дней с температурой воздуха выше 35 °С* наблюдается на территории западных и южных областей Казахстана – от 1 до 5 дней каждые 10 лет (рисунок 2.13). В северных регионах, а также на востоке в период 1941...2012 гг. повторяемость жарких дней практически не изменилась.

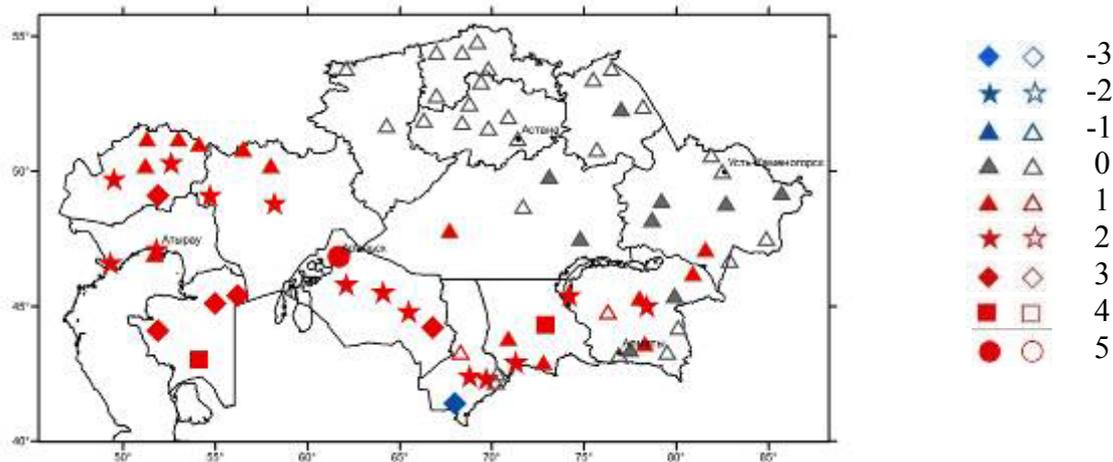


Рисунок 2.13 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда числа дней с температурой воздуха выше 35 °С (дни/10 лет) за период 1941...2012 гг. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

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.

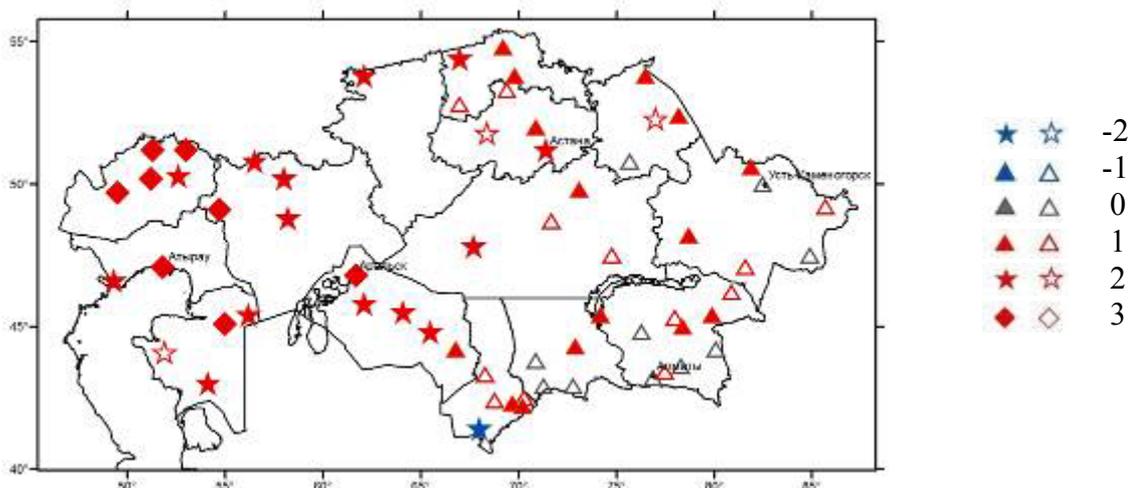


Рисунок 2.14 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда суммарной продолжительности волн тепла (дни/10 лет) за период 1941...2012 гг. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда.

Необходимо отметить, что на крайнем юге Южно-Казахстанской области на МС Чардара тенденции в экстремумах температуры воздуха, рассмотренных выше по тексту (рисунок 2.12...2.14), являются отрицательными. МС Чардара окружена с трёх сторон Чардаринским 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). Наиболее значительными темпами повторяемость морозных дней сокращается в горных и предгорных районах юга Казахстана – на 5...6 дней каждые 10 лет. На остальной территории уменьшение количества таких дней составляет 1...4 дня каждые 10 лет.

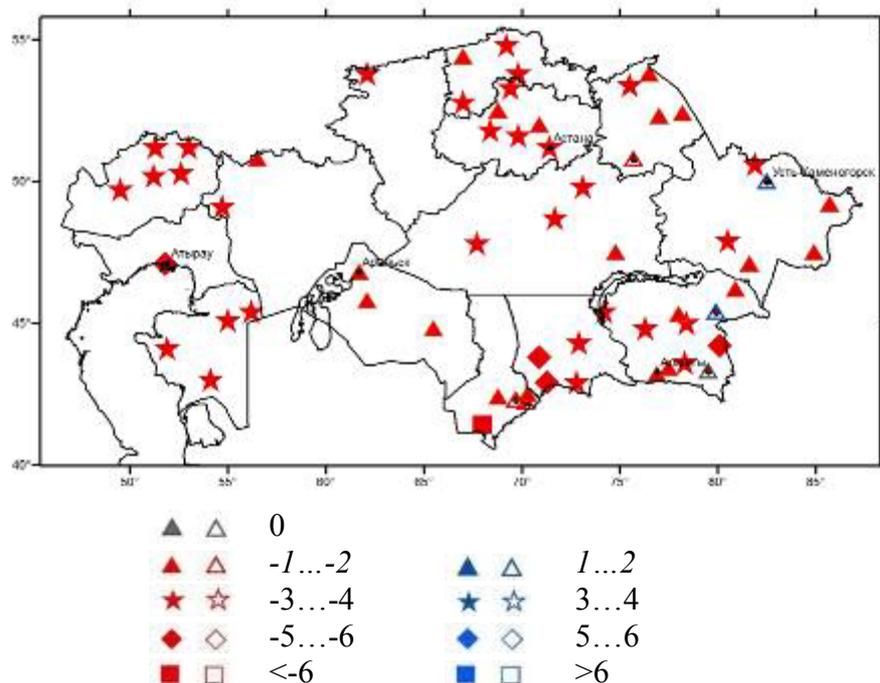


Рисунок 2.15 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда числа дней с суточным минимумом температуры воздуха ниже 0 °C (дни/10 лет) за период 1941...2012 гг. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

На территории Казахстана прослеживается значимая тенденция уменьшения *суточной амплитуды температуры воздуха* – на 0,1...0,2 °C (рисунок 2.16), что свидетельствует об уменьшении континентальности климата.

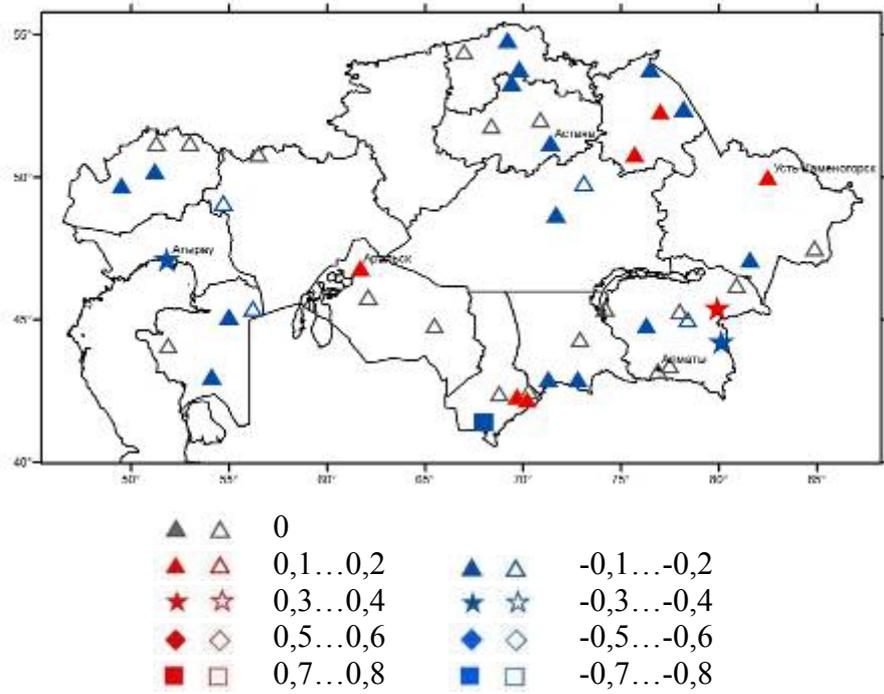


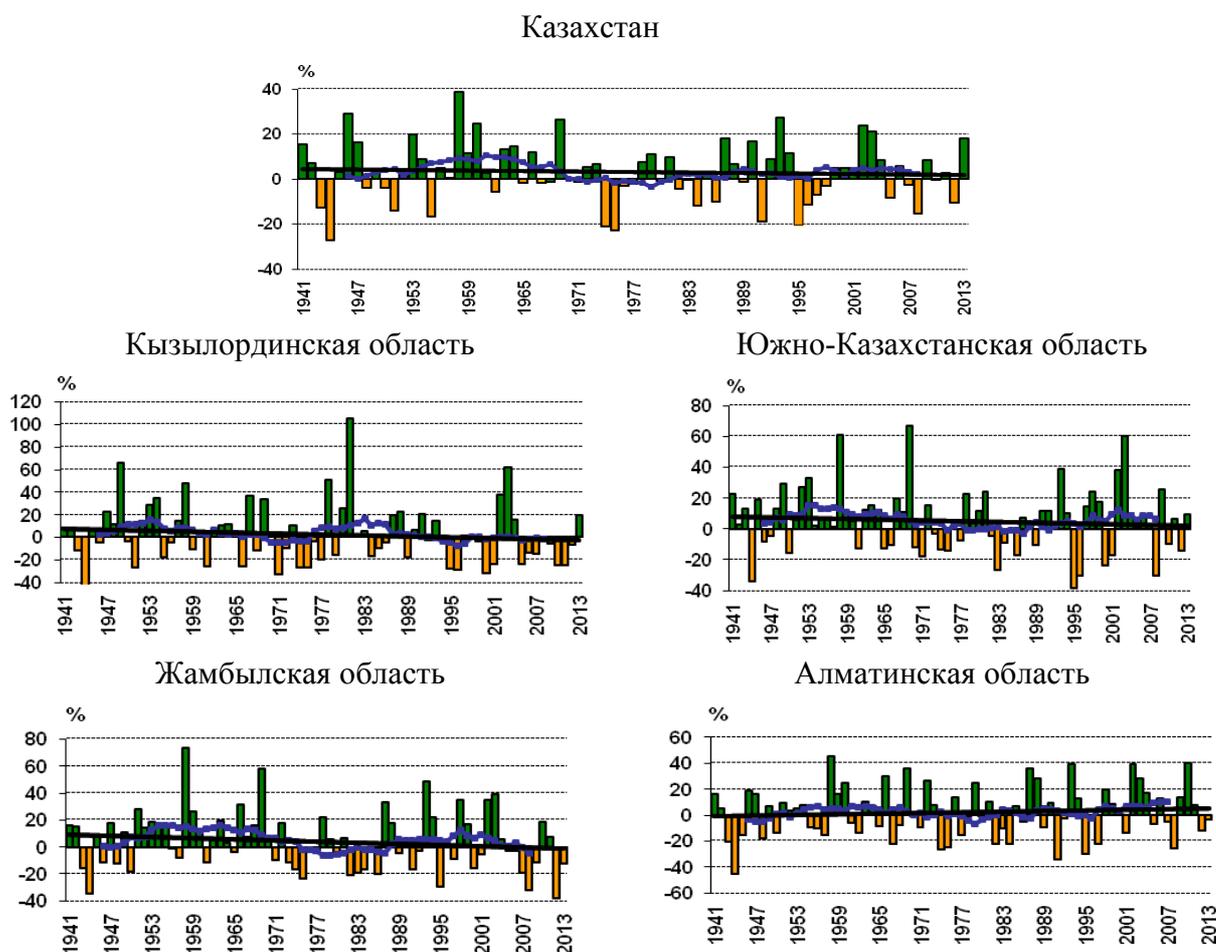
Рисунок 2.16 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда суточной амплитуды температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) за период 1941...2012 гг. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

