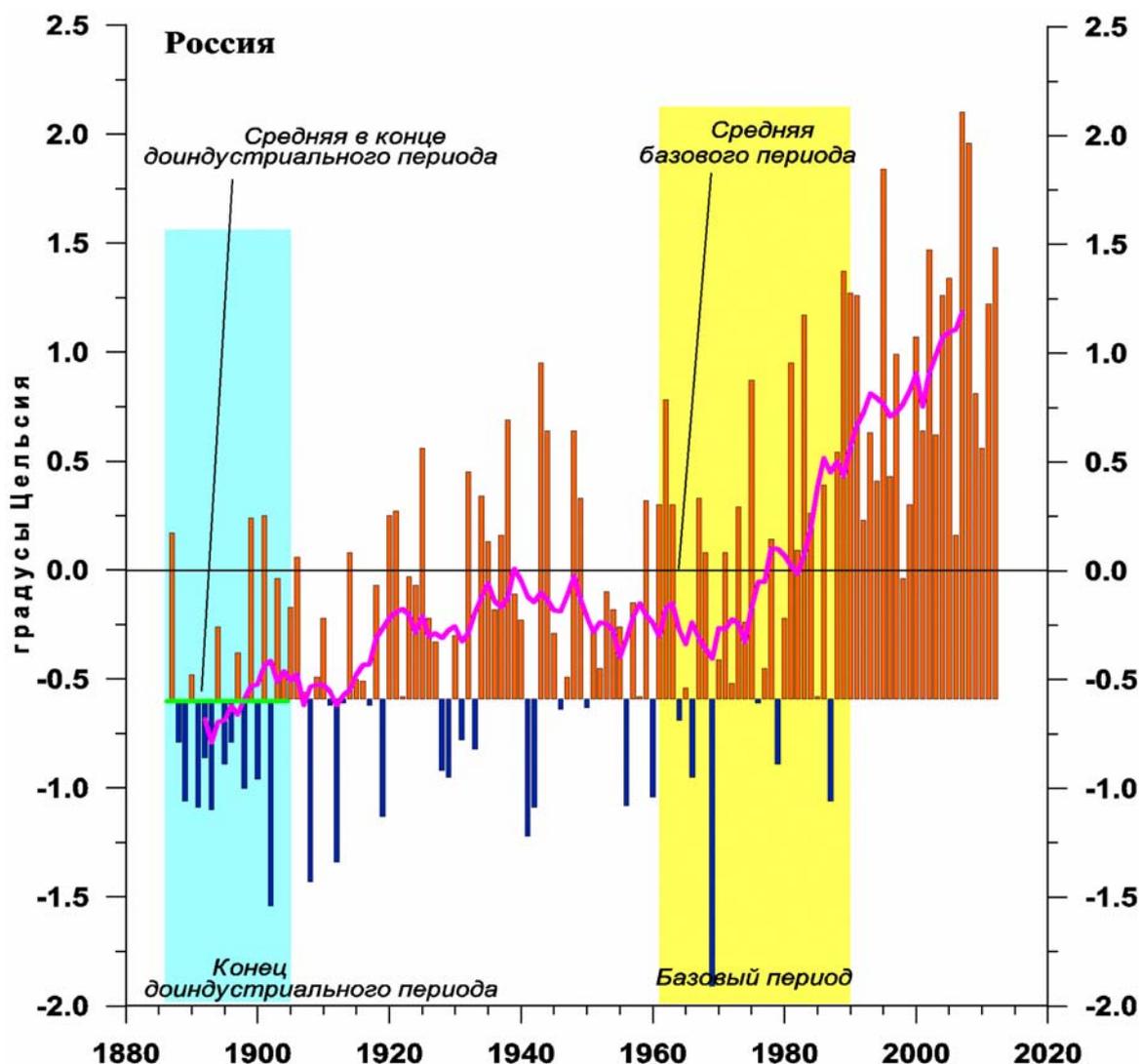


Федеральная служба по
гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды

Российская
Академия Наук

ФГБУ «Институт Глобального климата и экологии»



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2012 ГОД (ДЕКАБРЬ 2011 – НОЯБРЬ 2012)

Обзор состояния и тенденций изменения
климата России



Москва 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ¹

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ СРЕДНЕГОДОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА ЗЕМНОГО ШАРА, СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ.....	6
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ 2012 ГОДА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	8
3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	16
4. ИЗМЕНЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР И ОСАДКОВ В 1936-2012 гг.	21
5. КРУПНЫЕ АНОМАЛИИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ В 2012 году.....	27
6. ИНДЕКСЫ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ ЗА ПЕРИОД 1936-2012 гг.....	28
ВЫВОДЫ	30
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности 2012г. на территории Республики Беларусь.....	33

¹ На обложке приведен ход средней годовой аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2012 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 253 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 наблюдаемого 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.

Региональные средние значения аномалий метеорологических переменных рассчитываются в два этапа. На первом территория региона разбивается регулярной сеткой на ячейки 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. Затем выполняется взвешенное осреднение по региону средних по ячейкам с весами, пропорциональными площади пересечения ячейки с территорией региона.

Аналогично по данным о стационарных «нормах» для каждого региона рассчитываются регионально осредненные «нормы». Региональные средние значения самих климатических переменных рассчитываются суммированием регионально осредненных «норм» и регионально осредненных аномалий (этим уменьшается смещение средних, вызываемое пропусками в рядах наблюдений). Региональные средние значения климатических переменных используются при вычислении относительной аномалии осадков.



Рисунок 2 - Федеральные округа Российской Федерации

В 5 разделе приведены некоторые индексы экстремальности и аномальности климата.

Индексы экстремальности климата соответствуют областям экстремальных аномалий заданной обеспеченности - это вероятностные индексы, в основе которых - значения эмпирической 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 неперевышения. Индексы экстремальности определяются, как доля площади, где вероятности неперевышения $F(X_0) \leq \alpha\%$ (соответственно, $F(X_0) \geq 100 - \alpha\%$).

Для характеристики степени аномальности полей температуры воздуха используется "коэффициент аномальности" (предложенный Н.А.Багровым), равный среднеквадратическому значению (по площади) нормированной аномалии температуры. Чем больше индекс аномальности климата, тем больше отличается от нормы состояние климатической системы и тем дальше оно удалено от среднего положения.

В Приложении приводятся данные мониторинга климата на территории Республики Беларусь, подготовленные в рамках Работа выполняется в рамках сотрудничества 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".

Бюллетень подготовлен в ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»* с использованием материалов НИУ Росгидромета: ФГБУ «Гидрометцентр РФ» и ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», а также данных мониторинга засух ФГБУ «ВНИИСХМ». 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 СРЕДНЕСЕЗОННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА ЗЕМНОГО ШАРА, СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ

На рисунке 1.1 представлены временные ряды среднегодовых аномалий температуры у поверхности Земли (декабрь 2011 – ноябрь 2012 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 1976-2012 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 (для сравнения: тренд за период 1976-2007 гг. для Земного шара был $+0.18^{\circ}\text{C}/10$ лет), однако этот период слишком короток для того, чтобы делать определенные выводы об изменении тенденции.

Средние годовые аномалии температуры составили $+0.40^{\circ}\text{C}$ для Земного шара в целом и $+0.90^{\circ}\text{C}$ для Северного полушария: это десятая и четвертая величины в соответствующих рядах наблюдений с 1850 года. Для России в целом среднегодовая аномалия температуры составила $+1.48^{\circ}\text{C}$ – четвертая величина в ранжированном по убыванию ряду наблюдений с 1886 года.

Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений годовых температур за период 1976-2012 гг. в среднем для Земного шара, СП и России, приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Годовые (декабрь 2011-ноябрь 2012 года) аномалии и оценки линейного тренда пространственно осредненной приповерхностной температуры Земного шара и температуры приземного воздуха СП и России за период 1976-2012г.

Регионы мира	$\nu T_{2012}, ^{\circ}\text{C}$	1976-2012	
		$b, ^{\circ}\text{C}/10$ лет	$D \%$
Земной шар	0.40	0.16	75
СП	0.90	0.31	76
Россия	1.48	0.43	35

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

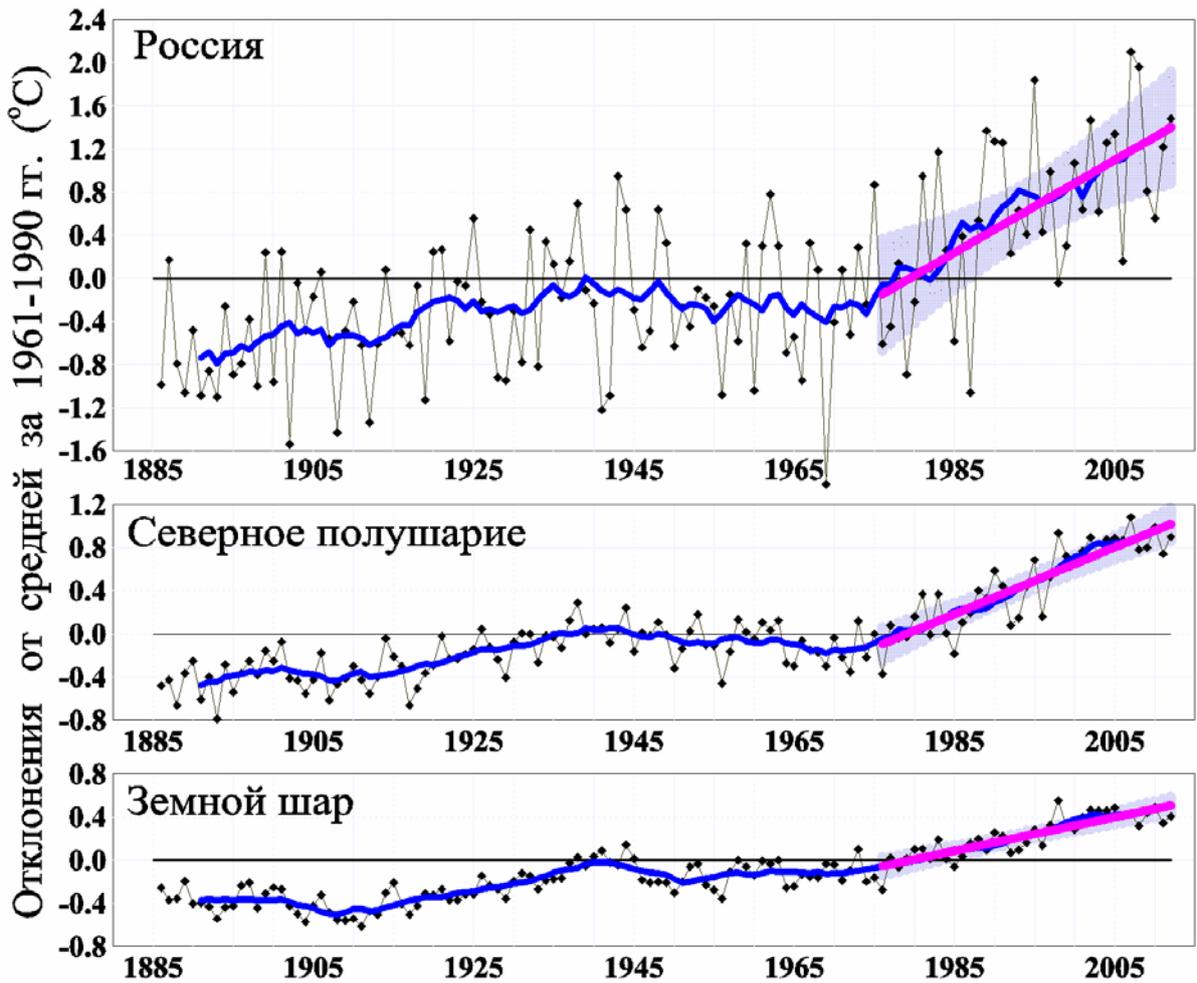


Рисунок 1.1 – годовая аномалия (декабрь 2011–ноябрь 2012) приповерхностной температуры Земного шара, Северного полушария (суша) и России за 1886-2012 гг.

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 - массив hadcrut3gl.txt, СП - scutem3nh.txt) и данные ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» (Россия - данные на станциях).

2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ 2012 ГОДА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

На рис. 2.1 и 2.3 представлены карты годовых и сезонных аномалий температуры и осадков в 2012 г. на территории России, а на рис 2.2 и 2.4 – соответствующие им эмпирические вероятности непревышения.

Температура воздуха.

В таблице 2.1 представлены среднегодовые и средние сезонные аномалии температуры для регионов России. Для каждого значения аномалии приведены вероятность непревышения относительно выборки за 1936-2011 гг. и среднее квадратическое отклонение.

Таблица 2.1

Средние годовые (декабрь 2011 - ноябрь 2012г.) и сезонные аномалии температуры приземного воздуха в субъектах России в 2012 году:

νT - отклонения от средних за 1961-1990 гг.; $P(t \leq T_{2011})$ - Вероятности непревышения (в скобках в столбце νT) – рассчитаны по данным за 1936-2011 гг. и выражены в %; s – среднее квадратическое отклонение (выделены экстремальные значения, попадающие в 5% максимальных или минимальных).

