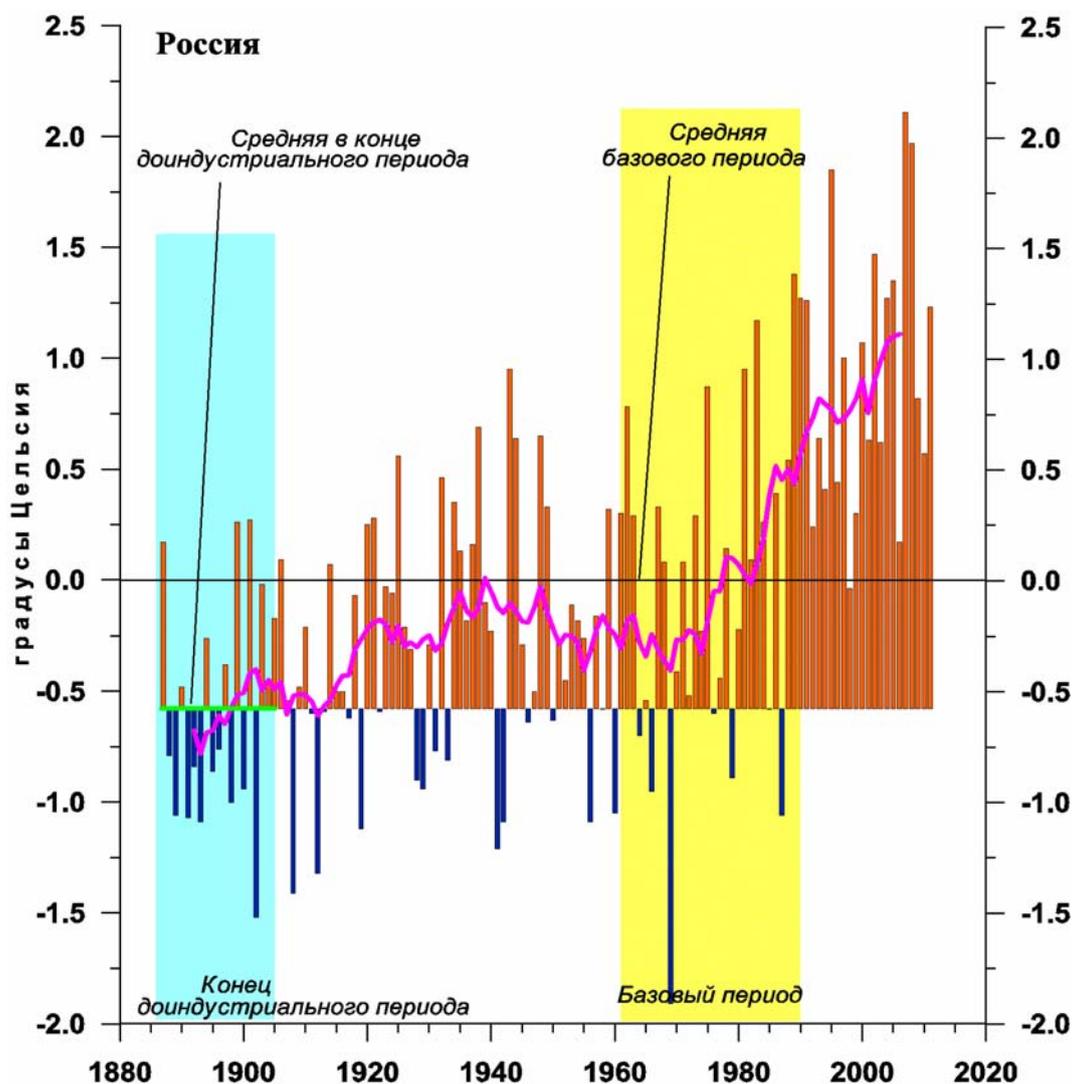


Федеральная служба по
гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды

Российская
Академия Наук

ФГБУ «Институт Глобального климата и экологии»



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2011 ГОД (ДЕКАБРЬ 2010 – НОЯБРЬ 2011)

Обзор состояния и тенденций изменения
климата России



Москва 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ¹

ВВЕДЕНИЕ	3
ИЗМЕНЕНИЯ ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ 1. ЗЕМНОГО ШАРА, СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ.....	5
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ 2011 г. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ.....	7
2.1 Температура воздуха.....	7
2.2 Атмосферные осадки	10
3 ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	13
4 ИЗМЕНЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР И ОСАДКОВ В 1936-2011 гг.....	19
5. КРУПНЫЕ АНОМАЛИИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ В 2011 г.....	23
ИНДЕКСЫ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ 6. ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ТЕРРИТОРИИ РОССИИ ЗА ПЕРИОД 1936-2011 гг	25
ВЫВОДЫ	28
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности 2011г. на территории Республики Беларусь.....	30

¹ На обложке приведен ход средней годовой аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2011 гг.
Аномалия температуры рассчитана как отклонение от средней температуры за базовый период 1961-1990 гг. Столбцы диаграммы представлены относительно средней за 1887 – 1905 гг. (конец «доиндустриального» периода)

ВВЕДЕНИЕ.

Все приведенные в Бюллетене оценки для территории России получены по данным о средних месячных значениях температуры приземного воздуха и месячных суммах атмосферных осадков в базовом архиве ИГКЭ. Архив включает данные инструментальных наблюдений на 1383 станциях земного шара, в том числе 455 станций стран СНГ и Балтии (из них 310 станций России). В настоящем выпуске использованы данные 260 российских станций, по которым своевременно поступили сводки КЛИМАТ в оперативном потоке.

Под «нормой» в бюллетене понимается среднее многолетнее значение рассматриваемой климатической переменной за 1961-1990 гг. (базовый период). Аномалии температуры определяются как отклонения наблюденного значения от нормы. Аномалии осадков рассматриваются 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 текущего значения климатической переменной (или ее аномалии) рассчитывается как доля наблюдений в прошлом, в которых значение этой переменной (или ее аномалии) было не больше текущего.

Регионально осредненные оценки приводятся в Бюллетене для физико-географических регионов России (рис. 1) и Федеральных округов РФ (рис. 2) по данным с 1936 г., так как до этого срока в архиве имеются массовые пропуски данных.



Рисунок 1 – Физико-географические регионы РФ, рассматриваемые в Бюллетене.

Пространственное осреднение выполняется по станционным данным об аномалиях климатических переменных с использованием двухступенчатой процедуры. На первом этапе территория региона покрывается регулярной сеткой (разрешением 2.5 градуса широты на 5 градусов долготы), и в каждой ячейке сетки рассчитывается

среднее арифметическое из значений аномалий на попавших в эту ячейку станциях. На втором этапе выполняется взвешенное осреднение средних по ячейкам сетки с весами, пропорциональными площади пересечения ячейки с территорией региона.



Рисунок 2 - Федеральные округа Российской Федерации

Аналогичным образом, по данным о станционных «нормах» (средних многолетних за базовый период) для каждого региона рассчитываются регионально осредненные «нормы». Региональные средние значения самих климатических переменных рассчитываются суммированием регионально осредненных «норм» и регионально осредненных аномалий (этот алгоритм уменьшает смещение средних, вызываемое пропусками в рядах наблюдений). Эти региональные средние значения самих климатических переменных используются при вычислении нормированной аномалии температуры и аномалии осадков в процентах от нормы.

В Приложении приводятся данные мониторинга климата на территории Республики Беларусь, подготовленные в рамках проекта 3.1 «Оценка наблюдаемых тенденций изменения климата на региональном уровне и выпуск информационных бюллетеней о его состоянии и изменениях на территории Союзного государства».

Бюллетень подготовлен в ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»* с использованием материалов НИУ Росгидромета: ФГБУ «Гидрометцентр РФ» и ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». Дополнительная информация по проблеме изменений климата и бюллетени мониторинга климата регулярно размещаются на Интернет-сайтах <http://climatechange.igce.ru>, <http://climatechange.su> (ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»).

* В выпуске принимали участие сотрудники Отдела мониторинга и вероятностного прогноза климата ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»: Г.В. Груза (руководитель), Э.Я. Ранькова, Э.В. Рочева, М.Ю. Бардин, Т.В. Платова, О.Ф. Самохина, Ю.Ю. Соколов.

1. ИЗМЕНЕНИЯ ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗЕМНОГО ШАРА, СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ

На рисунке 1.1 представлены временные ряды среднегодовых аномалий температуры у поверхности Земли (декабрь 2010 – ноябрь 2011 г.), осредненных по территории Земного шара (континенты и океаны), континентов Северного полушария (СП) и России. Ряд для Земного шара построен по ежемесячным данным о глобально осредненной аномалии приповерхностной температуры Университета Восточной Англии (массив hadcrut3gl.txt на сайте www.cru.uea.ac.uk). Этот ряд получен осреднением аномалии температуры воздуха у поверхности (2м) суши и аномалии температуры воды у поверхности океана. Аномалия температуры воздуха над сушей СП рассчитана также в Университете Восточной Англии по данным наблюдений на станциях глобальной метеорологической сети. Временной ряд для территории России рассчитан и построен по стационарным данным о температуре приземного воздуха ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН».

С 1970-х гг. наблюдается монотонный рост глобальной и полушарной температур. Линейный тренд среднегодовой температуры за период 1976-2011 гг. составил для Земного шара $+0.16^{\circ}\text{C}/10$ лет (объясненная трендом доля дисперсии ряда - 75%), для Северного полушария - $+0.32^{\circ}\text{C}/10$ лет (76%). В последние несколько лет заметно некоторое замедление потепления, однако этот период слишком короток для того, чтобы делать определенные выводы об изменении тенденции.

Средние годовые аномалии температуры составили $+0.34^{\circ}\text{C}$ для Земного шара в целом и $+0.75^{\circ}\text{C}$ для Северного полушария :это одиннадцатые величины в обоих рядах наблюдений с 1886 года; почти все превосходящие их значения наблюдались в предыдущие 10 лет (за исключением рекордного 1998 г.). Для России в целом среднегодовая аномалия температуры составила $+1.23^{\circ}\text{C}$ – десятая величина в ранжированном по убыванию ряду наблюдений с 1886 года.

Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений годовых температур за период 1976-2011 гг. в среднем для Земного шара, СП и России, приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Годовые (декабрь 2010-ноябрь 2011 года) аномалии и оценки линейного тренда пространственно осредненной приповерхностной температуры Земного шара и температуры приземного воздуха СП и России за период 1976-2011г.

Регионы мира	$vT_{2011}, ^{\circ}\text{C}$	1976-2011	
		$b, ^{\circ}\text{C}/10$ лет	D %
Земной шар	0.34	0.16	75
СП	0.75	0.32	76
Россия	1.23	0.43	33

Примечание: vT – аномалия температуры, b – коэффициент линейного тренда, D - вклад тренда в дисперсию

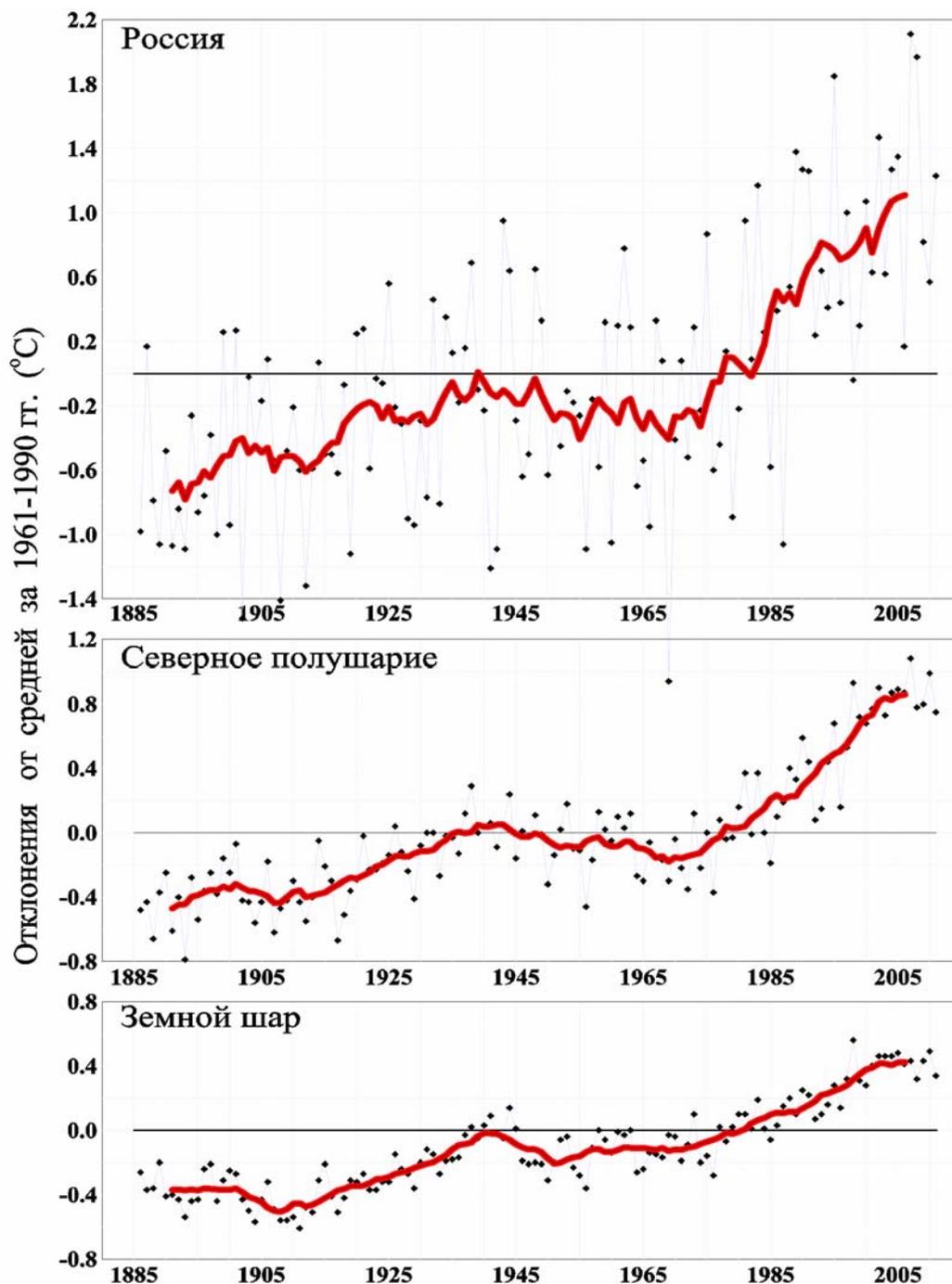


Рисунок 1.1 – годовая аномалия (декабрь 2010–ноябрь 2011) приповерхностной температуры Земного шара, Северного полушария (суша) и России за 1886-2011 гг.

Данные о глобальных аномалиях температуры получены из массива hadcrut3gl.txt (рассчитан по данным над континентами и океанами), аномалии для СП получены из массива crutem3nh.txt (по данным над континентами), данные о средней аномалии на территории России получены в ИГКЭ по данным на станциях России.

Аномалии рассчитаны как отклонения от средней за базовый период 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Использованы данные Университета Восточной Англии (Земной шар, СП) и данные ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» (Россия).

2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ 2011 ГОДА НА ТЕРРИТОРИИ

2.1 Температура воздуха

В таблице 2.1 представлены среднегодовые и средние сезонные аномалии температуры для регионов России. Для каждого значения аномалии (таблица 2.2) приведен ее ранг в ранжированном (убывающем) ряду соответствующей климатической переменной за 1936-2011 гг. и вероятность превышения.

Средняя годовая аномалия в 2011 году составила +1.23°C – это десятая величина в ранжированном по убыванию ряду наблюдений. Судя по таблице 2.2, 2011 год был очень теплым для регионов Приамурья и Приморья (ранг 3) и Восточная Сибирь (ранг 3). По сравнению с 2010 годом (аномалия +0.57°C -25 ранг) 2011 год для России в целом был намного теплее. К аномальным сезонам следует отнести экстремально теплую весну (ранг 2 в ряду наблюдений с 1936 года), жаркое лето (по рангу теплых лет было третьим). Зима во всех регионах (кроме Приамурья и Приморья и Восточной Сибирь) была холодной с отрицательными средними сезонными аномалиями. В регионах Приамурья и Приморья и Восточная Сибирь зимой было тепло (зима 2011 года вошла десять самых теплых зим, наблюдавшихся в этих регионах).