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. Были оценены линейные тенденции в рядах месячных, сезонных и годовых суммах осадков по данным 121-ой станции. В одних областях Казахстана наблюдалось незначительное увеличение осадков, в других – их незначительное уменьшение.

На рисунке 3.1 представлены временные ряды аномалий годовых сумм осадков за период 1941...2013 г., 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 0,6 мм/10 лет или примерно на 0,4 % нормы/10 лет (таблица 3.1). В областном разрезе незначительное увеличение годовых сумм осадков (на 0,6...3,6 мм/10лет) наблюдалось в Карагандинской, Актюбинской, Мангистауской, Павлодарской, Акмолинской, Севаро-Казахстанской и Алматинской областях, а незначительное их уменьшение (на 1,6...4,2 мм/10 лет) наблюдалось в Костанайской, Кызылординской, Жамбылской, Западно-Казахстанской, Южно-Казахстанской, Павлодарской, Атырауской и Восточно-Казахстанской областях. Все полученные тренды годовых сумм осадков статистически незначимы.



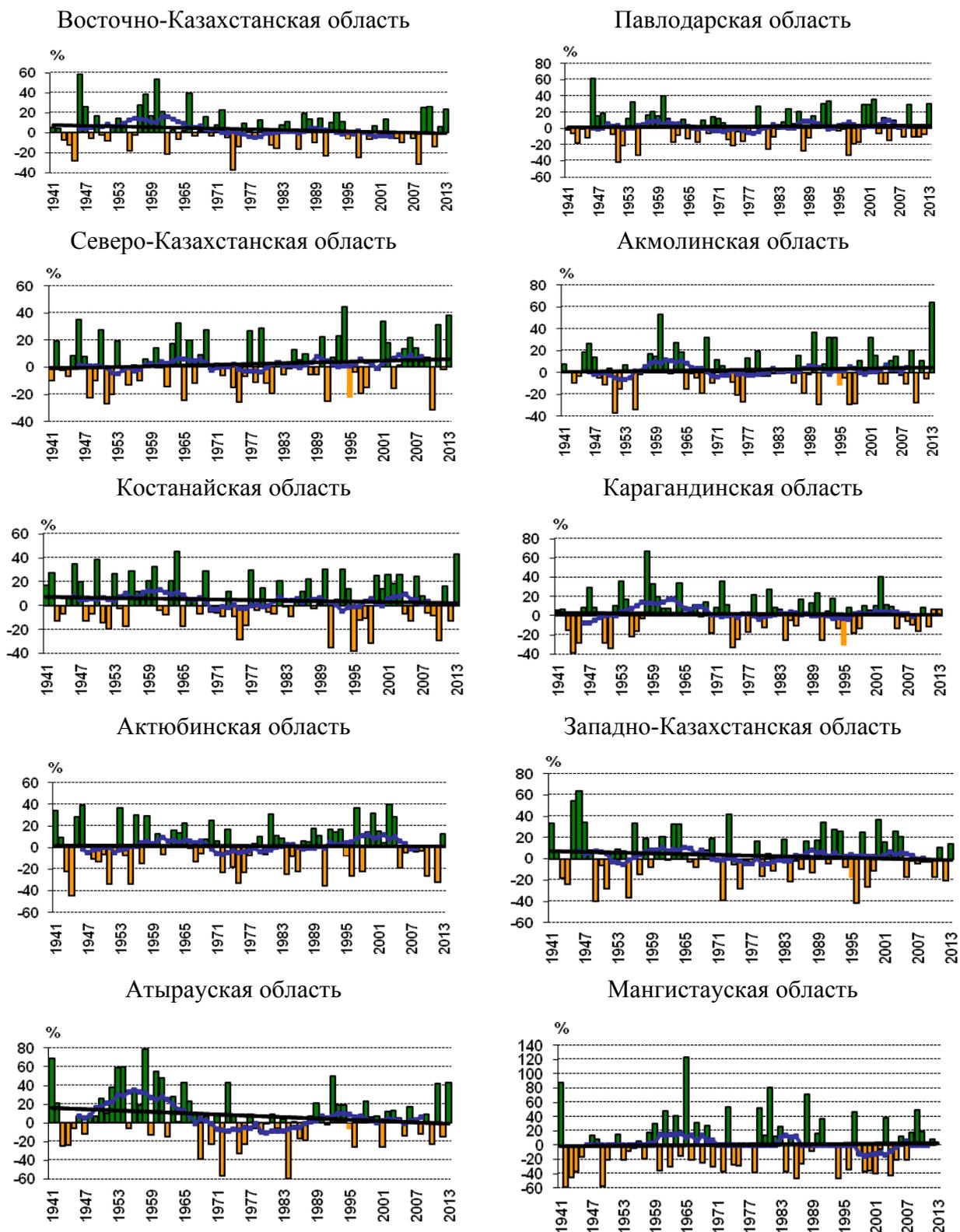


Рисунок 3.1 - Временные ряды и линейные тренды аномалий годовых сумм осадков (в %) за период 1941...2013 гг., пространственно осредненных по территории Казахстана и его областей. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1971...2000 гг.

Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением

Таблица 3.1 – Характеристики линейного тренда (мм/10 лет, %/10 лет) аномалий сезонных и годовых сумм атмосферных осадков, осредненных по территории Казахстана и его областей за период 1941...2013 гг. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1971...2000 гг.

Регион/область	Ед. изм	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
		*а	**R ²	а	R ²	а	R ²	а	R ²	а	R ²
Казахстан	мм	-0.6	1	1.4	5	-0.6	0	-0.6	0	-0.9	2
	%	-0.4		1.8		-0.2		-0.8		-1.4	
Кызылординская	мм	-1.8	1	-0.6	1	-0.6	0	-0.2	0	-0.7	1
	%	-1.4		-1.4		-1.1		-1		-2.1	
Южно-Казахстанская	мм	-3.3	1	0.5	0	-4.3	2	0.6	0	-0.2	0
	%	-0.8		0		-2.7		0.3		0.6	
Жамбылская	мм	-2.6	2	0.9	1	-3.3	4	0.2	0	-0.3	0
	%	-1.4		0.4		-3.4		-0.1		-0.8	
Алматинская	мм	3.6	1	3.2	9	-2.3	1	2.1	2	0.3	0
	%	0.9		4.1		-1.6		1.9		0.6	
Восточно-Казахстанская	мм	-4.2	2	0.8	1	-1.2	2	-2.5	2	-1.2	1
	%	-1.2		1.2		-2.0		-2.0		-1.4	
Павлодарская	мм	0.9	0	1.3	6	1.2	2	0.4	0	-2.4	6
	%	0.3		2.5		2.2		0.4		-3.6	
Северо-Казахстанская	мм	3.2	1	3.2	16	2.1	4	-2.4	1	0.4	0
	%	0.9		5.8		3.5		-1.6		0.4	
Акмолинская	мм	1.7	0	1.8	6	1.2	2	0.1	0	-1.9	3
	%	0.5		3.3		1.5		0.1		-2.7	
Костанайская	мм	-1.6	1	0.3	0	1.2	1	-1.2	1	-2.5	5
	%	-0.8		0.7		1.7		-1.5		-3.4	
Карагандинская	мм	0.6	0	1.8	5	0	0	-0.7	0	-0.7	2
	%	-0.2		1.7		-0.2		-1.3		-1.9	
Актюбинская	мм	0.8	0	1.7	4	2.2	3	-1.3	1	-2.1	4
	%	0		1.9		3.3		-1.9		-3.5	
Западно-Казахстанская	мм	-2.9	1	1.3	2	-0.2	0	-2.1	2	-1.6	2
	%	-1.1		2.0		-0.9		-2.9		-2.5	
Атырауская	мм	-3.7	3	-2.3	10	-0.1	0	-1.1	1	-0.4	0
	%	-2.4		-7.7		-0.4		-2.4		-1.1	
Мангистауская	мм	0.9	0	0.5	1	1.9	2	-1.5	1	0	0
	%	0.7		2.3		3.9		-5.5		-0.1	

* 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 1,4 мм/10 лет (1,8 % нормы/10 лет). Все полученные тренды также статистически незначимы (таблица 3.1).

