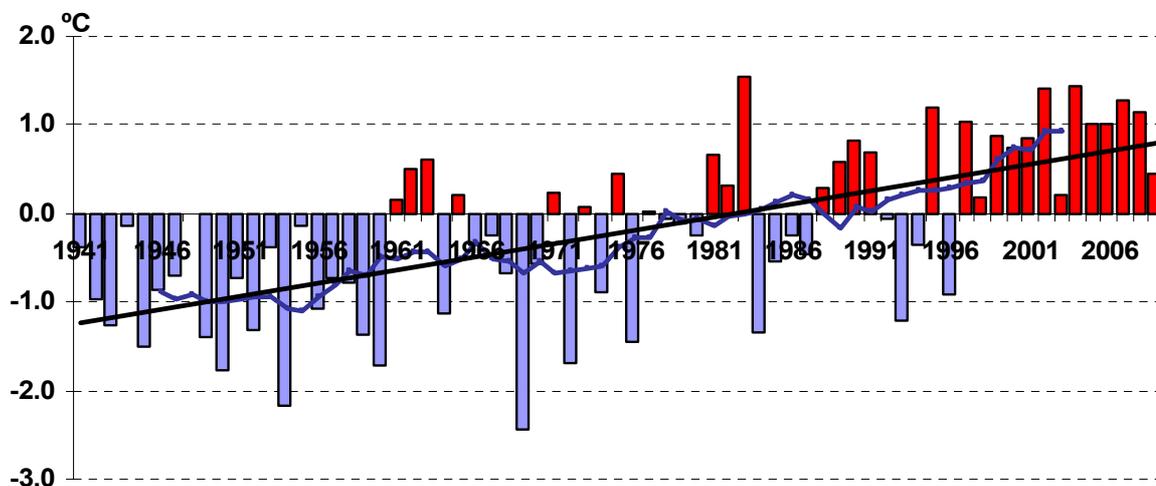




Министерство охраны окружающей среды
Республики Казахстан

Республиканское государственное
предприятие «Казгидромет»

***ЕЖЕГОДНЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ МОНИТОРИНГА
ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА КАЗАХСТАНА:
2009 ГОД***



Астана, 2010

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА	5
1.1 Наблюдаемые изменения глобальной температуры воздуха у поверхности Земли	5
1.2 Наблюдаемые изменения температуры воздуха на территории Казахстана	6
1.3 Аномалии температуры воздуха на территории Казахстана в 2009 г.	10
1.4 Тенденции в экстремумах температуры приземного воздуха	12
2. АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ	16
2.1 Наблюдаемые изменения количества осадков на территории Казахстана	16
2.2 Аномалии количества осадков на территории Казахстана в 2009 г.	18
2.3 Тенденции в экстремумах количества атмосферных осадков	20
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	23

ВВЕДЕНИЕ

Изменение климата является одной из важнейших международных проблем 21 века, которая выходит за рамки научной проблемы и представляет собой комплексную междисциплинарную проблему, охватывающую экологические, экономические и социальные аспекты устойчивого развития любой страны. Поэтому изучение климата и проведение ежегодного мониторинга изменения климата Казахстана является одной из приоритетных задач национальной гидрометслужбы РГП «Казгидромет».

С 2009 года национальная гидрометеорологическая служба осуществляет выпуск ежегодных бюллетеней о состоянии климата Казахстана для предоставления достоверной научной информации о климате, его изменчивости и изменении. Данный бюллетень описывает климатические условия, наблюдавшиеся в 2009 г., включая оценку экстремальности метеорологических элементов, и предоставляет исторические перспективы относительно изменчивости и тенденций, которые имели место, начиная с 40-ых годов прошлого столетия. Принимая во внимание географическое положение Казахстана и его большую 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. В этой связи обеспечение устойчивого развития также требует лучшего понимания климатической системы, что дает возможность перспективной оценки будущих климатических изменений и их потенциальных последствий.

Исходные данные. Для подготовки бюллетеня использовались базы данных архива РГП «Казгидромет»:

1) ряды среднемесячных температур воздуха и сумм осадков с 1941 по 2009 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 2009 гг. (более 80 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 наблюденного значения от нормы. Аномалии количества осадков принято рассматривать как в отклонениях от нормы (аналогично температуре), так и в процентах от нормы, то есть как процентное отношение количества выпавших осадков к соответствующему значению нормы. Вероятность непревышения характеризует частоту (в %) появления соответствующего значения аномалии в ряду наблюдений.

Оценка тенденций температуры приземного воздуха и количества осадков проведена для 8-ми водохозяйственных бассейнов Казахстана путем аппроксимации рядов наблюдений линейной функцией с использованием метода наименьших квадратов. Средние для территории бассейнов величины аномалий метеорологических переменных рассчитаны путем осреднения станционных данных об аномалиях. Границы водохозяйственных бассейнов представлены на карте-схеме ниже.

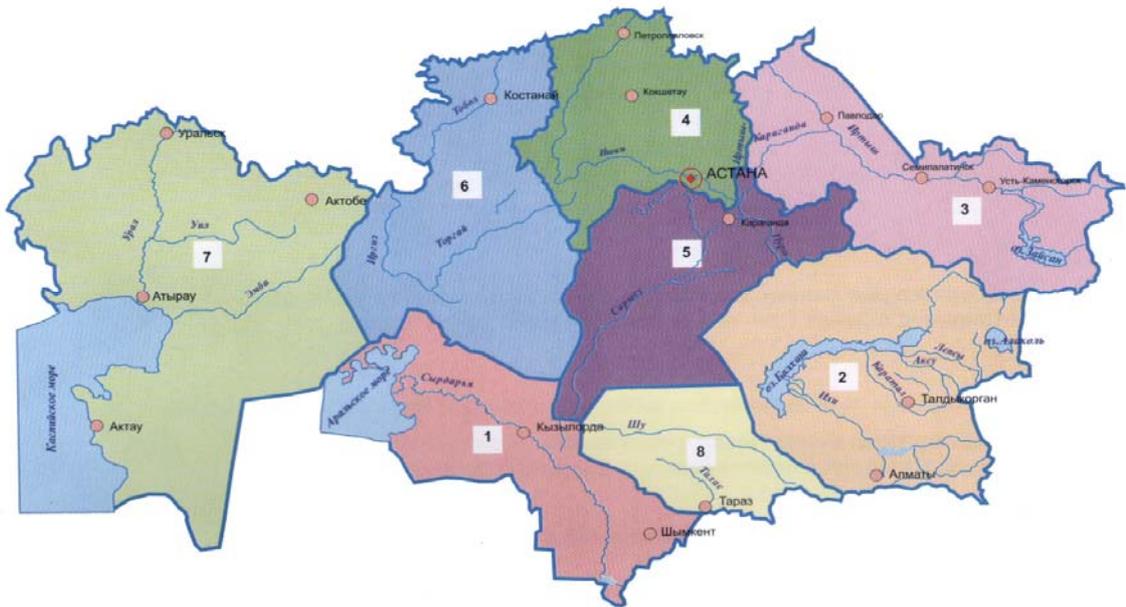


Схема водохозяйственного районирования республики Казахстан

- | | |
|---------------------------------|-------------------------------|
| 1 – Арало-Сырдарьинский бассейн | 5 – Нура-Сарысуыйский бассейн |
| 2 – Балкаш-Алакольский бассейн | 6 – Тобол-Торгаыйский бассейн |
| 3 – Ертысский бассейн | 7 – Жаик-Каспийский бассейн |
| 4 – Есильский бассейн | 8 – Шу-Таласский бассейн |

Ответственный за выпуск: СНС Петрова Е.Е. В выпуске также принимали участие сотрудники управления климатических исследований РГП «Казгидромет»: ВНС Смирнова Е.Ю. , Вед. инж. Илякова Р.М.

1 ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА

1.1 Наблюдаемые изменения глобальной температуры воздуха у поверхности Земли

По данным Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), начиная с середины 20 века, в большинстве регионов Земного шара наблюдается повышение приземной температуры воздуха. Современные оценки показывают, что среднегодовая глобальная температура приземного слоя воздуха с начала 20 века увеличилась на $0,74\text{ }^{\circ}\text{C}$, хотя потепление за этот период не было постоянным. Потепление продолжалось с начала 20 в. до 40-х годов, затем до 70-х годов наблюдалось небольшое похолодание, и с середины 70-х по настоящее время отмечается более интенсивное потепление. За последние 50 лет температура воздуха увеличивалась на $0,13\text{ }^{\circ}\text{C}$ каждые 10 лет в среднем по земному шару.

По данным ВМО (Заявление ВМО о состоянии глобального климата в 2009 г.) в целом по земному шару 2009 год вошёл в десятку самых тёплых лет за период инструментальных наблюдений (1850-2009 гг.) и занял 5 место (после 1998, 2005, 2003, 2002 годов, приведенных в порядке уменьшения аномалии, рисунок 1.1). По расчётным данным величина неопределённости в оценке глобальной приземной температуры в 2009 г. составляет $0,10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Таким образом, наиболее вероятное значение аномалии глобальной приземной температуры за 2009 г. составляет от $+0,34\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+0,56\text{ }^{\circ}\text{C}$ относительно базового периода 1961-1990 гг., что несколько меньше, чем в другие года текущего столетия (рисунок 1.2)

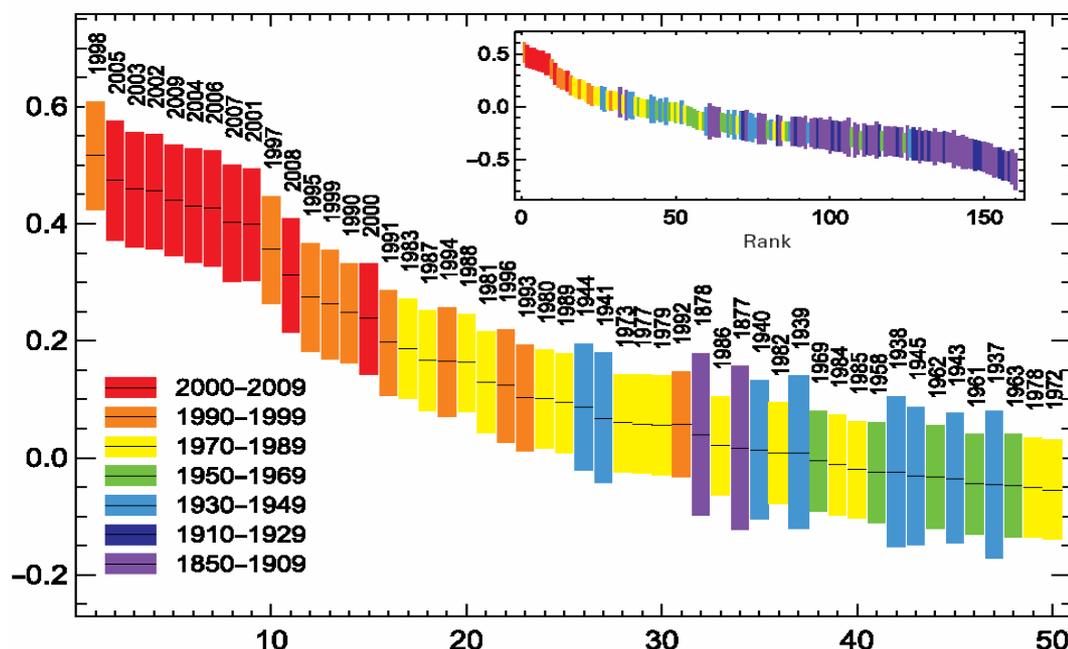


Рисунок 1.1 – Ранжированный ряд аномалий глобальной комбинированной температуры приземного воздуха и температуры поверхности океана, представленный для 50 самых тёплых лет. Во вставке представлен ранжированный ряд аномалий глобальной температуры приземного воздуха, начиная с 1850 г. Длина полос указывает на 95 % доверительный интервал для каждого года (Источник: Заявление ВМО о состоянии глобального климата в 2009 г.)