Таблица 2.1

Средние годовые (декабрь 2010 - ноябрь 2011г.) и сезонные аномалии температуры приземного воздуха в субъектах России в 2011 году:

νT - отклонения от средних за 1961-1990 гг.; s – среднее квадратическое отклонение (выделены экстремальные значения, попадающие в 5% максимальных или минимальных)

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	$\nu T, ^\circ C$	$s, ^\circ C$	$\nu T, ^\circ C$	$s, ^\circ C$	$\nu T, ^\circ C$	$s, ^\circ C$	$\nu T, ^\circ C$	$s, ^\circ C$	$\nu T, ^\circ C$	$s, ^\circ C$
Россия	1.23	0.76	-0.31	1.82	2.56	1.19	1.40	0.33	1.36	0.90
Физико-географические регионы России										
Европейская часть РФ	0.50	0.97	-1.40	2.33	0.70	1.44	1.73	1.00	0.97	1.04
Западная Сибирь	0.89	1.08	-1.87	2.94	3.33	1.62	-0.02	0.80	2.10	1.54
Средняя Сибирь	1.98	1.10	-0.53	2.78	4.79	1.66	1.62	0.65	2.03	1.80
Прибайкалье и Забайкалье	1.18	0.73	-0.51	1.89	2.51	1.39	1.78	0.57	0.92	1.23
Приамурье и Приморье	1.58	0.73	2.65	1.52	0.48	1.15	1.84	0.75	1.36	0.89
Восточная Сибирь	1.83	0.62	1.93	1.41	3.23	1.22	1.63	0.56	0.72	0.94
Федеральные Округа РФ										
Северо-Западный	0.97	1.14	-2.53	2.88	2.30	1.54	1.66	1.17	2.42	1.24
Центральный	0.73	1.10	-1.30	2.69	0.58	1.69	2.58	1.22	1.05	1.13
Приволжский	0.17	1.05	-1.18	2.54	-0.08	1.69	1.32	1.19	0.62	1.25
Южный	0.09	0.96	-0.01	2.08	-0.71	1.47	1.96	1.04	-0.87	1.05
Северо-Кавказский	0.06	0.73	1.39	1.59	-0.74	0.96	1.36	0.76	-1.74	0.85
Уральский	1.21	1.18	-1.24	3.12	3.78	1.75	0.01	1.02	2.29	1.64
Сибирский	1.17	0.93	-1.60	2.57	3.53	1.47	1.03	0.47	1.72	1.49
Дальневосточный	1.90	0.69	1.88	1.46	2.86	1.23	1.84	0.48	1.11	1.01

Таблица 2.2

Ранги регионально осредненных аномалий температуры в 2011 году в ряду за 1936-2011 гг. и вероятности неперевышения

$P(t \leq T_{2011})$ - Вероятности неперевышения – рассчитаны по данным за 1936-2010 гг. и выражены в %; R – ранг текущих значений в ряду за 1936-2011 гг., упорядоченном по убыванию. (принимает значения $1 \div 76$); выделены экстремальные значения, попадающие в 5% максимальных или минимальных

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R
Россия	88	10	39	47	99	2	97	3	89	9
Физико-географические регионы России										
Европейская часть РФ	64	28	24	58	72	22	92	7	76	19
Западная Сибирь	80	16	23	59	97	3	44	43	91	8
Средняя Сибирь	96	4	35	50	99	2	96	4	84	13
Прибайкалье и Забайкалье	87	11	40	46	95	5	96	4	79	18
Приамурье и Приморье	97	3	95	5	67	26	100	1	89	9
Восточная Сибирь	97	3	91	8	96	4	97	3	53	36
Федеральные Округа РФ										
Северо-Западный	73	21	13	66	93	6	91	8	97	3
Центральный	67	26	35	50	68	25	95	5	81	15
Приволжский	53	36	29	54	49	39	84	13	60	31
Южный	52	37	51	38	37	48	93	6	24	58
Северо-Кавказский	52	37	79	18	33	51	88	11	7	71
Уральский	83	14	32	52	97	3	41	45	89	9
Сибирский	87	11	25	57	97	3	92	7	85	13
Дальневосточный	99	2	91	8	99	2	99	2	72	22

Примечание: Вероятности неперевышения $P(t \leq T_{2011})$ – рассчитаны по данным за 1936-2010 гг. и выражены в %.

Как уже упоминалось выше, весна в целом по России была очень теплой (ранг 2), самой теплой весна была в 1990 году (аномалия составила тогда +3.12°C). Тепло было в регионах Западная Сибирь, Средняя Сибирь, Прибайкалье и Забайкалье и Восточная (весна 2011 года вошла пять самых теплых весен, наблюдавшихся в этих регионах).

Осень была теплой в регионах Западная Сибирь и Приамурье и Приморье (осень 2011 года вошла десять самых теплых осенних сезонов, наблюдавшихся в этих регионах).

Более детально региональные и сезонные особенности температурного режима 2011 года на территории России представлены на рисунке 2.1 и комментируются ниже.

Зима. Выделяется обширная область холода, вытянувшаяся от северо-западных границ России до Алтая и Якутии. Очаги максимального холода с сезонными аномалиями в центрах до -4.4°C - -4.8°C располагались на севере ЕЧР, юге Западной

Сибири и в Средней Сибири. На большей части Дальневосточного ФО, а также в Таймырском АО и на Северном Кавказе зимний сезон был теплым.

Весна. Почти всю территорию страны занимает обширная область тепла (на 88 станций зафиксированы 95%-е экстремумы). В Таймырском АО сезонные аномалии температуры на отдельных станциях достигали $+9.3^{\circ}\text{C}$. Лишь на юге европейской части страны, в Приморском крае и на Сахалине наблюдались слабые отрицательные аномалии температуры.

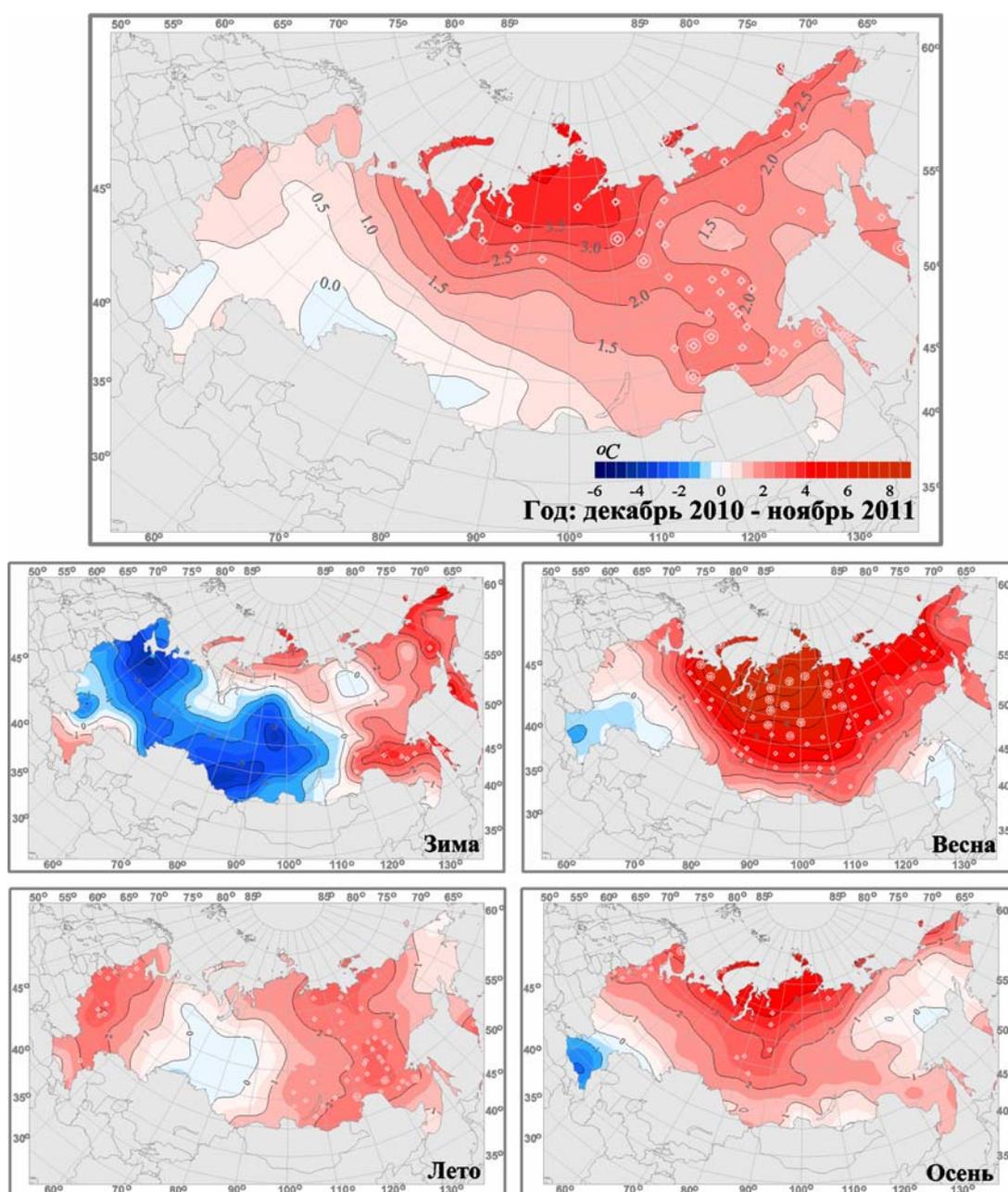


Рисунок 2.1 - Поля аномалий температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России в 2011 г. за год и сезоны: зима 2010-2011 г., весна, лето, осень 2011 г. с указанием локализации экстремальных аномалий.

Нормы рассчитаны за 1961-1990 гг. Значения 5%- и 95%-перцентилей получены поданным за 1936-2010 гг. Разъяснения к рисунку см. в тексте

Лето было теплым во всех регионах, кроме Западной Сибири. Аномально тепло было Приамурье и Приморье (ранг 1) и в Восточной Сибири (ранг 2).

Лето. Две обширные области положительных аномалий занимали практически всю территорию европейской части страны и азиатскую часть страны восточнее течения Енисея. На 72-х станциях РФ зафиксированы 95%-е экстремумы. В Центральном ФО сезонные аномалии температуры достигали $+3.9^{\circ}\text{C}$, в Дальневосточном ФО - $+2.9^{\circ}\text{C}$. На территории Западно-Сибирской низменности летние аномалии температуры были слабо отрицательные - до -0.5°C .

Осень. Область с положительными аномалиями температуры занимала почти всю территорию страны (исключение – южные районы ЕЧР и северное побережье Охотского моря). Очень тепло было на побережье Карского моря (до $+4.2^{\circ}\text{C}$), на 33-х станциях страны зафиксированы 95%-е экстремумы. В Предгорьях Кавказа осенью температуры были ниже нормы (аномалии до -1.9°C).

2.2 Атмосферные осадки

Все приводимые в данном разделе оценки, как и для температуры, получены по данным станционных наблюдений месячного разрешения. Данные осреднены сначала внутри календарных сезонов каждого года и за год в целом, а затем – по территории регионов. Зимний сезон и год включают декабрь предыдущего года. Количество осадков, выпавших за год/сезон представлено ниже в мм/месяц (средняя за год/сезон месячная сумма осадков).

Числовые значения сезонных и годовых аномалий осадков в 2011 г., в среднем по территории России и ее регионов, приведены в таблице 2.3. Для каждого значения аномалии приведен ее ранг (по убыванию осадков) за 1936-2011 гг. (таблица 2.4)

Как видно из таблицы 2.3, количество выпавших осадков в целом по России в 2011 году немного больше среднего многолетнего. Наиболее влажным сезоном была зима (вошла в десять самых влажных лет, аномалия 3.3 мм/месяц) – наибольшее количество осадков выпало зимой в регионах Приамурье и Приморье (ранг 2) и Восточная Сибирь (ранг 4).

В регионе Прибайкалье и Забайкалье экстремально сухо было осенью – дефицит осадков составил -7.7 мм/месяц (минимум с 1936 г.).

В Южном (ранг 3) и Северо-Кавказском ФО (ранг 1) экстремально влажно было весной.

Таблица 2.3

Регионально осредненные аномалии температуры и осадков в 2011 г.

νR (мм/месяц)- отклонения от средних за 1961-1990 гг, s – среднее квадратическое отклонение (выделены экстремальные значения, попадающие в 5% максимальных или минимальных)

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	νR	s	νR	s	νR	s	νR	s	νR	s
Россия	1.1	1.59	3.3	2.54	0.3	2.59	0.5	2.90	0.0	0.90
Физико-географические регионы России										
Европейская часть России	1.2	3.30	5.1	6.11	1.6	5.26	-3.4	7.64	1.4	1.04
Западная Сибирь	0.9	3.02	-1.5	3.87	2.2	4.89	6.4	8.28	-3.5	1.54
Средняя Сибирь	1.2	2.47	-2.5	2.25	-0.7	2.45	9.0	6.69	-1.3	1.80
Прибайкалье и Забайкалье	-0.5	2.55	1.2	1.99	1.3	2.78	3.3	8.99	-7.7	1.23
Приамурье и Приморье	-0.9	5.58	11.1	3.73	-2.7	6.36	-15.8	17.81	3.7	0.89
Восточная Сибирь	2.9	3.05	9.4	4.35	-1.7	4.05	-3.3	7.01	6.0	0.94
Федеральные Округа РФ										
Северо-Западный	-1.2	4.07	3.0	6.11	-0.2	5.92	-10.1	9.84	2.7	1.24
Центральный	-2.2	5.54	10.2	8.51	-11.3	7.46	-2.0	13.09	-5.9	1.13
Приволжский	2.4	5.12	5.7	7.37	0.2	7.77	-3.6	11.50	7.3	1.25
Южный	4.8	5.21	3.1	11.17	15.7	8.75	1.2	11.36	-1.1	1.05
Северо-Кавказский	9.5	6.11	4.1	11.42	22.4	9.09	15.5	12.75	-6.1	0.85
Уральский	1.7	3.84	-1.1	4.04	4.4	5.26	3.2	9.59	0.2	1.64
Сибирский	-0.1	1.59	-1.6	2.64	-0.3	2.76	8.1	4.57	-6.6	1.49
Дальневосточный	1.9	2.41	7.3	2.81	-1.3	2.96	-3.3	7.07	4.4	1.01

Региональные и сезонные особенности распределения осадков на территории РФ в 2011 г. подробнее представлены на рисунках 2.3 и 2.4. Напоминаем, что все оценки, касающиеся режима осадков на территории России в 2011 г., как и для температуры, получены по данным российских станций, по которым своевременно поступили сводки телеграмм КЛИМАТ (в оперативном потоке). Количество осадков приведено в табл.2.3 в мм/месяц, на рисунке 2.3 - в процентах от нормы (среднего за 1961-1990 гг.).

Зима. На большей части Дальневосточного региона, в Таймырском АО зимой наблюдался избыток осадков – на 11 станциях Приморья и Магаданской области зимняя сумма осадков оказалась выше 95% перцентиля (в Магадане, Охотске – около 3-х сезонных норм). Зимой выпало много осадков на западе и в центре европейской части России (местами больше 140% нормы). На остальной территории количество осадков было около нормы или незначительно ниже ее (на Среднесибирском плоскогорье, на Чукотке, на побережье Баренцева моря).

Весна. Значительный избыток осадков наблюдался на юге ЕЧР (выпало до 2-3 норм осадков, на пяти станциях количество выпавших осадков превысило 95-й перцентиль). Другие области избытка осадков располагались в бассейнах рек Обь и Индигирка (выпало более 120% нормы) и на западе Амурской области (более 160% нормы).

Таблица 2.4

Ранги регионально осредненных аномалий осадков и соответствующие им вероятности непревышения в 2011 году за период 1936-2011 гг.