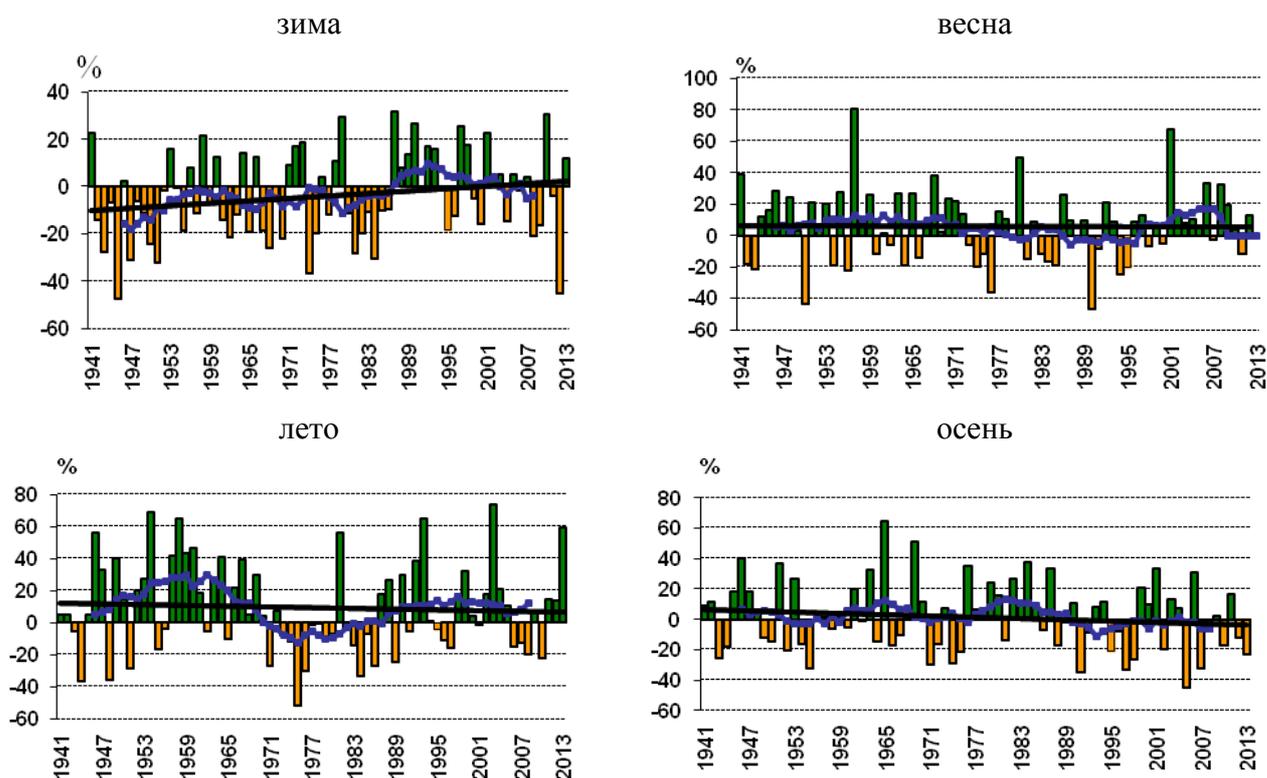


Рисунок 3.2 – Временные ряды и линейные тренды аномалий сезонных сумм осадков за период 1941...2013 гг., пространственно осреднённых по территории Казахстана.

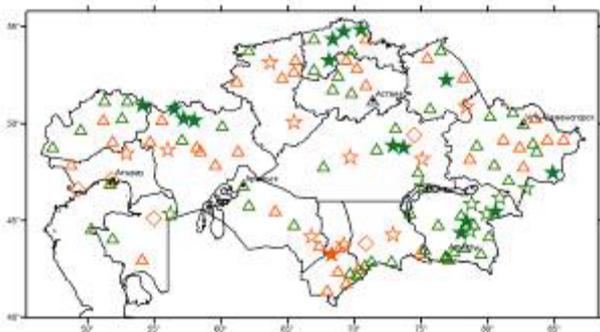
Аномалии рассчитаны в % относительно базового периода 1971...2000 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением

Более детальная информация об изменении количества среднегодовых, сезонных, месячных сумм осадков (% нормы/10 лет) по территории Казахстана за период 1941...2012 гг. представлена на рисунках 3.3 и 3.4.

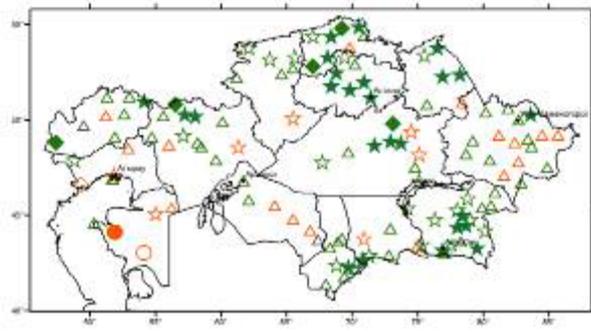
По территории республики наблюдается пятнистость в распределении знака изменения сезонного количества осадков. Летом и осенью на большей части территории Казахстана, за исключением горных юго-восточных регионов, осадки уменьшались на 1...7 % нормы/10 лет. Зимой, наоборот, осадки в основном увеличивались, устойчивые положительные тенденции наблюдались в северных и центральных регионах, а также 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 почти все тенденции в сезонном количестве осадков статистически незначимы, за исключением зимних осадков.

Далее рассмотрим изменения в месячном количестве осадков по областям Казахстана. В январе-феврале увеличение количества осадков на 0,1...9 % нормы/10 лет наблюдалось практически по всему Казахстану, в отдельных регионах Алматинской, Павлодарской, Северо-Казахстанской, Акмолинской увеличение было значимым, тогда как в Атырауской области наблюдалось значимое уменьшение количества осадков примерно на 13 % нормы/10 лет. Изменение количества осадков весеннего и летнего периода (как в сторону уменьшения, так и в сторону его увеличения) практически по всем областям Казахстана было незначительным (тренды статистически незначимы), за

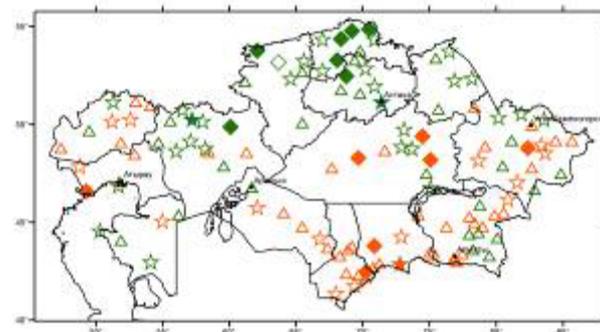
январь



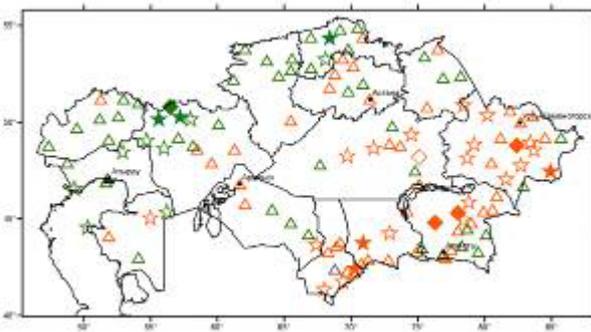
февраль



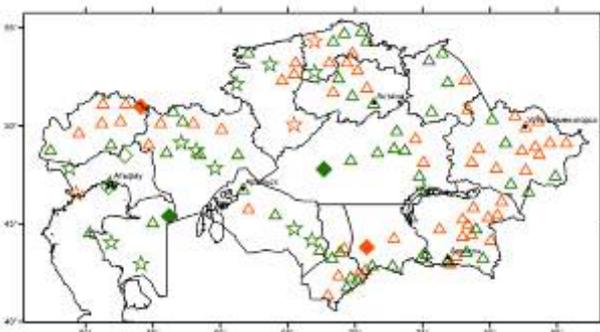
март



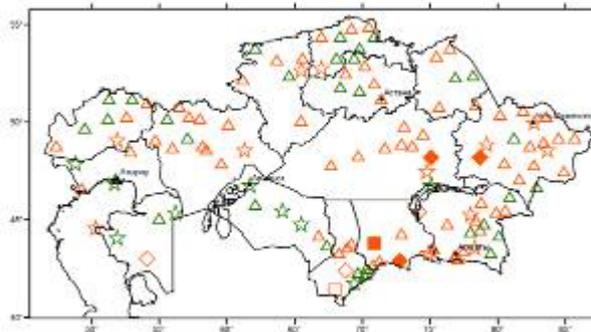
апрель



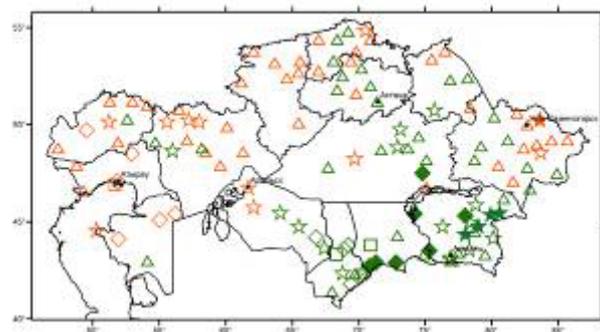
май



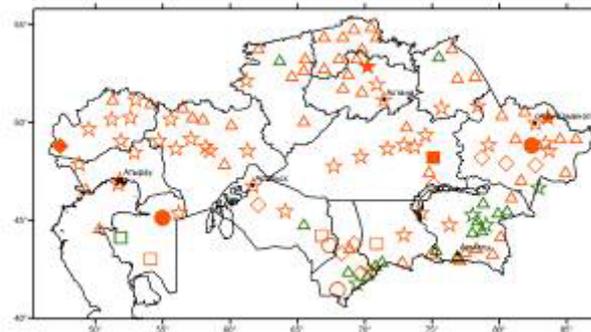
июнь



июль



август



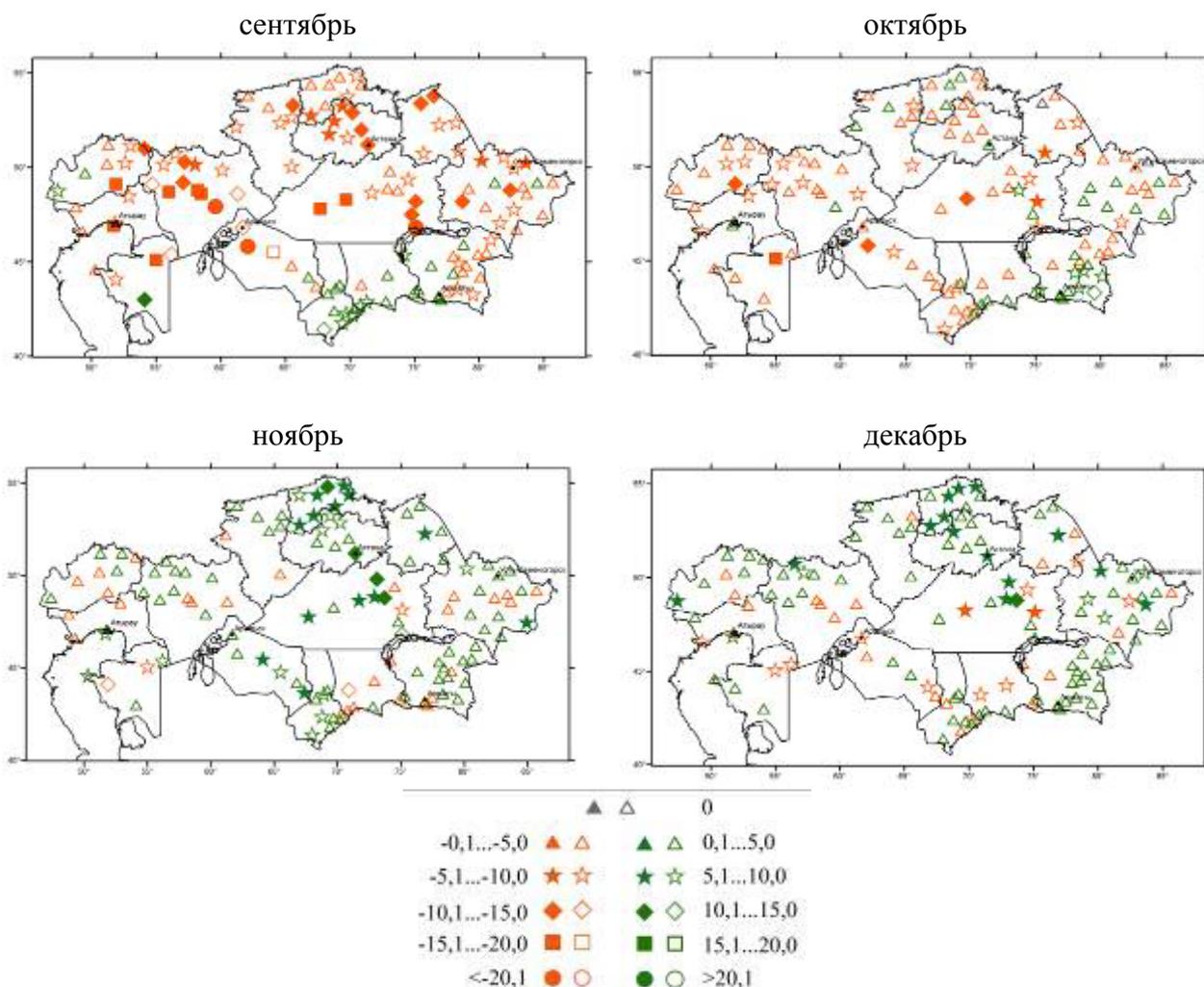


Рисунок 3.4 – Пространственное распределение значений коэффициента линейного тренда количества осадков (% нормы/10 лет), рассчитанного за период 1941...2012 гг. Норма за период 1971...2000 гг. Обозначения градаций затушёваны в случаях статистической значимости тренда