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	$\nu T, ^\circ C (P)$	$s, ^\circ C$	$\nu T, ^\circ C (P)$	$s, ^\circ C$	$\nu T, ^\circ C (P)$	$s, ^\circ C$	$\nu T, ^\circ C (P)$	$s, ^\circ C$	$\nu T, ^\circ C (P)$	$s, ^\circ C$
Россия	1.48 (96)	0.76	0.87 (66)	1.82	1.62 (86)	1.19	1.61 (99)	0.33	1.78(93)	0.90
Физико-географические регионы России										
Европейская часть РФ	1.77 (96)	0.97	1.12 (60)	2.33	1.88 (95)	1.44	1.64 (90)	1.00	2.44 (99)	1.04
Западная Сибирь	2.02 (97)	1.08	1.10 (67)	2.94	2.82 (95)	1.62	2.81 (100)	0.80	1.35(80)	1.54
Средняя Сибирь	1.49 (88)	1.10	2.59 (80)	2.78	1.32 (75)	1.66	1.50 (95)	0.65	0.54(59)	1.80
Прибайкалье и Забайкалье	0.37 (58)	0.73	-0.56 (38)	1.89	0.61 (62)	1.39	0.87 (76)	0.57	0.57(66)	1.23
Приамурье и Приморье	0.90 (82)	0.73	-0.32 (38)	1.52	0.58 (71)	1.15	1.59 (96)	0.75	1.75(96)	0.89
Восточная Сибирь	1.36 (87)	0.62	-0.35 (42)	1.41	1.40 (80)	1.22	0.91 (82)	0.56	3.29 (99)	0.94
Федеральные Округа РФ										
Северо-Западный	1.83 (91)	1.14	3.01 (76)	2.88	1.36 (86)	1.54	0.79 (66)	1.17	2.18 (93)	1.24
Центральный	1.70 (92)	1.10	1.32 (60)	2.69	1.66 (86)	1.69	1.53 (84)	1.22	2.28 (96)	1.13
Приволжский	1.97 (97)	1.05	0.36 (54)	2.54	2.53 (96)	1.69	2.36 (93)	1.19	2.64(99)	1.25
Южный	1.68 (96)	0.96	-0.78 (34)	2.08	2.27 (99)	1.47	2.48 (97)	1.04	2.76 (100)	1.05
Северо-Кавказский	1.21 (95)	0.73	-1.23 (24)	1.59	1.67 (99)	0.96	1.41 (91)	0.76	2.98 (100)	0.85
Уральский	2.65 (99)	1.18	3.02 (82)	3.12	2.96 (93)	1.75	2.93 (100)	1.02	1.67 (82)	1.64
Сибирский	1.12 (84)	0.93	0.44 (53)	2.57	1.70 (80)	1.47	1.58 (99)	0.47	0.72 (67)	1.49
Дальневосточный	1.19 (88)	0.69	0.38 (60)	1.46	0.99 (76)	1.23	1.24 (92)	0.48	2.19 (96)	1.01

2012 год в целом был очень теплым: средняя годовая температура воздуха, осредненная по территории России, в 2012 году, превысила «норму» 1961-1990 гг. на 1.48°C, что явилось четвертой по величине положительной аномалией в ряду наблюдений. Особенно теплым было лето (+1.61°C: ранг 2) и осень (+1.78°C: ранг 6).

Небольшие отрицательные аномалии среднегодовой температуры воздуха наблюдались лишь на юге азиатской части страны и на Чукотке. На большинстве станций страны температура была существенно выше нормы (вероятность непревышения 70-90%); больше, чем на трети станций страны температура была больше 90 перцентиля. Максимальные положительные аномалии (до +5°C) наблюдались на Арктическом побережье от Ямала до Таймыра (в основном за счет зимы, хотя в остальные сезоны здесь также было тепло).

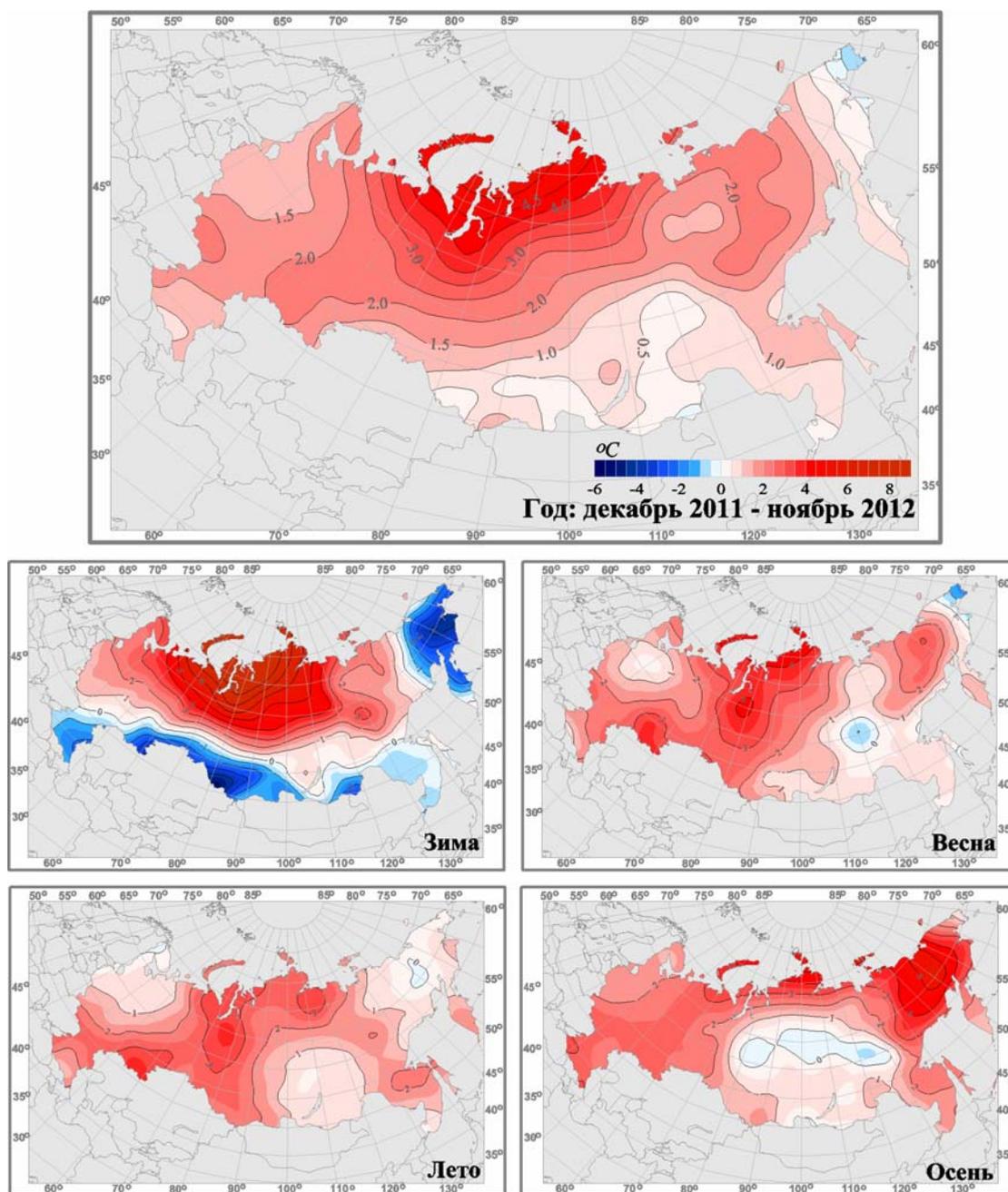


Рисунок 2.1 - Поля аномалий температуры приземного воздуха (°C) на территории России в 2012 г. за год и сезоны: зима 2011/2012 гг., весна, лето, осень 2012 г.. Нормы рассчитаны за 1961-1990 гг.

Зимой 2011/12 года сезонная аномалия составила $+0.87^{\circ}\text{C}$ – 27-я в ряду с 1936 г. Основной особенностью температурного режима было разделение территории на обширную теплую северную и узкую холодную южную части, наиболее выраженное в декабре и январе.

На большей части России наблюдались положительные аномалии температуры, с максимумом на Полярном Урале, на севере Западной Сибири и в западной части Таймыра, где аномалии температуры превышали $+8^{\circ}\text{C}$ и повсеместно зафиксированы 90%-е экстремумы.

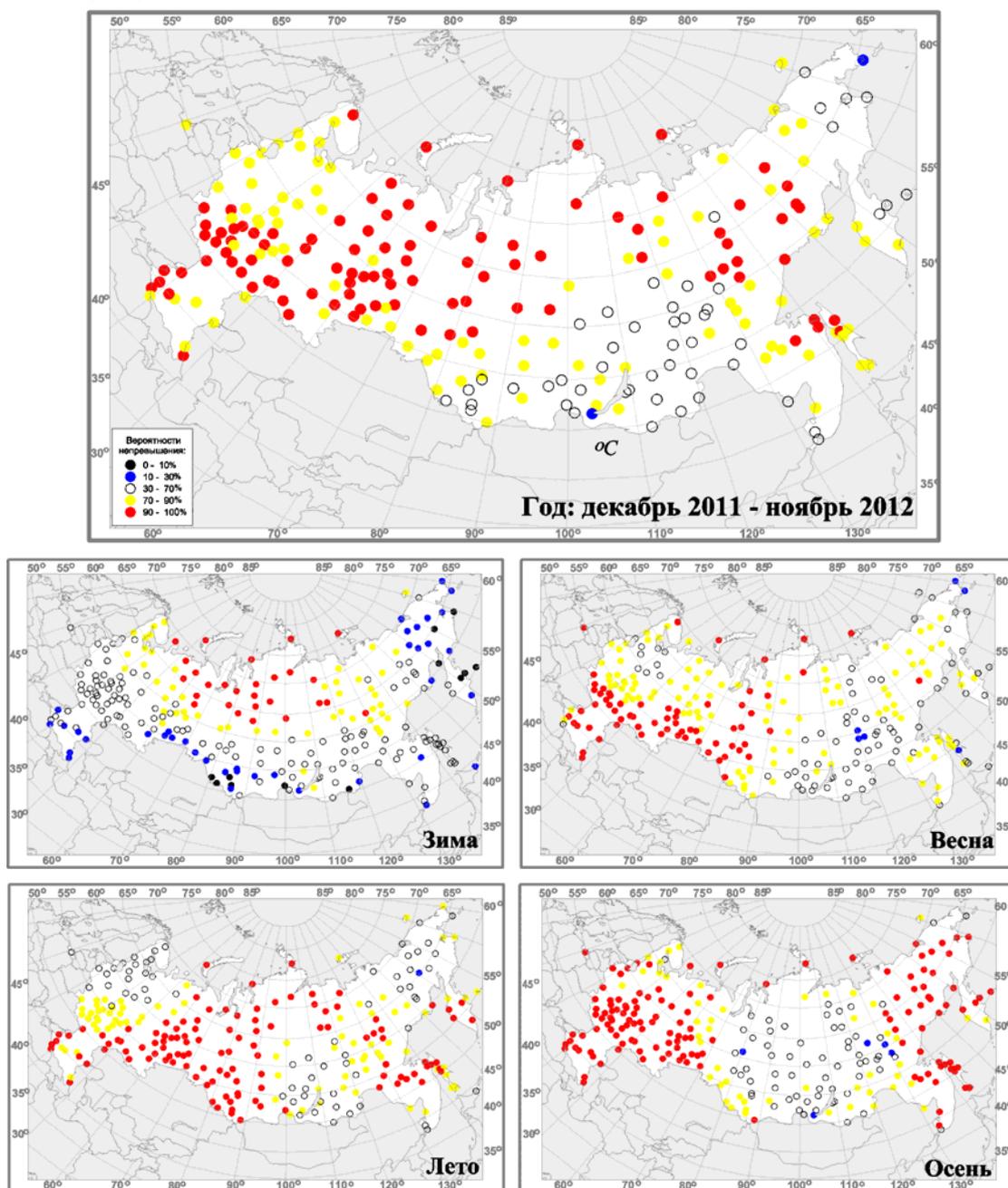


Рисунок 2.2 – Вероятности превышения средней годовой (декабрь 2011 – ноябрь 2012 гг.) и средних сезонных аномалий температуры.

Значения вероятностей превышения получены относительно периода 1936-2011 гг.

На юге страны (от Северного Кавказа и далее вдоль всей южной границы РФ) аномалии температуры были отрицательными, местами наблюдались 10%-е экстремумы холода; однако центр холода располагался еще южнее - в Казахстане. Холодно было также на севере Дальнего Востока восточнее 150° в.д.: в Чукотском АО и Камчатской области (здесь также наблюдались экстремальные холода) с минимумом в бассейне Анадыря: аномалии температуры ниже -4°C. Экстремально холодно (аномалии ниже 10-го перцентиля) было в феврале в Южном и в Северо-Кавказском ФО.

Весна была теплой (аномалия +1.62°C, ранг 12). На большинстве станций страны температура была существенно выше нормы (вероятность неперевышения 70-90%); больше чем на четверти станций, по которым поступили данные, температура была выше 90 перцентиля - экстремумы наблюдались в основном на юге ЕЧР и юге Уральского ФО, а также в западной части Сибирского ФО (аномалии до +4.6°C). Самым аномально теплым месяцем весны был май: аномалия температуры, осредненная по территории России - +2.39°C – рекордная максимальная величина в ряду наблюдений с 1936 года; более чем на трети станций температура выше 90 перцентиля. Очень теплым был также апрель: +2.87°C – пятая величина в ряду наблюдений.

На юге Якутии (за счет холодного марта), на крайнем северо-востоке (где холодно было также и в мае) сезонные аномалии температуры были отрицательные.

Лето было очень теплым (+1.61°C: 2-я по величине аномалия с 1936 г.). На большинстве станций РФ температуры существенно превышали норму. Крупные положительные аномалии температуры наблюдались в основном в азиатской части страны в июне и июле. Здесь на большинстве станций сезонные температуры существенно превысили норму: на половине станций, по которым поступили данные, наблюдались экстремальные температуры выше 90 перцентиля. Основные области экстремальных температур: Урал и Западная Сибирь, нижнее и среднее течение Волги; экстремумы тепла наблюдались также на Северном Кавказе, на Дальнем Востоке и севере Центральной Сибири (аномалии в бассейне Оби, в Поволжье около +4°C).

Особенно теплым был июнь: экстремальные условия сложились в азиатской части страны, почти на половине станций температура была выше 90 перцентиля, экстремумы наблюдались повсеместно на Урале и в Сибири, на Дальнем Востоке, на Черноморском побережье. В северной половине Западной Сибири аномалии достигали +8°C. Июньские аномалии температуры, осредненные по регионам составили: Западная Сибирь - +5.34°C (ранг 1, т.е. максимальное значение, с 1936 г.), Средняя Сибирь - +3.29°C (ранг 2). Теплым был и июль: экстремумы наблюдались от Урала вдоль границы с Казахстаном.

На западе Чукотского АО и северо-западе Мурманской области летом наблюдались слабые отрицательные аномалии (до -0.4°C).

Осень также была очень теплая – аномалия температуры +1.78°C: 6-я с 1936 г. На большей части страны – положительные аномалии. Особенно тепло было в Восточной Сибири и на Арктическом побережье (аномалии до +6°C), а также на ЕЧР. На большинстве станций этих районов температура была выше 90 перцентиля. В центре азиатской части РФ наблюдались отрицательные аномалии до -1°C.

Такое распределение тепла и холода сложилось осенью за счет октября и ноября, когда было исключительно тепло на дальнем Северо–Востоке, на Южном Урале и юге ЕЧР.

Атмосферные осадки

Все приводимые в данном разделе оценки, как и для температуры, получены по данным стационарных 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 2012 г., в среднем по территории России и ее регионов, приведены в таблице 2.2. Для каждого значения аномалии приведена вероятность превышения за 1936-2011 гг. и среднее квадратическое отклонение.

Региональные и сезонные особенности распределения осадков на территории РФ в 2012 г. подробнее представлены на рисунках 2.3 и 2.4. Количество осадков приведено в табл.2.3 в мм/месяц, на рисунке 2.3 - в процентах от нормы (среднего за 1961-1990 гг.).