$P(r \leq R_{2011})$ - Вероятности непревышения – рассчитаны по данным за 1936-2010 гг. и выражены в %; R – ранг текущих значений в ряду, упорядоченном по убыванию за 1936-2011 гг. (принимает значения $1 \div 76$), (выделены экстремальные значения, попадающие в 5% максимальных или минимальных)

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R
Россия	73	23	89	9	51	39	52	38	41	46
Физико-географические регионы России										
Европейская часть России	64	28	81	15	56	34	32	52	59	32
Западная Сибирь	51	38	43	44	59	32	72	23	28	55
Средняя Сибирь	59	32	24	60	44	44	75	20	27	56
Прибайкалье и Забайкалье	36	49	72	24	64	29	63	29	0	76
Приамурье и Приморье	51	39	100	1	40	46	19	62	72	22
Восточная Сибирь	92	9	96	4	44	43	32	52	83	14
Федеральные Округа РФ										
Северо-Западный	45	43	67	26	52	38	20	61	69	24
Центральный	39	48	87	11	5	72	55	35	37	49
Приволжский	77	19	80	16	44	43	44	43	83	14
Южный	76	19	67	26	97	3	57	33	44	43
Северо-Кавказский	89	9	64	29	100	1	91	8	21	60
Уральский	69	25	45	42	71	23	67	32	54	35
Сибирский	33	51	37	48	44	43	81	15	0	76
Дальневосточный	83	14	99	2	39	47	36	49	89	11

Большая область с дефицитом осадков располагалась около побережья Охотского моря и в среднем течении Лены и Алдана. Здесь на шести станциях количество выпавших осадков было меньше 5-го перцентиля. В центре европейской части страны, в центральной части Западной Сибири, на юге Среднесибирского плоскогорья наблюдались области с менее значительным дефицитом осадков (около 80% нормы).

Лето. На большей части азиатской территории страны наблюдался избыток осадков, в том числе несколько областей с осадками более 120% нормы охватывали обширные бассейны рек Енисея, Лены, Индигирки. Однако на Дальнем Востоке (Чукотский АО и Амурская область) имелись обширные области дефицита осадков, где за лето выпало 80%-60% сезонной нормы осадков. На большей части Европейской России также наблюдался дефицит осадков, в северной части местами значительный.

Осень. Области избытка осадков располагалась в Поволжье (выпало 120%-140% нормы, на нескольких станциях наблюдались 95% экстремумы). Обширная область избытка осадков наблюдалась в Якутии, на Чукотке, Хабаровском крае (выпало 120%-160% нормы, на девяти станциях области наблюдались 95% экстремумы осадков).

Обширная область дефицита осадков охватывала восточную и южную части Сибирского ФО (выпало 80%-60%, на одиннадцати станциях зафиксирован 5% экстремум). Другая область дефицита осадков (80%-60%) располагалась на западе страны вблизи границ Украины и Белоруссии.

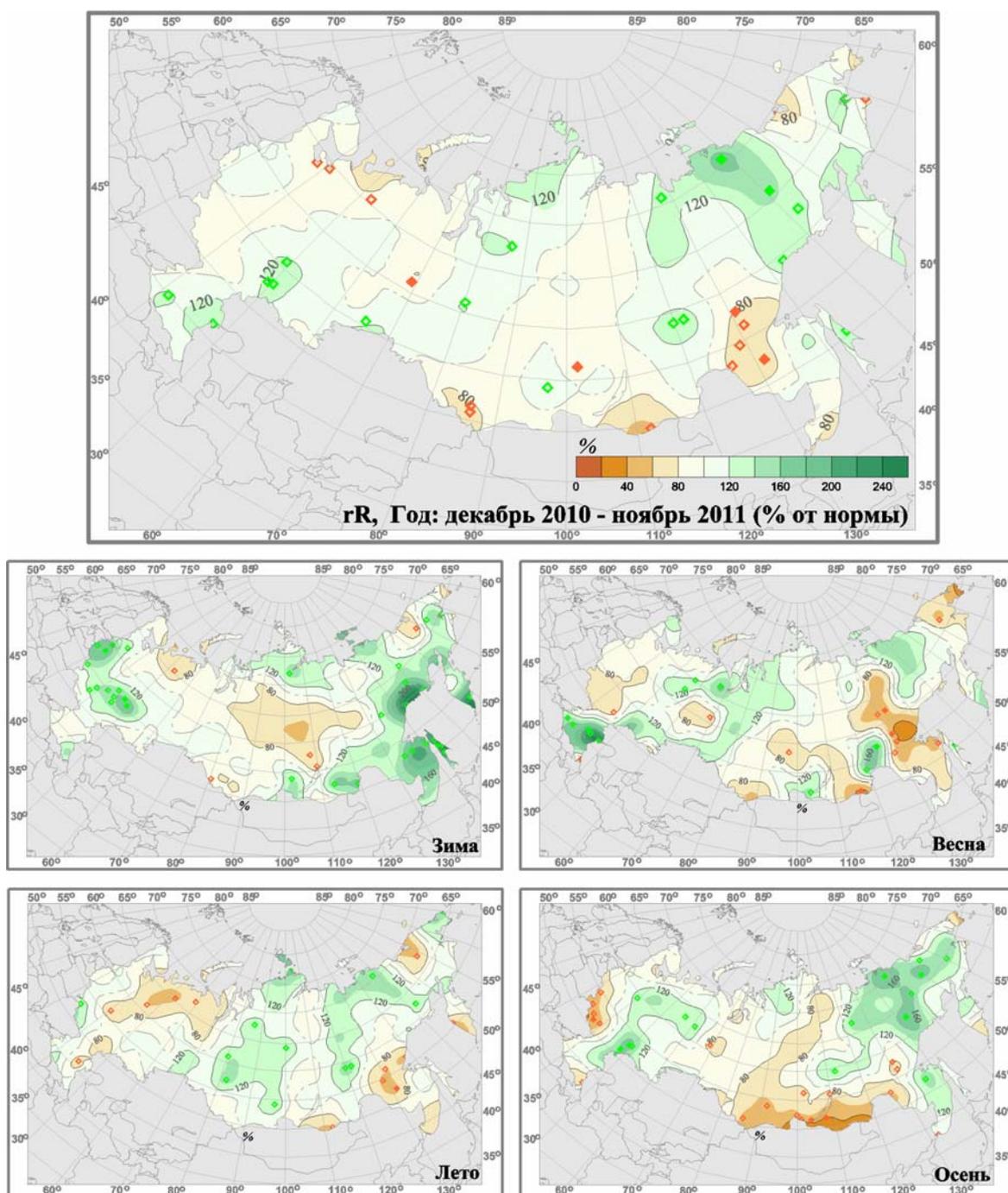


Рисунок 2.3 - Поля аномалий средних годовых (декабрь – ноябрь) и сезонных сумм осадков (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.) на территории России в 2011 г.

3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ.

Временные ряды средних годовых и сезонных аномалий температуры и осадков, осредненных по территории России в целом, приведены на рисунках 4.1, 4.3, 3.1, и 3.2 за период с 1936 по 2011 гг. На всех временных рядах показан линейный тренд, характеризующий тенденцию (среднюю скорость) изменений температуры и осадков на интервале 1976 - 2011 гг.

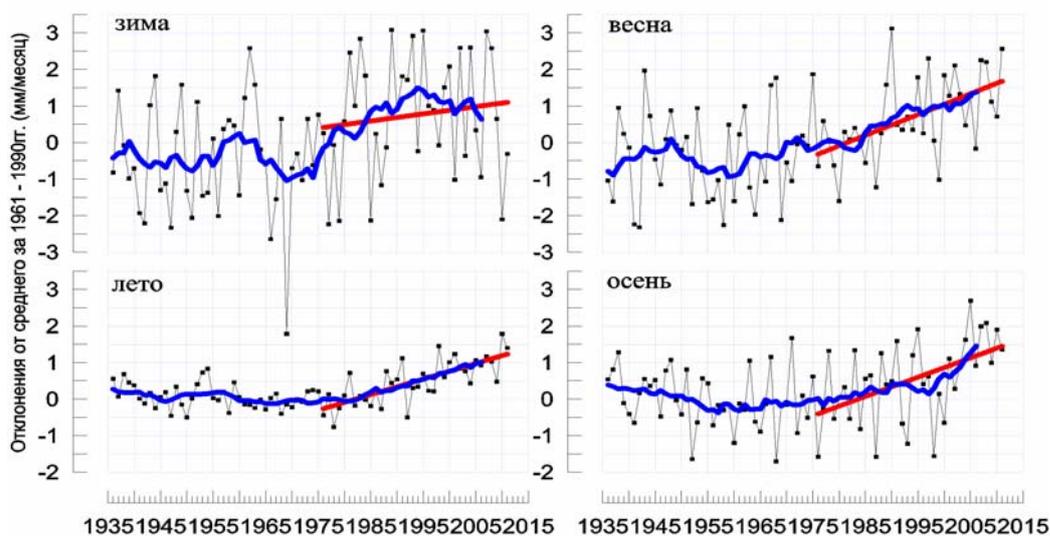


Рисунок 3.1 - Средние сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории РФ, 1936-2011 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2011 гг.

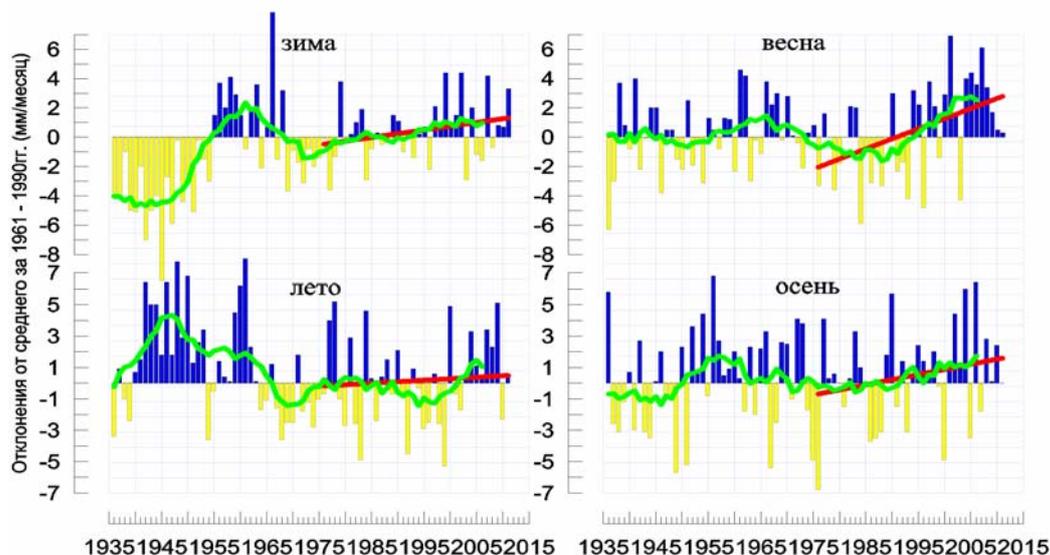


Рисунок 3.2 - Средние сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории РФ, 1936 – 2011 гг. (Условные обозначения на рис.3.1)

На рисунках 3.3 и 3.4 представлено пространственное распределение коэффициентов линейных трендов температуры приземного воздуха и атмосферных осадков на территории России для 2011 года в целом и для сезонов года. Оценки получены по стационарным временным рядам сезонных аномалий за 1976-2011 гг. в точках расположения станций и затем картированы.

В таблице 3.1 приведены оценки линейного тренда регионально осредненной температуры приземного воздуха, а в таблицах 3.2 и 3.3 - оценки линейного тренда регионально осредненных месячных сумм атмосферных осадков для регионов РФ за 1976-2011 гг.. При этом в таблице 3.2 оценки линейного тренда месячных сумм осадков приводятся в мм/мес/10 лет, а в таблице 3.3 – в %/10 лет.

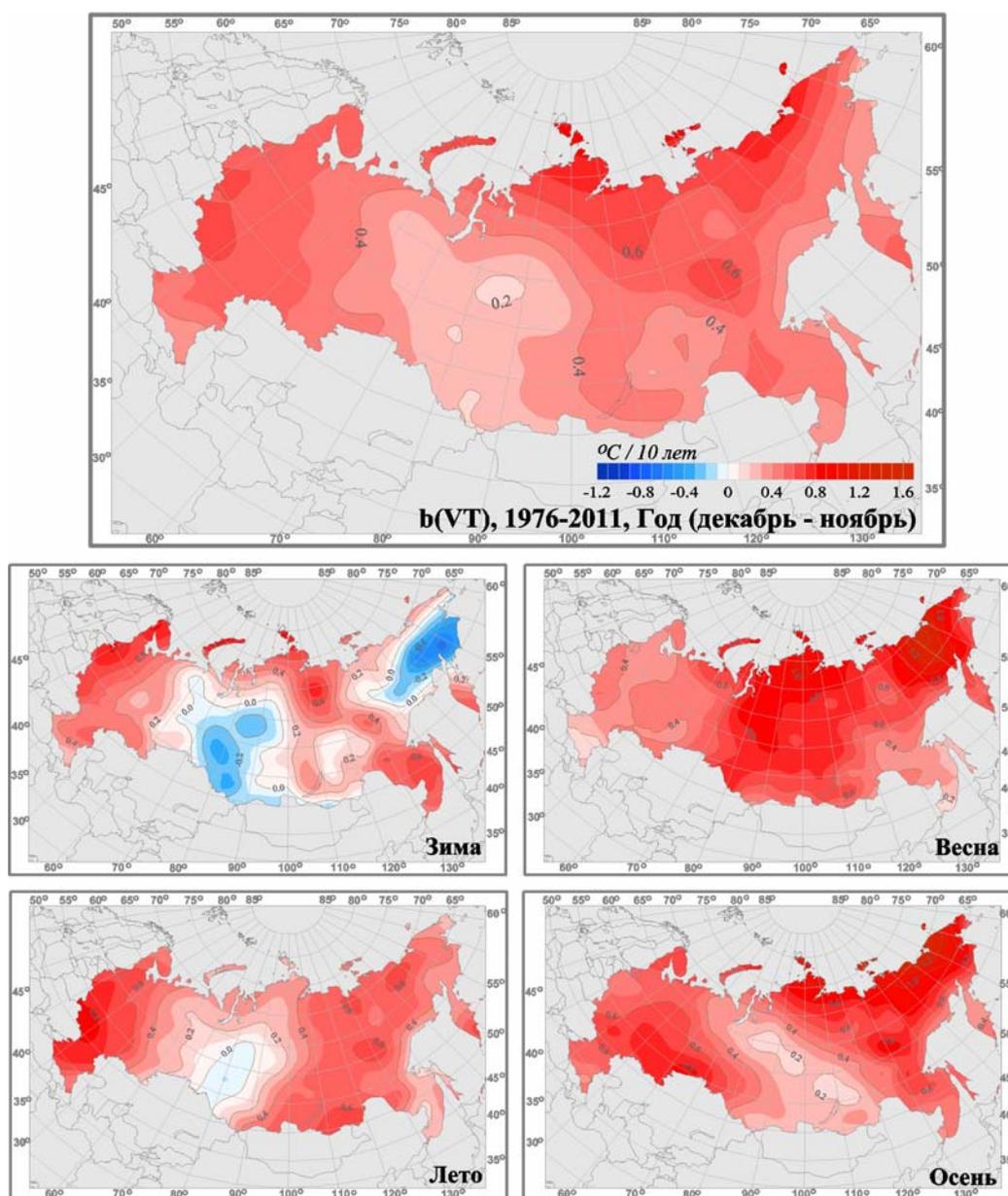


Рисунок 3.3 - Средняя скорость изменения среднегодовой и средних сезонных температур приземного воздуха на территории России по данным наблюдений за 1976-2011 гг. (в °C/10 лет)

Таблица 3.1

Оценки линейного тренда регионально осредненной температуры приземного воздуха для регионов России за 1976-2011 гг.,

b , °C/10 лет – коэффициент линейного тренда, $D\%$ - вклад тренда в дисперсию

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	b	$D\%$	b	$D\%$	b	$D\%$	b	$D\%$	b	$D\%$
Россия	0.43	33	0.20	2	0.57	29	0.43	56	0.53	25
Физико-географические регионы России										
Европейская часть РФ	0.50	29	0.45	5	0.38	13	0.58	32	0.60	25
Западная Сибирь	0.26	8	-0.12	0	0.64	19	0.09	1	0.45	9
Средняя Сибирь	0.44	22	0.19	1	0.70	22	0.43	31	0.42	7
Прибайкалье и Забайкалье	0.39	25	0.13	1	0.58	19	0.56	44	0.28	6
Приамурье и Приморье	0.42	44	0.54	14	0.29	8	0.34	26	0.51	30
Восточная Сибирь	0.51	43	0.00	0	0.79	32	0.50	46	0.77	37
Федеральные Округа РФ										
Северо-Западный	0.50	23	0.53	4	0.41	11	0.50	32	0.55	16
Центральный	0.59	31	0.56	6	0.43	12	0.77	33	0.60	22
Приволжский	0.48	23	0.33	2	0.40	10	0.51	16	0.69	24
Южный	0.53	29	0.47	7	0.30	7	0.75	37	0.59	22
Северо-Кавказский	0.38	26	0.36	9	0.19	6	0.53	30	0.45	15
Уральский	0.31	8	0.01	0	0.60	14	0.16	2	0.47	7
Сибирский	0.33	15	-0.01	0	0.68	24	0.32	28	0.33	6
Дальневосточный	0.49	47	0.23	5	0.62	27	0.47	54	0.66	36