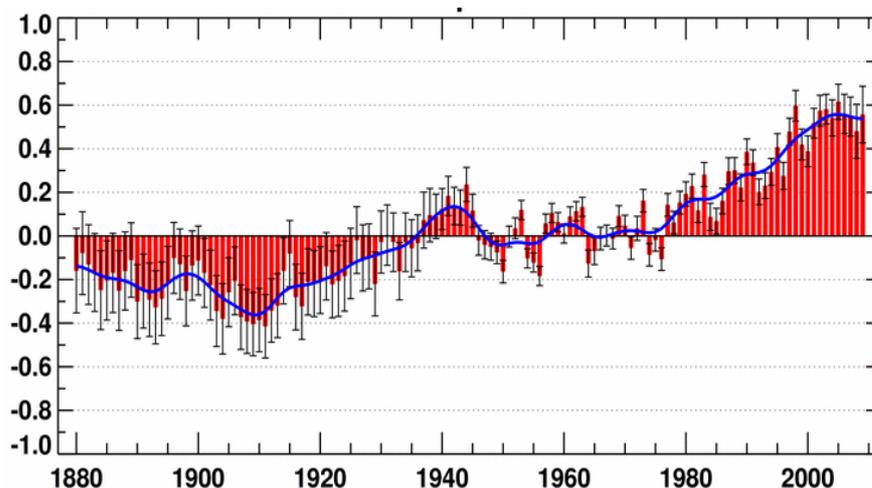


Рисунок 1.2 – Средневзвешенные аномалии среднегодовых температур приземного воздуха и температур поверхности океана, осредненных по Земному шару. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1901-2000 гг. (Источник: Национальный центр климатических данных NOAA, США).

1.2 Наблюдаемые изменения температуры воздуха на территории Казахстана

Для сравнения в таблице 1.1 представлены самые тёплые годы в целом для Земного шара (по данным наземной сети) и Казахстана. На территории Казахстана распределение во времени экстремально тёплых лет несколько отличается от ранжированного ряда средней глобальной температуры приземного воздуха. Каждому из десяти самых теплых лет для Земного шара присвоен свой цвет, что позволяет легко судить, находится ли этот год в числе самых теплых лет для Казахстана.

Для Земного шара самым тёплым был 1998 год (из ранжированного ряда за период 1850-2009). В десятку самых тёплых лет в Казахстане вошли следующие годы (в порядке убывания значения аномалии): 1983, 2004, 2002, 2007, 1995, 2008, 1997, 2006, 2005, 1999. Шесть самых тёплых лет в Казахстане вошли в список десяти самых тёплых лет в целом по Земному шару.

На рисунке 1.3 представлен ранжированный ряд аномалий среднегодовых температур приземного воздуха относительно базового периода 1971-2000 гг., осреднённых по территории Казахстана с 1940 по 2009 гг. (по данным более 110 метеостанций). За исследованные 70 лет самым холодным для Казахстана был 1969 год, когда среднеплощадная аномалия среднегодовой температуры воздуха составила минус 2,40 °С, а самым тёплым стал 1983 год, когда аномалия среднегодовой температуры воздуха составила 1,55 °С.

2009 год (январь-декабрь) в целом для Казахстана занял 19 место в ранжированном по убыванию ряду наблюдений с 1940 года. Среднегодовая аномалия температуры воздуха, осреднённая по Казахстану, в 2009 г. составила 0,45 °С.

Таблица 1.1 – Ранги самых тёплых лет для Земного шара (за период 1850-2009 гг.) и Казахстана (за период 1940-2009 гг.) и соответствующие среднегодовые температуры приземного воздуха и аномалии среднегодовой температуры, осредненные по территории Казахстана.

Ранг	Земной шар	Казахстан	Среднегодовая температура воздуха по территории Казахстана, °С	Аномалия среднегодовой температуры, осредненная по Казахстану, °С
1	1998	1983	7,5	1,55
2	2005	2004	7,4	1,44
3	2003	2002	7,4	1,41
4	2002	2007	7,2	1,28
5	2009	1995	7,2	1,20
6	2004	2008	7,1	1,15
7	2006	1997	7,0	1,05
8	2007	2006	7,0	1,01
9	2001	2005	7,0	1,00
10	1997	1999	6,8	0,88

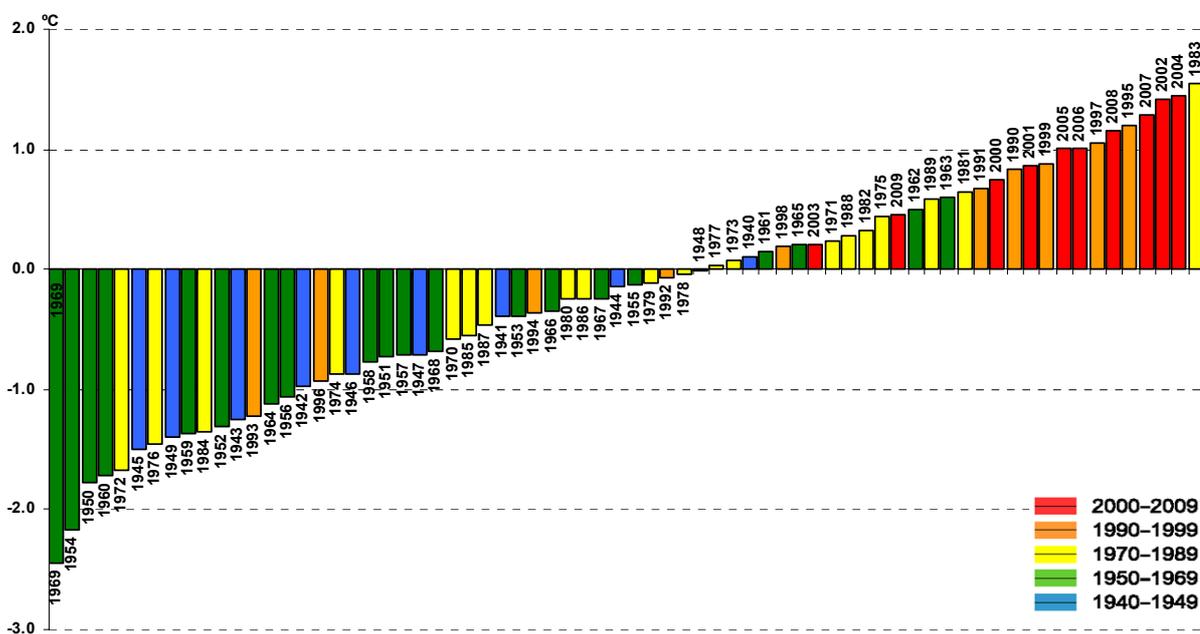


Рисунок 1.3 – Ранжированный ряд аномалий среднегодовых температур приземного воздуха, осреднённых по территории Казахстана за период 1940-2009 гг. (по данным 123 метеостанций). Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1971-2000 гг.

Оценка пространственно-временных изменений температуры воздуха за период 1941 г. по 2009 г. проводилась как в целом для Казахстана, так и для 8-ми водохозяйственных бассейнов (рисунок 1.4). С 80-ых годов прошлого века преобладают положительные аномалии температуры приземного воздуха и потепление идет более

высокими темпами. Например, если в период 1941-2009 гг. среднегодовая температура воздуха увеличивалась в среднем по Казахстану на 0,30 °C/10 лет, то в период 1976-2009 гг. на 0,43 °C/10 лет, при этом доля объяснённой трендом дисперсии более 25 %.

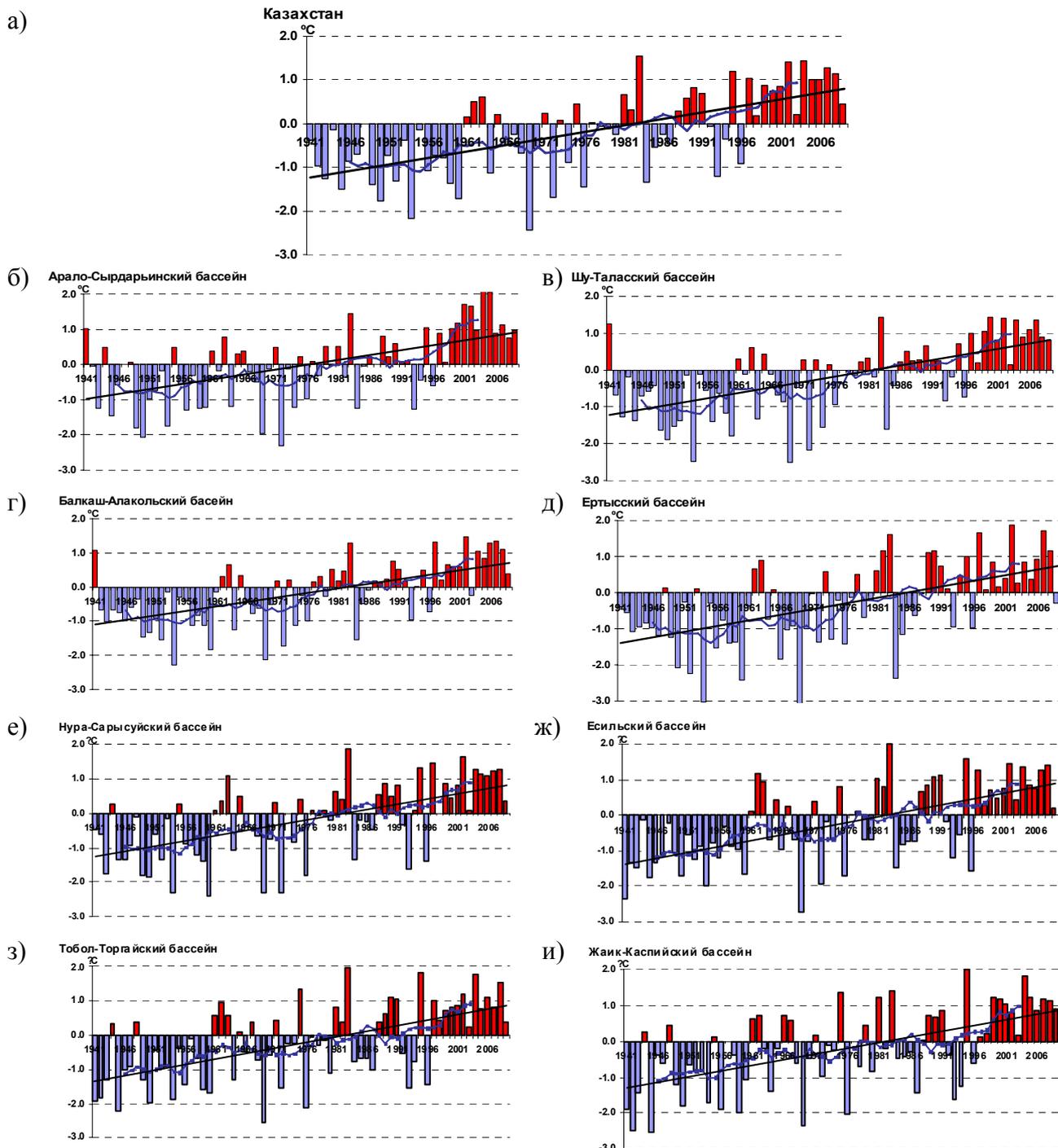


Рисунок 1.4 – Временные ряды и линейные тренды аномалий среднегодовых температур воздуха за период с 1941 по 2009 г., пространственно осреднённых по Казахстану и по 8 водохозяйственным бассейнам. Аномалии рассчитаны относительно периода 1971-2000 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением.