В целом за год на территории РФ наблюдался значительный избыток осадков - аномалия +2.6 мм/месяц, седьмое максимальное значение в ряду. Особенно значительное превышение нормы наблюдалось в Забайкалье, Хабаровском крае, центральных и северных областях ЕЧР. Здесь на большинстве станций наблюдались 90%-ные экстремумы. Осредненная по ЕЧР годовая аномалия – 113%, 3-я в ряду наблюдений с 1936 г., в Прибайкалье и Забайкалье – 119% (ранг 5).

Из федеральных округов следует отметить Северо-Западный и Центральный, где за год в целом зафиксированы исторические максимумы выпадения осадков.

Зима. В целом за сезон преобладали осадки ниже нормы, местами - существенно. Дефицит осадков (80%- 20% нормы, в основном, за счет января и февраля) - на юге АЧР, включая Урал, центральные и южные районы Западной Сибири, Алтай, Саяны, Приамурье. На большинстве станций этой области количество выпавших осадков меньше 10 процентиля. Дефицит осадков здесь наблюдался во все месяцы сезона, особенно в январе и феврале. В Западной Сибири регионально осредненная аномалия составила 52% (-10.8 мм/месяц) - второе минимальное значение в ряду.

Дефицит осадков (80% - 20%) наблюдался также в восточной части Якутии, в Магаданской области, на Чукотке и Камчатке (во все месяцы сезона). В феврале почти везде на юге азиатской части страны наблюдалась аномалия осадков до 20% нормы и ниже.

Избыток сезонных осадков (120%-180% нормы) наблюдался в северо-западных и центральных областях европейской части России, в низовьях Оби, Енисея, Хатанги и Лены, в Прибайкалье и Забайкалье.

Таблица 2.2

Регионально осредненные аномалии температуры и осадков в 2012г. в ряду за 1936-2012гг. и вероятности непревышения νR (мм/месяц)- отклонения от средних за 1961-1990 гг; RR – отношение R_{2012} к норме, выраженное в %; $P(r \leq R_{2011})$ Вероятности непревышения (в скобках в столбце νR)– рассчитаны по данным за 1936-2011 гг. и выражены в %, (выделены экстремальные значения, попадающие в 5% максимальных или минимальных).

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	νR (P)	RR	νR (P)	RR	νR (P)	RR	νR (P)	RR	νR (P)	RR
Россия	2.6 (92)	107	-3.4 (17)	86	4.5 (96)	116	2.4 (74)	104	6.9 (100)	116
Физико-географические регионы России										
Европейская часть РФ	6.2 (97)	113	-1.0 (46)	97	7.3 (88)	120	10.7 (91)	117	7.8 (87)	115
Западная Сибирь	-3.1 (9)	92	-10.8 (1)	52	1.2 (51)	104	-9.7 (7)	85	6.9 (93)	116
Средняя Сибирь	0.3 (38)	101	0.7 (63)	104	1.3 (70)	106	-0.6 (33)	99	-0.6 (37)	98
Прибайкалье и Забайкалье	6.7 (95)	119	1.5 (74)	114	10.1 (100)	151	13.4 (86)	117	1.7 (50)	106
Приамурье и Приморье	3.4 (82)	106	-0.2 (57)	100	4.2 (72)	111	-7.2 (40)	93	16.8 (95)	130
Восточная Сибирь	2.6 (88)	108	-8.4 (5)	62	3.7 (93)	119	3.4 (68)	107	12.4 (96)	132
Федеральные Округа РФ										
Северо-Западный	11.7 (100)	124	0.2 (53)	100	6.5 (84)	119	21.5 (97)	133	18.4 (100)	133
Центральный	13.2 (100)	126	11.7 (93)	129	11.7 (90)	130	9.7 (79)	114	19.6 (93)	138
Приволжский	2.1 (74)	105	-6.8 (25)	80	5.9 (74)	118	5.3 (74)	109	4.0 (70)	108
Южный	-5.4 (13)	88	-1.0 (50)	98	-1.0 (42)	97	-3.2 (40)	93	-16.1 (5)	62
Северо-Кавказский	0.5 (41)	101	-10.2 (17)	79	21.4 (99)	138	12.7 (87)	121	-21.9 (3)	60
Уральский	-1.2 (32)	97	-10.1 (1)	59	5.3 (72)	119	-7.2 (16)	89	7.0 (86)	116
Сибирский	-0.2 (33)	99	-3.3 (10)	82	2.4 (72)	110	-2.6 (18)	96	2.5 (68)	107
Дальневосточный	3.0 (90)	108	-3.9 (16)	79	3.7 (92)	116	-2.5 (60)	104	9.8 (99)	124

Весна. Избыток осадков (более 70 процентиля) наблюдался на большей части территории РФ. Сезонно осредненная по России аномалия составила 116% - 4-я величина в ряду. Значения сезонной аномалии осадков выше 120% нормы отмечены в центре европейской части страны (за счет марта и апреля). Значительный избыток осадков (более 160% нормы) - в Забайкалье, на востоке Якутии, в Хабаровском крае: в основном, за счет апреля и (в Забайкалье) мая. На ряде станций ЕЧР и на востоке страны аномалии осадков были выше 90-го процентиля

В регионе Прибайкалье и Забайкалье сезонная аномалия осадков составила 10.1 мм/месяц – это максимальная величина в ряду наблюдений с 1936 г.

Самым влажным месяцем сезона был апрель: на многих станциях центра ЕЧР и Дальнего Востока наблюдались экстремальные аномалии. На обширной территории Дальнего Востока аномалии превышали 200% нормы. В марте на Азиатской части РФ в основном наблюдался дефицит осадков.

Лето. Лето в целом по России было умеренно влажным (104% нормы). Значительный избыток осадков наблюдался на территории Северо-Западного ФО (в основном, за счет июня и июля): осредненная по Северо-Западному ФО аномалия +21.5 мм/месяц соответствует 133% нормы, большее количество осадков выпало здесь лишь в 1998 г. (аномалия 28.4 мм/месяц) и в 1987 г. (аномалия 24 мм/месяц). Вокруг

Белого моря избыток осадков наблюдался в течение всех летних месяцев. Избыток осадков - в Забайкалье (в основном, за счет июня и июля), в Хабаровском крае (за счет августа), здесь выпало более 140% нормы.

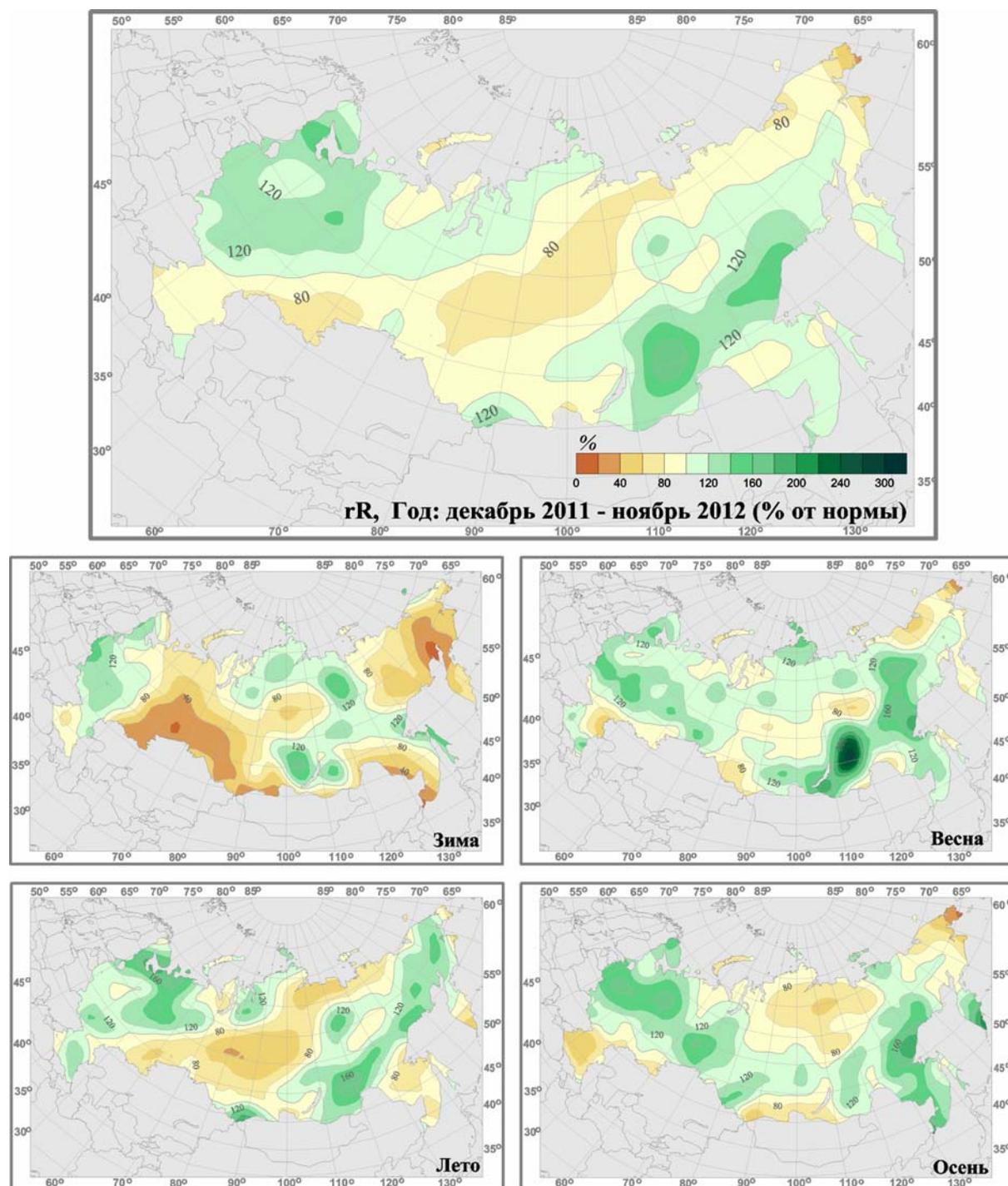


Рисунок 2.3 - Поля аномалий средних годовых (декабрь – ноябрь) и сезонных сумм осадков (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.) на территории России в 2012 г.

В Западной и Средней Сибири летом (в основном, за счет июня и июля) наблюдался значительный дефицит осадков (меньше 60% нормы). Осредненная по

региону Западная Сибирь аномалия составила -9.7 мм/месяц (вероятность непревышения – 7%), на большей части региона Западная Сибирь количество выпавших летом осадков было меньше 10-го перцентиля.

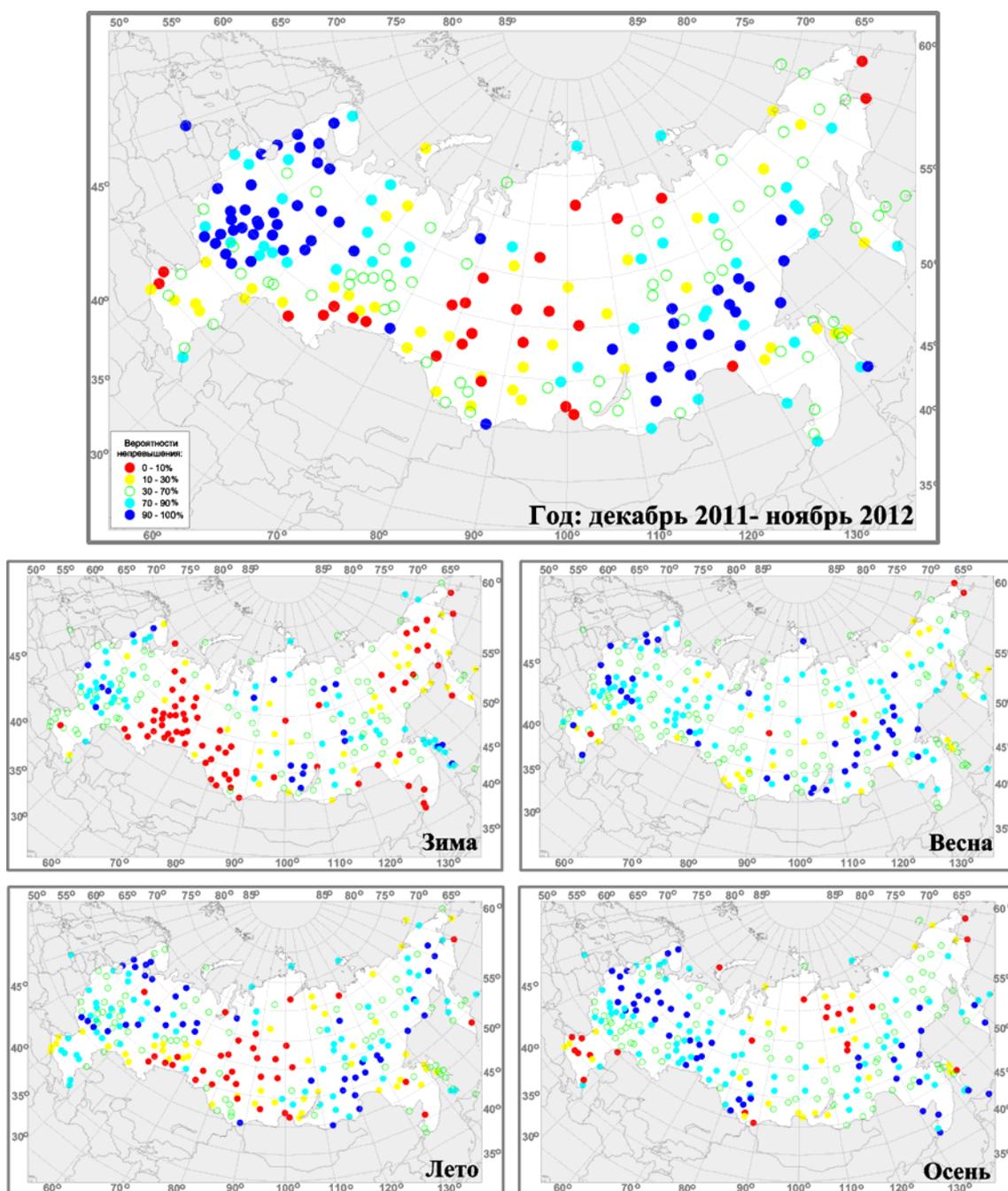


Рисунок 2.4 – Вероятности непревышения средней годовой (декабрь 2011 – ноябрь 2012 гг.) и средних сезонных аномалий осадков.

Значения вероятностей непревышения получены относительно периода 1936-2011 гг.

Осень.