Таблица 3.2

Оценки линейного тренда регионально осредненных месячных сумм атмосферных осадков для регионов РФ за 1976-2011 гг.:

b , мм/мес/10 лет – коэффициент линейного тренда, $D\%$ - вклад тренда в дисперсию

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	b	$D\%$	b	$D\%$	b	$D\%$	b	$D\%$	b	$D\%$
Россия	0.7	21	0.5	7	1.4	20	0.2	1	0.6	5
Физико-географические регионы России										
Европейская часть России	0.3	1	0.9	4	1.8	11	-2.0	7	0.3	0
Западная Сибирь	0.9	9	0.8	5	2.1	21	0.9	1	0.0	0
Средняя Сибирь	1.3	29	-0.1	0	0.8	11	3.0	21	1.3	17
Прибайкалье и Забайкалье	0.9	11	0.5	8	0.5	2	1.5	3	1.3	8
Приамурье и Приморье	0.3	1	1.2	10	1.6	4	-0.7	0	-0.9	2
Восточная Сибирь	0.8	8	-0.1	0	1.0	14	-0.3	0	1.8	12
Федеральные Округа РФ										
Северо-Западный	0.9	6	1.5	8	1.8	13	-0.4	0	0.4	0
Центральный	-0.8	3	0.4	0	0.3	0	-3.9	8	0.1	0
Приволжский	-0.5	1	0.2	0	2.1	8	-3.3	8	-1.1	2
Южный	0.6	2	0.2	0	2.1	7	-1.9	2	1.9	3
Северо-Кавказский	1.9	9	2.4	7	2.1	4	-0.5	0	3.3	7
Уральский	0.9	5	0.7	3	2.6	22	-0.3	0	0.4	0

Сибирский	1.0	26	0.4	3	0.8)	6	2.3	21	0.6	3
Дальневосточный	0.8	12	0.3	1	1.2	20	0.3	0	1.0	10

Таблица 3.3

Оценки линейного тренда регионально осредненных месячных сумм атмосферных осадков для регионов РФ за 1976-2011 гг.:

b , % / 10 лет – коэффициент линейного тренда, $D\%$ - вклад тренда в дисперсию

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	b	$D\%$	b	$D\%$	b	$D\%$	b	$D\%$	b	$D\%$
Россия	1.9	21	2.1	7	5.0	20	0.3	1	1.6	5
Физико-географические регионы России										
Европейская часть России	0.5	1	2.3	4	4.8	11	-3.2	7	0.6	0
Западная Сибирь	2.4	9	3.6	5	7.3	21	1.5	1	-0.1	0
Средняя Сибирь	4.1	29	-0.3	0	3.7	11	5.6	21	3.9	17
Прибайкалье и Забайкалье	2.6	11	4.4	8	2.5	2	1.8	3	4.6	8
Приамурье и Приморье	0.6	1	8.2	10	4.2	4	-0.6	0	-1.6	2
Восточная Сибирь	2.4	8	-0.6	0	5.3	14	-0.7	0	4.7	12
Федеральные Округа РФ										
Северо-Западный	1.8	6	4.3	8	5.3	13	-0.6	0	0.7	0
Центральный	-1.4	3	0.9	0	0.8	0	-5.4	8	0.2	0
Приволжский	-1.2	1	0.6	0	6.5	8	-5.6	8	-2.2	2
Южный	1.5	2	0.4	0	5.4	7	-3.9	2	4.6	3
Северо-Кавказский	3.4	9	5.0	7	3.9	4	-0.8	0	5.9	7
Уральский	2.2	5	3.0	3	9.4	22	-0.4	0	0.4	0
Сибирский	2.9	26	2.4	3	3.2	6	3.5	21	0.9	3
Дальневосточный	2.1	12	1.3	1	5.1	20	0.4	0	1.6	10

Тенденции климатических изменений температуры приземного воздуха.

Тенденции климатических изменений температуры, наблюдавшиеся в предыдущие годы, в основном сохраняются; среднегодовые, весенние и осенние температуры растут на всей территории РФ. В среднем по территории России, тренд средних годовых температур составляет $+0.43^{\circ}\text{C}/10$ лет. Наиболее интенсивное потепление наблюдается весной, особенно в Сибири: тренды региональной средней температуры возрастают от Западной к Восточной Сибири в пределах $+0.64\div+0.79^{\circ}\text{C}/10$ лет; скорость потепления достигает $+1.0^{\circ}\text{C}/10$ лет на Таймыре и до $+1.4^{\circ}\text{C}/10$ лет в районе Колымской низменности, а также осенью, особенно в Восточной Сибири (тренд региональной средней $+0.79^{\circ}\text{C}/10$ лет и достигает $+1.2^{\circ}\text{C}/10$ лет в районе Колымской низменности). Летом наибольшая скорость потепления прослеживается на ЕЧ России ($+0.58^{\circ}\text{C}/10$ лет и до $+0.8^{\circ}\text{C}/10$ лет в областях, граничащих с Украиной).

Два года подряд с крупной отрицательной аномалией зимой в регионах ЕЧР, Западная и Средняя Сибирь и в Прибайкалье – Забайкалье привели к тому, что значение коэффициента линейного тренда здесь заметно уменьшилось: на $0.12\text{-}0.15^{\circ}\text{C}/10$ лет по сравнению с периодом 1976-2010гг. В Западной Сибири впервые за последние два десятилетия тренд за период, начинающийся в 1976 г., стал отрицательным ($-0.12^{\circ}\text{C}/10$ лет), хотя он незначим (объясняет 0% дисперсии).

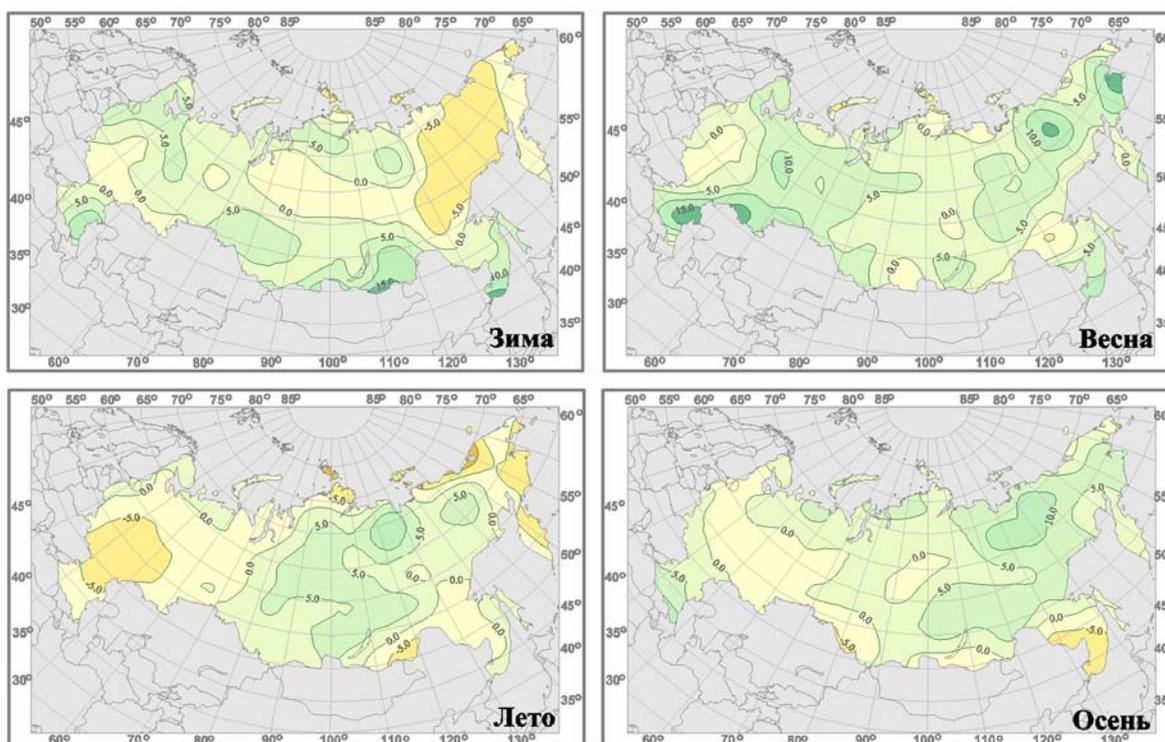
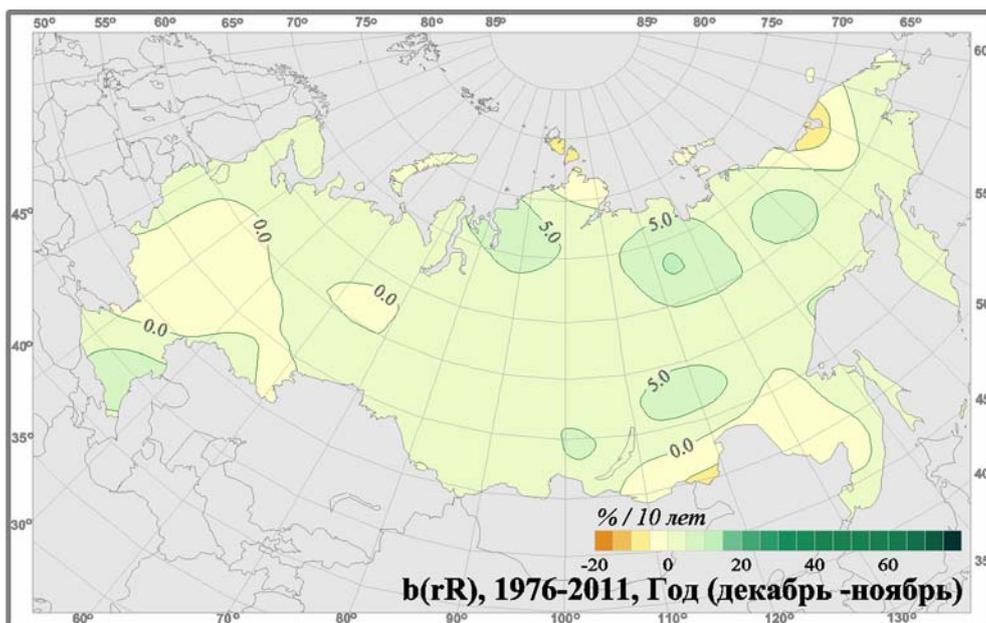


Рис. 3.4. Пространственные распределения локальных коэффициентов линейного тренда атмосферных осадков за 1976-2011 гг. на территории России (%/10 лет), в среднем за год и по сезонам.

Важными особенностями представляются отрицательный тренд температуры зимой на Чукотке (до $-0.6^{\circ}\text{C}/10$ лет) и тенденция к уменьшению температуры в Западной Сибири зимой (до $-0.2^{\circ}\text{C}/10$ лет) и (незначительная - до $-0.1^{\circ}\text{C}/10$ лет) летом.

Следует отметить, что зимой в Средней Сибири, Прибайкалье и Забайкалье с середины 1990-х годов наблюдается тенденция к похолоданию, которая приводит в этот период к некоторому уменьшению средних зимних температур для территории

РФ в целом. Однако, к этому наблюдению следует относиться с осторожностью, поскольку в этот период была очень велика межгодовая изменчивость температуры в указанных регионах.

Тенденции климатических изменений атмосферных осадков.

Тренд годовых сумм осадков за 1976-2011 гг., в среднем по России, составляет 0.70 мм/мес/10лет и описывает 21% межгодовой изменчивости (за период 1976-2010 он составлял 0.69 мм/мес/10 лет при 16% объясненной дисперсии). Наиболее заметен рост годовых сумм осадков в регионе Средняя Сибирь (тренд 1.30 мм/мес/10лет описывает 29% межгодовой изменчивости). Весной наблюдается рост осадков в целом по России (1.4 мм/мес/10лет, дисперсия ряда 20%) и в большинстве регионов (кроме Приамурья и Прибайкалья-Забайкалья).

В целом, вклад однонаправленных тенденций современных климатических изменений на территории России в суммарную изменчивость осадков значительно меньше, чем в ходе температуры.

4. ИЗМЕНЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР И ОСАДКОВ В 1936-2011 гг.

В разделе приведены временные ряды пространственно осредненных аномалий средней месячной температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) и месячных сумм осадков (мм/месяц) за 1936 – 2011 гг. для физико-географических регионов России и федеральных округов. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2011 гг., рассчитанные методом наименьших квадратов.

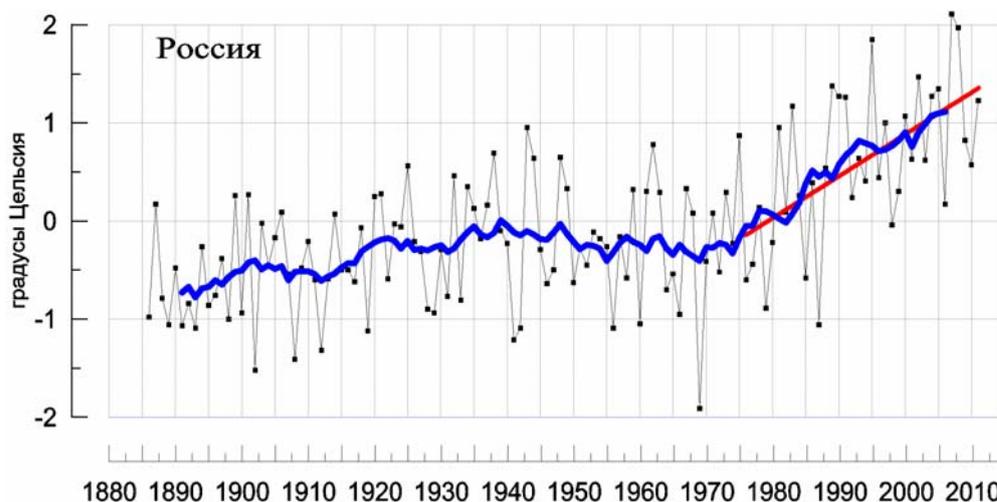


Рисунок 4.1. - Годовые аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории РФ в целом.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2011 гг.