3.2 Аномалии количества осадков на территории Казахстана в 2013 году

На рисунке 3.5 представлено территориальное распределение годового и сезонного количества осадков в 2013 году, выраженное в процентах нормы за период 1971...2000 гг., а также приведены вероятности непревышения годовых и сезонных сумм осадков в данном году. Вероятность непревышения характеризует частоту появления соответствующего значения аномалии в ряду наблюдений.

В 2013 году (декабрь 2012– ноябрь 2013) на большей части территории Казахстана годовое количество осадков было около нормы (80...120 %, рисунок 3.5а). В северных регионах Казахстана, а также на крайнем востоке осадки были выше нормы на 20...60 %. Эти регионы в 2013 г. по количеству выпавших осадков вошли в 10 % экстремально влажных лет, начиная с 1941 г. Дефицит годовых сумм осадков (20...40 %) отмечен местами в Мангистауской, Кызылординской, Жамбылской и Карагандинской областях.

Зима (декабрь 2012-февраль 2013).

Зимой положительные аномалии осадков – на 20...100 % выше нормы, были на юго-востоке, востоке и северо-востоке Казахстана, а также локально в некоторых районах западного и северо-западного Казахстана. В центральном и юго-западном Казахстане осадков выпало на 20...60 % ниже нормы (рисунок 3.5б). На всей остальной территории осадков было около нормы.

Весна.

Весной (рисунок 3.5в) на севере, северо-востоке республики, а также местами в центральном Казахстане и на юге осадки превысили норму на 20...80 %, на крайнем севере Казахстана – на 100 %, т.е. в 2 раза (см. Приложение 2). По данным около 20-ти МС весенние сезоны в этих регионах вошли в 10 % экстремально влажных. Дефицит осадков был на большей части территории западного Казахстана, а также местами на юге и в центральном Казахстане, где осадков выпало 20...60 % нормы. На остальной территории распределение осадков было около нормы – 80...120 %.

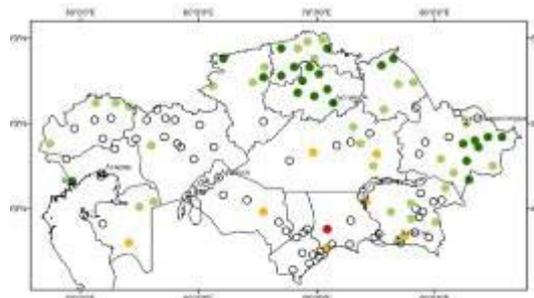
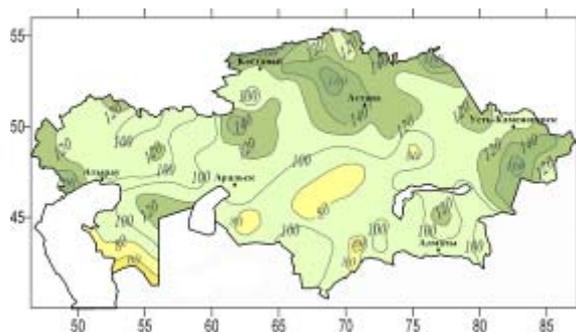
Лето.

Лето 2013 г. было влажным и экстремально влажным на большей части территории Казахстана. Экстремальное количество осадков, превышающее норму в 2...2,5 раза, было зафиксировано на территории Костанайской, Северо-Казахстанской, Акмолинской, Павлодарской, Восточно-Казахстанской и Алматинской областей. На остальной территории осадки превышали норму на 20...80 %. Местами на западе и локально по территории осадки были в пределах нормы, и лишь мелкими очагами дефицит осадков наблюдался у южных и западных границ Казахстана – около 20 % (рисунок 3.5г).

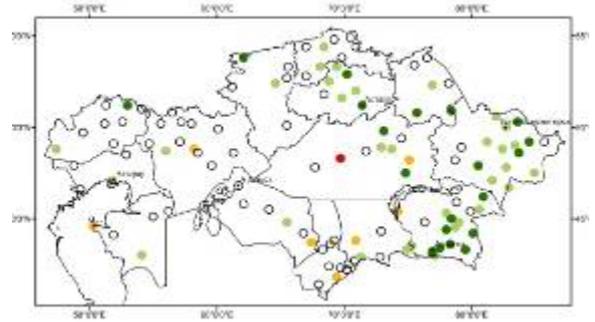
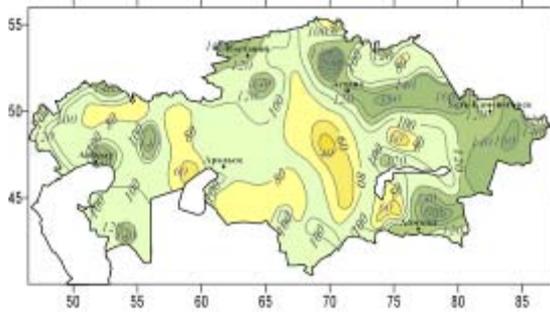
Осень.

Дефицит осадков (20...80 %) в осенний период наблюдался почти по всей территории Казахстана. Экстремально сухо (вероятность непревышения 90...100 %) было на юге и юго-востоке Казахстана, а также в некоторых районах Актюбинской, Костанайской, Карагандинской и Павлодарской областей. Лишь на западе республики (ЗКО, Атырауская и южная половина Актюбинской области) осадки были выше нормы на 20...100 %. По данным 5 МС западного Казахстана осень вошла в 10 % экстремально влажных весенних сезонов (рисунок 3.5д).

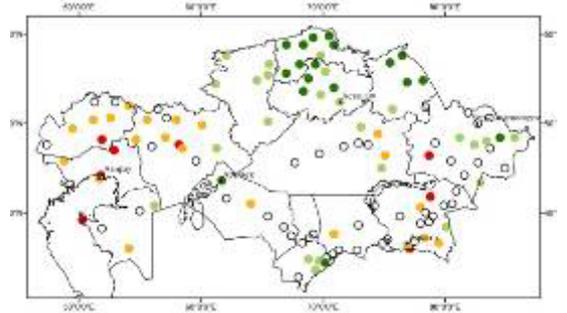
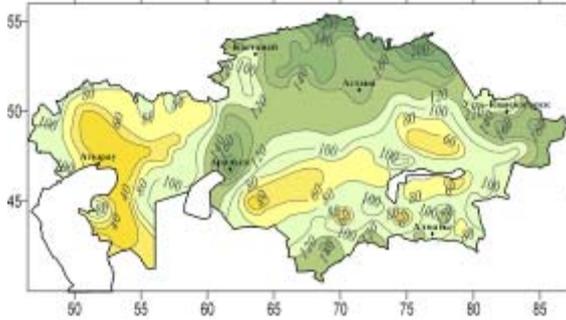
ГОД



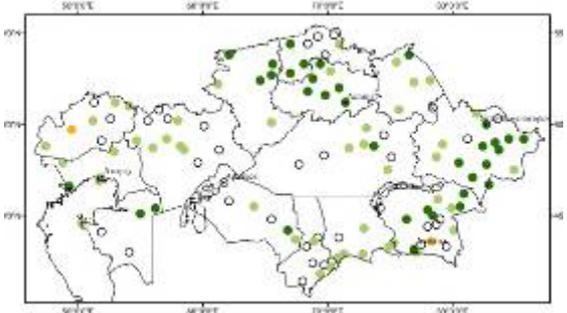
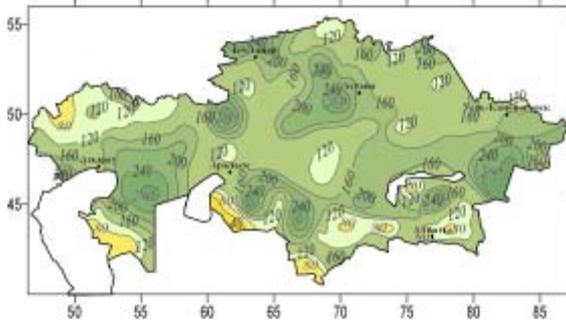
зима



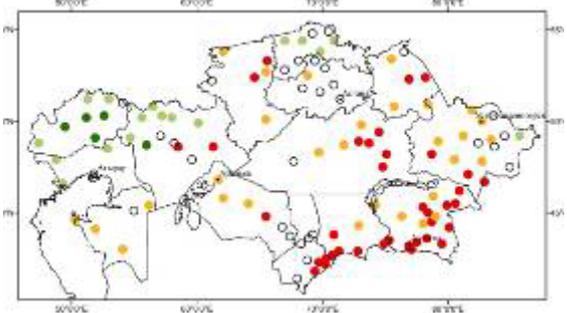
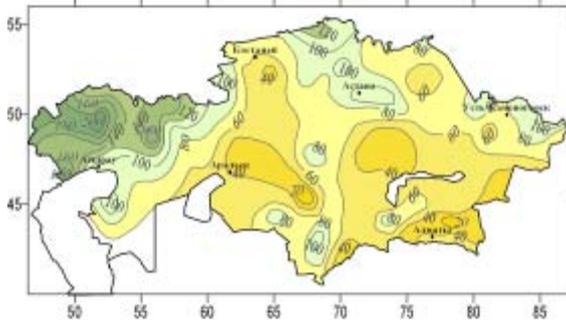
весна



лето



осень



а) год (декабрь 2012 г. – ноябрь 2013 г.)

б) зима

в) весна

г) лето

д) осень

- - экстремально сухо (вероятность непревышения 0-9%);
- - сухо (вероятность непревышения 10-29%);
- - около нормы (вероятность непревышения 30-69%);
- - влажно (вероятность непревышения 70-89%);
- - экстремально влажно (вероятность непревышения 90-100%).

Рисунок 3.5 – Количество осадков в 2013 г., выраженное в % нормы, рассчитанной за период 1971...2000 гг., и вероятности непревышения количества осадков, наблюдавшихся в 2013 году, рассчитанные по данным периода 1941...2013 гг.