Осенью аномалия осадков составила для территории РФ 116% (+6.9 мм/месяц) - исторический максимум с 1936 г. Избыток осадков наблюдался полосой от западных границ до Среднего Урала, затем в южных районах АЧР, и далее до Охотского и

Японского морей. В ЕЧР и на Дальнем Востоке наибольший вклад в осеннюю аномалию внес октябрь, на Среднем Урале – сентябрь, на юге Сибири – ноябрь. На многих станциях этих районов количество выпавших осадков было больше 90 процентиля.

Дефицит осадков (менее 60% нормы) наблюдался в Южном ФО, на Алтае в Якутии, на Чукотке.

В октябре сложились контрастные условия увлажнения на ЕЧР: на большей территории от Арктического побережья до Дона наблюдался значительный и на многих станциях экстремальный избыток осадков, в то время как южнее – экстремальный дефицит. Такой же «диполь» сложился в азиатской части РФ – экстремальный избыток осадков в Хабаровском крае и дефицит – на западе Якутии.

3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ.

В этом разделе рассматриваются оценки средних изменений метеорологических величин с начала современного потепления, т.е, с середины 1970-х гг.: география изменений, т.е. распределение оценок наблюдаемых изменений по территории РФ, и временные ряды и оценки тренда для России в целом.

Временные ряды средних годовых и сезонных аномалий температуры и осадков, осредненных по территории России в целом, приведены на рисунках 3.1, и 3.2 за период с 1936 по 2012 гг. На всех временных рядах показан линейный тренд, характеризующий тенденцию (среднюю скорость) изменений температуры и осадков на интервале 1976 - 2012 гг., с 95%-й доверительной полосой.

В таблице 3.1 приведены оценки линейного тренда регионально осредненной температуры приземного воздуха и месячных сумм атмосферных осадков для территории РФ в целом за 1976-2012 гг.

Таблица 3.1

Оценки линейного тренда средних за год и сезоны аномалий температуры приземного воздуха и атмосферных осадков, осредненных по территории России, за 1976-2012гг.,

b – коэффициент линейного тренда, *D*% - вклад тренда в дисперсию

Период осреднения	температура		осадки		
	<i>b</i> °C/10 лет	<i>D</i> %	<i>b</i> мм/мес/10 лет	<i>b</i> %/10 лет	<i>D</i> %
Год	0.43	35	0.8	2.0	24
Зима	0.18	2	0.3	1.1	3
Весна	0.56	30	1.4	5.2	23
Лето	0.44	59	0.3	0.5	1
Осень	0.54	27	0.9	2.1	9

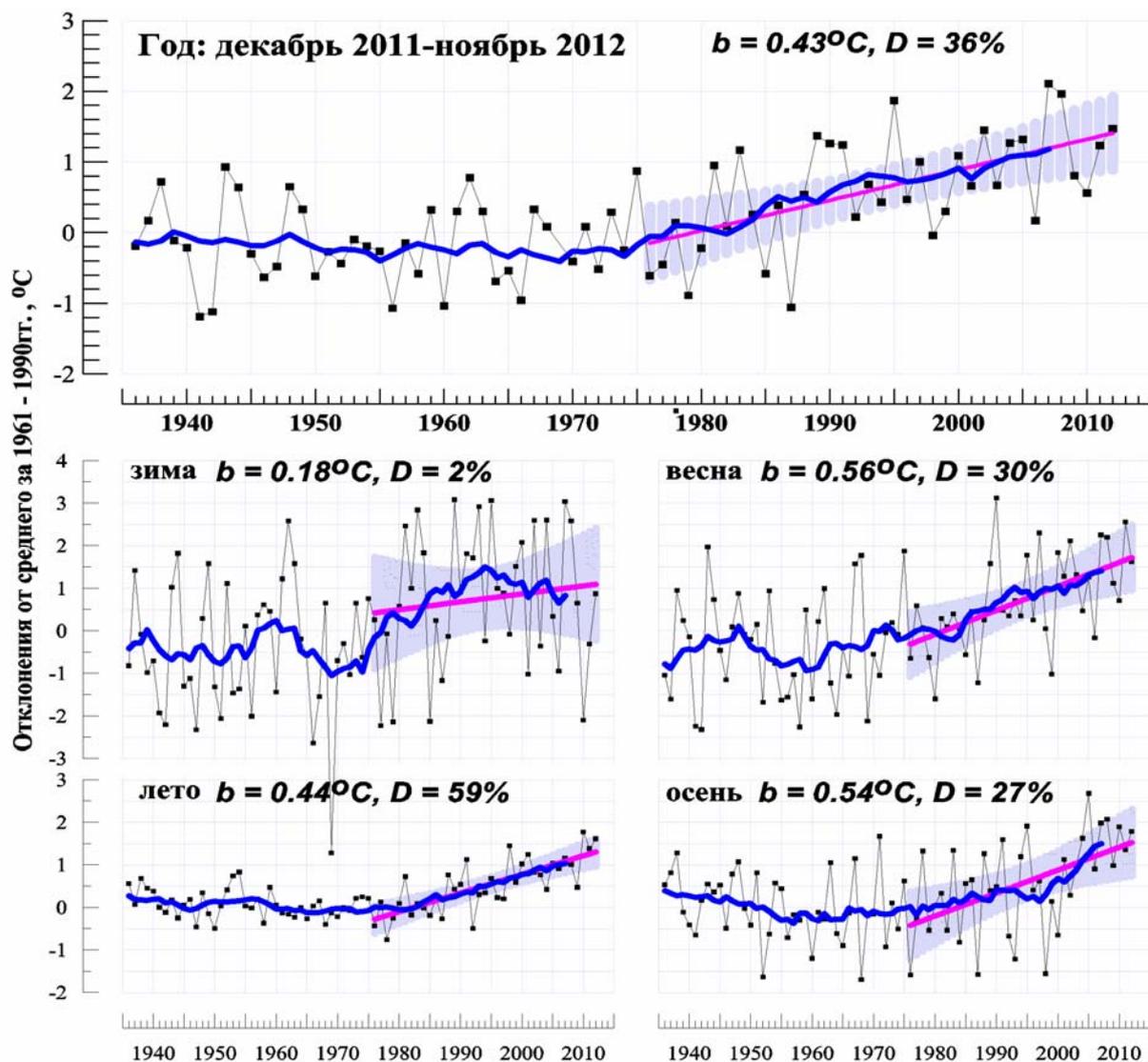


Рисунок 3.1 - Средние годовые и сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории РФ, 1936-2012 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Показаны также 11-летнее скользящее среднее, линейный тренд за 1976-2012 гг. с 95%-й доверительной полосой.

На рисунках 3.3 и 3.4 представлено географическое распределение коэффициентов линейных трендов температуры приземного воздуха и атмосферных осадков на территории России для 2012 года в целом и для сезонов года. Оценки получены по стационарным временным рядам сезонных аномалий за 1976-2012 гг. в точках расположения станций и затем картированы.

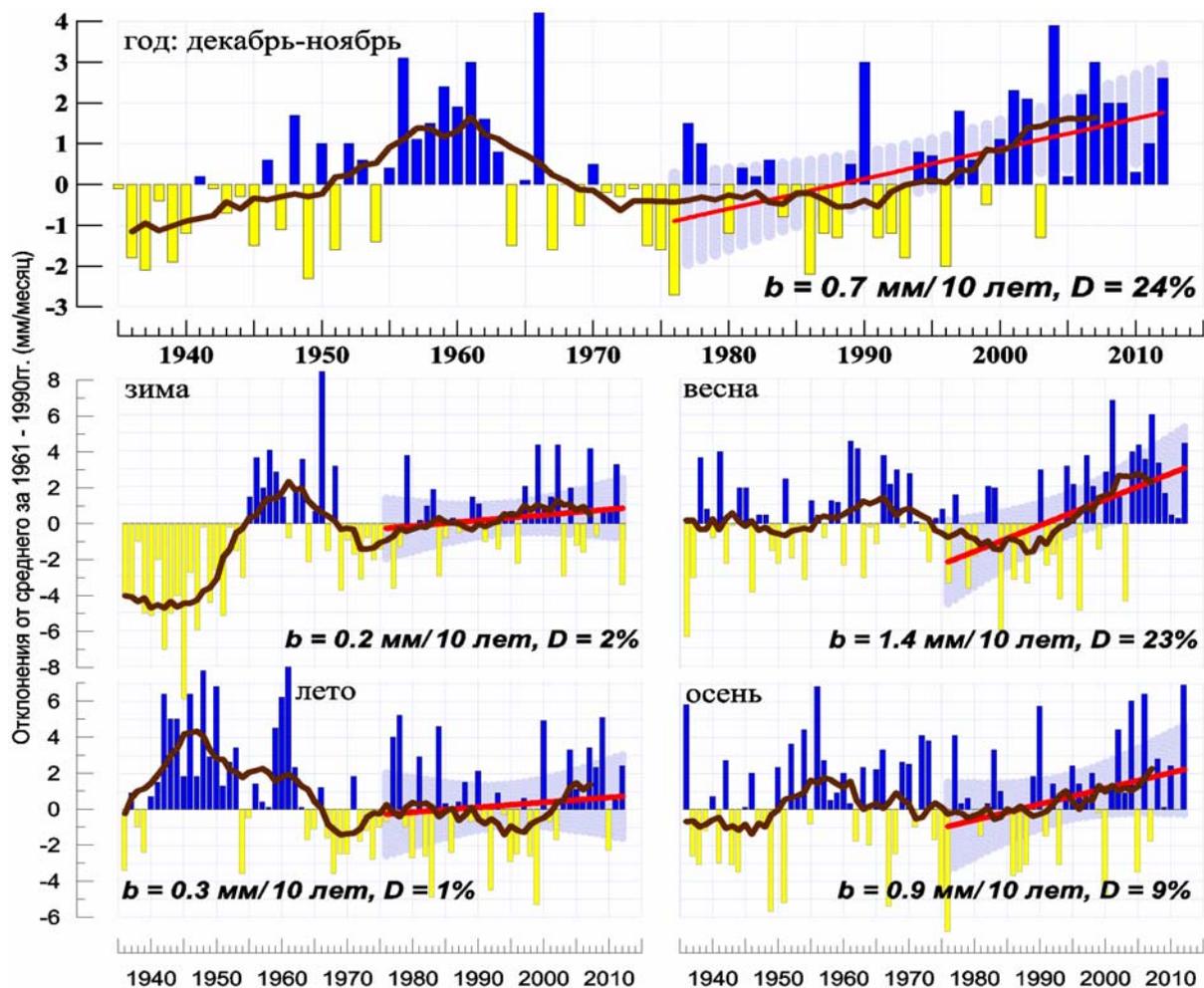


Рисунок 3.2 – Средние годовые и средние сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории РФ, 1936 – 2012 гг. (Условные обозначения на рис.3.1)

Тенденции климатических изменений температуры, наблюдавшиеся в предыдущие годы, в основном сохраняются; среднегодовые, весенние и осенние температуры растут на всей территории РФ.

В целом за год и во все сезоны, кроме зимы, на территории РФ продолжается потепление. Рост среднегодовой температуры (линейный тренд) составил $0.43^{\circ}\text{C}/10$ лет (вклад в общую изменчивость 35%). Наиболее быстрый рост наблюдается весной ($0.56^{\circ}\text{C}/10$ лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд больше всего выделяется летом ($0.44^{\circ}\text{C}/10$ лет, 59% суммарной дисперсии).

Наиболее интенсивное потепление наблюдается весной в Западной Сибири и на Чукотке (до $+1.2^{\circ}\text{C}/10$ лет - $+1.4^{\circ}\text{C}/10$ лет), а также осенью - в Восточной Сибири (до $+1.2^{\circ}\text{C}/10$ лет). Зимой и летом наибольшая скорость потепления прослеживается на ЕЧ России (до $+0.6^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Зимой сохраняются области похолодания на Дальнем Северо-Востоке (до $-0.8^{\circ}\text{C}/10$ лет) и в Сибири (здесь область похолодания расширилась по сравнению с прошлым годом и тренды достигают до $-0.4^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Следует отметить, что с середины 1990-х гг. прекратился рост зимних температур в целом по России (рис. 3.1). Линейный тренд за 1976-2012 гг. остается положительным, однако он резко уменьшился ($0.18^{\circ}\text{C}/10$ лет против $0.83^{\circ}\text{C}/10$ лет за период 1976-2000 гг.) и стал статистически незначим, т.е. гипотеза о линейном росте для зимних температур не подтверждается – это очевидно из формы сглаженной кривой на рис. 3.1. Это повлияло также и на скорость роста среднегодовой температуры, хотя и не столь значительно ($0.43^{\circ}\text{C}/10$ лет за 1976-2012 гг. против $0.49^{\circ}\text{C}/10$ лет за 1976-2000 гг.): тем не менее, рост среднегодовых температур очевидно продолжается и значим на уровне 1%.