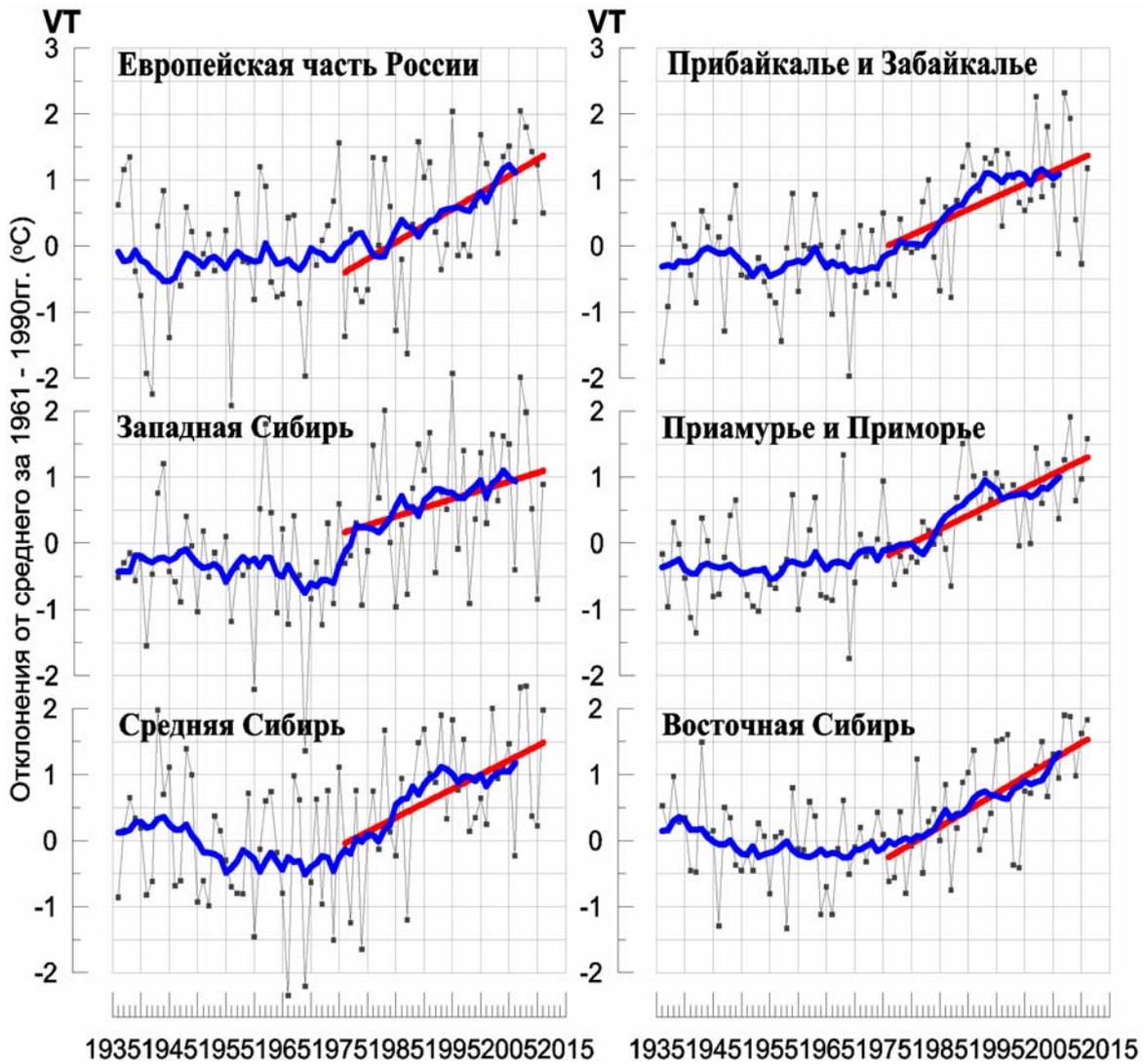


Рисунок 4.2. - Годовые аномалии температуры приземного воздуха (°C), осредненные по регионам РФ. Условные обозначения на рис.4.1

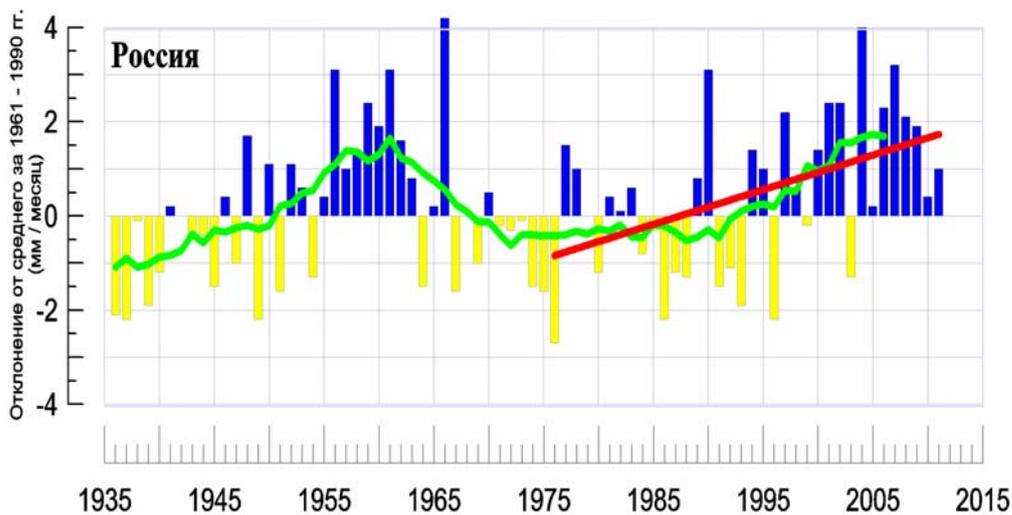


Рисунок 4.3. - Годовые аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории РФ в целом. Условные обозначения на рис.4.1

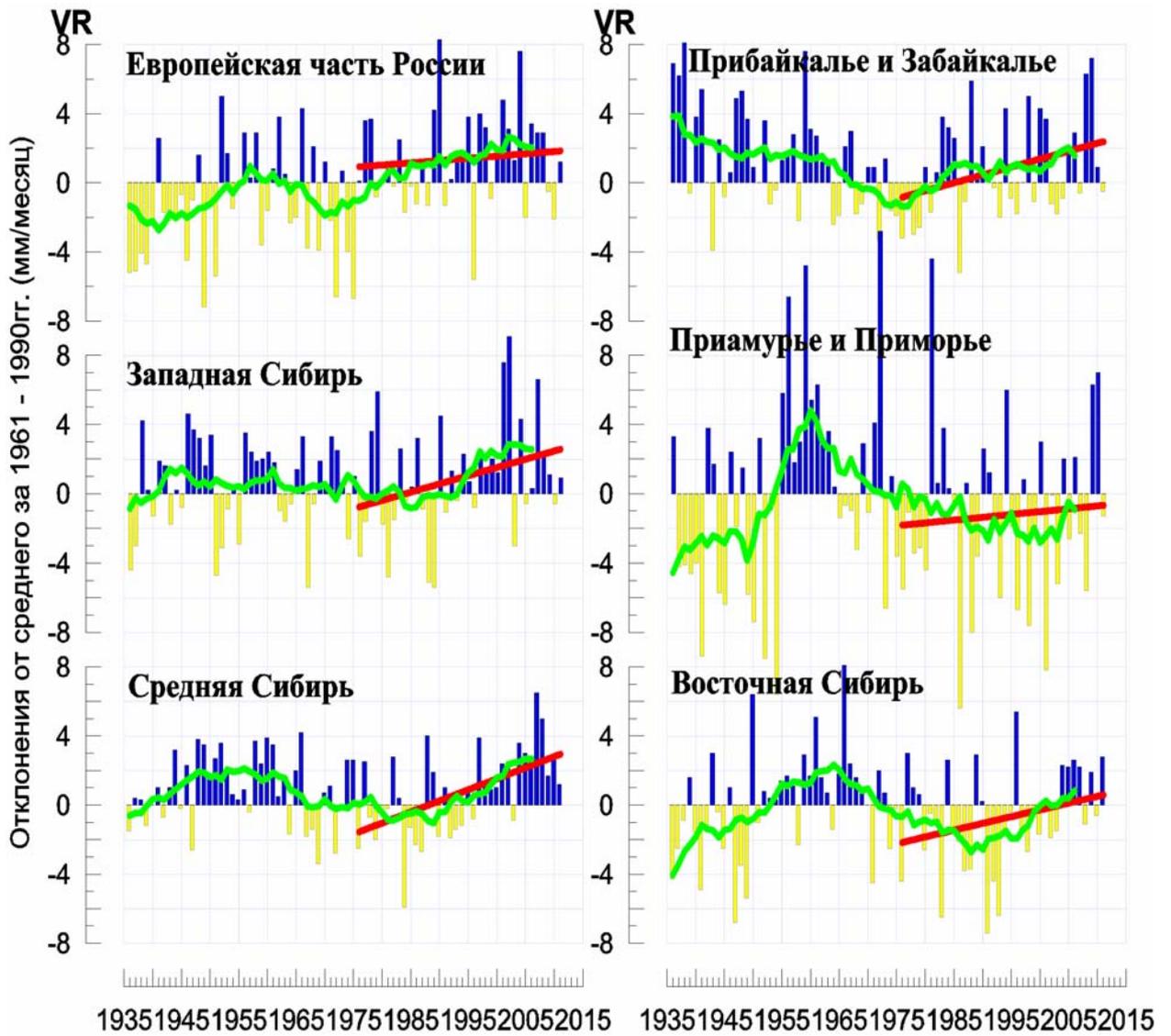


Рисунок 4.4. - Годовые аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по регионам РФ. Условные обозначения на рис.4.1

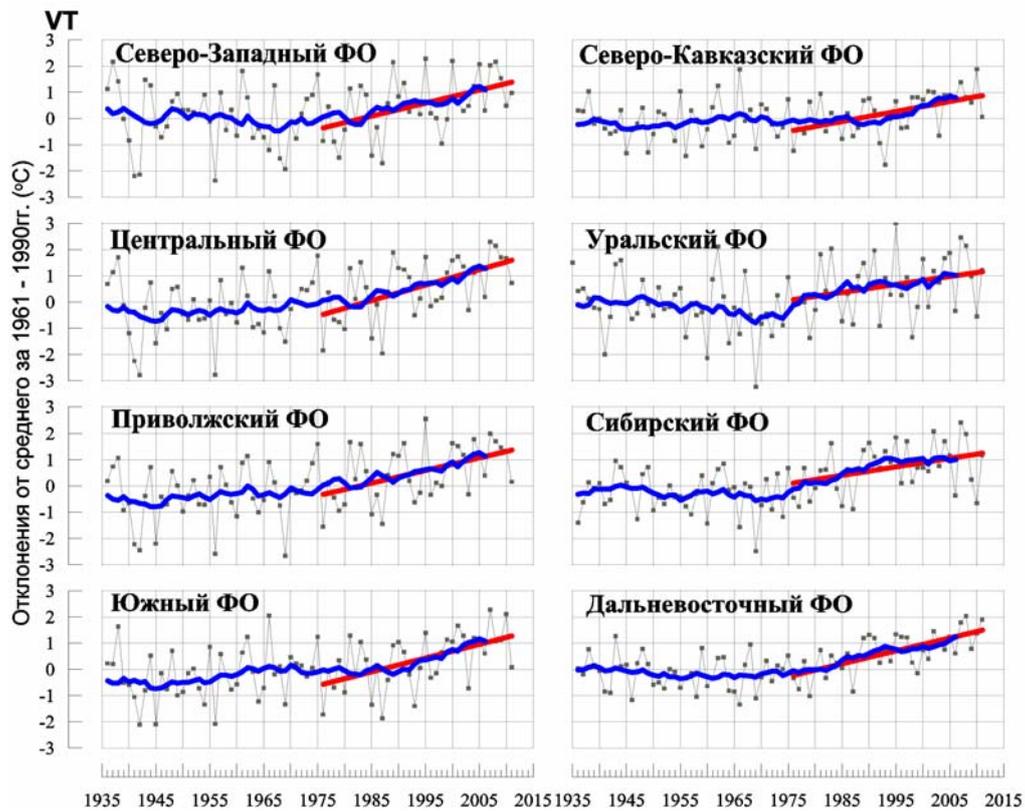


Рисунок 4.5. - Годовые аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по федеральным округам. Условные обозначения на рис.4.1

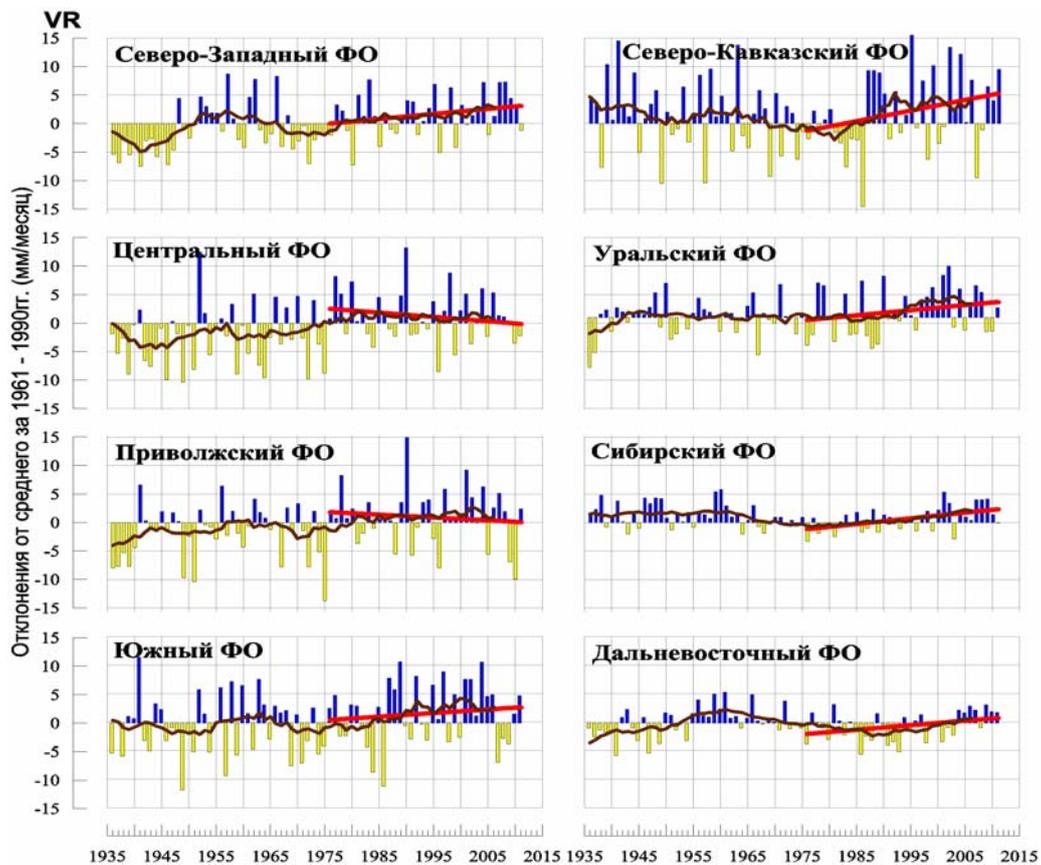


Рисунок 4.6. - Годовые аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по федеральным округам. Условные обозначения на рис.4.1

5. КРУПНЫЕ АНОМАЛИИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ В 2011 г.

На рисунке 5.1 показаны станции РФ и стран ближнего зарубежья, на которых осуществились климатические аномалии ниже 5%-и выше 95%-и перцентилей за год в целом и в сезоны 2011 года.

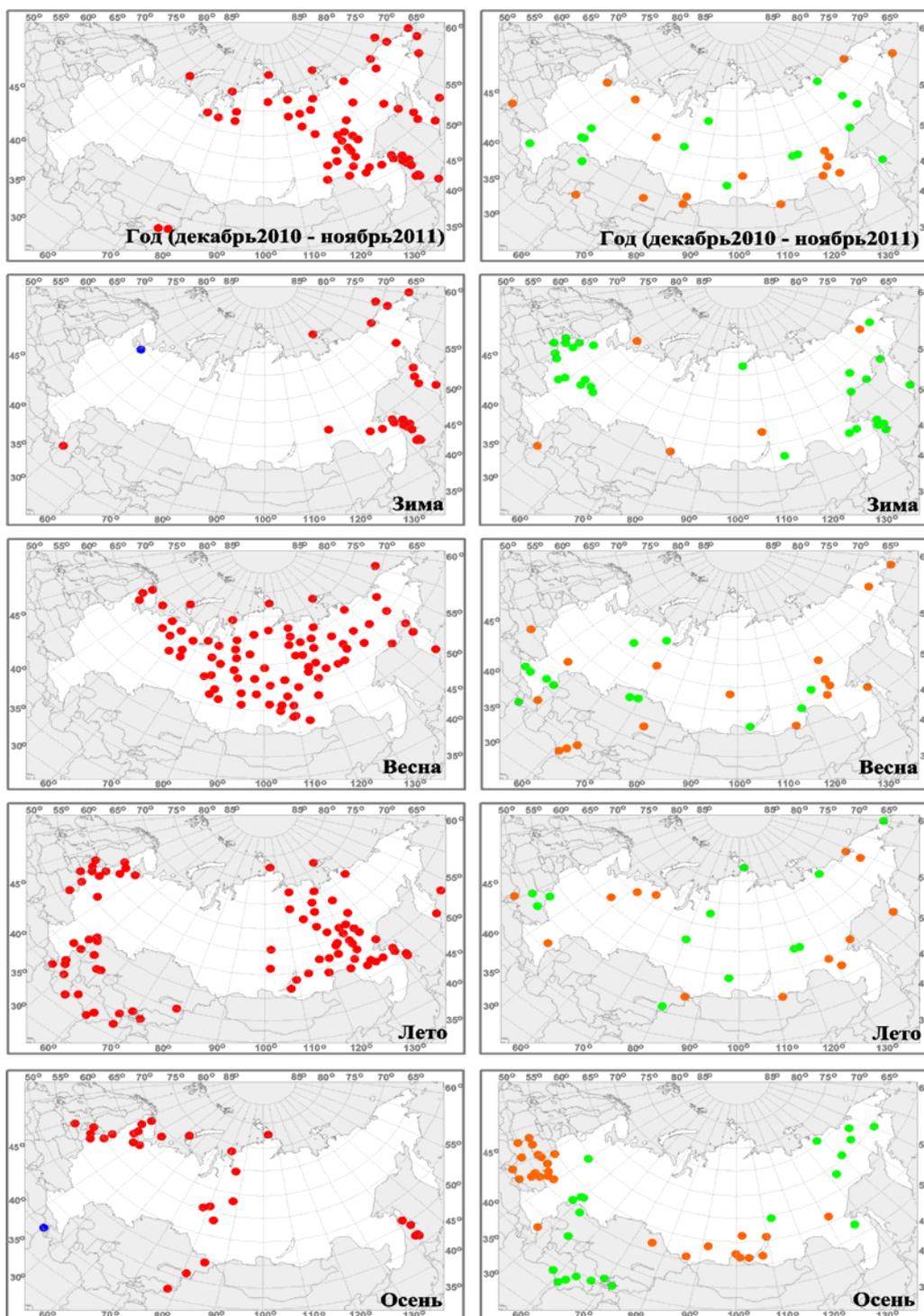


Рисунок 5.1 – Станции (из 455 стнций СНГ), на которых за год в целом и в отдельные сезоны 2011 г. осуществились климатические аномалии ниже 5%-и выше 95%-и процентилей. Слева – аномалии холода (синий) и тепла (красный); справа – дефицит (оранжевый) и избыток (зеленый) осадков.