Для оценки экстремальности количества осадков в 2013 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 2013 году.

Максимумы суточного количества осадков в 2013 г. На рисунке 3.6 красным цветом показаны значения абсолютных максимумов суточного количества осадков, определенные за период с начала открытия метеостанции по 2012 год, синим цветом – значения суточных максимумов, наблюдавшиеся в 2013 году. Абсолютный максимум суточного количества осадков в 2013 году был перекрыт на метеостанции Ганюшкино (Атырауская область) и составил 50 мм.

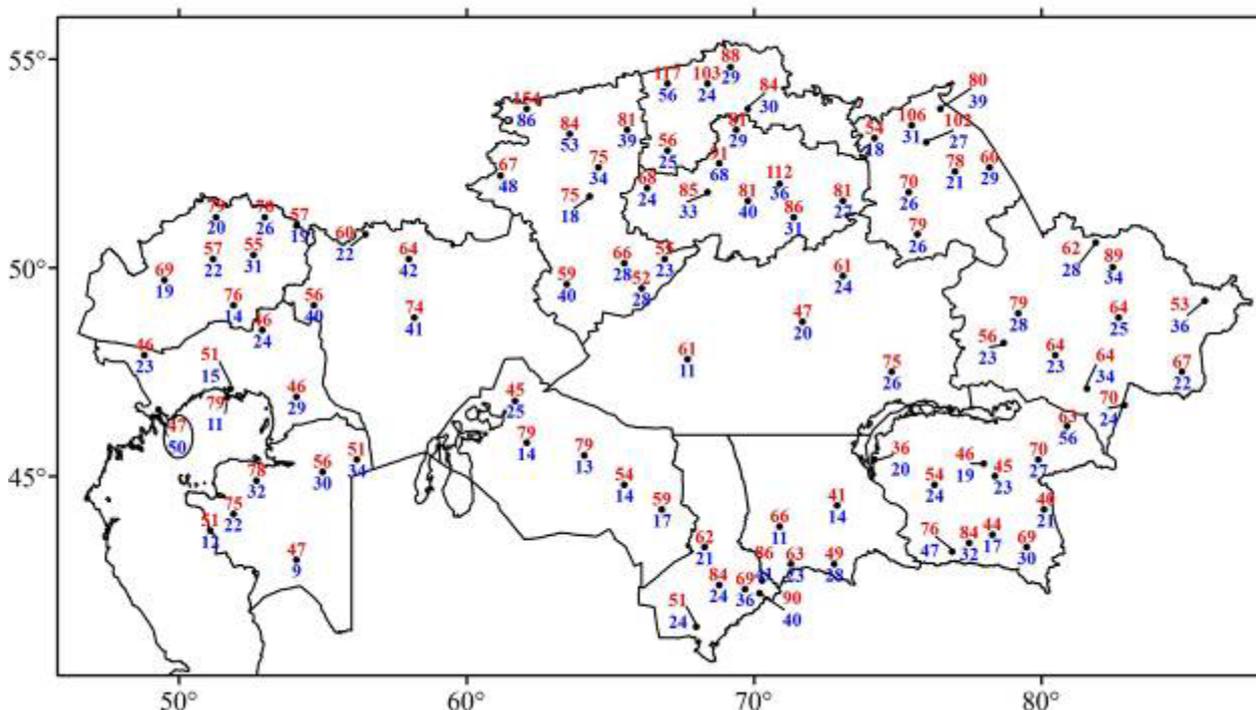


Рисунок 3.6 – Абсолютный максимум суточного количества осадков, выбранный за период с начала открытия метеостанции по 2012 год (нанесен красным цветом) и максимальное количество осадков, выпавшее за сутки в 2013 году (нанесен синим цветом), мм

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 2013 г. Для расчета использовались два индекса 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 Ганюшкино (56 %) и Карабалык (53 %). Это говорит о том, что за несколько дней в году на этих метеостанциях выпало чуть больше половины годовой суммы осадков. На метеостанциях Жалтыр, Михайловка (П), Благовещенка, Аральское Море, Кушмурын, Карабау, Балкашино и Джетыгора доля экстремальных

осадков также достаточно высокая (40...44%). На 57 метеостанциях (61% от общего количества метеостанций) доля экстремальных осадков составила 20...39%.

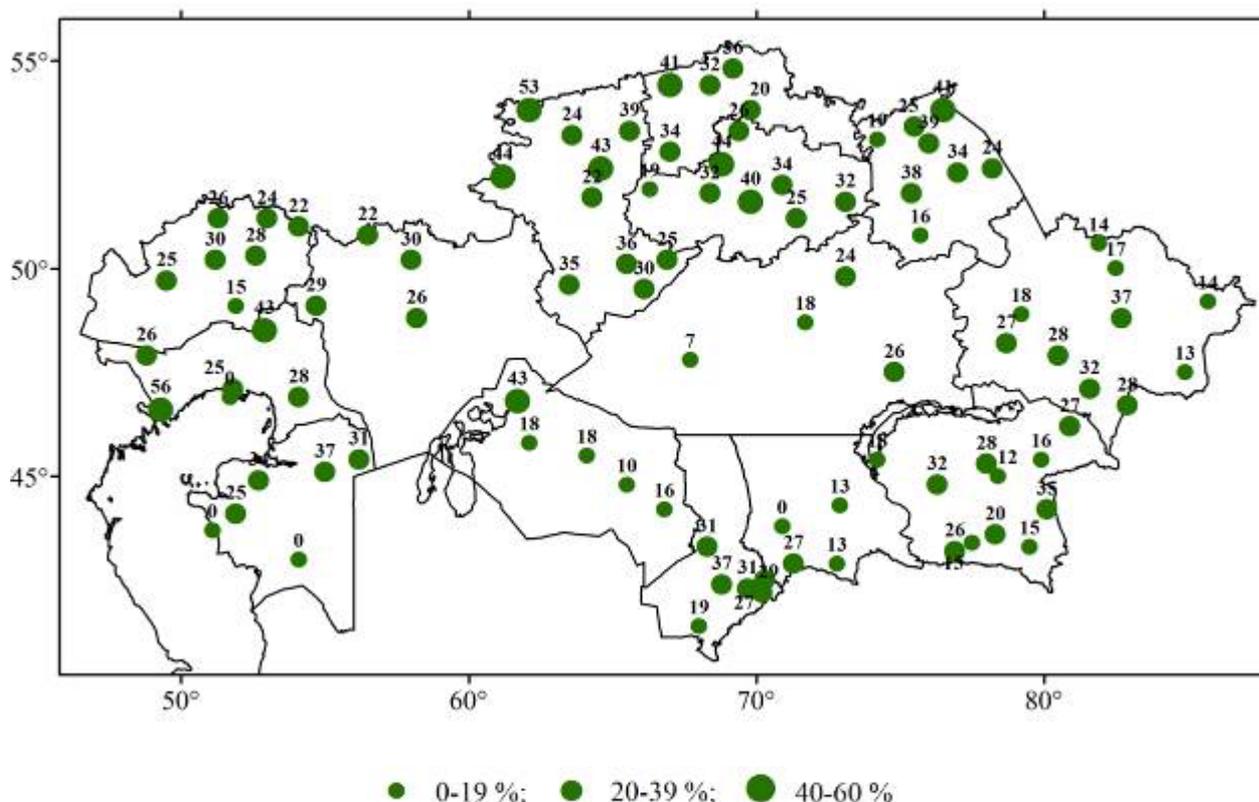


Рисунок 3.7 – Доля (в %) экстремального количества осадков в годовой сумме осадков в 2013 году. Экстремальное количество осадков рассчитано как сумма суточного количества осадков, превышающего 95-й процентиль

В условиях засушливого климата Казахстана очень важным является индекс CDD, который показывает *максимальную продолжительность периода, когда осадки были менее 1 мм* (продолжительность бездождного периода, рисунок 3.8). В 2013 году практически на всех метеостанциях продолжительность периода без осадков была около месяца. Продолжительность бездождного периода от 61 до 89 дней отмечена на метеостанциях Мангистауской, Кызылординской областей и на юге Казахстана. Особо длительные периоды без осадков, от 90 до 142 дней, наблюдались на станциях Уюк (Жамбылская область), Арысь и Шардара (Южно-Казахстанская область).

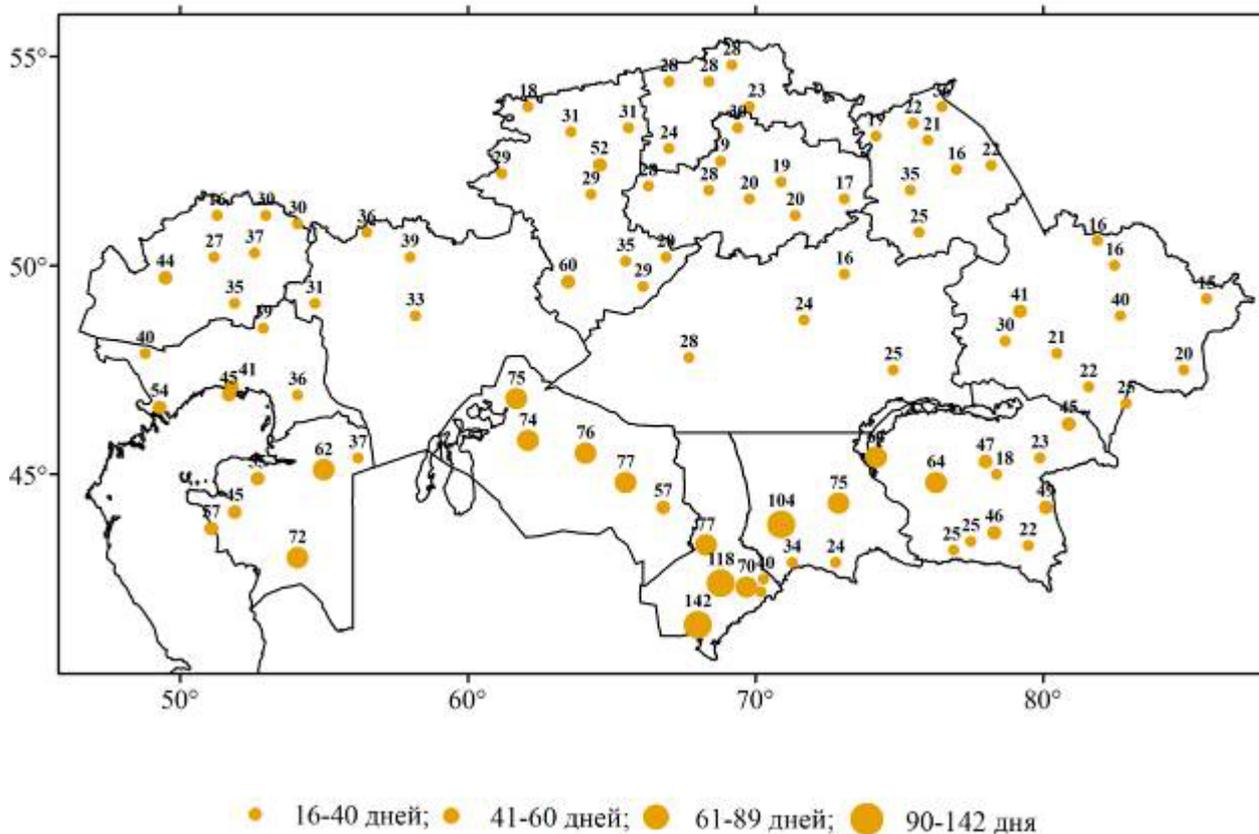


Рисунок 3.8 – Максимальная продолжительность бездождного периода (в днях) в 2013 году

В 2013 году *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 10 дней. Наибольший по продолжительности дождливый период, от 8 до 10 дней, наблюдался на метеостанциях Катон-Карагай (ВКО), Мартук (Актюбинская область), Кокшетау (Акмолинская область), Рузаевка (СКО) соответственно. На некоторых станциях Северо-Казахстанской, Акмолинской, Костанайской областях, а также на юге Казахстана, осадки выпадали в течение 6...7 дней подряд.