Повышение температуры в различных регионах Казахстана происходило различными темпами (таблица 1.2), но все тренды статистически значимы для 95 % доверительного интервала, а вклад тренда в суммарную дисперсию среднегодовых температур превышает 20 %. Рост среднегодовых температур воздуха в отдельных регионах Казахстана (таблица 1.2) за период 1941-2009 гг. составлял от 0,27 °C/10 лет

(Балкаш-Алакольский бассейн) до 0,32 °C/10 лет (Тобол-Торгайский, Жаик-Каспийский бассейны). В последнее тридцатилетие рост среднегодовых температур воздуха наиболее значительный – от 0,35 °C/10 лет (Балкаш-Алакольский бассейн) до 0,52 °C/10 лет (Арало-Сырдарьинский бассейн).

Таблица 1.2 – Характеристики линейного тренда аномалий температуры приземного воздуха, осреднённых по территории Казахстана, а также 8-ми водохозяйственных бассейнов за периоды 1941-2009 гг. и 1976-2009 гг.

Регион	Период лет	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
		*a	**R ²	a	R ²	a	R ²	a	R ²	a	R ²
Казахстан	1941-2009	0,30	40	0,42	12	0,27	13	0,18	22	0,31	22
	1976-2009	0,43	28	0,42	4	0,66	18	0,13	4	0,54	15
Арало-Сырдарьинский Б.	1941-2009	0,28	31	0,26	4	0,23	10	0,25	28	0,34	27
	1976-2009	0,52	34	0,39	3	0,71	19	0,31	14	0,61	22
Балкаш-Алакольский Б.	1941-2009	0,27	36	0,38	12	0,22	9	0,15	14	0,30	22
	1976-2009	0,35	23	0,23	2	0,68	19	0,13	5	0,40	11
Ертысский Б.	1941-2009	0,31	31	0,50	14	0,30	12	0,14	10	0,29	13
	1976-2009	0,38	15	0,34	2	0,80	22	0,12	3	0,36	5
Есильский Б.	1941-2009	0,33	37	0,46	13	0,36	15	0,19	12	0,31	14
	1976-2009	0,43	18	0,47	4	0,61	11	-0,01	0	0,65	12
Нура-Сарысузский Б.	1941-2009	0,31	34	0,40	9	0,31	11	0,18	13	0,33	17
	1976-2009	0,41	19	0,35	2	0,84	20	-0,01	0	0,41	17
Тобол-Торгайский Б.	1941-2009	0,32	33	0,47	11	0,30	9	0,19	12	0,30	14
	1976-2009	0,49	23	0,63	6	0,56	8	0,03	0	0,72	17
Жаик-Каспийский Б.	1941-2009	0,32	34	0,48	11	0,31	11	0,16	9	0,31	18
	1976-2009	0,51	26	0,62	6	0,49	9	0,23	5	0,66	19
Шу-Таласский Б.	1941-2009	0,3	36	0,35	6	0,19	7	0,24	29	0,38	31
	1976-2009	0,43	33	0,41	3	0,69	19	0,13	4	0,49	16

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

** R² – коэффициент детерминации, %

На рисунке 1.5 представлен межгодовой ход аномалий температур воздуха, осредненных по сезонам и по территории Казахстана в период 1941-2009 гг. Рост температуры воздуха наблюдается во все сезоны, однако имеются некоторые сезонные и региональные особенности (таблица 1.2). В среднем по Казахстану наибольшая скорость потепления характерна для зимы и составляет 0,42 °C/10 лет, осенью и весной температура повышалась на 0,31 и 0,27 °C каждые 10 лет, соответственно, летом темпы были несколько ниже – на 0,18 °C/10 лет.

За период 1976-2009 гг. наибольшими темпами повышалась температура в весенний период – на 0,66 °C/10 лет, немного ниже темпы потепления осенью – на 0,54 °C/10 лет, и зимой – на 0,42 °C/10 лет. Летом рост температуры воздуха составлял 0,13 °C/10 лет.

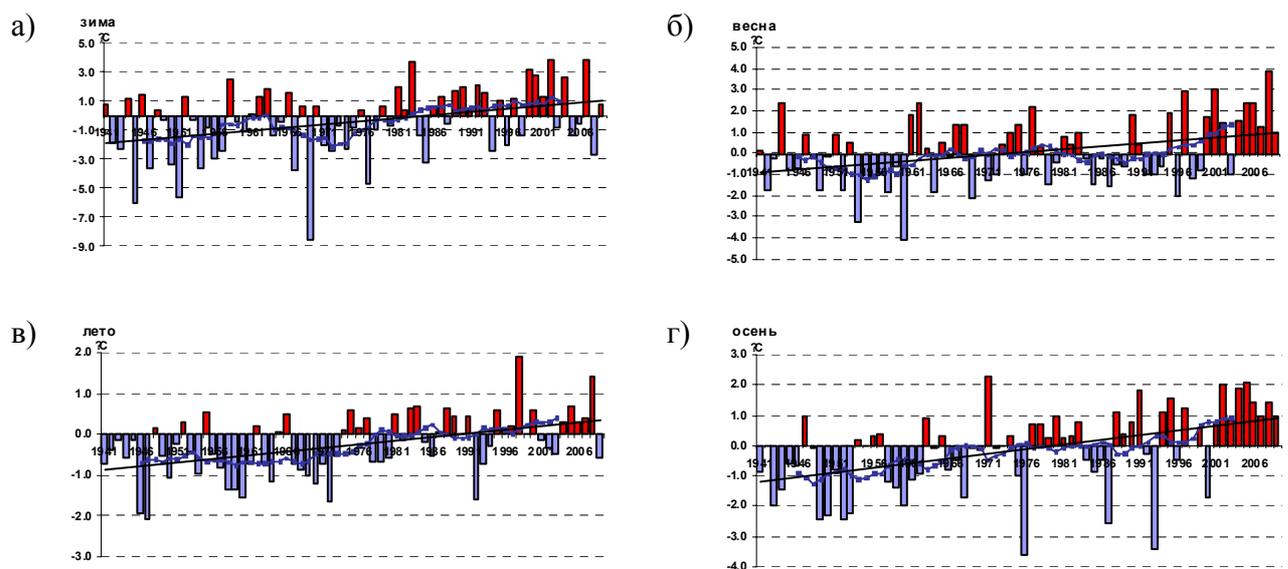


Рисунок 1.5 – Временные ряды и линейный тренд аномалий сезонных температур воздуха за период 1941-2009 г., осреднённых по территории Казахстана. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1971-2000 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением.

1.3 Аномалии температуры воздуха на территории Казахстана в 2009 году

2009 год (декабрь 2008 г. – ноябрь 2009 г.) в целом для территории Казахстана не вошел в 10 экстремально тёплых лет. Среднегодовая температура воздуха в 2009 году была около нормы (в пределах $\pm 1,0$ °C) на большей части республики и выше нормы на территории Кызылординской и Западно-Казахстанской областей (рисунки 1.6 и 1.7, а).

Географическое распределение областей тепла и холода по территории страны в среднем за год (декабрь 2008 г. – ноябрь 2009 г.) и по сезонам представлено на рисунках 1.6 и 1.7.

Зима

Зима была тёплой (рисунки 1.6 и 1.7, б) и экстремально тёплой почти на 30 % территории. Положительные аномалии температуры воздуха (выше +1 °C) наблюдались на территории Южно-Казахстанской, Жамбылской, Карагандинской областей, а также восточной половины Кызылординской, большей части Алматинской, Западно-Казахстанской областей и севера Костанайской области. Высокие положительные аномалии температуры (+2...+3 °C) наблюдались на крайнем юге Казахстана, где по данным некоторых метеостанций зима вошла в 10 % самых теплых зимних сезонов. На остальной территории, за исключением крайних северо-восточных районов, температура была около нормы.

Весна

Температура весеннего сезона была более чем 1 °C выше нормы на большей части восточной половины Казахстана, а также Кызылординской области (рисунки 1.6, в и 1.7, в). На остальной территории аномалии температуры были в пределах ± 1 °C.