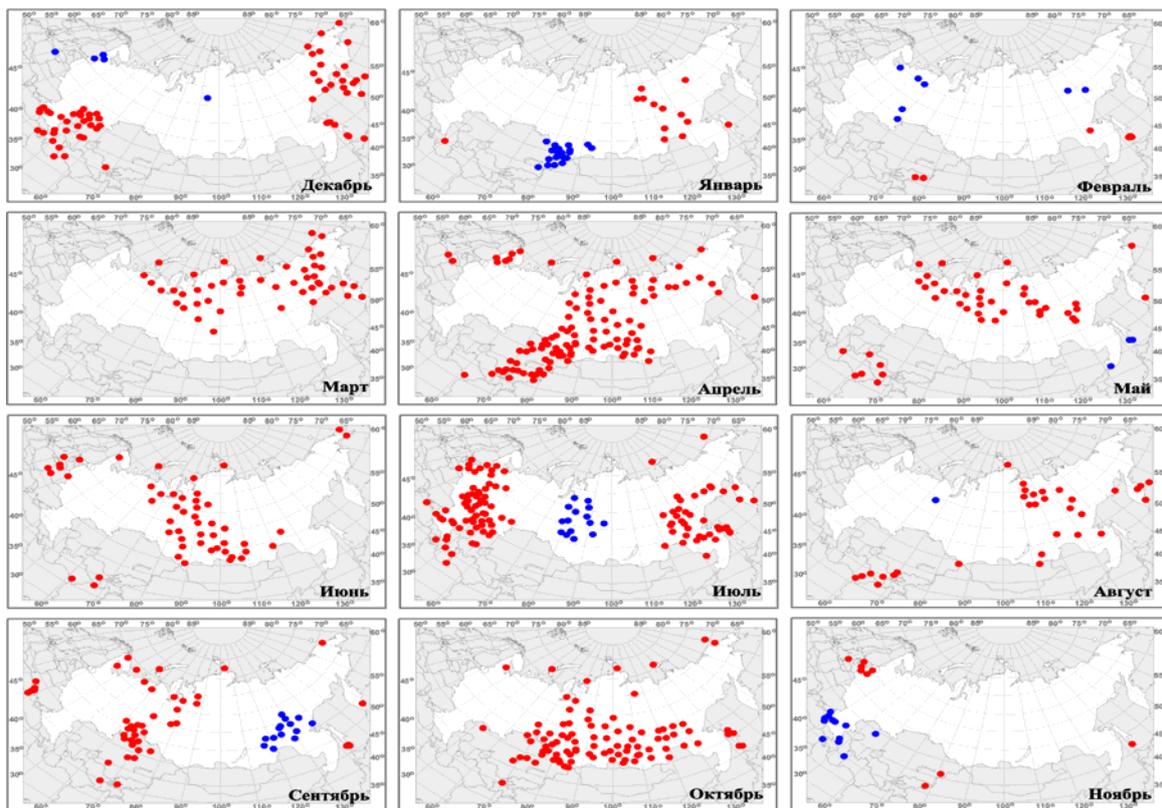


Рисунок 5.2 - Станции, на которых в отдельные месяцы года осуществились климатические аномалии температуры ниже 5%-и и выше 95%-и перцентилей

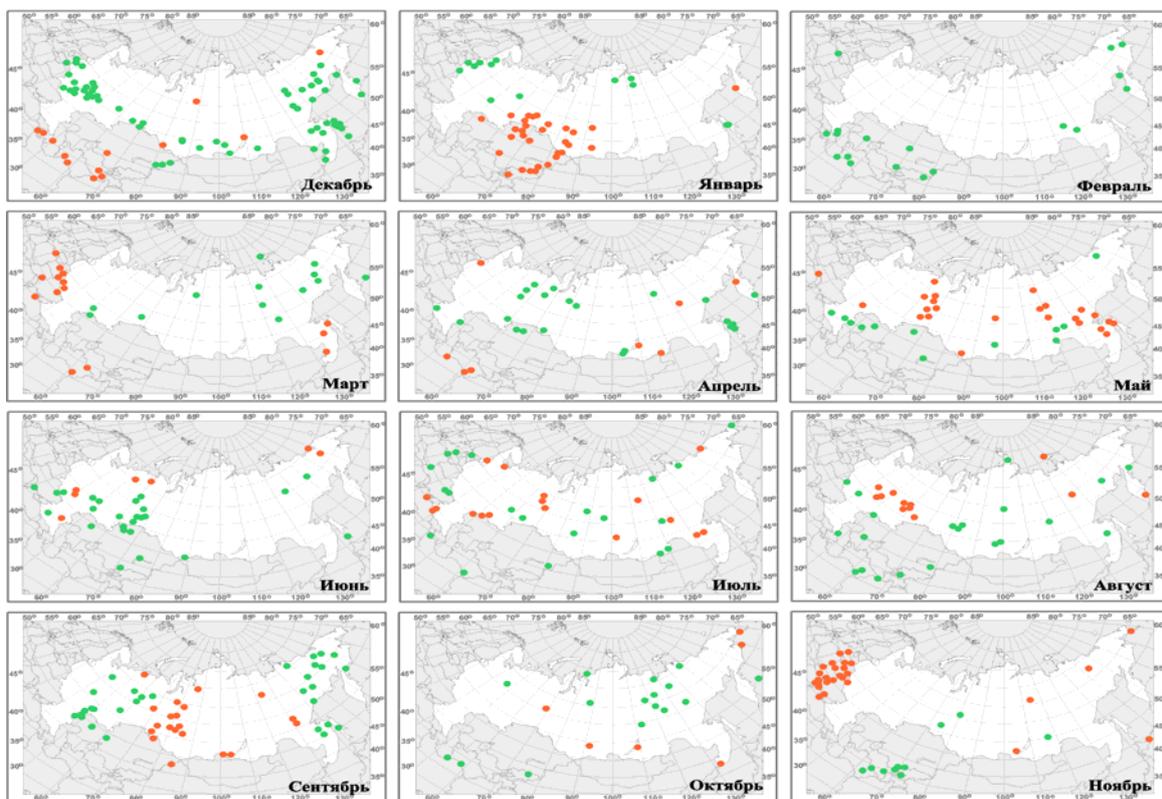


Рисунок 5.3 - Станции, на которых в отдельные месяцы года осуществились климатические аномалии осадков ниже 5%-и выше 95%-и перцентилей

Наибольшее количество 95% процентных экстремумов за год в целом зафиксировано на станциях Дальневосточного ФО (в основном, за счет весны и лета, а также аномально теплой зимы на Сахалине и Камчатке).

Следует отметить, что 95% экстремумы температура наблюдались во все сезоны года, особенно весной – зафиксированы на 80-ти станциях страны (в основном за счет аномально теплого марта).

Зимой наблюдались 95% экстремумы выпадения осадков (в центральных и западных областях европейской части страны и на Дальнем Востоке – за счет экстремально влажного декабря).

Осенью на западе страны (за счет экстремально «сухого» ноября) и в южных областях Сибири наблюдался дефицит осадков («сухо» было во все месяцы сезона, особенно в сентябре).

6. ИНДЕКСЫ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ТЕРРИТОРИИ РОССИИ ЗА ПЕРИОД 1936-2011 гг.

Индексы экстремальности климата (ИЭК). Это вероятностные индексы, в основе которых - значения функции распределения $F(X_0)$, соответствующие наблюдаемым значениям рассматриваемой величины X_0 в точках поля или на станциях: $F(X_0)=P(x \leq X_0)$. Значение $F(X_0)$ часто называют вероятностью непревышения (иногда – обеспеченностью) наблюдаемого значения. Как правило, используются эмпирические вероятности (частоты), оцененные по доступным данным за базовый период или по всему доступному ряду наблюдений (при отсутствии в нем длительных пропусков наблюдений на отдельных территориях исследуемых регионов). Для метеорологических величин с известным распределением (например, близким к нормальному) вероятности могут быть оценены по таблицам и функциям распределения для наблюдаемого значения нормированной аномалии. Чаще используется не усредненное по площади значение вероятностного индекса, а (как легче интерпретируемое) доля площади, занятая его экстремальными значениями. Эти индексы соответствуют областям экстремальных аномалий заданной обеспеченности и относятся к индексам экстремальности климата (ИЭК).

Индекс аномальности климата (ИАК). Для характеристики степени аномальности полей температуры воздуха используется "коэффициент аномальности" (КА) (предложенный Н.А.Багровом), равный среднеквадратическому значению (по площади) нормированной аномалии температуры. Представляется, что показатель КА, как индекс аномальности климата, имеет смысл также и в применении к полям других климатических параметров (включая осадки) и к любым комплексам полей. В этом случае переменные, выбранные для описания текущего состояния климатической системы (или некоторой ее части) рассматриваются как координаты вектора состояния климата в некотором фазовом пространстве, а показатель КА превращается в эвклидово расстояние между точками, характеризующими текущее состояние климата и его среднее состояние (норму). Очевидно, что чем больше индекс аномальности климата, тем больше отличается от нормы состояние климатической системы и тем дальше оно удалено от среднего положения в фазовом пространстве.

На рисунках 6.1. – 6.4. приведены некоторые индексы экстремальности и аномальности для региона Россия за период 1936 -2011 гг.

Для температуры доля площади под аномалиями среднегодовой температуры выше 80 перцентиля (рис. 6.1) несколько возросла по сравнению с периодом 1936-65 гг., но после 1965 г. заметных трендов не наблюдается. Площади, занятые крупными отрицательными аномалиями температуры за год в целом изменились незначительно.

Для годовых осадков площади, занятые аномалиями меньше 20 перцентиля (дефицит осадков) после 1955 г. уменьшались, а больше 80 перцентиля – немного возросли; целом же суммарная аномальность (сумма площадей под аномалиями обоих знаков) за период наблюдений с 1936 года мало изменились.

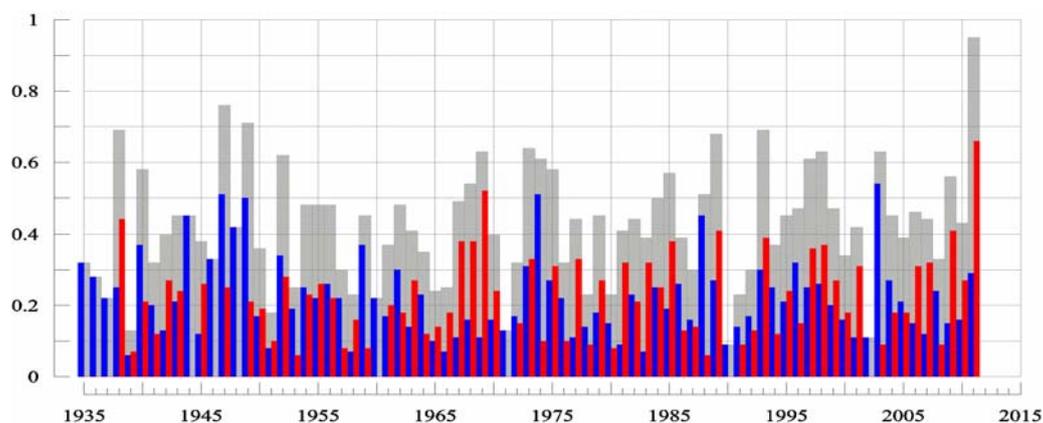


Рисунок 6.1 - Доля площади с крупными аномалиями (ниже 20 перцентиля: синие столбики, выше 80 перцентиля: красные столбики, суммарная площадь с крупными аномалиями: серые столбики) температуры для года в целом для территории России, 1936-2011 гг.

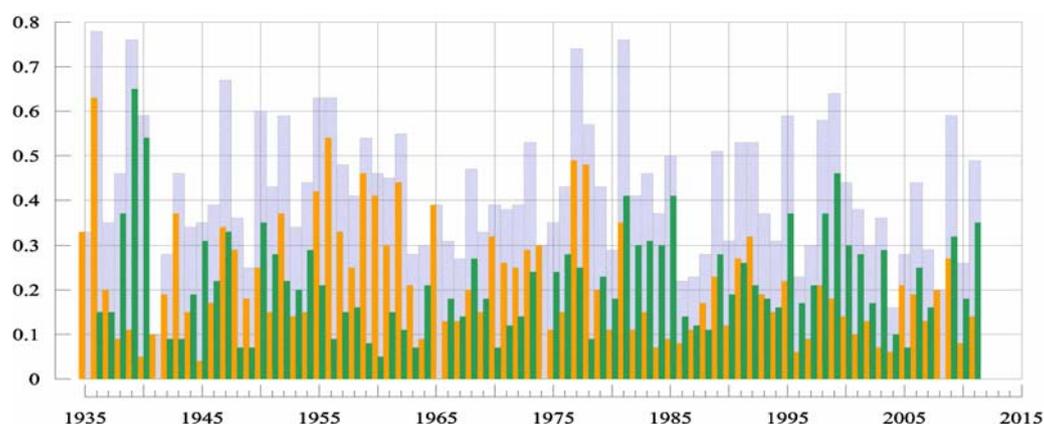


Рисунок 6.2 - Доля площади с крупными аномалиями осадков (ниже 20 перцентиля: желтые столбики, выше 80 перцентиля: зеленые столбики, суммарная площадь с крупными аномалиями: серые столбики) для года в целом для территории России, 1936-2011 гг.

На рис.6.3 представлены ряды доли площади под экстремальными (выше $+2\sigma$ и ниже -2σ) аномалиями сезонной температуры (в предположении гауссовости распределения это соответствует примерно 2.3% процента для каждого хвоста

распределения). Наблюдается значительный рост доли площади под положительными экстремумами, начиная с конца 1980-х гг. в отдельные годы эта доля превосходит среднее значение базового периода более, чем в 10 раз и достигает 47% общей площади (2007 г.).