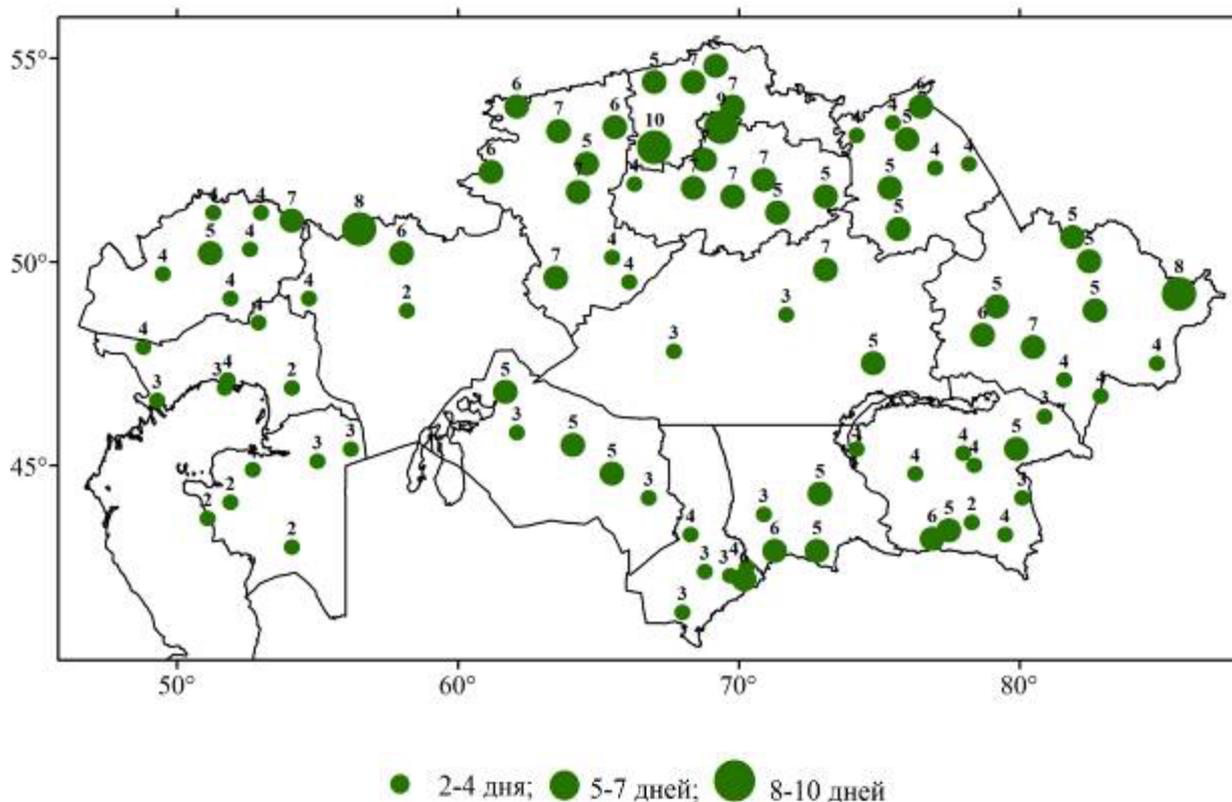


Рисунок 3.9 – Максимальная продолжительность периода (в днях) в 2013 году, когда осадки были равны или больше 1 мм

3.3 Тенденции в экстремумах атмосферных осадков

Анализ тенденций в экстремумах атмосферных осадков выполнен за период 1941...2012 гг.

Значения максимального суточного количества осадков (индекс Rx1day) на территории Казахстана практически не изменились (рисунок 3.10). Почти на всей территории республики наблюдались слабые – на 0,1...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 Баянауыл наблюдается статистически значимое уменьшение на 3,2 мм/10лет, на МС Бектауата и Турара Рыскулова статистически значимое увеличение на 1,5...1,6 мм/10лет.

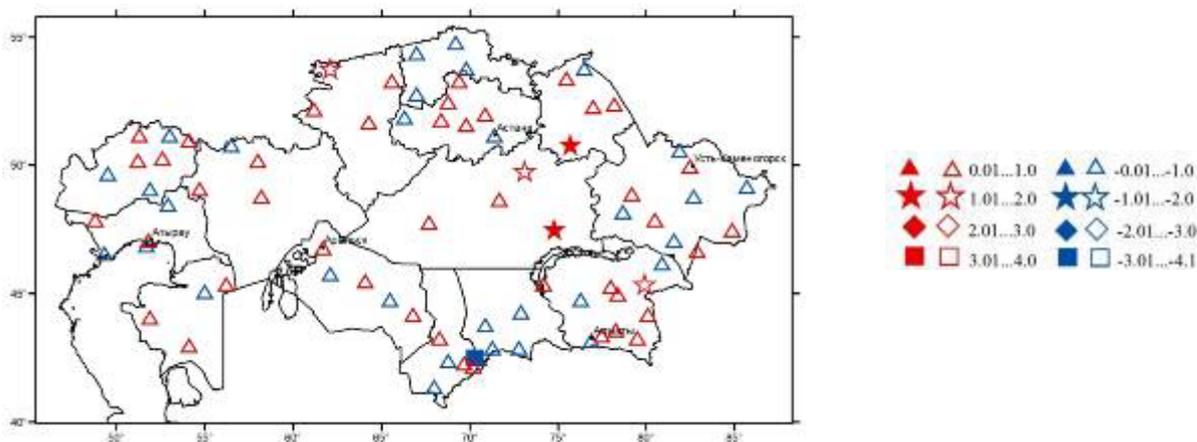


Рисунок 3.10 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда максимальных в году значений суточного количества осадков (мм/10 лет), рассчитанного за период 1941...2012 гг. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

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 ее уменьшения, так и увеличения – на 0,01...1,0 % каждые 10 лет. На МС Караганда и Жезказган отмечено статистически значимое увеличение доли экстремального количества осадков на 1,6...1,7 % каждые 10 лет, на МС Аягоз, Амангельды и аул Турара Рыскулова статистически значимое ее уменьшение на 1,3...2,7 % 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.

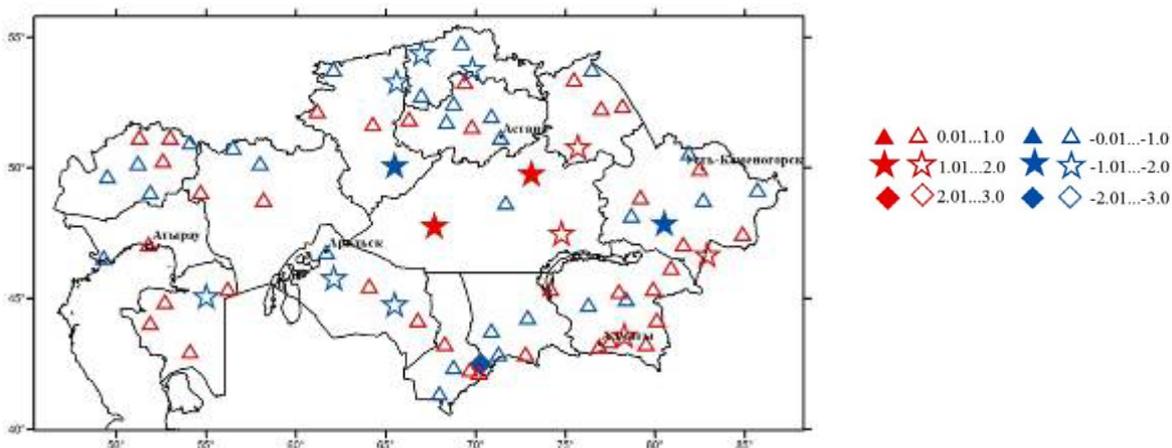


Рисунок 3.11 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда доли (%/10 лет) экстремального количества осадков в годовых суммах осадков, рассчитанного за период 1941...2012 гг. Экстремальное количество осадков рассчитано как сумма суточного количества осадков, превышающего 95-й процентиль. 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 МС Жусалы (Карагандинская область) – на 6 дней каждые 10 лет. Статистически значимое увеличение на 1...4 дня каждые 10 лет продолжительности периода без осадков отмечено на МС Кокпекты, Экидын, Кызан, Бейнеу. На всей остальной территории тенденции статистически незначимы (рисунок 3.12).

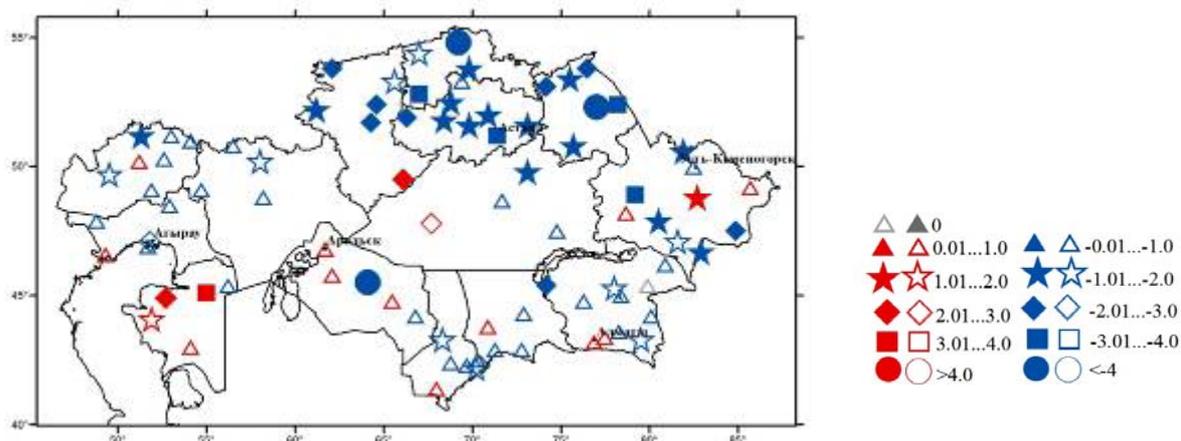


Рисунок 3.12 – Пространственное распределение коэффициента линейного тренда максимальной продолжительности бездождного периода (дни/10 лет), рассчитанного за период 1941...2012 гг. Обозначения градаций затушеваны в случаях статистической значимости тренда

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Особенности 2013 г. В глобальном масштабе 2013 год пополнил список самых тёплых лет, заняв 6 место в ряду лет, начиная с 1850 г. В 2013 году осреднённая температура воздуха над сушей и акваторией океана в среднем по земному шару была на $0,50^{\circ}\text{C} \pm 0,10^{\circ}\text{C}$ выше средней многолетней величины за период 1961...1990 гг., составляющей 14°C .