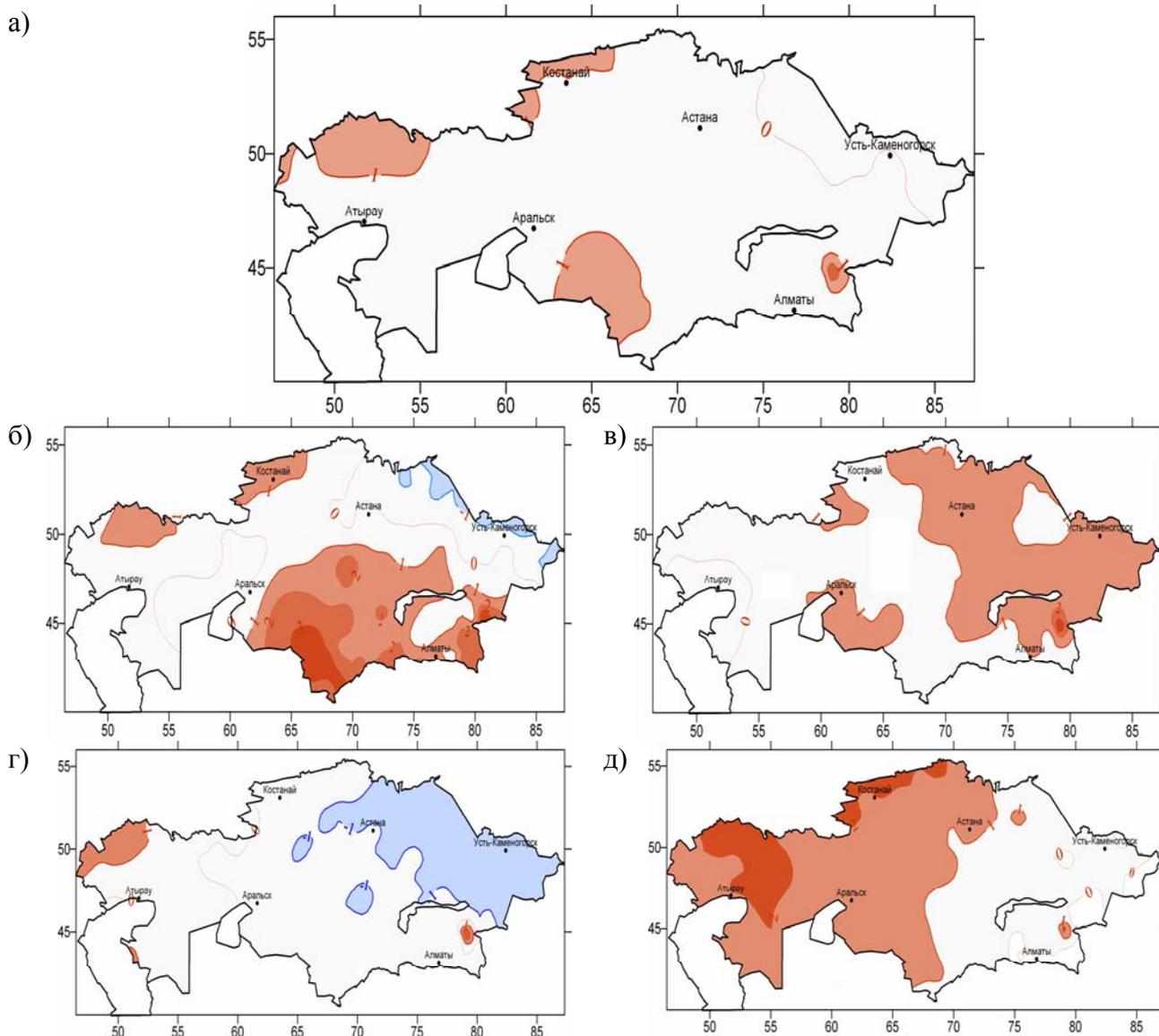
Лето

На большей части территории Казахстана летние температуры были около нормы (рисунки 1.6, г и 1.7, г). Лето было холодным, а местами экстремально холодным в

восточных регионах Казахстана. Температуры воздуха ниже нормы на 1°C и более наблюдались в Восточно-Казахстанской, Павлодарской, местами в Акмолинской и Карагандинской областях. По данным ряда метеостанций летний сезон 2009 г. вошел в 10 % экстремально холодных сезонов, наблюдавшихся с 1941 г. Очаги относительно высоких положительных аномалий были зафиксированы в Западно-Казахстанской области (более 1°C) и в районе г.Текели (более 2°C).

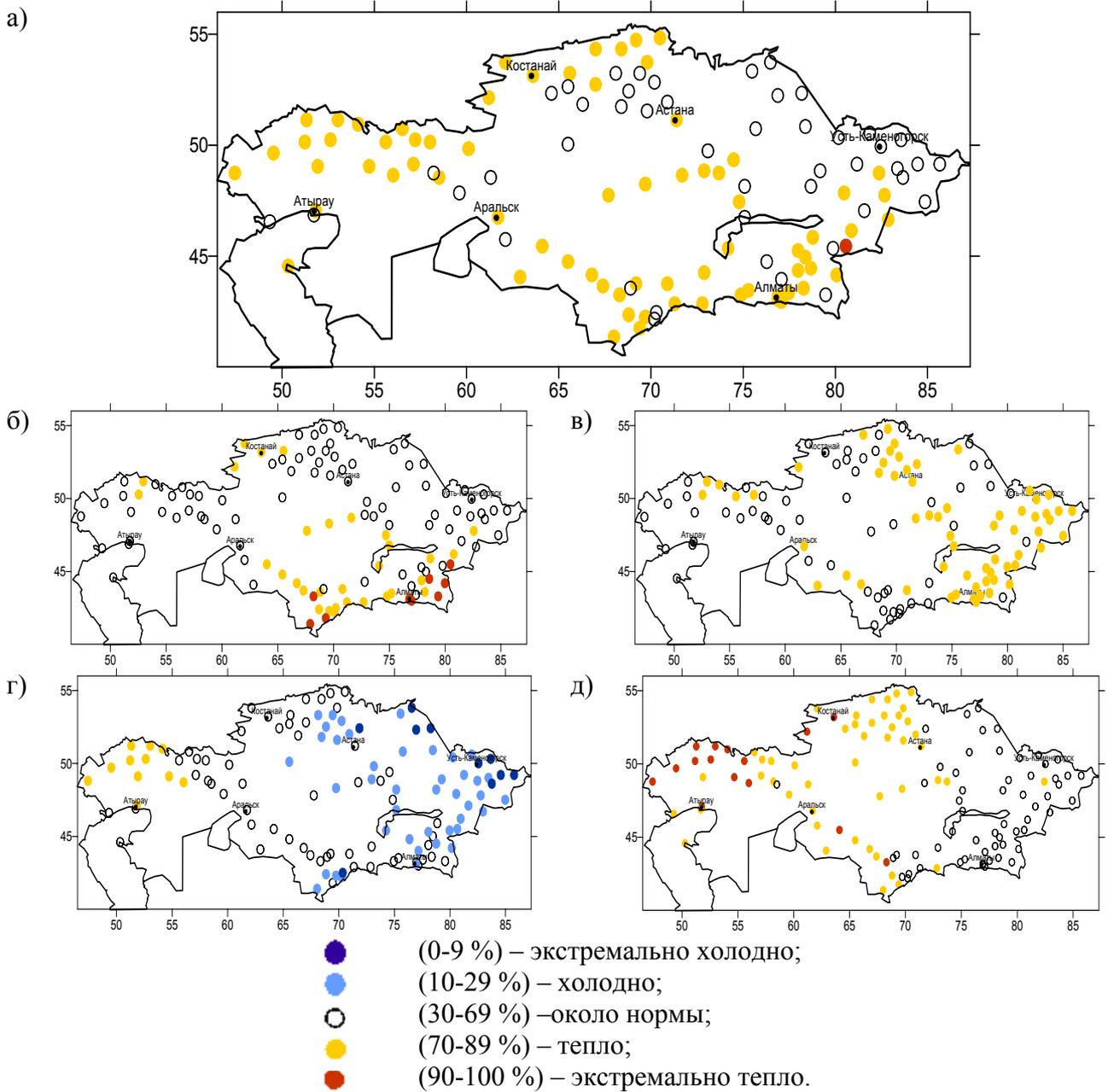
Осень

Осень была тёплой и местами экстремально тёплой на территории западной половины Казахстана (рисунки 1.6 и 1.7, д). Максимальные положительные аномалии – более 2°C наблюдались в Западно-Казахстанской, Атырауской областях, а также на крайнем северо-западе Кустанайской области. По данным 15 метеостанций здесь наблюдалась экстремально теплая осень. На всей остальной территории температуры были около нормы.



а) год (декабрь 2008 г. – ноябрь 2009 г.); б) зима; в) весна; г) лето; д) осень

Рисунок 1.6 – Пространственное распределение аномалий температуры воздуха в 2009 г., рассчитанных относительно базового периода 1971-2000гг., $^{\circ}\text{C}$



1.4 Тенденции в экстремумах температуры приземного воздуха

Для оценки аномальности температуры приземного воздуха в 2009 г. использовались индексы, рекомендованные Межправительственной группой экспертов по изменению климата. Ниже представлен анализ некоторых наиболее показательных индексов и особенности распределения их значений по территории Казахстана в 2009 году.

Суточный максимум температуры воздуха в 2009 г. На рисунке 1.8 красным цветом показаны значения абсолютных максимумов температуры воздуха, зарегистрированные с начала открытия метеостанции и до 2008 года, синим цветом – значения суточных максимумов температуры воздуха, наблюдавшихся в 2009 году. В

2009 году абсолютный максимум температуры воздуха не был перекрыт ни на одной из рассматриваемых метеостанций.

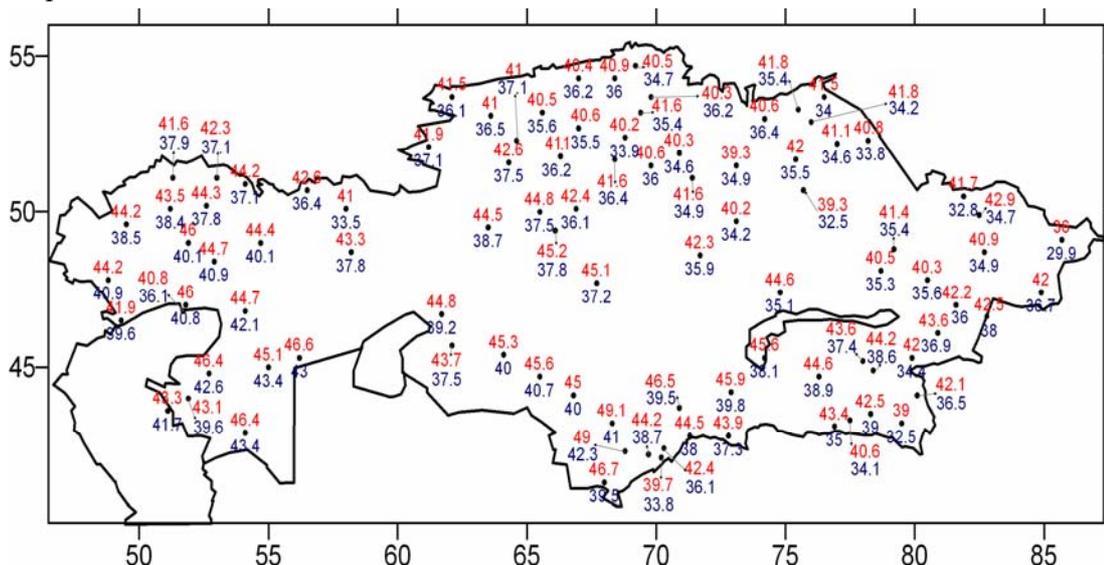


Рисунок 1.8 – Значения абсолютных максимумов температуры воздуха(°С), зарегистрированные с начала открытия метеостанции и до 2008 года (красным цветом) и значения суточных максимумов температуры воздуха, наблюдавшихся в 2009 году (синим цветом).

Суточный минимум температуры воздуха в 2009 г. Абсолютные минимумы температуры воздуха ни на одной из метеостанций, вошедших в данный анализ, не были перекрыты в 2009 году (рисунок 1.9).