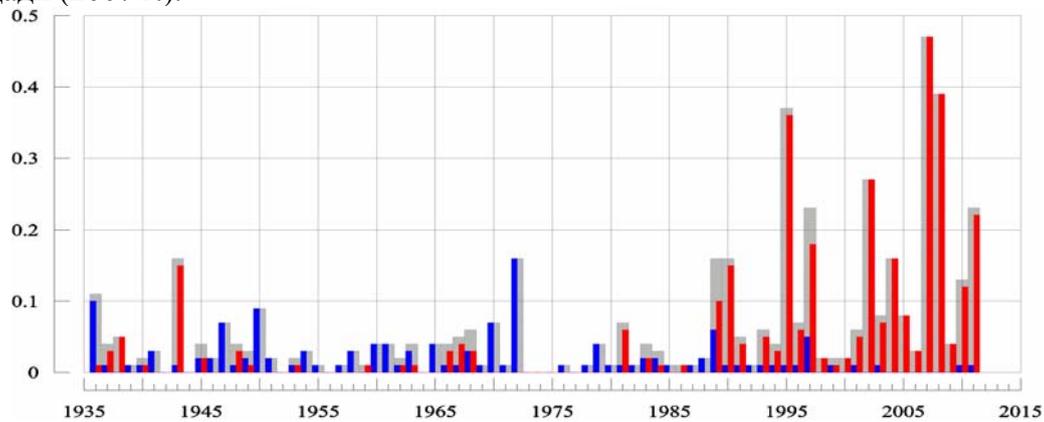


Рисунок 6.3 - Доля площади с экстремальными (сезонная нормированная аномалия меньше -2 : синие столбики, больше $+2$: красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры для года в целом для России, 1936-2011 гг. Базовый период для расчета статистик: 1961-1990 гг.

Анализ изменений индекса аномальности Багрова (рисунок 6.4) показывает, что до 1970-х гг. аномальность температурного режима слабо убывала, но с начала 1970-х гг. аномальность температурного режима за год в целом довольно быстро возрастает.

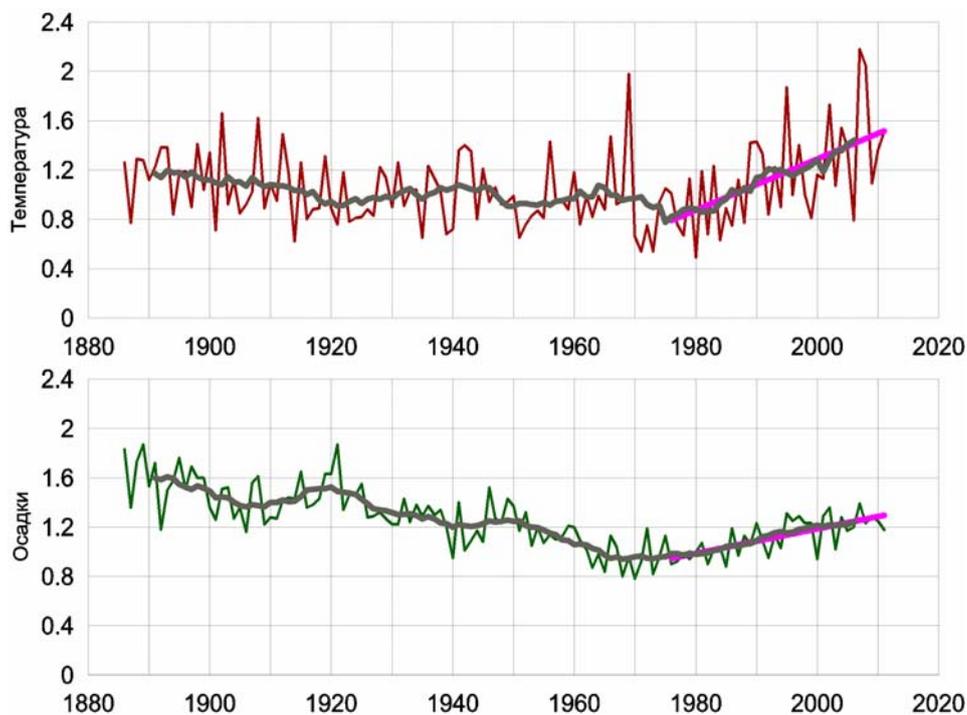


Рисунок 6.4 - Индекс аномальности Багрова (КА) для года в целом для России применительно к температуре и к осадкам, 1886-2011 гг. Показана 11-летняя скользящая средняя и тренд за период 1961-1990 гг.

С конца XIX века до начала 1970-х годов наблюдалось уменьшение аномальности выпадения осадков, начиная с 1970-х гг. до настоящего времени наблюдается увеличение аномальности выпадения осадков.

ВЫВОДЫ

1. 2011 год для Земного шара в целом (по данным наземных станций) и для Северного полушария был теплым - аномалия температуры составила $+0.34^{\circ}\text{C}$ и $+0.75^{\circ}\text{C}$ – это одиннадцатые величины в ранжированных рядах наблюдений.

Линейный тренд температуры за период 1976-2011 гг. составил для Земного шара $0.16^{\circ}\text{C}/10$ лет и $0.32^{\circ}\text{C}/10$ лет для Северного полушария.

2. В целом для России 2011 год был умеренно теплым. Значение среднегодовой температуры вошло в десять максимальных с 1936 года, однако фактически соответствовало ожидаемому при потеплении: отклонение от линейного тренда около -0.1°C .

3. Основными сезонными особенностями года были теплая весна и лето и холодная зима. Весна была вторым самым теплым весенним сезоном после весны 1990 года. Область теплой аномалии с центром на севере Сибири (где величина аномалии превышала $+8^{\circ}\text{C}$) охватывала весь север и восточную часть страны. Теплыми были все месяцы сезона, особенно апрель. Лето было третьим самым теплым летним сезоном после рекордного 2010 и 1998 гг. Очаги тепла располагались в центре ЕЧР и в Якутии; тепло было в регионе Приамурье и Приморье (максимум в ряду наблюдений).

Особенно важной особенностью представляется холодная зима: вместе с исключительно холодной зимой предыдущего года она значительно повлияла на оценки региональных трендов зимнего сезона. Очаги холода (до -3 .. -4°C) наблюдались на севере ЕЧР, юге Западной Сибири и в центре Средней Сибири.

4. Тенденции климатических изменений температуры в основном сохраняются; среднегодовые, весенние и осенние температуры растут на всей территории РФ. В среднем по территории России, тренд средних годовых температур составляет $+0.43^{\circ}\text{C}/10$ лет. Наиболее интенсивное потепление наблюдается весной, особенно, в Западной Сибири (местами до $+1.0^{\circ}\text{C}/10$ лет) и в Восточной Сибири (до $+1.4^{\circ}\text{C}/10$ лет), а также осенью, особенно, в Восточной Сибири ($+1.2^{\circ}\text{C}/10$ лет). Зимой и летом наибольшая скорость потепления прослеживается на ЕЧ России (до $+0.8^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Два года подряд с крупной отрицательной аномалией зимой в регионах ЕЧР, Западная и Средняя Сибирь и в Прибайкалье – Забайкалье привели к тому, что значение коэффициента линейного тренда здесь заметно уменьшилось: на 0.12 - $0.15^{\circ}\text{C}/10$ лет по сравнению с периодом 1976-2010 гг. В Западной Сибири впервые за последние два десятилетия тренд за период, начинающийся в 1976 г., стал отрицательным ($-0.12^{\circ}\text{C}/10$ лет), хотя его вклад в суммарную дисперсию – 0%.

Тенденция к похолоданию обнаруживается на территории России в зимний период в северо-восточном регионе (к востоку от 140° в.д.).

5. Количество выпавших осадков в целом по России в 2011 году немного больше среднего многолетнего.

6. Сезоном с наибольшими аномалиями осадков была зима (ранг 9) – особенно много осадков выпало в регионах Приамурье и Приморье (ранг 2) и Восточная Сибирь (ранг 4).

Весной в Южном ФО (ранг 3) и в Северо-Кавказском ФО (ранг 1) осадков выпало экстремально много. В Центральном ФО наблюдался дефицит осадков весной.

Осенью экстремально сухо было в регионе Прибайкалье и Забайкалье (ранг 1 в ранжированном по возрастанию ряду осадков) за счет сентября и октября.

7. Существенных изменений в тенденциях климатических изменений выпадения осадков не произошло. В целом по России с середины 1990-х гг. наблюдается преобладание положительных аномалий осадков по отношению к нормам периода 1961-1990 гг. Тренд за период с 1976 г. положительный во все сезоны и наиболее выражен весной, когда он объясняет 20% суммарной изменчивости (дисперсии) осадков в этот период. Максимум роста годовых осадков наблюдается в Средней Сибири, где растут осадки всех сезонов, кроме зимы. Весенние осадки растут почти на всей территории, исключая центр Европейской части РФ и часть Приамурья.

Федеральная служба
по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды

Российская
Академия Наук

ФГБУ «Институт Глобального климата и экологии»

Обзор состояния и тенденций изменения климата на территории Республики Беларусь

2011 год (декабрь 2010-ноябрь 2011)



ВВЕДЕНИЕ

В настоящем Приложении* приводится информация о состоянии приземного климата (температура приземного воздуха и атмосферные осадки) летом 2011 года и о наиболее значительных климатических аномалиях этого периода на территории Республики Беларусь. Работа выполняется по программе Союзного государства "Совершенствование системы обеспечения населения и отраслей экономики Российской Федерации и Республики Беларусь информацией о сложившихся и прогнозируемых погодно-климатических условиях, состоянии и загрязнении природной среды" на 2007 – 2011 годы (проект 3.1 «Оценка наблюдаемых тенденций изменения климата на региональном уровне и выпуск информационных бюллетеней о его состоянии и изменениях на территории Союзного государства»).

Все оценки получены по данным о средних месячных значениях температуры приземного воздуха и месячных суммах атмосферных осадков в базовом архиве ИГКЭ, содержащем данные гидрометеорологических наблюдений на 455 станциях стран СНГ и Балтии (из них 7 станций Республики Беларусь, табл. 1).

Таблица 1.

Список используемых станций Республики Беларусь.

	Название	№ ВМО	широта	Долгота	высота
1	Витебск	26666	55.20	30.20	169
2	Минск	26850	53.90	27.50	234
3	Могилев	26863	53.90	30.30	180
4	Брест	33008	52.10	23.70	144
5	Пинск	33019	52.10	26.10	144
6	Василевичи	33038	52.30	29.80	140
7	Гомель	33041	52.40	31.00	138

Под аномалиями температуры в бюллетене понимаются отклонения наблюдаемого значения от нормы, то есть от средней за базовый период 1961-1990 гг. Аномалии осадков рассматриваются как в отклонениях от нормы (аналогично температуре), так и в процентах от нормы (процентное отношение количества выпавших осадков к соответствующему значению нормы). Дополнительно приводится «вероятность превышения» текущего значения во временном ряду рассматриваемой переменной за некоторый период с 1936 по 2011 гг. (доля значений временного ряда, меньших либо равных текущему значению).

* Материалы подготовлены в ФГБУ ИГКЭ Росгидромета и РАН с использованием данных НИУ Росгидромета: ФГБУ «Гидрометцентр РФ» и ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»

Пространственное осреднение выполняется по стационарным данным об аномалиях климатических переменных с использованием двухступенчатой процедуры. На первом этапе территория региона покрывается регулярной сеткой (разрешением 2.5 градуса широты на 5 градусов долготы), и в каждой ячейке сетки рассчитывается «ячеечное» среднее (среднее арифметическое из значений аномалий на попавших в эту ячейку станциях). На втором этапе выполняется взвешенное осреднение «ячеечных» средних с весами, пропорциональными площади пересечения ячейки с территорией региона. Все расчеты, включая определение принадлежности ячейки к региону, площади их пересечения и ячейчных весовых множителей, выполняются автоматически, на основании заданной замкнутой ломаной, ограничивающей территорию региона.

Аналогичным образом, по данным о стационарных «нормах» (средних многолетних за базовый период) рассчитываются регионально осредненные «нормы». Регионально осредненные значения самих климатических переменных рассчитываются суммированием регионально осредненных «норм» и регионально осредненных аномалий (этот алгоритм уменьшает смещение средних, вызываемое пропусками в рядах наблюдений).

ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В 2011 г.

4.1 Температура воздуха.

В таблицах 1 и 2 приведены стационарные данные о наблюдаемой температуре и осадках для каждого месяца и сезона рассматриваемого года и года в целом, а на рисунках 1 и 2 – соответствующие этим данным пространственные распределения аномалий (поля изолиний), также для года и для каждого из сезонов.

Осадки рассматриваются в форме месячных сумм осадков (мм/месяц). В сезонном и годовом осреднении – это: средняя за сезон (год) месячная сумма осадков, выраженная в мм/месяц. Аномалии осадков рассматриваются в абсолютной шкале (отклонения от соответствующих норм, мм/месяц), или в относительной шкале – в процентах от нормы (%). Под нормой понимается рассматриваемая величина (сезонная или годовая сумма осадков, мм/месяц), осредненная за базовый период, в качестве которого, как и в случае температуры, принят период 1961-1990 гг.

Таблица 1
Аномалии средней месячной /сезонной / годовой температуры приземного воздуха (°С) на станциях Беларуси в 2011г.

Период	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Могилев</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	26666	26850	26863	33008	33019	33038	33041
<i>Зима2010/2011</i>	<i>-0.86</i>	<i>-0.96</i>	<i>-1.27</i>	<i>-0.72</i>	<i>-0.37</i>	<i>-0.47</i>	<i>-0.51</i>
Декабрь	-2.80	-3.58	-3.72	-3.50	-3.12	-2.77	-2.40

2010							
Январь	3.17	3.12	3.08	2.95	3.13	3.65	3.22
Февраль	-2.96	-2.41	-3.16	-1.61	-1.12	-2.28	-2.34
Весна	1.58	1.32	0.81	1.39	1.34	0.49	0.87
Март	1.16	1.08	-0.09	1.00	0.94	0.06	0.09
Апрель	2.25	2.22	1.89	2.36	1.94	1.26	1.41
Май	1.33	0.67	0.67	0.81	1.14	0.14	1.11
Лето	3.11	2.31	2.03	1.79	2.62	1.88	2.54
Июнь	2.95	2.64	2.00	2.45	3.27	2.16	2.86
Июль	4.25	2.89	3.08	1.38	2.69	2.74	3.47
Август	2.12	1.40	1.00	1.54	1.91	0.75	1.28
Осень	1.86	1.14	0.86	0.59	0.75	0.40	0.84
Сентябрь	2.33	1.97	0.95	2.02	1.94	0.96	1.24
Октябрь	0.89	-0.08	0.20	-0.44	-0.35	-0.64	0.03
Ноябрь	2.36	1.54	1.42	0.20	0.67	0.88	1.25
Год: декабрь2010 -ноябрь2011	1.42	0.95	0.61	0.76	1.09	0.58	0.94

Таблица 2.

Количество осадков, выпавших на станциях Беларуси в 2011 году

	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Могилев</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	26666	26850	26863	33008	33019	33038	33041
а) Сумма осадков за месяц /сезон / год (мм/месяц)							
<i>Зима2010/2011</i>	73.3	49.0	44.7	40.3	47.0	45.0	50.3
Декабрь 2010	86	63	63	46	63	72	76
Январь	92	54	46	41	41	30	38
Февраль	42	30	25	34	37	33	37
Весна	29.0	36.0	27.3	41.7	21.7	33.3	29.3
Март	13	7	5	11	17	13	5
Апрель	19	20	22	47	23	31	22
Май	55	81	55	67	25	56	61
Лето	115.0	100.0	66.7	85.3	88.0	92.3	83.0
Июнь	65	69	87	81	60	94	86
Июль	165	152	68	146	159	148	99
Август	115	79	45	29	45	35	64
Осень	38.3	27.0	28.3	19.0	17.0	15.7	16.7
Сентябрь	40	28	44	26	18	25	22
Октябрь	42	36	30	24	29	15	21
Ноябрь	33	17	11	7	4	7	7
Год 2011 декабрь-ноябрь	63.9	53.0	41.8	46.6	43.4	46.6	44.8
б) Аномалия сумм осадков за месяц /сезон / год (мм/месяц)							
<i>Зима2010/2011</i>	33.8	6.8	9.0	2.5	13.1	5.9	14.9
Декабрь 2010	34.5	10.4	19.1	2.1	22.9	25.6	32.5
Январь	54.3	14.0	10.6	4.0	7.1	-8.7	2.2
Февраль	12.5	-4.1	-2.6	1.5	9.3	0.9	9.9
Весна	-13.3	-12.5	-16.0	-1.1	-18.7	-10.7	-9.9
Март	-26.0	-34.8	-29.6	-19.6	-12.6	-20.7	-27.4
Апрель	-19.8	-22.2	-18.3	7.7	-14.3	-14.2	-15.2

Май	5.8	19.4	-0.2	8.5	-29.3	2.7	13.0
Лето	33.3	18.9	-9.8	9.4	15.5	11.8	7.8
Июнь	-13.4	-13.7	6.4	9.5	-19.2	14.6	1.6
Июль	71.5	63.9	-16.8	65.8	84.7	59.3	16.9
Август	41.9	6.6	-19.0	-47.2	-19.1	-38.6	4.8
Осень	-17.6	-26.2	-20.7	-25.3	-30.3	-30.5	-28.2
Сентябрь	-24.8	-32.2	-10.2	-25.2	-34.8	-24.7	-25.9
Октябрь	-6.1	-10.9	-14.7	-10.8	-17.6	-25.4	-21.9
Ноябрь	-21.9	-35.4	-37.1	-39.8	-38.4	-41.5	-36.9
Год 2011 декабрь-ноябрь	9.1	-3.3	-9.4	-3.6	-5.1	-5.9	-3.9

Среднегодовая аномалия температуры воздуха за 2011 год осредненная по территории Беларуси (таблица 3), оказалась равной $+0.82^{\circ}\text{C}$ – 23-я величина в ранжированном ряду наблюдений с 1936 года. Весной, летом и осенью было теплее, чем в среднем многолетнем, самым теплым сезоном было лето (вошло в десять самых теплых сезонов), в Витебске и Гомеле осуществились 95% экстремумы температуры. Холодным сезоном была зима - аномалии на станциях от -1.4°C до -0.4°C .