В Казахстане 2013 г. по значению среднегодовой температуры воздуха (январь-декабрь) стал самым тёплым годом, начиная с 1941 года. В 2013 году аномалия среднегодовой температуры воздуха в среднем по Казахстану составила $1,69^{\circ}\text{C}$, что на $0,13^{\circ}\text{C}$ выше предыдущего максимума, наблюдавшегося в 1983 году. Шесть месяцев 2013 года – январь, март, апрель, октябрь, ноябрь и декабрь, были очень тёплыми, что и повлияло на значение среднегодовой температуры воздуха и вывело этот год на 1-ое место в ряду самих теплых лет.

Наиболее крупные аномалии среднегодовой температуры воздуха ($1,0...2,0^{\circ}\text{C}$) наблюдались в западных, центральных и южных районах Казахстана. Здесь 2013 г. вошёл в 10 % экстремально теплых лет. На всей остальной территории Казахстана аномалии температуры были в пределах $\pm 1^{\circ}\text{C}$ нормы. Годовое количество осадков было около нормы (80...120 %) на большей части территории Казахстана. В северных регионах Казахстана, а также на крайнем востоке осадки были выше нормы на 20...60 %. Эти регионы по количеству выпавших осадков вошли в 10 % экстремально влажных лет, начиная с 1941 г.

Зима 2013 года (декабрь 2012 г. – февраль 2013 г.) по температурным условиям была очень контрастной, т.к. декабрь 2012 г. был очень холодным, а январь и февраль 2013 г. – теплыми. В декабре 2012 г. аномалии температуры воздуха достигали значений от $-2...-4^{\circ}\text{C}$ на западе республики до $-8,0...-10,0^{\circ}\text{C}$ на северо-востоке. В январе и феврале температуры воздуха на большей территории Казахстана были выше нормы на $1,0...3,0^{\circ}\text{C}$, местами на $4,0...5,0^{\circ}\text{C}$. Зимние осадки были на 20...100 % выше нормы на юго-востоке, востоке и северо-востоке Казахстана, а также локально в некоторых районах западного и северо-западного Казахстана. В центральном и юго-западном Казахстане осадков выпало на 20...60 % ниже нормы. На всей остальной территории количество осадков было около нормы.

Весна была очень тёплой почти на всей территории Казахстана. За исключением северных районов и крайнего юга, аномалии температуры воздуха были более $2,0^{\circ}\text{C}$, в некоторых районах даже выше $4,0^{\circ}\text{C}$. Здесь весна 2013 г. вошла в 10 % экстремально тёплых весенних сезонов. В большинстве районов с высокими положительными аномалиями осадков выпало около нормы, либо на 20...60 % меньше нормы. В северных и северо-восточных районах осадки весеннего сезона значительно превышали норму – местами на 80...100 %.

Температурные условия летом 2013 года были близки к норме на большей части территории Казахстана, лишь в некоторых районах на северо-востоке республики температуры были ниже нормы на $1,0...1,5^{\circ}\text{C}$. При этом количество осадков было выше нормы практически на всей территории Республики. Экстремальное количество осадков,

превышающее норму в 2...2,5 раза было зафиксировано на территории Костанайской, Северо-Казахстанской, Акмолинской, Павлодарской, Восточно-Казахстанской и Алматинской областей.

Осень была экстремально теплой и сухой практически на всей территории Казахстана. В СКО и Кустанайской области аномалии сезонной температуры превышали 2,5...3,0 °С. В ноябре на севере Республики аномалии составляли около 8,0 °С. Большинство регионов испытывало дефицит сезонных осадков, который в некоторых регионах составлял около 80 %. Экстремально сухой осенний сезон наблюдался на юго-востоке Казахстана. Лишь на западе республики (ЗКО, Атырауская и южная половина Актюбинской области) осадки были выше нормы на 20...100 %.

В 2013 г. абсолютные суточные максимумы и минимумы температуры воздуха не были перекрыты ни на одной метеостанции. В 2013 г. процент дней с суточной максимальной температурой воздуха выше 90-го перцентиля по территории Казахстана составил 12...20 % (1/5 года). На крайнем юге Казахстана повторяемость дней с температурой выше 35 °С составила 40...60 дней.

В 2013 г. наблюдалась большая неравномерность в выпадении осадков во времени, В некоторых регионах доля экстремального суточного количества осадков в годовой сумме осадков превышала 20...40 %, местами около 50 %. На МС Ганюшкино (Атырауская обл.) был перекрыт абсолютный максимум суточного количества осадков и составил 50 мм. Предыдущий максимум (47 мм) был зафиксирован здесь в мае 1960 г. В южных районах максимальная продолжительность периодов без осадков составила около 2...3 месяцев, местами около 4 месяцев. На большей части территории Казахстана длительность таких периодов была от трех до семи недель. Максимальная продолжительность дождливого периода продолжительностью 6...10 дней наблюдались на метеостанциях северного, восточного, местами западного и южного Казахстана.

Изменение климата в Казахстане. За период 1941...2013 гг. (73 года) практически повсеместно по Казахстану повысились среднемесячные, среднесезонные и среднегодовые температуры воздуха. В целом по Казахстану скорость роста среднегодовой температуры воздуха составляет 0,28 °С каждые 10 лет. Наибольший рост температур происходит осенью – на 0,33 °С/10 лет, немного меньше весной и зимой – на 0,30 °С/10 лет и 0,28 °С/10 лет соответственно. Скорость повышения летних температур наименьшая – 0,19 °С/10 лет. В большинстве случаев тренды статистически значимы при 95 % доверительном интервале, вклад тренда в суммарную дисперсию среднегодовых температур составляет 39 %, для сезонов – от 2 до 37 %

В областном разрезе наибольшими темпами среднегодовые температуры воздуха повышались в Западно-Казахстанской области – на 0,39 °С/10 лет, наименьшими – на 0,22...0,26 °С/10 лет в ЮКО, ВКО, Алматинской и Мангистауской областях. В остальных областях рост среднегодовых температур в пределах 0,27...0,32 °С/10 лет (1941...2013 гг).

В северных и центральных областях Казахстана наибольшие темпы повышения температуры воздуха наблюдаются весной – 0,33...0,37 °С/10 лет, в южных и восточных областях Казахстана осенью – 0,30...0,40 °С/10 лет. В западных областях наибольший рост температур приходится на зимний период – 0,27...0,38 °С/10 лет.

В феврале, марте, ноябре и декабре наблюдаются самые значительные темпы повышения температуры воздуха – на 0,41...0,80 °C/10 лет. В апреле, июне и октябре темпы потепления ниже – 0,21...0,40 °C/10 лет, во все остальные месяцы рост температуры в пределах 0,01...0,20 °C/10 лет. В холодный период года (ноябрь-март) рост температур более значительный, чем в тёплый (апрель-октябрь).

На всей территории Казахстана увеличиваются суточные максимумы температуры воздуха – на 0,01...0,40 °C каждые 10 лет, местами увеличение составляет около 0,60 °C/10 лет. На территории западных и южных областей Казахстана увеличивается количество дней с температурой воздуха выше 35 °C – на 1...5 дней каждые 10 лет. На всей территории республики увеличивается общая продолжительность волн тепла – на 1...3 дня/10 лет.

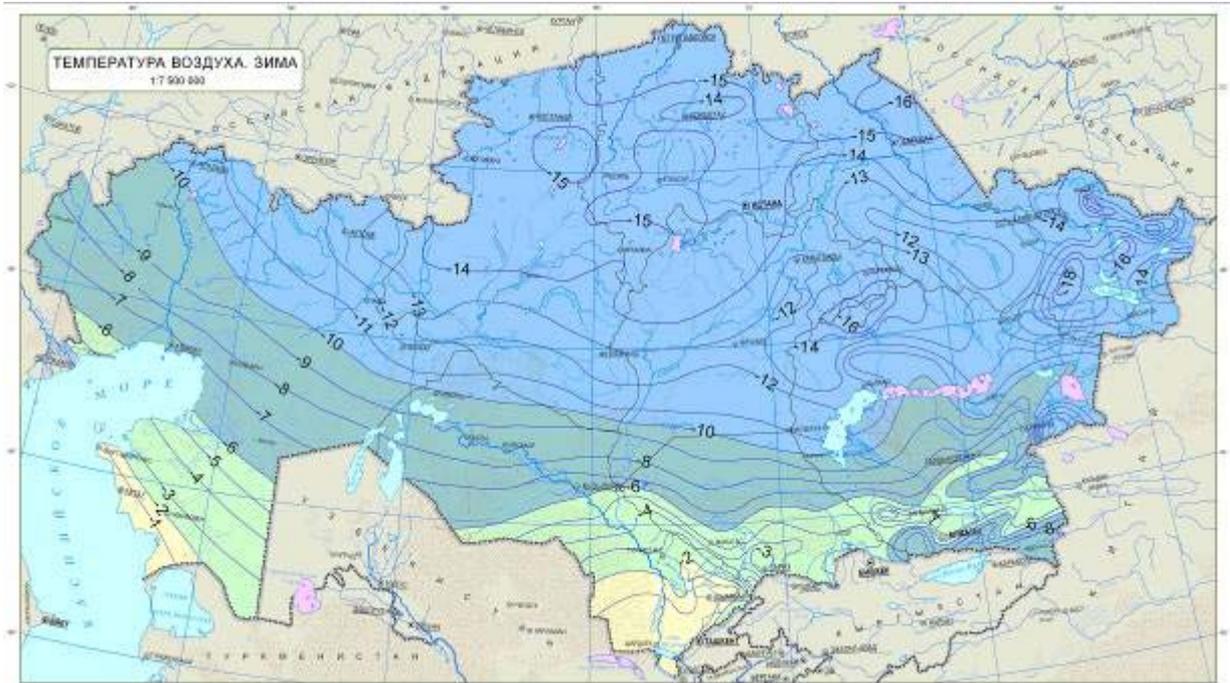
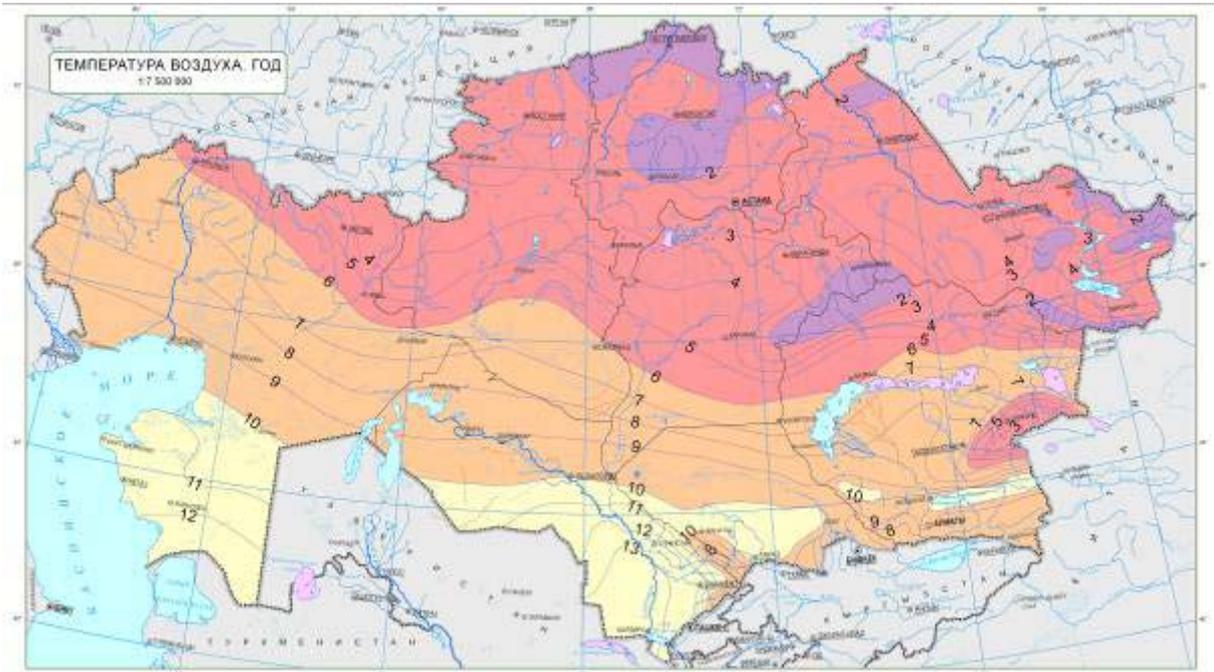
В период 1941-2013 гг. годовые суммы осадков незначительно уменьшались – в среднем по Казахстану на 0,6 мм/10 лет или примерно на 0,4 % нормы/10 лет. Слабая тенденция (статистически незначимая) к уменьшению среднего по Казахстану количества осадков наблюдается в весенний, летний и осенний сезоны. В зимний период осадки несколько увеличиваются. Все тенденции статистически незначимы.