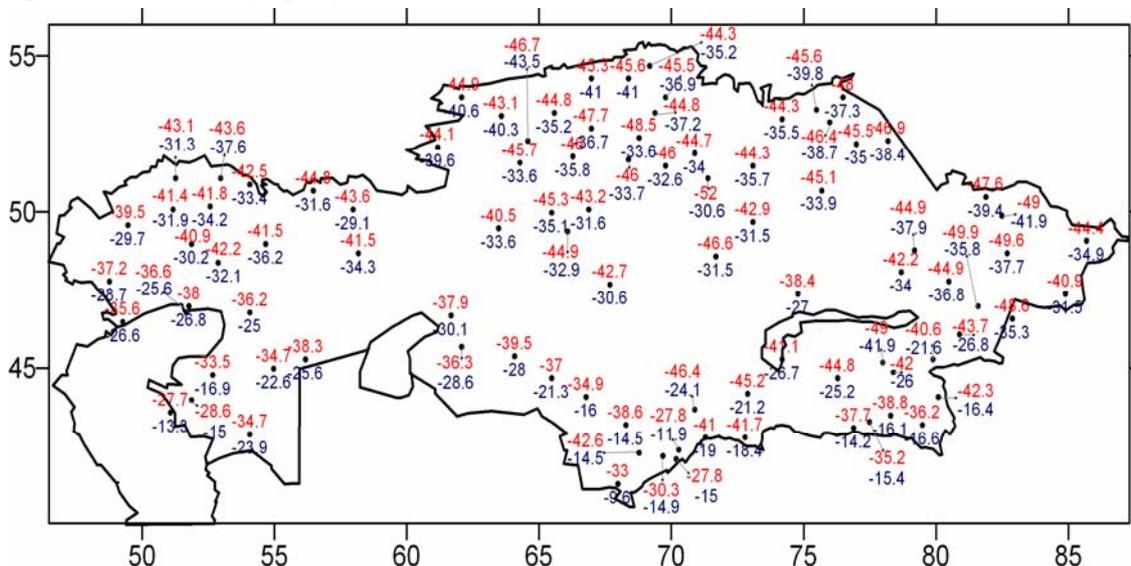


Рисунок 1.9 – Значения абсолютных минимумов температуры воздуха(°С), зарегистрированные с начала открытия метеостанции и до 2008 года (красным цветом) и значения суточных минимумов, наблюдавшихся в 2009 году (синим цветом),

Количество дней с температурой воздуха выше 35 °С в 2009 г. На рисунке 1.10а представлено пространственное распределение количества дней с температурой воздуха выше 35 °С в 2009 году. Количество таких дней плавно возрастает с севера на юг, достигая максимума на крайнем юге Казахстана – более 50 дней. Повторяемость дней с температурой воздуха выше 35 °С в 2009 г. на большинстве метеостанций была низкая

(вероятность непревышения менее 30 %) и экстремально низкая (вероятность непревышения менее 10 %, рисунок 1.10, б). Лишь на западе и севере республики количество таких дней с высокой температурой было около нормы и выше.

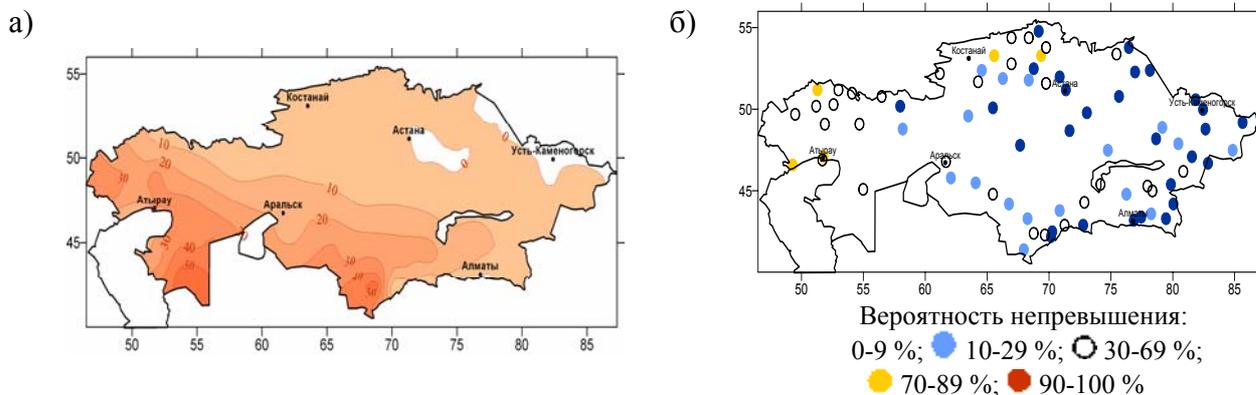


Рисунок 1.10 – Количество дней в 2009 году, когда суточный максимум температуры воздуха был выше 35 °С (а); вероятности непревышения количества дней в 2009 году с температурой воздуха выше 35 °С, рассчитанные за период 1941-2009 гг. (б)

Процент дней в году с суточной максимальной температурой воздуха выше 90-го перцентиля колебался от 6 до 16 % по территории Казахстана. Наиболее часто максимальная температура воздуха превышала 90-ый процентиль на западе и северо-западе республики (рисунок 1.11а). *Процент дней в году с суточной минимальной температурой воздуха ниже 10-го перцентиля* характеризует повторяемость случаев с экстремально низкими температурами. В 2009 г. максимальное количество таких дней (более 10 %) наблюдалось в некоторых северных, северо-восточных и юго-западных районах (рисунок 1.11б).

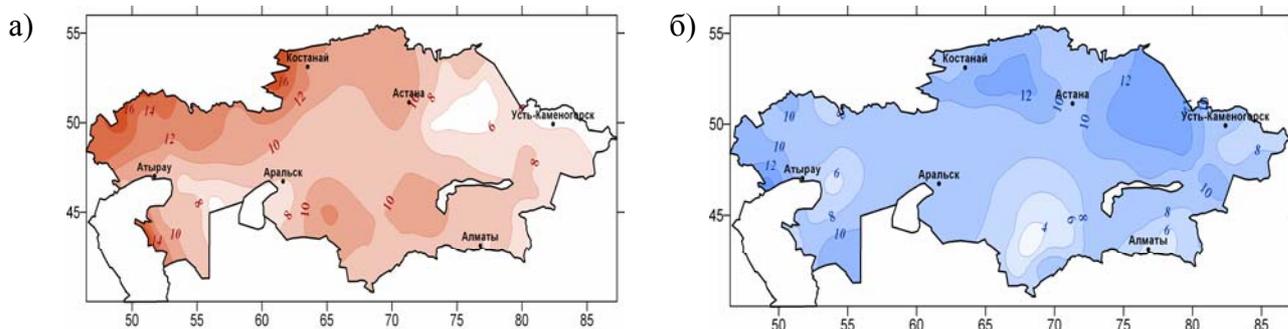


Рисунок 1.11 – Процент дней в 2009 году, когда суточная максимальная температура была выше 90-го перцентиля (а), и суточная минимальная температура была ниже 10-го перцентиля (б)

На рисунке 1.12а представлена общая продолжительность волн тепла на территории Казахстана в 2009 году (*сумма дней когда, как минимум, 6 последовательных дней суточная максимальная температура воздуха была выше 90-го перцентиля*). На северо-западе Казахстана общая продолжительность волн тепла составила более 18 суток, местами более 30. Общая сумма дней, когда, как минимум, 6 последовательных дней суточная минимальная температура воздуха была ниже 10-го перцентиля, характеризует общую продолжительность волн холода. В

2009 году волны холода наблюдались лишь в отдельных локальных районах (рисунок 1.12б).

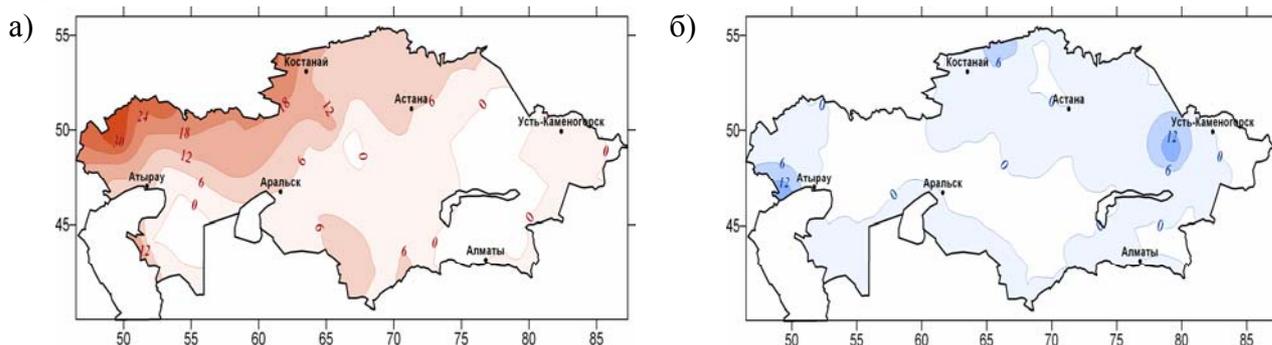


Рисунок 1.12 – Общая сумма дней в 2009 году, когда, как минимум, 6 последовательных дней суточная максимальная температура воздуха была выше 90-го перцентиля (а); общая сумма дней в 2009 году когда, как минимум, 6 последовательных дней суточная минимальная температура воздуха была ниже 10-го перцентиля (б)

На рисунке 1.13 представлена карта распределения продолжительности вегетационного периода (период между первой датой, когда дневная температура пятидневки $\geq 5^{\circ}\text{C}$, и последней даты, когда дневная температура пятидневки $\leq 5^{\circ}\text{C}$) в 2009 году. Продолжительность вегетационного периода в 2009 г. составила менее 180 суток на севере республики до 280 суток на юге.