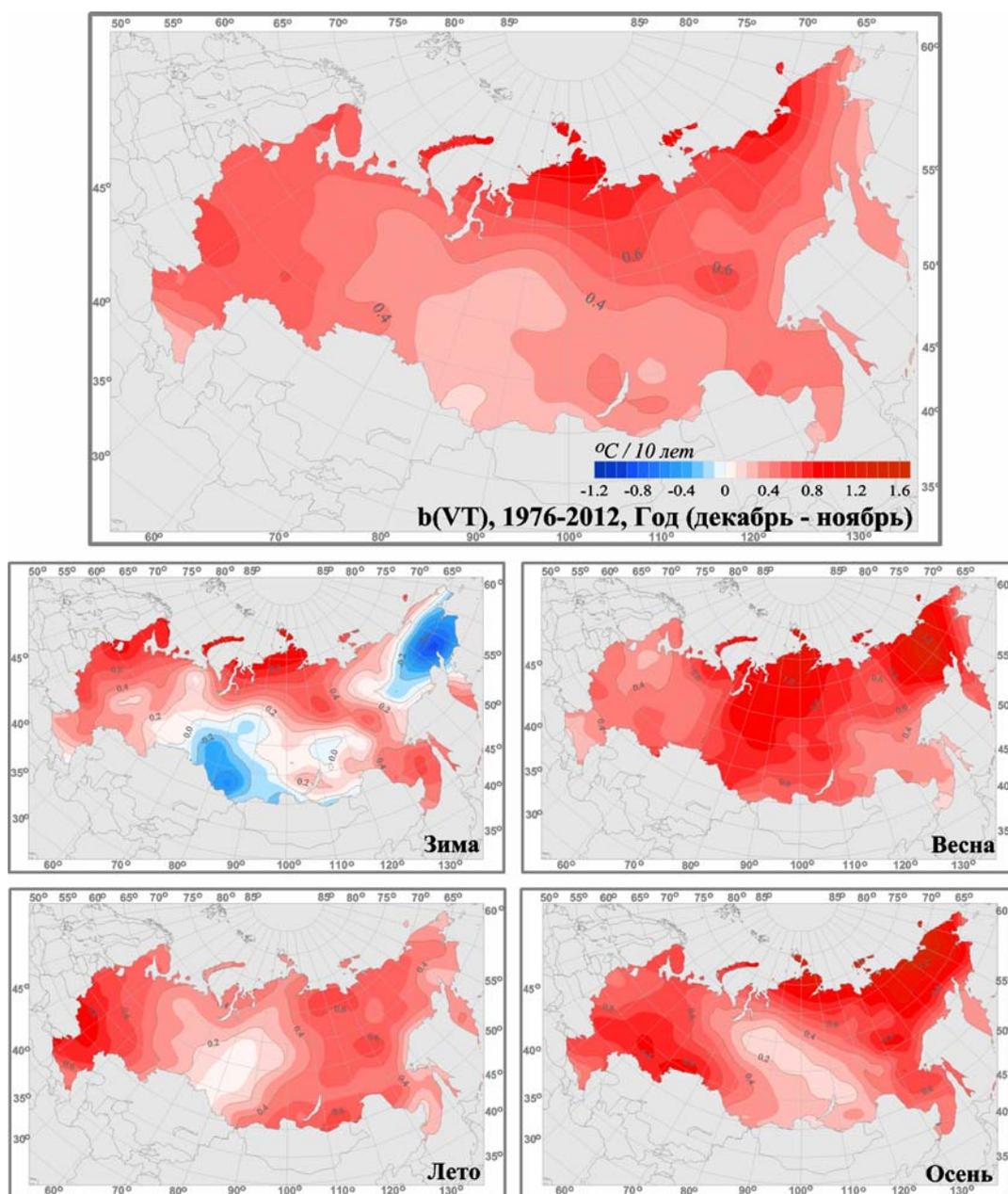


Рисунок 3.3 - Средняя скорость изменения среднегодовой и средних сезонных температур приземного воздуха на территории России по данным наблюдений за 1976-2012 гг. (в $^{\circ}\text{C}/10$ лет)

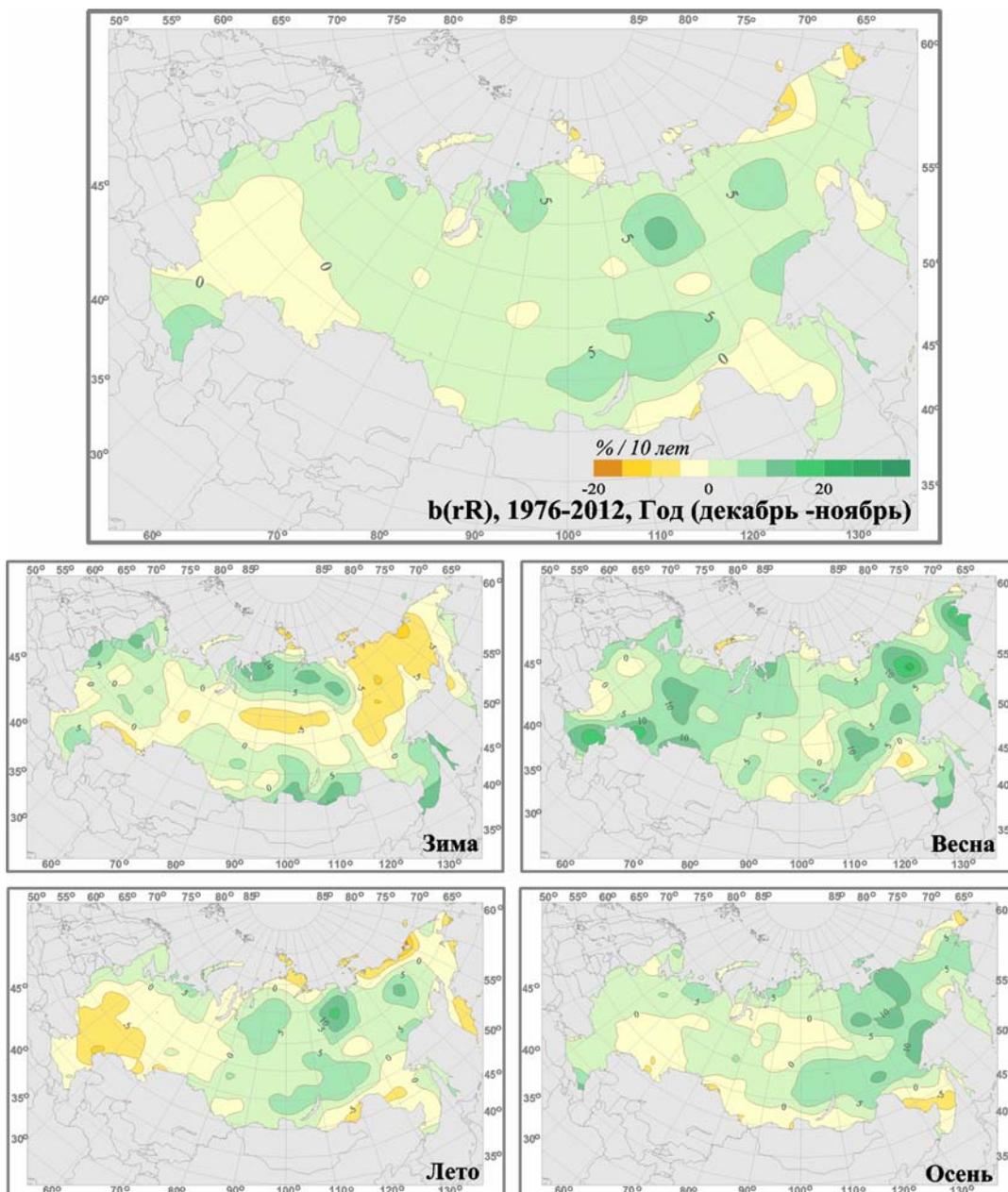


Рис. 3.4. Пространственные распределения локальных коэффициентов линейного тренда атмосферных осадков за 1976-2012 гг. на территории России (% / 10 лет), в среднем за год и по сезонам.

Тренд годовых сумм осадков за 1976-2012 гг., в среднем по России, составляет 0.8 мм/мес/10лет и описывает 24% межгодовой изменчивости (за период 1976-2011 он составлял 0.7 мм/мес/10 лет при 21% объясненной дисперсии).

Наиболее заметен рост годовых сумм осадков в регионе Средняя Сибирь (тренд 1.2 мм/мес / 10лет описывает 25% межгодовой изменчивости).

Количество осадков на территории РФ растет, в основном за счет весеннего сезона (1.4 мм/мес/10лет, дисперсия ряда 23%), однако тренды значительно менее выражены, чем для температуры.

Карты распределения тренда за период 1976 – 2012 г подтверждают основной вывод о наличии слабой тенденции к увеличению годовых сумм осадков (кроме центра европейской части России, Приамурья и Чукотки). Тренд осадков на большей части территории России составляет 0 мм /10 лет - 5 мм/10 лет, а в Прибайкалье, в верховье Алдана, в нижнем течении Лены тенденция к увеличению осадков составила около 5 мм /10 лет.

В центре ЕЧ России, на Чукотке, в Приамурье в среднем за год прослеживается тенденция к незначительному уменьшению осадков (от 0 мм /10 лет до -5 мм/10 лет).

Зимой в Восточной Сибири выделяются значительные по площади области с тенденцией к некоторому уменьшению (от 0 мм /10 лет до -10 мм/10 лет) осадков.

Прослеживаются отдельные области с тенденцией к увеличению весенних осадков (от 5 мм /10 лет до 15 мм/10 лет) на юге ЕЧР, в Восточной Сибири.

Летом в центре ЕЧ России прослеживается тенденция к уменьшению осадков (от 0 мм /10 лет до -5 мм/10 лет).

Осенью в Восточной Сибири прослеживаются отдельные области с тенденцией к увеличению осадков (от 5 мм /10 лет до 15 мм/10 лет) в Восточной Сибири.

4. ИЗМЕНЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР И ОСАДКОВ В 1936-2012 гг.

В разделе анализируется характер изменения регионально-осредненных температур и осадков для физико-географических регионов России и Федеральных округов. На рис. 4.1 – 4.4 приведены временные ряды осредненных по регионам аномалий средней месячной температуры приземного воздуха (°С) и месячных сумм осадков (мм/месяц) летнего сезона за 1936 – 2012 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2012 гг., рассчитанные методом наименьших квадратов. В таблицах 4.1 - 4.3 приведены оценки линейных трендов регионально осредненных значений температуры и осадков за 1976-2012 гг. для физико-географических регионов и федеральных округов РФ.

Температура воздуха.

Температура за 1976-2012 гг. растет во всех регионах в среднем за год и во все сезоны, за исключением зимы, когда отрицательный тренд наблюдается в физико-географических регионах Западная Сибирь и Восточная Сибирь, в Сибирском ФО. Кроме того, зимние тренды температуры незначимы (на 5% уровне) для всех регионов. Тренды среднегодовой температуры значимы во всех регионах, кроме, возможно, Западной Сибири (где значим только весенний тренд).

В некоторых регионах азиатской части страны после середины 1990-х гг. наблюдалось замедление роста среднегодовой температуры и даже относительное

похолодание (рис. 3.1); однако после 2000 г. потепление возобновилось, кроме Прибайкалья и Забайкалья.

Атмосферные осадки

Почти во всех регионах после максимума в 1950-60-х гг. наблюдалось уменьшение годовых осадков (рис. 3.2, 3.4), которое сменилось ростом с 1970-90 гг., в зависимости от региона. Рост годовых осадков в последние десятилетия не отмечается лишь в Центральном и Приволжском ФО. Однако тренды годовых осадков за 1976-2012 гг. значимы лишь для Средней Сибири, Прибайкалья и Забайкалья, а также Сибирского и Дальневосточного ФО. Из сезонов наибольший рост осадков, значимый во многих регионах, наблюдается весной (во всех регионах весенний тренд положителен). Летние осадки убывают на ЕЧР (исключая Северо-Западный ФО), в Приамурье и Приморье. В Средней Сибири осадки растут весной, летом и осенью (значимо).

Таблица 4.1

Оценки линейного тренда средних за год и сезоны регионально осредненных аномалий температуры приземного воздуха для регионов России за 1976-2012гг.,

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

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	<i>b</i>	<i>D%</i>								
Физико-географические регионы России										
Европейская часть РФ	0.50	32	0.43	5	0.41	16	0.59	34	0.64	29
Западная Сибирь	0.30	11	-0.09	0	0.68	22	0.19	5	0.45	9
Средняя Сибирь	0.43	23	0.25	1	0.66	22	0.43	33	0.39	6
Прибайкалье и Забайкалье	0.34	21	0.06	0	0.53	17	0.52	43	0.26	6
Приамурье и Приморье	0.40	43	0.44	10	0.28	8	0.36	30	0.53	33
Восточная Сибирь	0.49	43	-0.04	0	0.74	30	0.46	43	0.80	40
Федеральные Округа РФ										
Северо-Западный	0.52	26	0.58	5	0.41	12	0.48	32	0.59	19
Центральный	0.59	33	0.53	6	0.44	14	0.75	34	0.64	25
Приволжский	0.51	26	0.29	2	0.46	13	0.55	19	0.74	27
Южный	0.54	32	0.37	5	0.37	10	0.78	40	0.65	27
Северно-Кавказский	0.40	29	0.27	5	0.25	9	0.54	32	0.53	20
Уральский	0.37	12	0.11	0	0.64	17	0.25	6	0.48	8
Сибирский	0.32	15	-0.02	0	0.66	24	0.34	32	0.31	5
Дальневосточный	0.48	47	0.20	4	0.58	26	0.46	54	0.67	38

Таблица 4.2

Оценки линейного тренда средних за год и сезоны регионально осредненных месячных аномалий сумм атмосферных осадков для регионов РФ за 1976-2012 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	$D\%$
Физико-географические регионы России										
Европейская часть России	0.4	3	0.7	3	1.9	14	-1.5	4	0.6	1
Западная Сибирь	0.7	5	0.2	0	1.9	19	0.4	0	0.3	0
Средняя Сибирь	1.2	26	0.0	0	0.8	12	2.7	18	1.1	13
Прибайкалье и Забайкалье	1.1	15	0.5	9	0.9	6	1.9	5	1.2	8
Приамурье и Приморье	0.5	1	1.1	8	1.6	4	-0.8	0	-0.1	0
Восточная Сибирь	0.9	10	-0.4	1	1.1	18	-0.1	0	2.1	17
Федеральные Округа РФ										
Северо-Западный	1.2	10	1.3	6	1.9	15	0.4	0	1.1	2
Центральный	-0.2	0	0.8	1	0.8	1	-3.2	6	0.8	1
Приволжский	-0.4	1	-0.2	0	2.2	9	-2.8	6	-0.8	1
Южный	0.3	0	0.2	0	1.8	5	-1.9	3	0.9	1
Северо-Кавказский	1.7	7	1.7	4	2.8	7	0	0	1.9	2
Уральский	0.7	4	0.1	0	2.5	22	-0.5	1	0.7	1
Сибирский	0.9	22	0.2	1	0.8	7	1.9	16	0.6	4
Дальневосточный	0.8	13	0.1	0	1.3	23	0.4	0	1.4	15

Таблица 4.3

Оценки линейного тренда регионально осредненных относительных аномалий годовых и сезонных сумм атмосферных осадков для регионов РФ за 1976-2012 гг.:

$\% / 10 лет$ – 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	2.0	24	1.1	3	5.2	23	0.5	1	2.1	9
Физико-географические регионы России										
Европейская часть России	0.9	3	1.8	3	5.2	14	-2.3	4	1.1	1
Западная Сибирь	1.8	5	0.9	0	6.8	19	0.7	0	0.6	0
Средняя Сибирь	3.7	26	-0.1	0	3.7	12	5.0	18	3.3	13
Прибайкалье и Забайкалье	3.1	15	4.6	9	4.4	6	2.4	5	4.4	8
Приамурье и Приморье	0.9	1	7.3	8	4.3	4	-0.7	0	-0.1	0
Восточная Сибирь	2.7	10	-1.7	1	5.9	18	-0.2	0	5.7	17
Федеральные Округа РФ										
Северо-Западный	2.5	10	3.7	6	5.5	15	0.7	0	2.0	2
Центральный	-0.3	0	2.0	1	2.1	1	-4.4	6	1.6	1
Приволжский	-1.1	1	-0.6	0	6.6	9	-4.8	6	-1.7	1
Южный	0.7	0	0.4	0	4.7	5	-4.0	3	2.2	1
Северо-Кавказский	3.1	7	3.6	4	5.2	7	0.1	0	3.4	2
Уральский	1.7	4	0.6	0	9.0	22	-0.8	1	1.5	1
Сибирский	2.5	22	1.3	1	3.4	7	3.0	16	1.7	4
Дальневосточный	2.2	13	0.6	0	5.4	23	0.6	0	3.4	15