В таблице 4 показаны годовые и сезонные аномалии месячных сумм осадков. Количество выпавших за год осадков было меньше, чем в среднем многолетнем (аномалия -3.1 мм/месяц). Зима и лето были влажными сезонами, особенно зима - оказалась среди десяти самых влажных зим, в Витебске зимой осуществился 95% экстремум выпадения осадков. Весной и осенью наблюдался дефицит осадков, осень была второй среди самых «сухих» (после рекордно «сухой» осени 1951 г. с аномалией -28.5 мм/месяц).

Таблица 3.

Средние сезонные аномалии температуры, осредненные по территории Беларуси в 2011 году.

$\nu T (^{\circ}\text{C})$ - отклонения от средних за 1961-1990 гг.; R – ранг текущих значений в ряду убывающих осадков за 1936-2011 гг.

Сезоны	νT	R	Рекордный год и его аномалия ($\nu t, ^{\circ}\text{C}$)
Зима	-0.83	52	1990 ($+5.33^{\circ}\text{C}$)
Весна	+1.03	35	2007 ($+2.81^{\circ}\text{C}$)
Лето	+2.19	7	2010 ($+4.08^{\circ}\text{C}$)
Осень	+0.87	14	1967 ($+2.48^{\circ}\text{C}$)
Год	0.82	23	2007 ($+2,18^{\circ}\text{C}$)

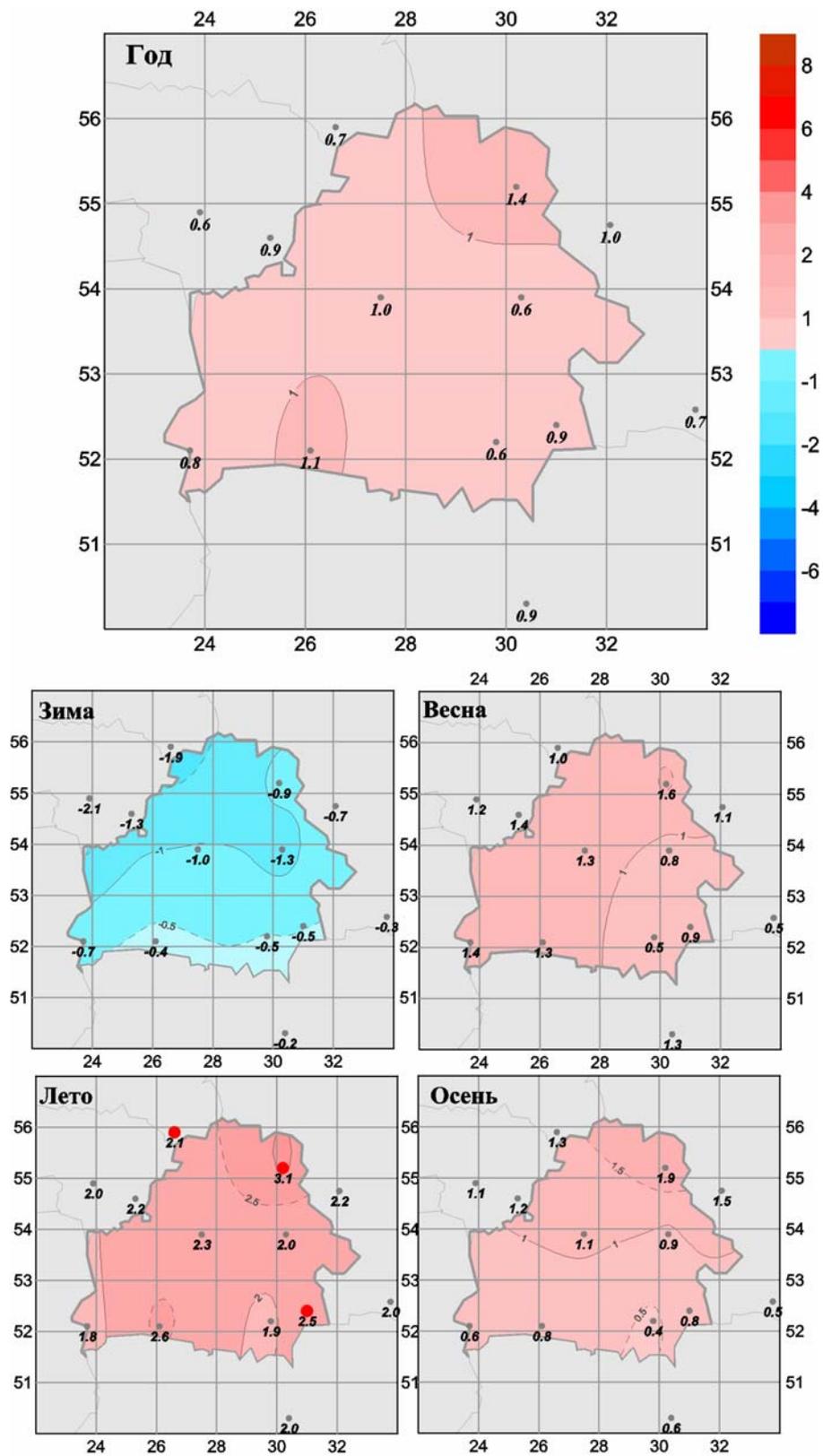


Рисунок 1 - Средняя годовая (декабрь 2010 – ноябрь 2011) и средние сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории Республики

Беларусь. Красными кружками показаны станции, где летом осуществились 95% экстремумы.

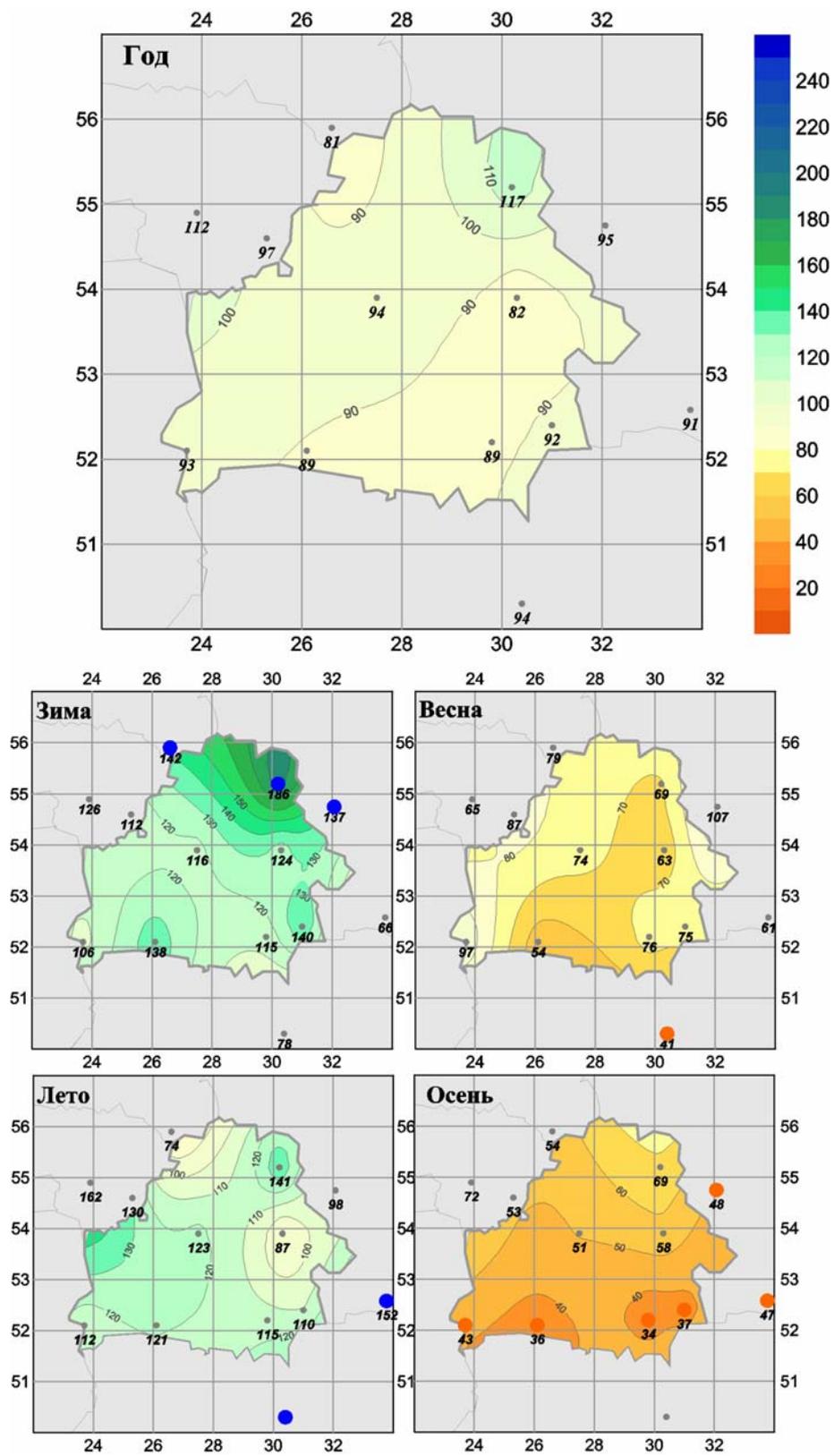


Рисунок 2 - Аномалии годовых (декабрь 2010 – ноябрь 2011) и сезонных сумм осадков (в процентах от нормы) на территории республики Беларусь в 2011 году.

Синими кружками показаны станции, осуществились 95% экстремумы выпадения осадков, а оранжевыми - 5% экстремумы. Цифрами приведены значения аномалий осадков в процентах от нормы на станциях.

Таблица 4.

Средние сезонные аномалии месячных сумм осадков, осредненные по территории Беларуси в 2011 году.

vR (мм/месяц)- отклонения от средних за 1961-1990 гг.;

R – ранг текущих значений в ряду убывающих осадков за 1936-2011 гг.

Сезоны	vR	R
Зима	11.2	9
Весна	-8.7	65
Лето	12	20
Осень	-26.9	75
Год	-3.1	54

На рисунке 3 приведены временные ряды пространственно осредненных аномалий средней месячной температуры приземного воздуха ($^{\circ}C$) и месячных сумм осадков (мм/месяц) за 1936 – 2011 гг. Показаны линейные тренды за 1976-2011 гг., рассчитанные методом наименьших квадратов

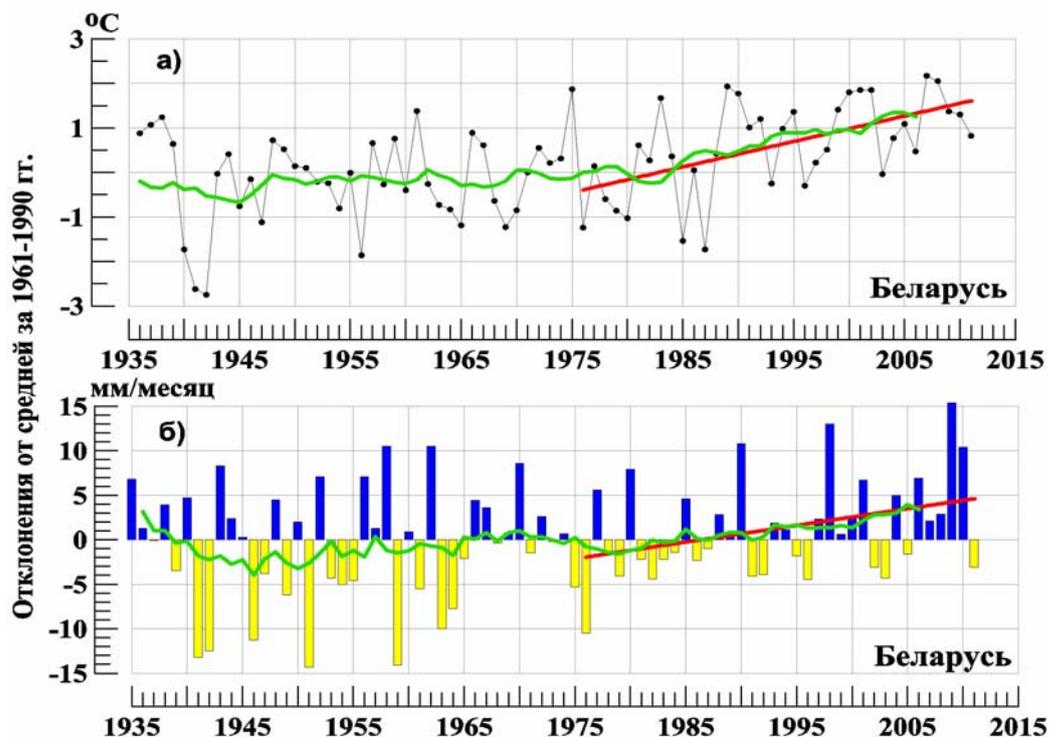


Рисунок 3 - Годовые аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}C$) и месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории республики Беларусь.

Показаны 11-летняя скользящая средняя и линейный тренд за период 1976 – 2010 гг.

Таблица 5.

Оценки линейного тренда регионально осредненной температуры и осадков для республики Беларусь за 1976-2011 гг.

b , °C/10 лет – коэффициент линейного тренда, $D\%$ - вклад тренда в дисперсию

Сезоны	Температура		Осадки	
	$b_{1976-2011}$ °C/10 лет	$D_{1976-2011}$ %	$b_{1976-2011}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2011}$ %
Зима	0.59	6	1.8	6
Весна	0.50	16	2.4	7
Лето	0.80	45	2.0	1
Осень	0.39	14	1.2	1
Год	0.57	32	1.9	12

Коэффициент линейного тренда изменений температуры воздуха за период 1976 – 2011 гг. составил $+0.57^{\circ}\text{C}$ за 10 лет, доля объясненной трендом дисперсии ряда 32%. (за период 1976-2010 - $+0.61^{\circ}\text{C}$ за 10 лет и 34% - соответственно). Наибольшая скорость потепления на территории республики Беларусь – летом (0.80°C за 10 лет).

Коэффициент линейного тренда осадков за период 1976 - 2011 гг. составил 1.9 мм/месяц/10 лет, вклад тренда в суммарную дисперсию ряда составил 12%. (за период 1976-2010 - 2.2 мм/месяц/10 лет и 16% - соответственно).

ВЫВОДЫ

1. В среднем по Беларуси годовая аномалия температуры воздуха составила $+0.82^{\circ}\text{C}$ (ранг 23). Зимой, осредненная по территории республики аномалия температуры была отрицательной и составила -0.83°C . В остальные сезоны было тепло, особенно летом (вошло в десять самых теплых летних сезонов).

2. В среднем по Беларуси сезонная аномалия осадков составила -3.1 мм/месяц. Зима и лето были влажными сезонами, особенно зима - оказалась среди десяти самых влажных зим. Весной и осенью наблюдался дефицит осадков, осень была второй среди самых «сухих» осенних сезонов (аномалия – -26.9 мм/месяц).

3. В среднем по территории Беларуси отмечается тенденция к потеплению, как в среднем за год, так и в отдельные сезоны.

4. В целом для Беларуси линейные тренды в изменении осадков обнаруживаются слабее.