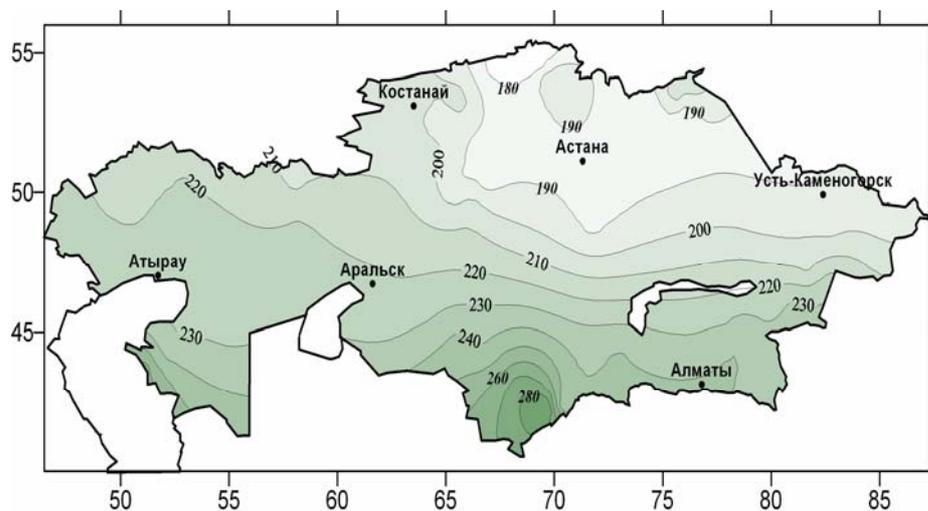
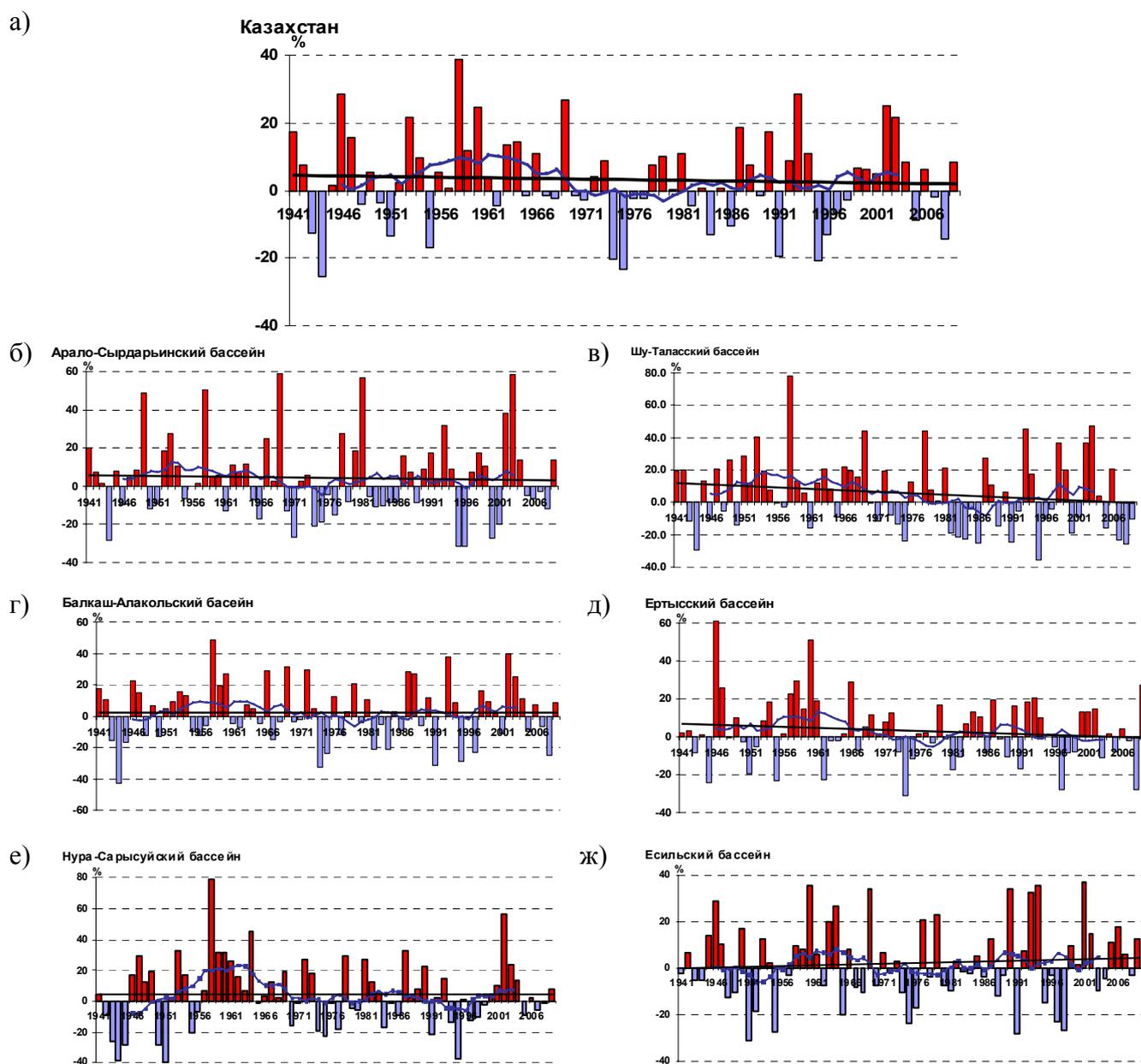


Рисунок 1.13 – Продолжительность вегетационного периода (в днях) в 2009 году.

2 АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ

2.1 Наблюдаемые изменения количества осадков на территории Казахстана в период 1941-2009 гг.

На рисунке 2.1 представлены временные ряды аномалий годовых сумм осадков для периода 1941 по 2009 г., пространственно осреднённых по Казахстану и по 8 водохозяйственным бассейнам, рассчитанных относительно базового периода 1971-2000 гг. В целом по Казахстану годовые суммы осадков незначительно уменьшались – на 0,4 мм/10 лет. В межбассейновом разрезе есть некоторые различия: в Есильском, Нура-Сарысуйском бассейнах наблюдалась слабая тенденция увеличения годового количества осадков – на 0,1...0,6 мм/10 лет, а на территории остальных бассейнов годовое количество осадков уменьшалось (таблица 2.1). Все полученные тренды статистически незначимы.



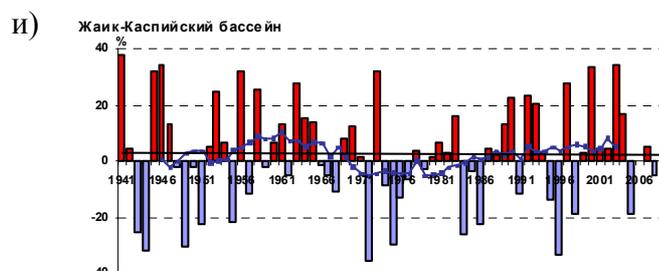
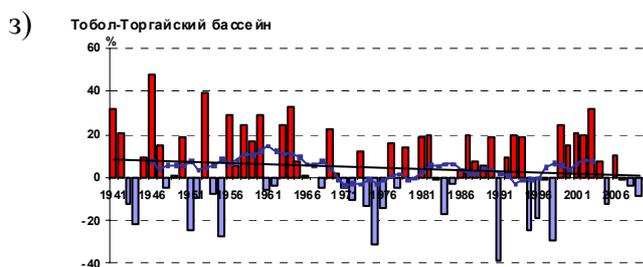


Рисунок 2.1 – Временные ряды и линейные тренды аномалий годовых сумм осадков (в %) за период 1941-2009 гг., пространственно осреднённых по территории Казахстана и по 8-ми водохозяйственным бассейнам. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1971-2000 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением.

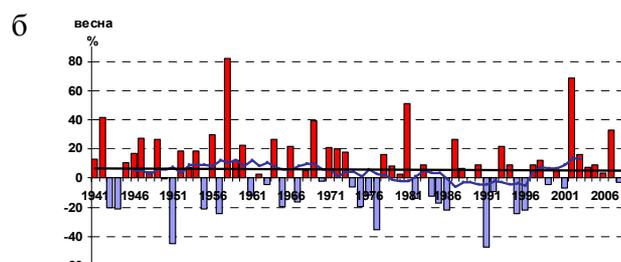
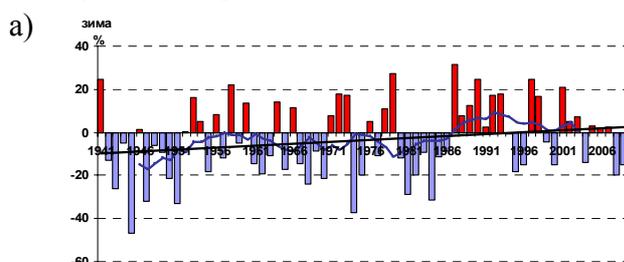
Таблица 2.1 – Характеристики линейного тренда регионально осреднённых сезонных сумм атмосферных осадков, осредненных по территории Казахстана и 8-ми водохозяйственных бассейнов за 1941-2009 гг.

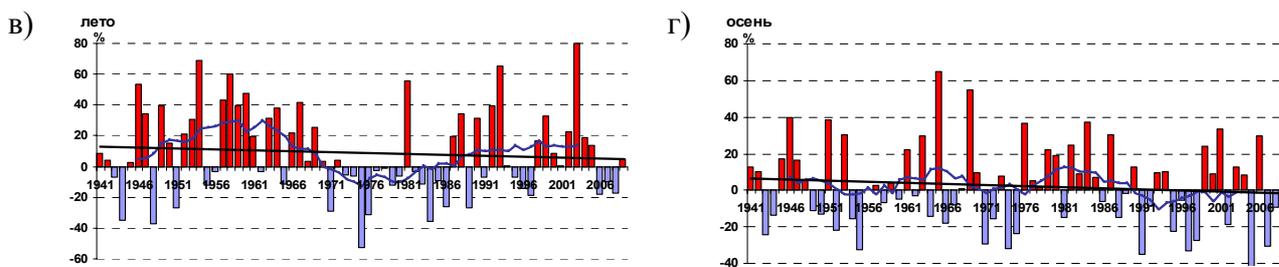
Регион	Период лет	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
		*a	**R ²	a	R ²	a	R ²	a	R ²	a	R ²
Казахстан	1941-2009	-0,4	0	1,8	4	-0,2	0	-1,3	0	-1,2	1
Арало-Сырдарьинский Б.	1941-2009	-0,4	0	-0,5	0	-1,5	0	0,9	0	-0,4	0
Балкаш-Алакольский Б.	1941-2009	-0,1	0	1,9	3	-1,7	1	-0,6	0	0,1	0
Ертысский Б.	1941-2009	-1,1	2	1,3	1	-1,1	0	-2,7	3	-1,6	2
Есильский Б.	1941-2009	0,6	0	6,0	17	1,8	2	-1,3	0	-1,2	0
Нура-Сарысуйский Б.	1941-2009	0,1	0	3,1	5	-0,4	0	-1,6	0	-1,3	0
Тобол-Торгайский Б.	1941-2009	-1,1	1	1,4	1	1,9	1	-2,6	2	-3,5	4
Жайк-Каспийский Б.	1941-2009	-0,1	0	2,1	3	2,1	1	-2,2	1	-2,9	3
Шу-Таласский Б.	1941-2009	-1,8	3	-1,9	24	-3,4	3	-1,3	0	-0,2	0

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

** R² – коэффициент детерминации, %

На рисунке 2.2 представлен межгодовой ход аномалий сезонных сумм осадков (%), осредненных по территории Казахстана. Зимой в среднем по Казахстану наблюдается тенденция увеличения количества осадков на 1,8 мм/10 лет, во все остальные сезоны количество осадков незначительно уменьшается – примерно на 1 мм/10 лет. Все полученные тренды статистически незначимы.





а) зима; б) весна; в) лето; г) осень.

Рисунок 2.2 – Временные ряды и линейные тренды аномалий сезонных сумм осадков, пространственно осреднённых по территории Казахстана. Аномалии рассчитаны в % относительно базового периода 1971-2000 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением.

2.2 Аномалии количества осадков на территории Казахстана в 2009 году

На рисунке 2.3 для 2009 года представлено территориальное распределение количества осадков, выраженное в процентах нормы (1971-2000 гг.), на рисунке 2.4 – вероятности непревышения годовых и сезонных сумм осадков, наблюдавшихся в 2009 году. Вероятность непревышения характеризует частоту появления соответствующего значения аномалии в ряду наблюдений.

В 2009 году годовое количество осадков (зима 2008 – ноябрь 2009) на большей части территории Казахстана было около нормы. Осадки были выше нормы локально на востоке, юге, северо-востоке Казахстана. По данным 10-ти метеостанций 2009 г. вошел в 10 % экстремально влажных лет. Местами на севере, западе и в центре Казахстана осадки были значительно ниже нормы, по данным 8-ми метеостанций год вошел в 10 % экстремально сухих лет (рисунки 2.3 и 2.4, а).

Зима (декабрь 2008-февраль 2009).

Зимой дефицит осадков (рисунки 2.3б и 2.4б) наблюдался в Западно-Казахстанской, Северо-Казахстанской областях, в северной половине Актюбинской и Костанайской областей, а также в восточной половине Кызылординской области, где их количество составило 40...80 % нормы. Наименьшее количество осадков выпало в Западно-Казахстанской области – менее 40 % нормы. По данным всех метеостанции этой области зимний сезон вошел в 10 % экстремально сухих сезонов, начиная с 1941 г. Области положительных аномалий, когда количество осадков было на 20 % выше нормы, зафиксированы на территории Мангистауской, Кызылординской и Восточно-Казахстанской областях.

Весна.