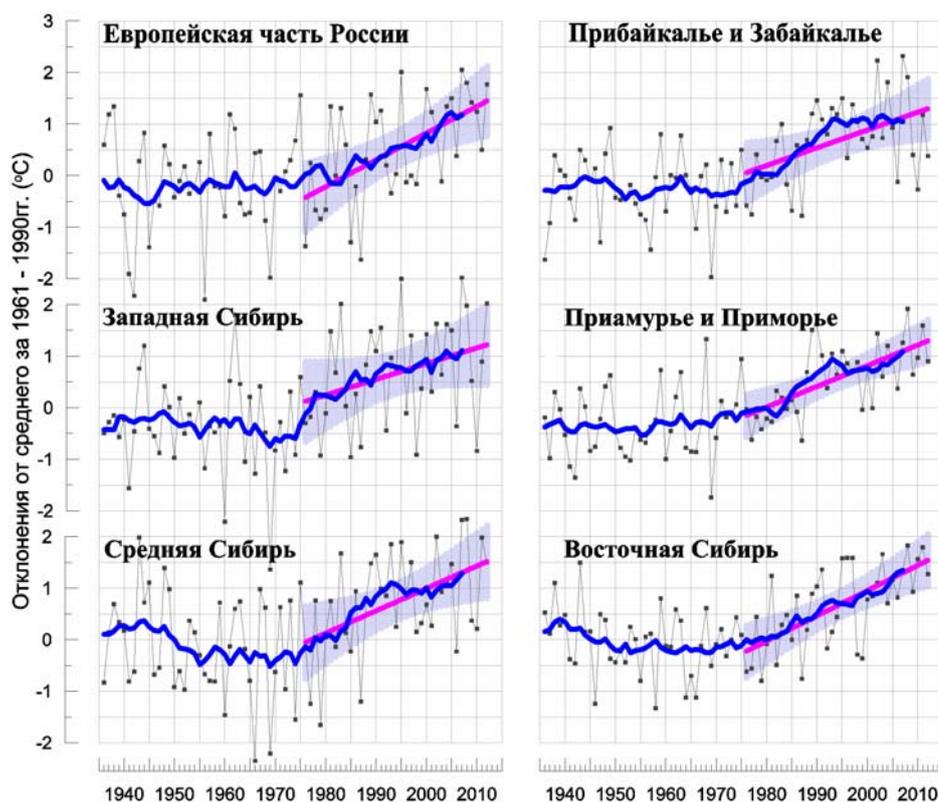


Рисунок 4.1. - Годовые аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по регионам РФ, 1936-2012 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Показаны также 11- летнее скользящее среднее, линейный тренд за 1976-2012 гг. с 95%-й доверительной полосой.

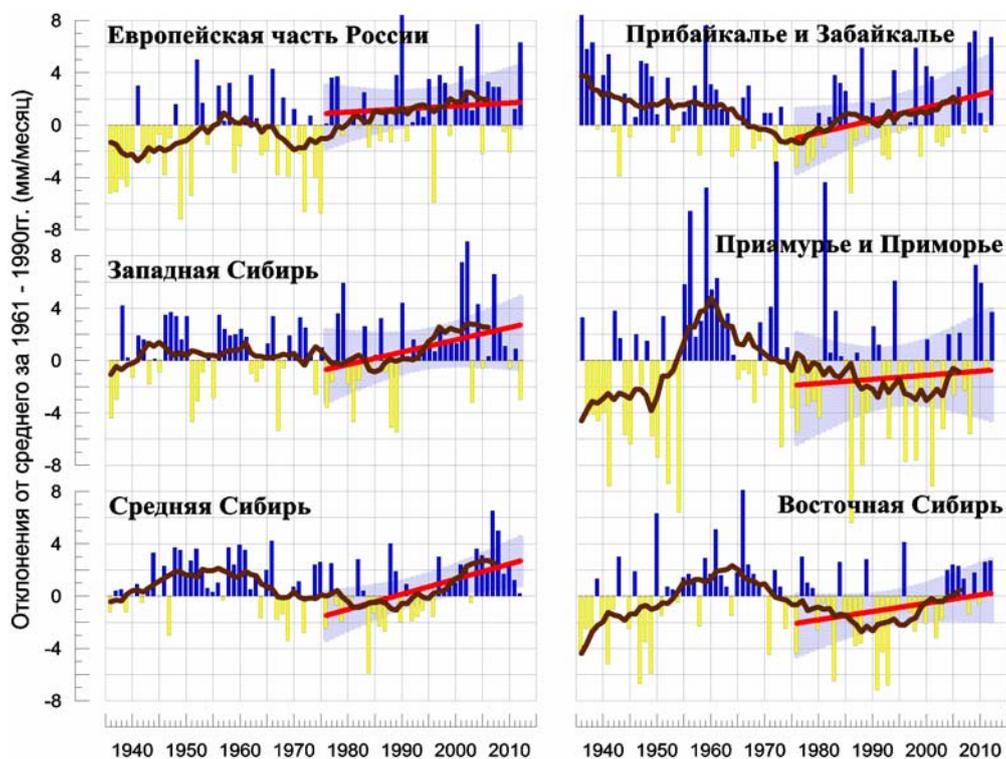


Рисунок 4.2. - Годовые аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по регионам РФ. Условные обозначения на рис.4.1

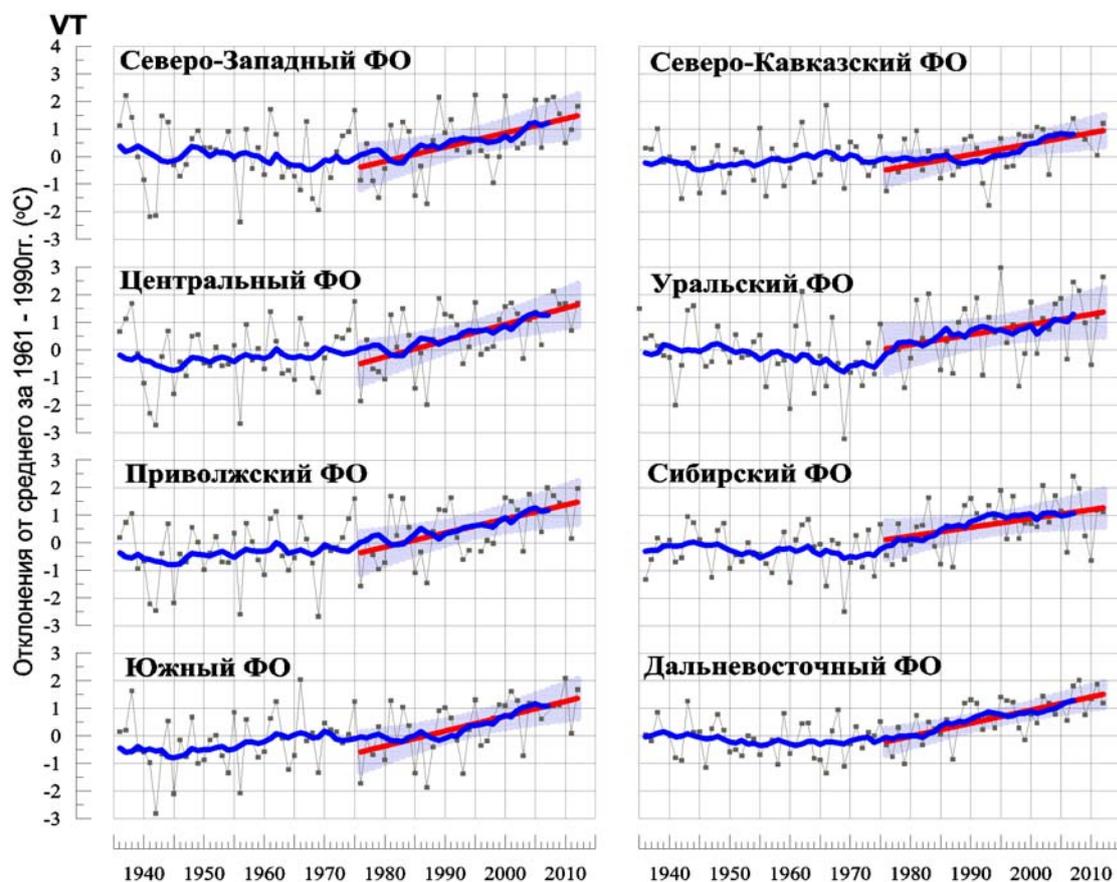


Рисунок 4.3. - Годовые аномалии температуры приземного воздуха (°C), осредненные по федеральным округам. Условные обозначения на рис.4.1

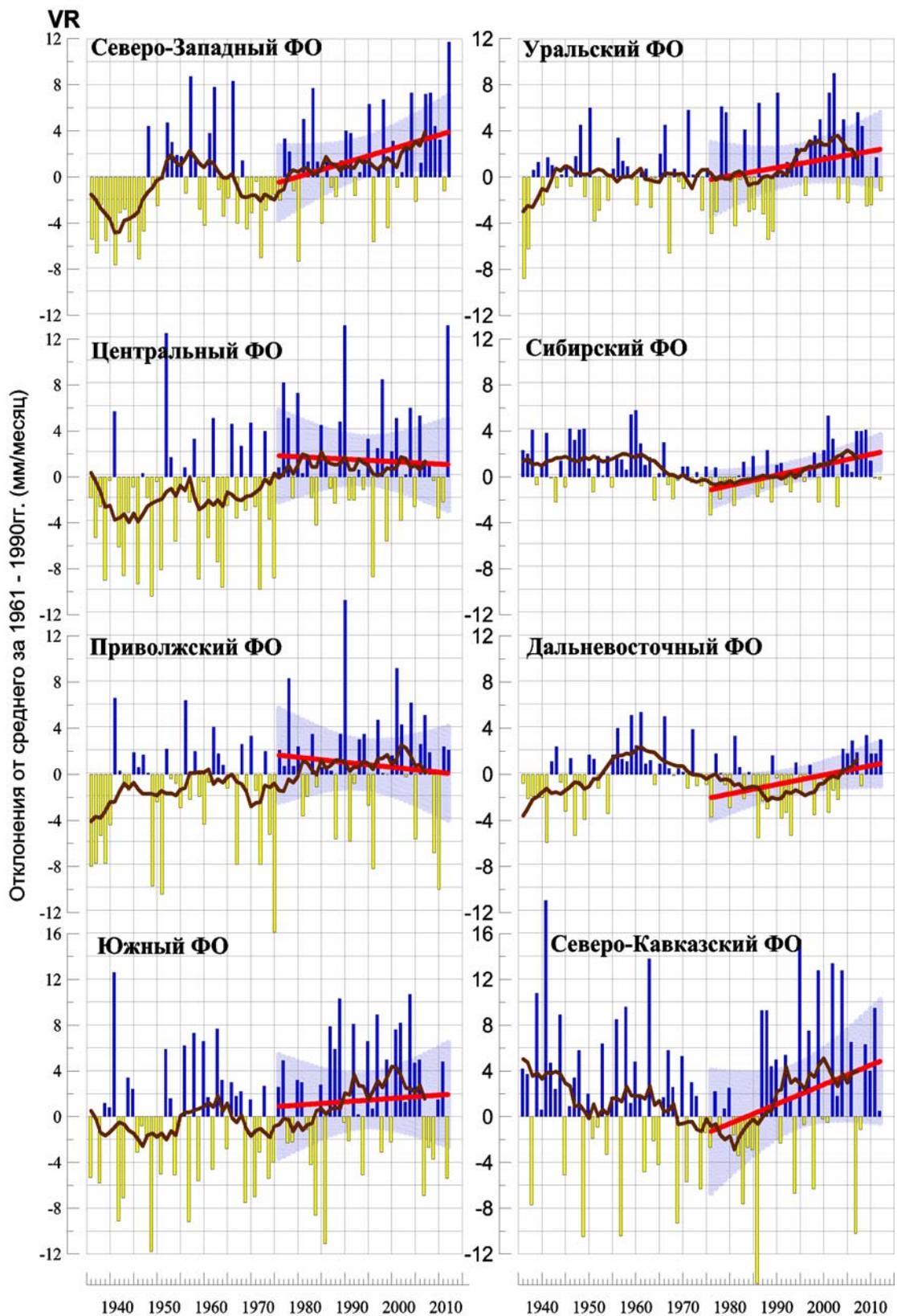


Рисунок 44. - Годовые аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по федеральным округам. Условные обозначения на рис.4.1

5. КРУПНЫЕ АНОМАЛИИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ В 2012 г.

На рисунке 5.1 показаны районы, где с мая по сентябрь одновременно наблюдались крупные положительные аномалии температуры и отрицательные - осадков, что потенциально способствовало образованию засух. Сведения о засухах приведены по данным мониторинга, ведущегося во ВНИИСХМ.

В мае на многих станциях Северо-Кавказского, Южного ФО и юга Приволжского ФО одновременно наблюдались температура выше 90 перцентиля и осадки меньше 10 перцентиля.

По данным ВНИИСХМ в ряде областей Южного ФО (Астраханской, Волгоградской, Ростовской, Республике Калмыкия), Северо-Кавказского ФО (Ставропольском крае, Республике Дагестан) сложились условия сильной засухи, продлившейся до конца лета.

В июне в Красноярском крае, на Алтае, в Новосибирской, Томской, Кемеровской областях одновременно наблюдались температура выше 90 перцентиля и осадки меньше 10 перцентиля. Образовалась сильная засуха в Алтайском крае, Новосибирской области. На фоне аномалий температуры выше 90 перцентиля продолжилась засуха в областях Южного ФО, возникла сильная засуха в Саратовской области.

В июле в Приволжском и юге Уральского ФО одновременно наблюдались температура выше 90 перцентиля и осадки меньше 10 перцентиля – сильные засухи наблюдались почти везде на юге страны до Иркутской области, с максимальным развитием в 3-й декаде июля.

В августе по данным ВНИИСХМ в первой декаде августа продолжились сильные засухи в юго-западных областях страны, а во второй декаде они охватили практически всю территорию ЕЧР к югу от Москвы; средняя засуха охватила почти всю территорию РФ. Однако в 3-й декаде на фоне избытка осадков в ЕЧР засуха практически прекратилась (исключая ЮФО и Северный Кавказ, Оренбургскую область).