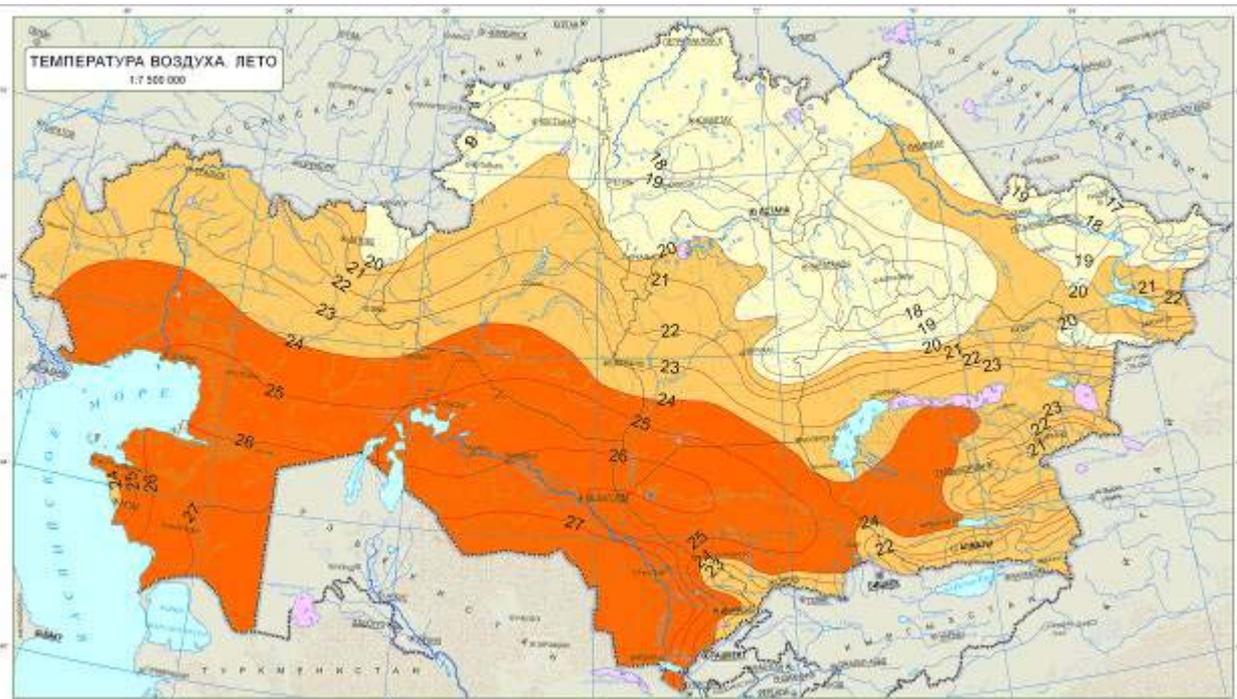
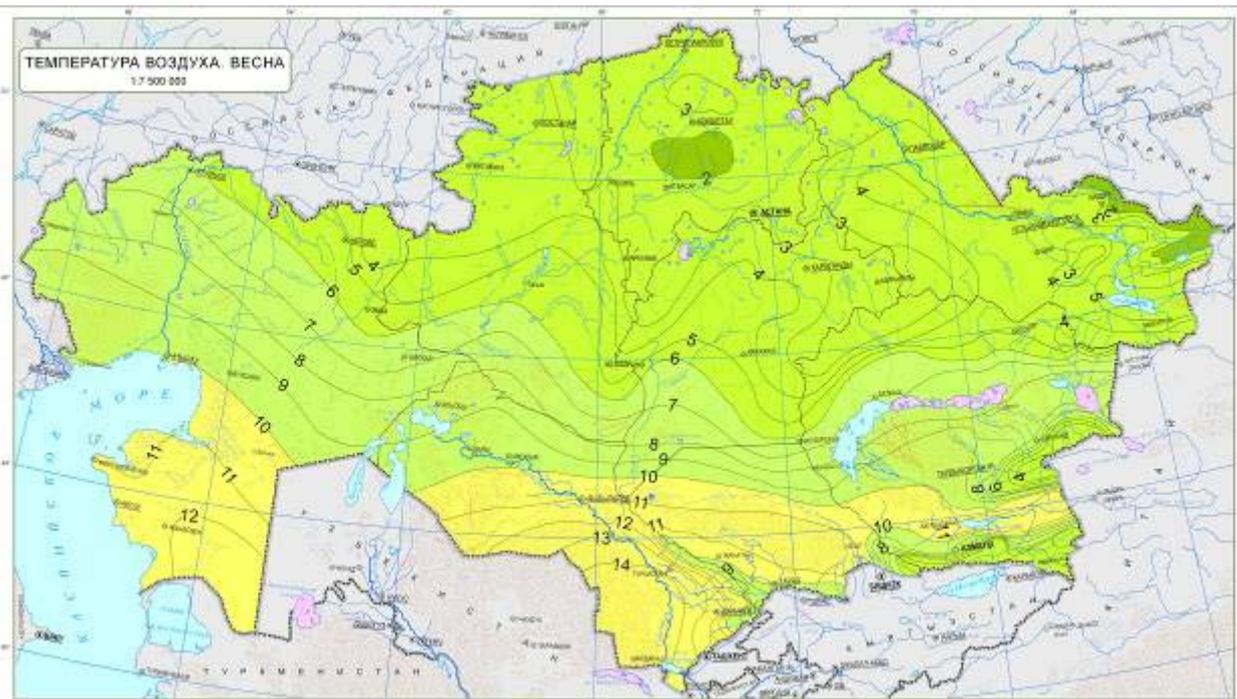
По территории республики наблюдается пятнистость в распределении знака изменения сезонного количества осадков. Летом и осенью почти на всей территории Казахстана, за исключением горных юго-восточных регионов, осадки уменьшались на 1...7 % нормы каждые 10 лет. Зимой, наоборот, осадки в основном увеличивались, устойчивые положительные тенденции наблюдались 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.

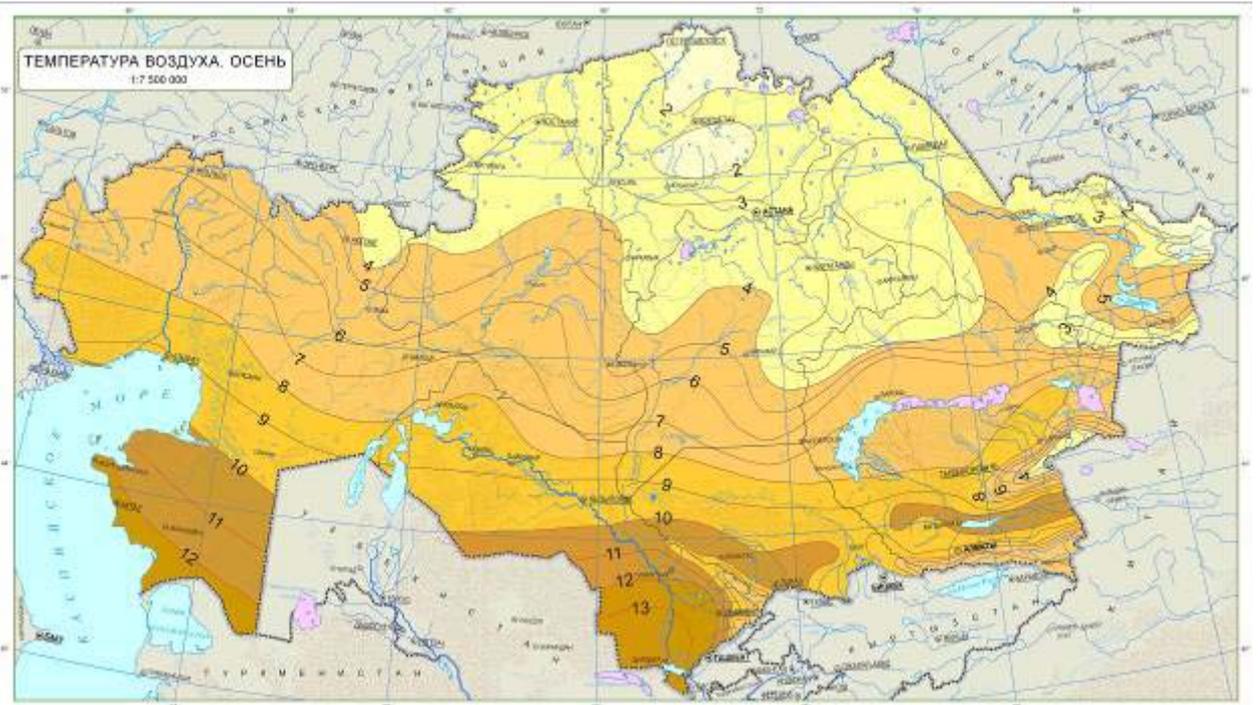
Наблюдаются некоторые тенденции в экстремумах осадков. Например, на большинстве метеостанций юго-восточного Казахстана увеличивается доля экстремального количества осадков в годовой сумме осадков – на 1...2 %/10 лет. На севере Казахстана статистически значимо сокращается продолжительность бездождного периода – на 1...3 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.