Весной практически на всей территории количество осадков было около или выше нормы. Наибольшее количество осадков – до 180...240 % нормы, выпало в Западно-Казахстанской, Атырауской, Актюбинской, Костанайской и Акмолинской областях (рисунки 2.3в и 2.4в). По данным более 25 метеостанций весна 2009 г. вошла в 10 % экстремально влажных сезонов. Дефицит осадков – менее 80 % нормы, наблюдался небольшими очагами в Мангистауской, Южно-Казахстанской, Карагандинской областях.

Лето.

Летом недостаток осадков наблюдался в западных областях республики, а также в северной половине Костанайской, восточной половине Карагандинской и Жамбылской

областей. Количество осадков составило здесь 60...80 % нормы (рисунки 2.3г и 2.4г). Значительное количество осадков – до 160...200 % нормы, выпало в Приаралье, в некоторых южных, центральных и северо-восточных районах Казахстана. По данным 9-ти метеостанций летний сезон 2009 г. вошел в 10 % экстремально влажных сезонов.

Осень.

Осенью дефицит осадков наблюдался западе республики, на территории Костанайской, Северо-Казахстанской и Жамбылской областей. На этих территориях выпало 40-80 % осенней нормы осадков. По данным 13-ти метеостанций осенний сезон 2009 г. вошел в 10 % экстремально сухих осенних сезонов, начиная с 1941 г. Осадки выше нормы (от 120 до 280 %) были зафиксированы в Кызылординской, Восточно-Казахстанской и частично в Карагандинской, Мангистауской, Акмолинской, Алматинской областях. По данным некоторых метеостанций осенний сезон 2009 г. здесь вошел в 10 % экстремально влажных осенних сезонов.

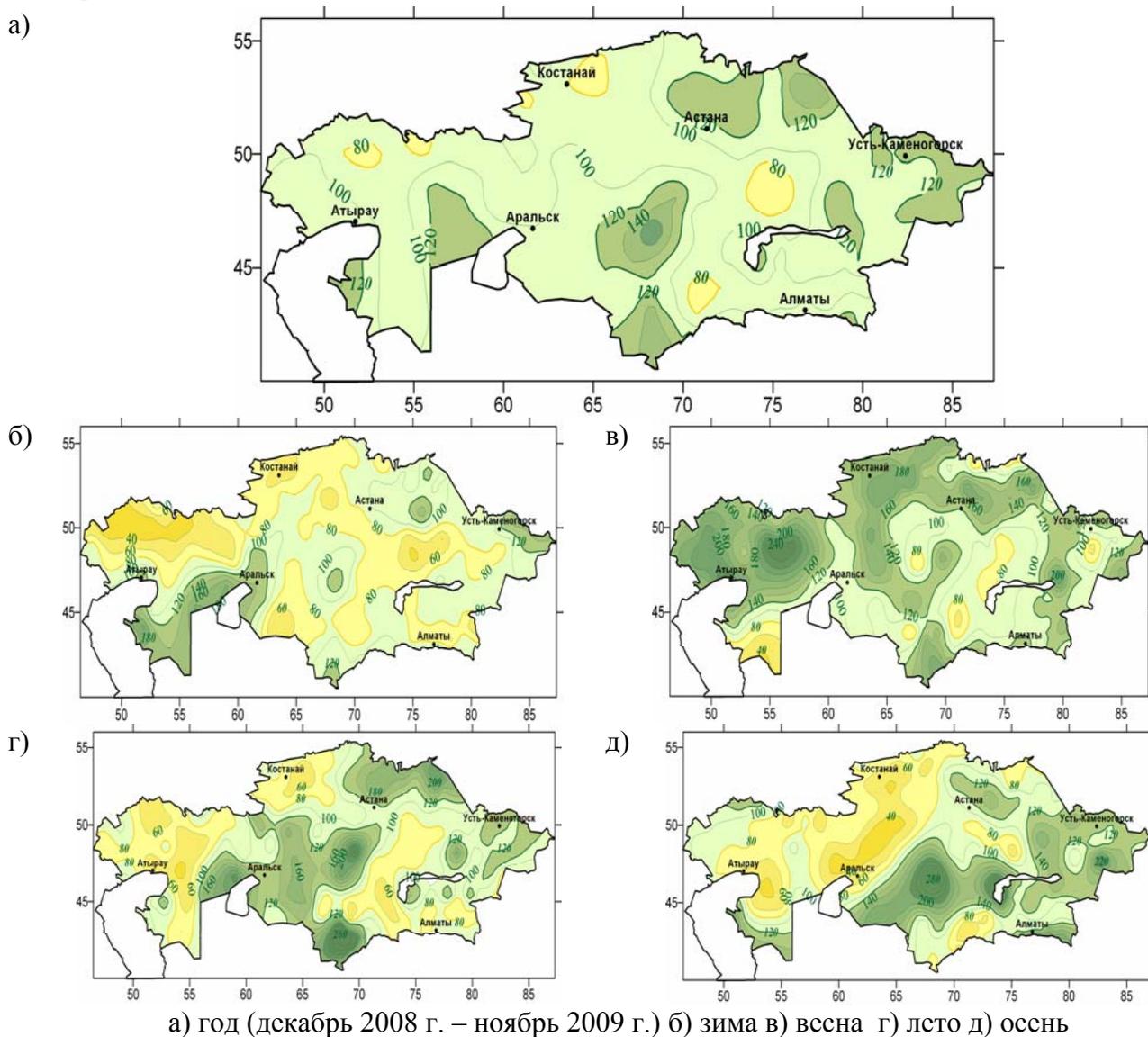


Рисунок 2.3 – Количество осадков в 2009 г., выраженное в % от нормы за период 1971-2000 гг.

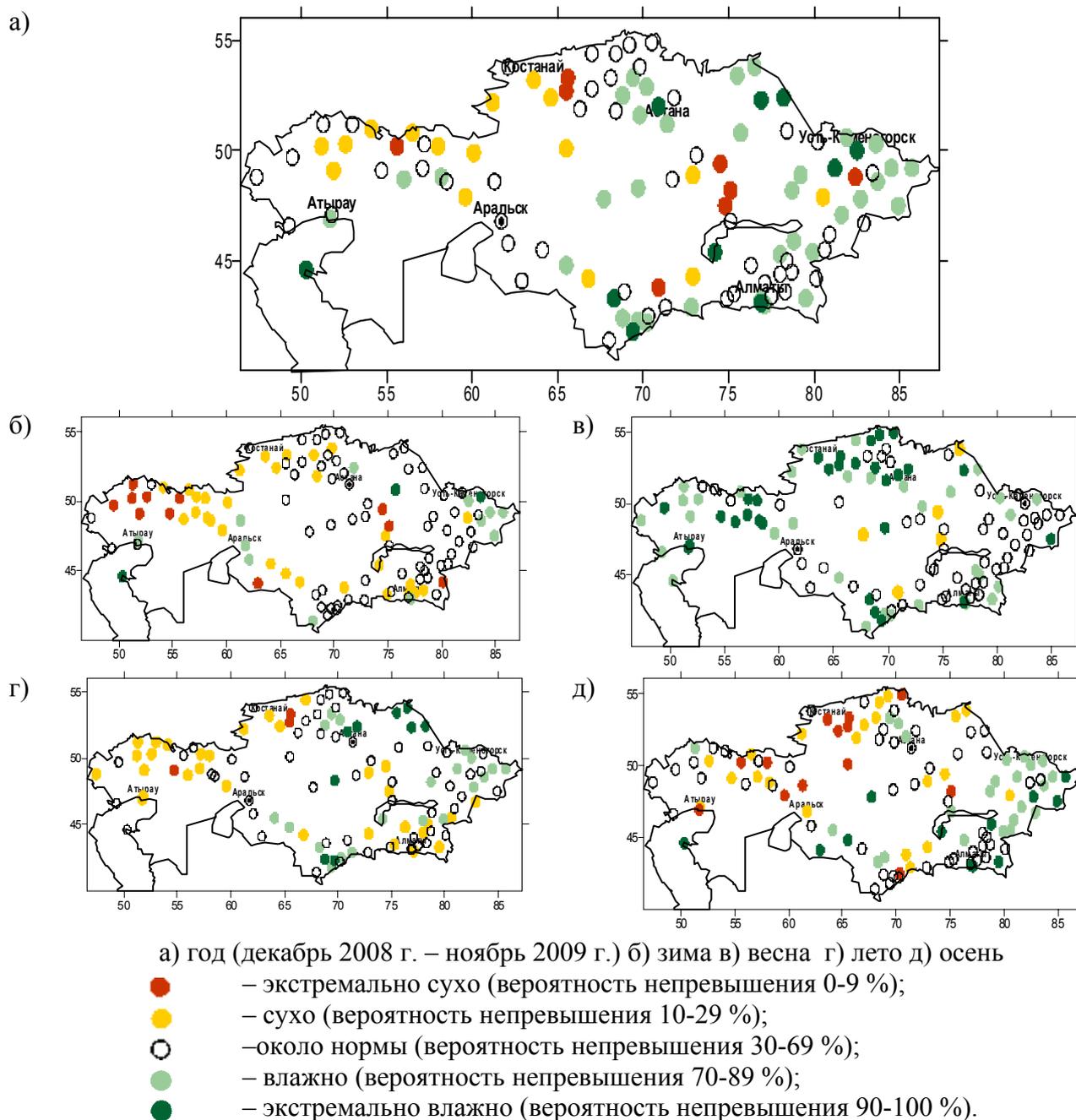


Рисунок 2.4 – Аномалии годовых и сезонных сумм осадков, наблюдавшихся в 2009 году, выраженные как вероятности непревышения, рассчитанные за период с 1941 г.

2.3 Тенденции в экстремумах количества атмосферных осадков

Для оценки тенденций в экстремумах количества осадков использовались индексы изменения климата, предложенные ВМО. Анализ некоторых наиболее показательных индексов осадков и особенности распределения их значений по территории Казахстана в 2009 году представлен ниже.

Максимумы суточного количества осадков в 2009 г. На рисунке 2.5 красным цветом показаны значения абсолютных максимумов суточного количества осадков, определенные за период с начала открытия метеостанции по 2008 год, синим цветом – значения суточных максимумов, наблюдавшиеся в 2009 году. В 2009 году абсолютный

максимум суточного количества осадков был перекрыт на метеостанции Куйган и составил 41 мм.