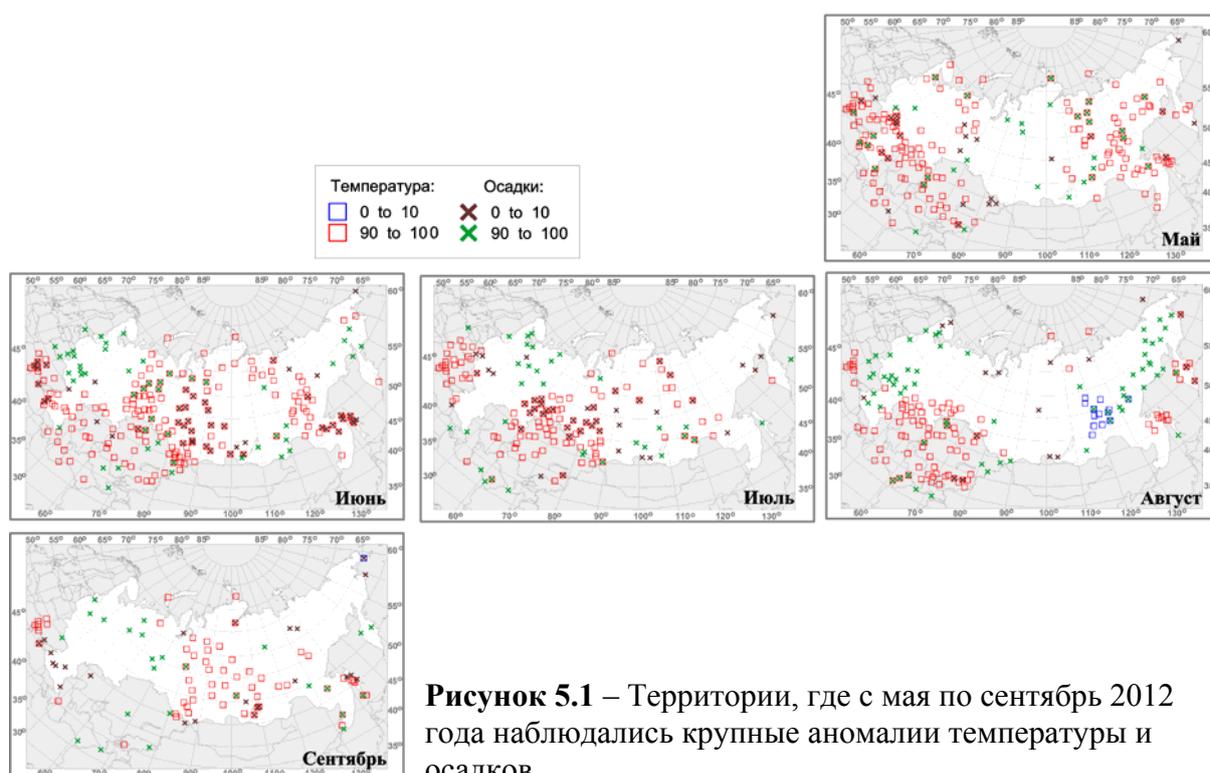


Рисунок 5.1 – Территории, где с мая по сентябрь 2012 года наблюдались крупные аномалии температуры и осадков.

6. ИНДЕКСЫ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ ЗА ПЕРИОД 1936-2012 гг.

В разделе приведены временные ряды индексов экстремальности и аномальности для года в целом по территории России за период 1936 -2012 гг. (рис. 5.1. – 5.4). В качестве индексов экстремальности рассматриваются доли площади под крупными аномалиями температуры и осадков (вероятности непревышения $\leq 20\%$, $\geq 80\%$), а также экстремальными (абсолютная величина превосходит 2σ) аномалиями температуры.

До 1980-х гг. преобладали отрицательные аномалии температуры, а с начала 1990-х – положительные. Стоит отметить, что переход происходит скачкообразно, без периода плавного уменьшения площади отрицательных и роста площади положительных аномалий (рис. 6.1). Тренд общей площади под крупными аномалиями с 1976 г. составил 0.08 долей площади /10 лет, объясняет 15% дисперсии. В 2012 г. доля площади под крупными положительными аномалиями превысила 0.6: это 6-я величина в ряду; максимальные значения (в 2007 и 2008 гг.) превышали 0.9.

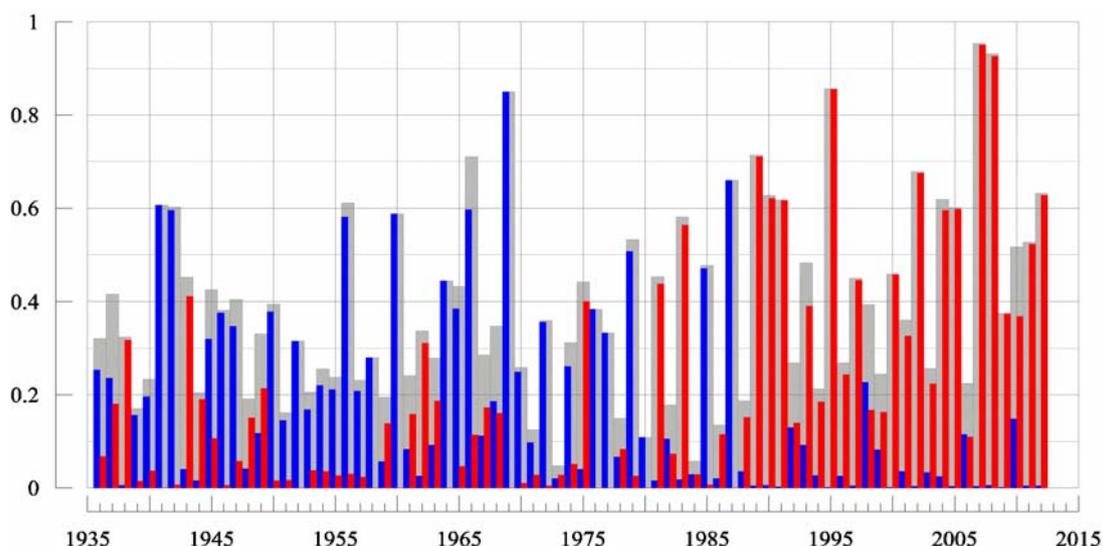


Рисунок 6.1 - Доля площади с крупными аномалиями (ниже 20 процентиля: синие столбики, выше 80 процентиля: красные столбики, суммарная площадь с крупными аномалиями: серые столбики) температуры для года в целом для территории России, 1936-2012 гг.

С начала 1990-х гг. наблюдается рост доли площади под аномалиями среднегодовых осадков выше 80 процентиля (рис. 6.2), причем со второй половины 1990-х гг. площадь крупных положительных аномалий осадков существенно превосходит площадь областей их дефицита. Однако, после 2005 г. площадь областей дефицита осадков вновь растет, достигнув в 2012 г. максимума за 15 лет. Площадь под крупными положительными аномалиями осадков в 2012 г. оказалась максимальной в ряду с 1936 г, и вместе с ней также и общая площадь под крупными аномалиями обоих знаков (впервые превысив 0.5).

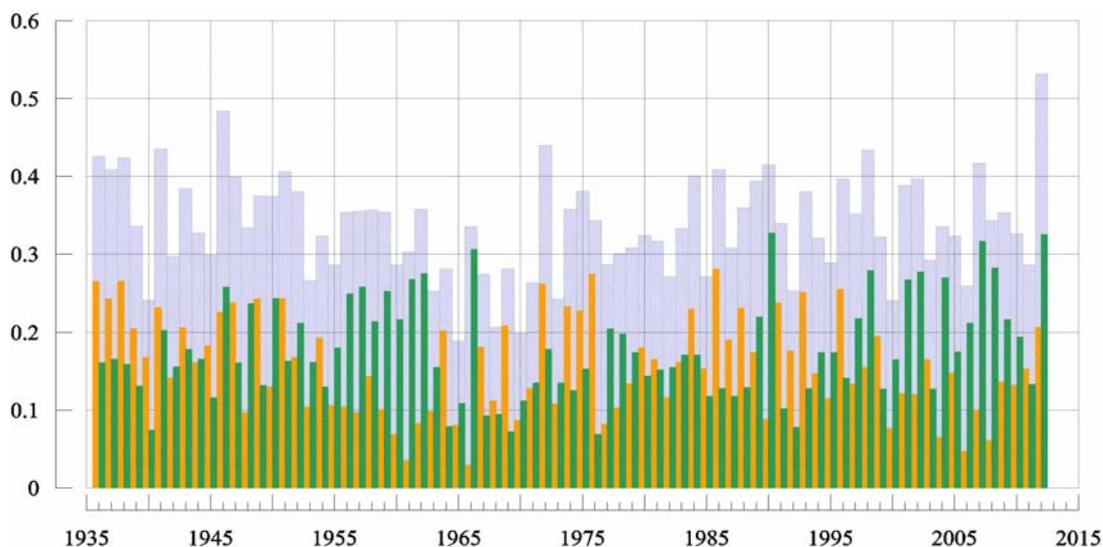


Рисунок 6.2 - Доля площади с крупными аномалиями осадков осадков (ниже 20 перцентиля: желтые столбики, выше 80 перцентиля: зеленые столбики, суммарная площадь с крупными аномалиями: серые столбики) для года в целом для территории России, 1936-2012 гг.

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).

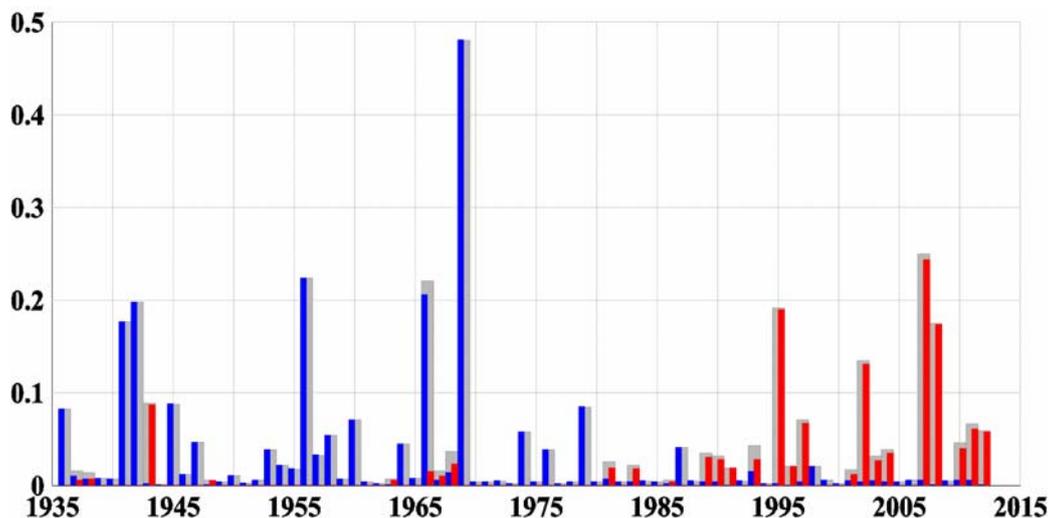


Рисунок 6.3 - Доля площади с экстремальными (сезонная нормированная аномалия меньше -2 : синие столбики, больше $+2$: красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры для года в целом для России, 1936-2012 гг. Базовый период для расчета статистик: 1961-1990 гг.

С середины 1970-х гг. (начала глобального потепления) наблюдается значительный рост доли площади под положительными экстремумами. В 2012 году доля площади, занятая крупными положительными экстремумами составила 6%

(восьмое значение в ряду). Самые «экстремальные года»: 1969 год - 48% площади было занято под отрицательными экстремумами, 2007 год - 24% площади было занято под положительными экстремумами.

Анализ изменений индекса аномальности Багрова для температуры (рис. 6.4) показывает, что с 1976 г. аномальность температурного режима возрастает – тренд объясняет 32% общей дисперсии ряда. Значение КА в 2012 году (1.54) – шестое в ряду с 1936 г. Максимальные значения КА принимал в 2007 г. – 2.2, в 1969 г. – 2.0, в 2008 г. – 2.0.

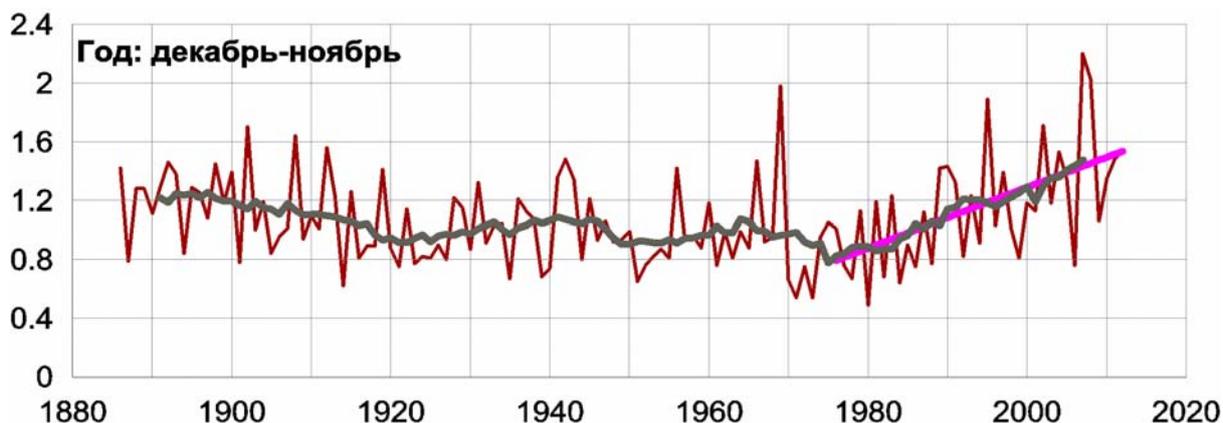


Рисунок 6.4 - Индекс аномальности Багрова (КА) для года в целом для России применительно к температуре, 1886-2012 гг. Показана 11-летняя скользящая средняя и тренд за период 1976-2012гг.

ВЫВОДЫ

1. 2012 год для Земного шара в целом был теплым, а для Северного полушария (по данным только наземных станций) очень теплым - аномалия температуры составила $+0.40^{\circ}\text{C}$ и $+0.90^{\circ}\text{C}$ – это десятая и четвертая величины в ранжированных рядах наблюдений.

Линейный тренд температуры за период 1976-2012 гг. составил для Земного шара $0.16^{\circ}\text{C}/10$ лет и $0.31^{\circ}\text{C}/10$ лет для Северного полушария.

2. В целом для России 2012 год был очень теплым, - аномалия температуры составила $+1.48^{\circ}\text{C}$ - четвертая величина в ранжированном ряду наблюдений, однако фактически это соответствовало ожидаемому при потеплении: отклонение от линейного тренда около $+0.08^{\circ}\text{C}$.

3. Основными сезонными особенностями температурного режима 2012 года были теплое лето и осень.