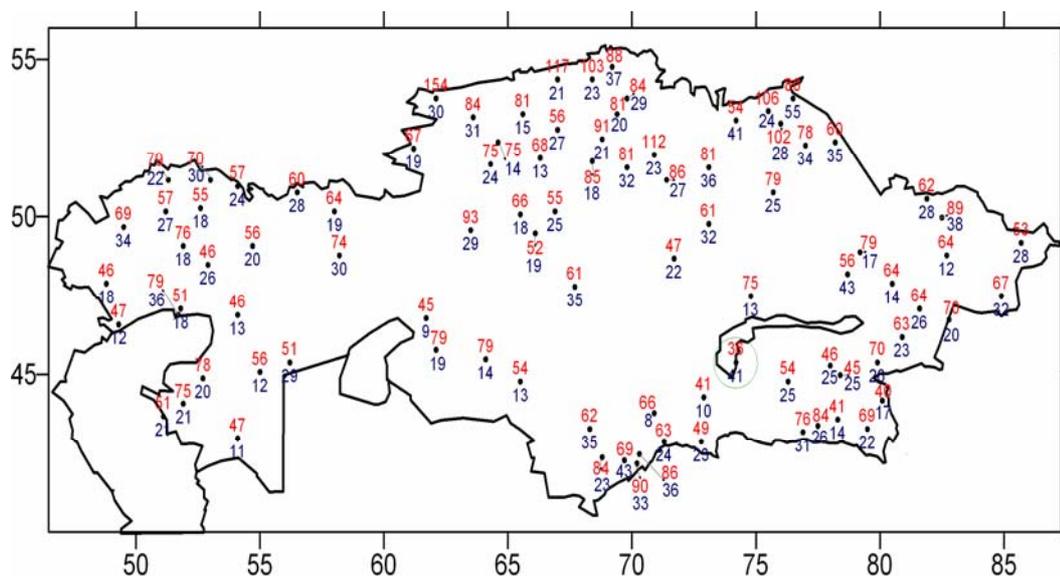


Рисунок 2.5 – Абсолютный максимум суточного количества осадков, выбранный за период с начала открытия метеостанции по 2008 год (красным цветом) и максимальное количество осадков, выпавшее за сутки в 2009 году (синим цветом), мм

На рисунке 2.6 представлена доля суммы экстремального суточного количества осадков в сумме осадков за 2009 г. Наибольшая доля экстремального количества осадков наблюдалась на трёх метеостанциях – Эмба, Ерейментау и Акколь, и составила 52, 46 и 41 %, соответственно.

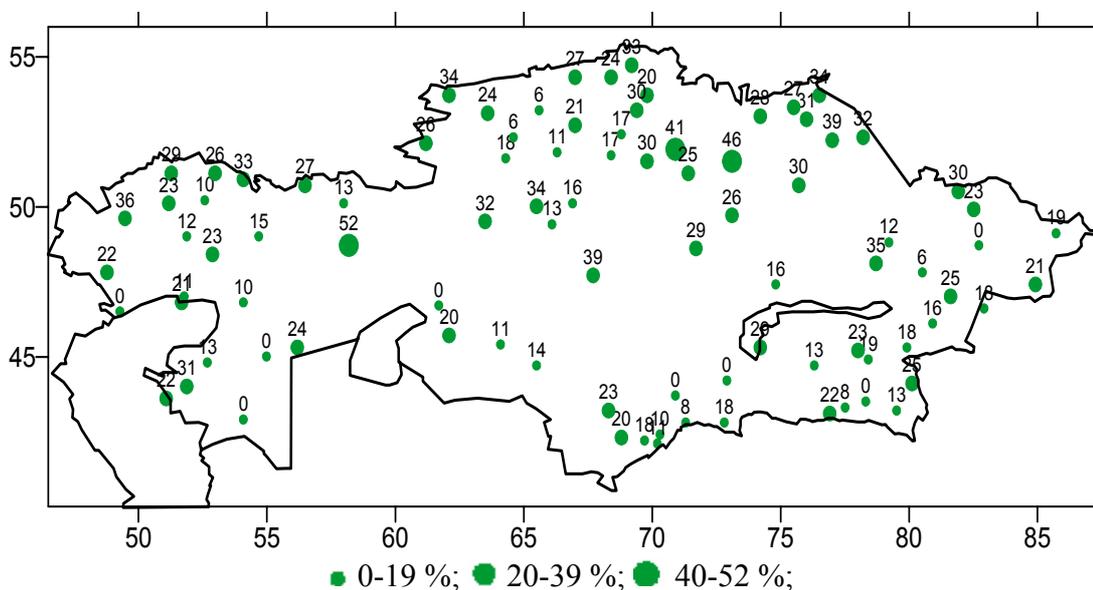


Рисунок 2.6 – Доля (%) экстремального количества осадков в годовой сумме осадков за 2009 год. Экстремальное количество осадков рассчитано как сумма осадков в дни с количеством осадков более 95-го перцентиля.

В условиях засушливого климата Казахстана очень важным является индекс, который показывает *максимальную продолжительность периода, когда осадки были меньше 1 мм* (продолжительность бездождного периода, рисунок 2.7). В 2009 году

практически на всех метеостанциях продолжительность периода без осадков была, как минимум, больше 1 месяца. В Мангистауской, Атырауской, Кызылординской областях периоды без осадков составляли по продолжительности более 60 дней.

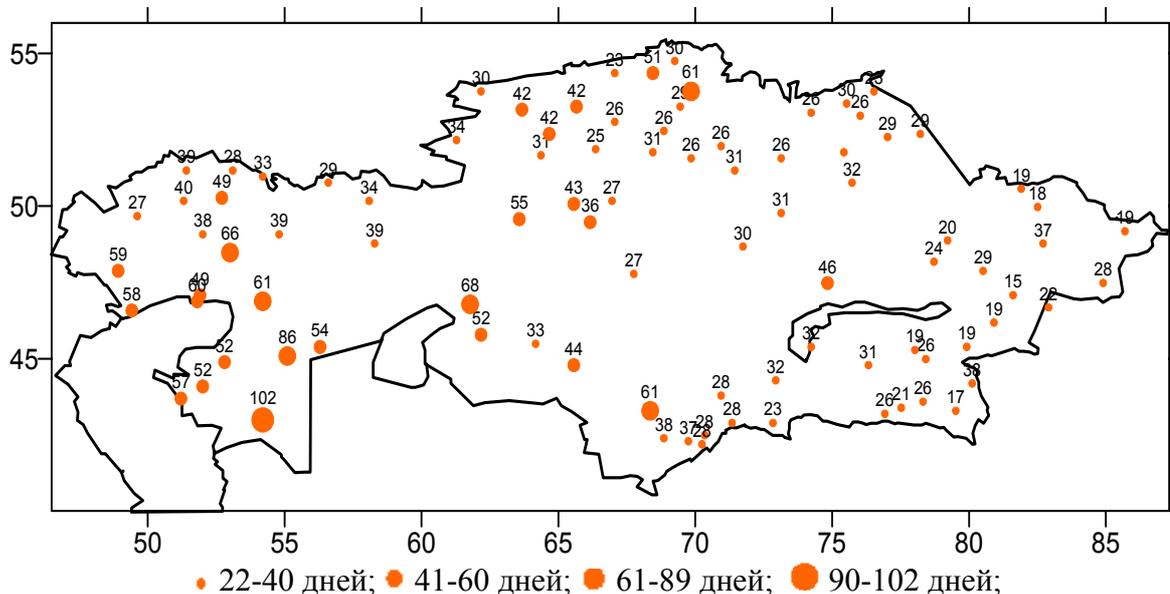


Рисунок 2.7 – Максимальная продолжительность бездождного периода (в днях) в 2009 году

В 2009 году **максимальная продолжительность периода, когда осадки были больше или равны 1 мм** (продолжительность дождливого периода), представлена на карте на рисунке 2.8. Максимальная продолжительность периода с осадками составляла от 2 до 13 дней. На МС Акколь осадки выпадали в течение 13 дней подряд.

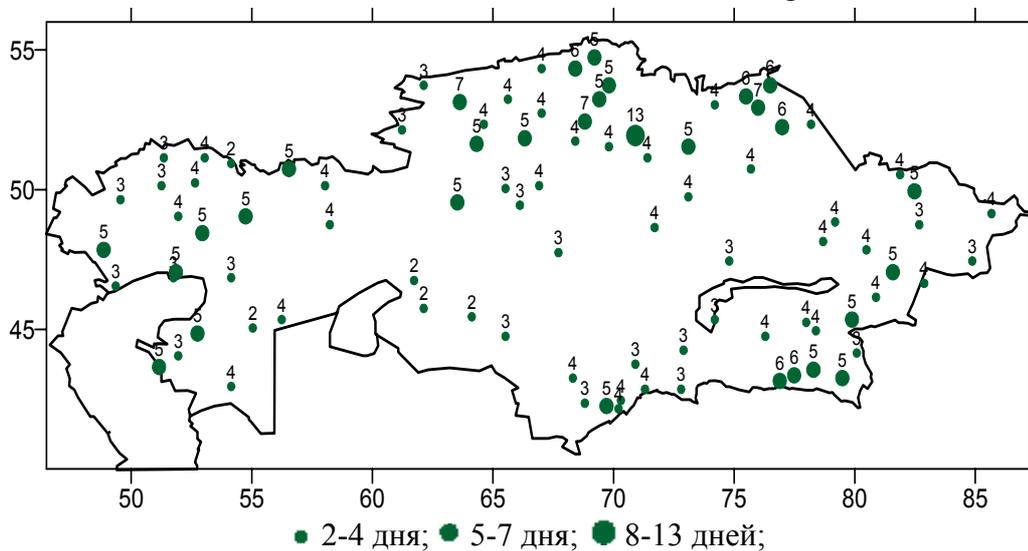


Рисунок 2.8 – Максимальная продолжительность периода (в днях) в 2009 году, когда осадки были больше или равны 1 мм

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

2009 год вошёл в десятку самых тёплых лет в целом для Земного шара за период инструментальных наблюдений (1850-2009 гг.), заняв 5 место.

На территории Казахстана 2009 год занял 19 место в ряду наблюдений с 1940 года, ранжированном по убыванию значений средней по площади аномалии температуры воздуха. Среднегодовая температура воздуха в 2009 году была около нормы ($-1,0...+1,0$ °С) на большей части территории республики и выше нормы на территории Кызылординской и Западно-Казахстанской областей. Зима в южных регионах и осень в западных регионах республики были аномально тёплыми. Лето на северо-востоке республики было холодным, а местами и экстремально холодным.

Повышение температуры в различных регионах Казахстана происходило различными темпами, но все тренды статистически значимы. В последний 30-ти летний период потепление идет более высокими темпами. Если в период 1941-2009 гг. среднегодовая температура воздуха увеличивалась в среднем по Казахстану на $0,30$ °С/10 лет, то в период 1976-2009 гг. на $0,43$ °С/10 лет, при этом доля объяснённой трендом дисперсии более 25 %.

Годовая сумма осадков (зима 2008 – ноябрь 2009) на большей части территории была около нормы. Зимой дефицит осадков наблюдался в Западно-Казахстанской, Северо-Казахстанской областях, в северной половине Актюбинской и Кустанайской областей, а также в восточной половине Кызылординской области, где их количество составило 40...80 % нормы. Весной практически на всей территории количество осадков было около или выше нормы, в западных и северных районах – значительно выше нормы. Летом в некоторых северных, центральных районах и в Приаралье осадков было выше нормы, на западе, северо-западе, в восточных районах центрального Казахстана – ниже нормы. Осенью дефицит осадков наблюдался на западе Казахстана, на территории Костанайской, Северо-Казахстанской и Жамбылской областей. Осадки выше нормы (120-280 %) были зафиксированы в Кызылординской, Восточно-Казахстанской и частично в Карагандинской, Мангистауской, Акмолинской, Алматинской областях.

За период 1941-2009 г. годовые суммы осадков в целом по Казахстану незначительно уменьшались – на $0,4$ мм/10 лет. В межбассейновом разрезе есть некоторые различия: в Есильском, Нура-Сарысуйском бассейнах наблюдается слабая тенденция увеличения годового количества осадков – на $0,1...0,6$ мм/10 лет, а на территории остальных бассейнов годовое количество осадков уменьшается. Все полученные тренды статистически незначимы.