Лето 2012 года (аномалия $+1.61^{\circ}\text{C}$) – второй самый теплый летний сезон после 2010 года. Самыми теплыми месяцами были июнь (осредненная по РФ аномалия $+2.74^{\circ}\text{C}$ – максимальное значение в ряду наблюдений) и июль ($+1.57^{\circ}\text{C}$ – третье максимальное значение после 2010 и 1998 гг.) Летом крупные положительные

аномалии температуры наблюдались в основном в азиатской части страны. На половине станций, по которым поступили данные летом, наблюдались экстремальные температуры выше 90 процентиля.

Осень 2012 года (аномалия $+1.78^{\circ}\text{C}$) – шестой самый теплый осенний сезон в ряду. Экстремально тепло было в регионах: Европейская часть России (второе значение после 2005 г.), Восточная Сибирь (второе значение после 1995 г.), Приамурье и Приморье (ранг 5). На большей части страны наблюдались положительные аномалии. Особенно тепло было в Восточной Сибири и на Арктическом побережье (аномалии от $+3^{\circ}\text{C}$ до $+6^{\circ}\text{C}$). В центре АЧР наблюдались отрицательные аномалии до -1°C .

4. В целом за год наблюдался значительный избыток осадков (аномалия $+2.6$ мм/месяц, седьмое максимальное значение в ряду), в особенности на ЕЧР ($+6.2$ мм/месяц, ранг 3) и в Прибайкалье и Забайкалье ($+6.7$ мм/месяц, ранг 5). Из федеральных округов следует отметить Северо-Западный и Центральный (годовые аномалии $+11.7$ мм/месяц и $+13.2$ мм/месяц), где зафиксированы исторические максимумы выпадения осадков.

Наибольшие сезонные аномалии осадков наблюдались осенью (аномалия $+6.9$ мм/месяц - исторический максимум) и весной (аномалия $+4.5$ мм/месяц - четвертая максимальная величина в ряду). Напротив, зима была преимущественно малоснежной, особенно в Западной Сибири (аномалия -10.8 мм/месяц - второе минимальное значение в ряду).

5. Тенденции климатических изменений температуры в основном сохраняются, в целом за год и во все сезоны на территории РФ продолжается потепление. Рост среднегодовой температуры (линейный тренд) за 1976-2012 гг. составил $0.43^{\circ}\text{C}/10$ лет (вклад в общую изменчивость 35%). Наиболее быстрый рост наблюдается весной ($0.56^{\circ}\text{C}/10$ лет) и летом ($0.44^{\circ}\text{C}/10$ лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд больше всего выделяется летом (59% суммарной дисперсии). Наиболее интенсивное потепление наблюдается весной в Западной Сибири и на Чукотке ($+1.2^{\circ}\text{C}/10$ лет - $+1.4^{\circ}\text{C}/10$ 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 (около $+0.6^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Зимой рост температуры по территории РФ прекратился после середины 1990-х гг., однако оценка тренда за 1976-2012 гг. остается положительной (но статистически незначимой). Области похолодания за 1976-2012 гг. имеются в Сибири (до $-0.4^{\circ}\text{C}/10$ лет) и на дальнем Северо-Востоке (до $-0.8^{\circ}\text{C}/10$ лет).

6. Существенных изменений в тенденциях климатических изменений выпадения осадков не произошло. В целом за год по территории РФ наблюдается рост осадков: тренд годовых сумм осадков за 1976-2012 гг., в среднем по России составляет 0.8 мм/мес/10лет и описывает 24% межгодовой изменчивости.

Рост осадков за период с 1976 г. наблюдается во все сезоны и наиболее выражен весной, когда тренд объясняет 23% суммарной изменчивости (дисперсии) осадков в этот период. Пространственные распределения за период 1976 – 2012 г подтверждают

основной вывод о наличии тенденции к увеличению годовых сумм осадков (кроме центра ЕЧР, Приамурья и Чукотки).

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

2012 год (декабрь 2011-ноябрь 2012)



ВВЕДЕНИЕ

В настоящем Приложении* приводится информация о состоянии приземного климата (температура приземного воздуха и атмосферные осадки) в 2012 году и о наиболее значительных климатических аномалиях этого периода на территории Республики Беларусь. Работа выполняется в рамках сотрудничества 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".

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 2012 гг. (доля значений временного ряда, меньших либо равных текущему значению).

Пространственное осреднение выполняется по станционным данным об аномалиях климатических переменных с использованием двухступенчатой процедуры.

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

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 станционных «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 2012 г.

4.1 Температура воздуха.

В таблицах 1 и 2 приведены станционные 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 (°C) на станциях Беларуси в 2012г.

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>Зима2011/2012</i>	<i>1.07</i>	<i>0.71</i>	<i>0.23</i>	<i>0.55</i>	<i>0.53</i>	<i>-0.03</i>	<i>0.69</i>
<i>Декабрь 2011</i>	5.90	4.92	4.98	4.10	4.28	4.93	5.04
<i>Январь</i>	2.17	1.92	1.78	2.25	2.33	1.65	2.72
<i>Февраль</i>	-4.86	-4.71	-6.06	-4.71	-5.02	-6.68	-5.64
<i>Весна</i>	<i>1.91</i>	<i>2.05</i>	<i>1.48</i>	<i>2.22</i>	<i>2.41</i>	<i>1.85</i>	<i>2.30</i>

Март	1.76	2.38	1.31	3.00	3.04	1.66	1.69
Апрель	2.05	2.01	2.19	1.66	1.74	2.06	2.61
Май	1.93	1.77	0.94	2.01	2.44	1.84	2.61
Лето	1.44	1.34	0.73	1.82	2.19	1.32	1.84
Июнь	-0.25	-0.66	-1.00	0.35	0.47	-0.14	0.16
Июль	3.65	3.69	2.68	3.78	4.29	3.04	3.77
Август	0.92	1.00	0.50	1.34	1.81	1.05	1.58
Осень	2.09	1.78	1.52	1.56	1.79	1.97	2.17
Сентябрь	2.23	1.87	1.15	1.92	1.64	1.66	1.84
Октябрь	0.99	0.62	0.90	-0.04	0.75	1.26	1.73
Ноябрь	3.06	2.84	2.52	2.80	2.97	2.98	2.95
Год: декабрь2011- ноябрь2012	1.63	1.47	0.99	1.54	1.73	0.28	1.75

Таблица 2.

Количество осадков, выпавших на станциях Беларуси в 2012 году

	Витебск	Минск	Могилев	Брест	Пинск	Василевичи	Гомель
	26666	26850	26863	33008	33019	33038	33041
а) Сумма осадков за месяц /сезон / год (мм/месяц)							
Зима2011/2012	72.0	55.0	57.0	33.0	3730	64.0	50.0
Декабрь 2011	70	42	58	31	37	61	41
Январь	86	78	62	45	50	63	60
Февраль	60	45	51	23	25	68	49
Весна	63.0	59.7	72.3	30.3	40.7	43.7	59.7
Март	64	39	46	10	25	34	39
Апрель	89	96	95	30	71	77	82
Май	36	44	76	51	26	20	58
Лето	101.3	92.7	82.7	87.0	102.3	112.0	103.3
Июнь	155	112	137	82	164	134	115
Июль	47	72	26	77	58	58	112
Август	102	94	85	102	85	144	83
Осень	86.7	54.0	61.7	37.0	39.3	54.3	56.6
Сентябрь	66	31	69	20	39	36	40
Октябрь	113	70	78	69	48	77	90
Ноябрь	81	61	38	22	31	50	40
Год: декабрь2011- ноябрь2012	80.75	65.35	68.425	46.825	978.075	68.5	67.4
б) Аномалия сумм осадков за месяц /сезон / год (мм/месяц)							
Зима2011/2012	32.4	12.7	21.4	-4.8	-3.4	24.9	14.5
Декабрь 2011	18.5	-10.6	14.1	-12.9	-3.1	14.6	-2.5
Январь	48.3	38.0	26.6	8.0	16.1	24.3	24.2
Февраль	30.5	10.9	23.4	-9.5	-2.7	35.9	21.9
Весна	20.7	11.1	29.0	-12.5	0.3	-0.4	18.1
Март	25.0	-2.8	11.4	-20.6	-4.6	0.3	6.6
Апрель	50.2	53.8	54.7	-9.3	33.7	31.8	37.8
Май	-13.2	-17.6	20.8	-7.5	-28.3	-33.3	10.0
Лето	19.7	11.6	6.2	11.0	29.8	31.4	28.1
Июнь	76.6	29.3	56.4	10.5	84.8	54.6	30.6

Июль	-46.5	-16.1	-58.8	-3.2	-16.3	-30.7	29.9
Август	28.9	21.6	21.0	25.8	20.9	-70.4	23.8
Осень	30.7	0.8	12.7	-7.3	-7.9	8.1	11.8
Сентябрь	1.2	-29.2	14.8	-31.2	-13.8	-13.7	-7.9
Октябрь	64.9	23.1	33.3	34.2	1.4	36.6	47.1
Ноябрь	26.1	8.6	-10.1	-24.8	-11.4	1.5	-3.9
Год: декабрь2011- ноябрь2012	25.9	9.1	17.3	-3.4	4.7	16.0	18.1

Среднегодовая аномалия температуры воздуха за 2012 год осредненная по территории Беларуси (таблица 3), оказалась равной +1.40°C – 12-я величина в ранжированном ряду наблюдений с 1936 года. Во все сезоны 2012 г. было теплее, чем в среднем многолетнем, самым теплым сезоном была осень (четвертая теплая осень за период наблюдений с 1936 года). На всех станциях Беларуси осуществились 95% экстремумы температуры.

В таблице 4 показаны годовые и сезонные аномалии месячных сумм осадков. Количество выпавших за год осадков было много больше, чем в среднем многолетнем (аномалия 12.8 мм/месяц, третья величина в ряду после рекордного 2009 г. (15.4 мм/месяц) и 1998 г. (13.0 мм/месяц)). Во все сезоны 2012 г. осадков выпало больше нормы, самым влажным сезоном была зима (шестой самый влажный год в ряду).

Таблица 3.

Средние сезонные аномалии температуры, осредненные по территории Беларуси в 2012 году.

νT (°C)- отклонения от средних за 1961-1990 гг.; R – ранг текущих значений в ряду убывающих осадков за 1936-2012гг.

Сезоны	νT	s	R	Рекордный год и его аномалия (νt , °C)
Зима	0.56	2.71	41	1990 (+5.33°C)
Весна	1.94	1.58	8	2007(+2.81°C)
Лето	1.34	0.91	16	2010 (+4.08°C)
Осень	1.76	0.92	4	1967 (+2.48°C)
Год	1.4	1.05	12	2007(+2,18°C)

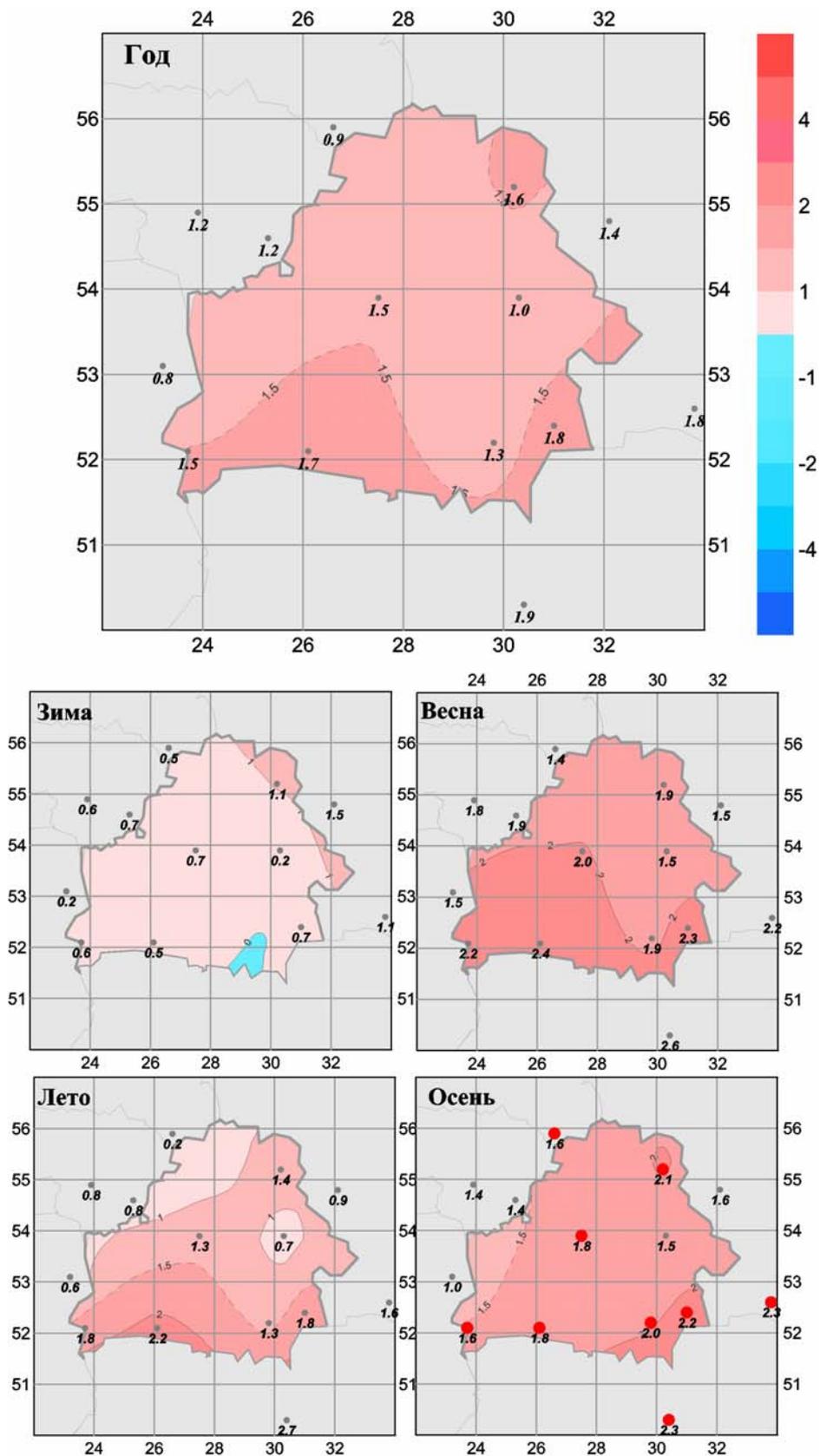


Рисунок 1 - Средняя годовая (декабрь 2011 – ноябрь 2012) и средние сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории Республики Беларусь. Красными кружками показаны станции, где осуществились 95% экстремумы.

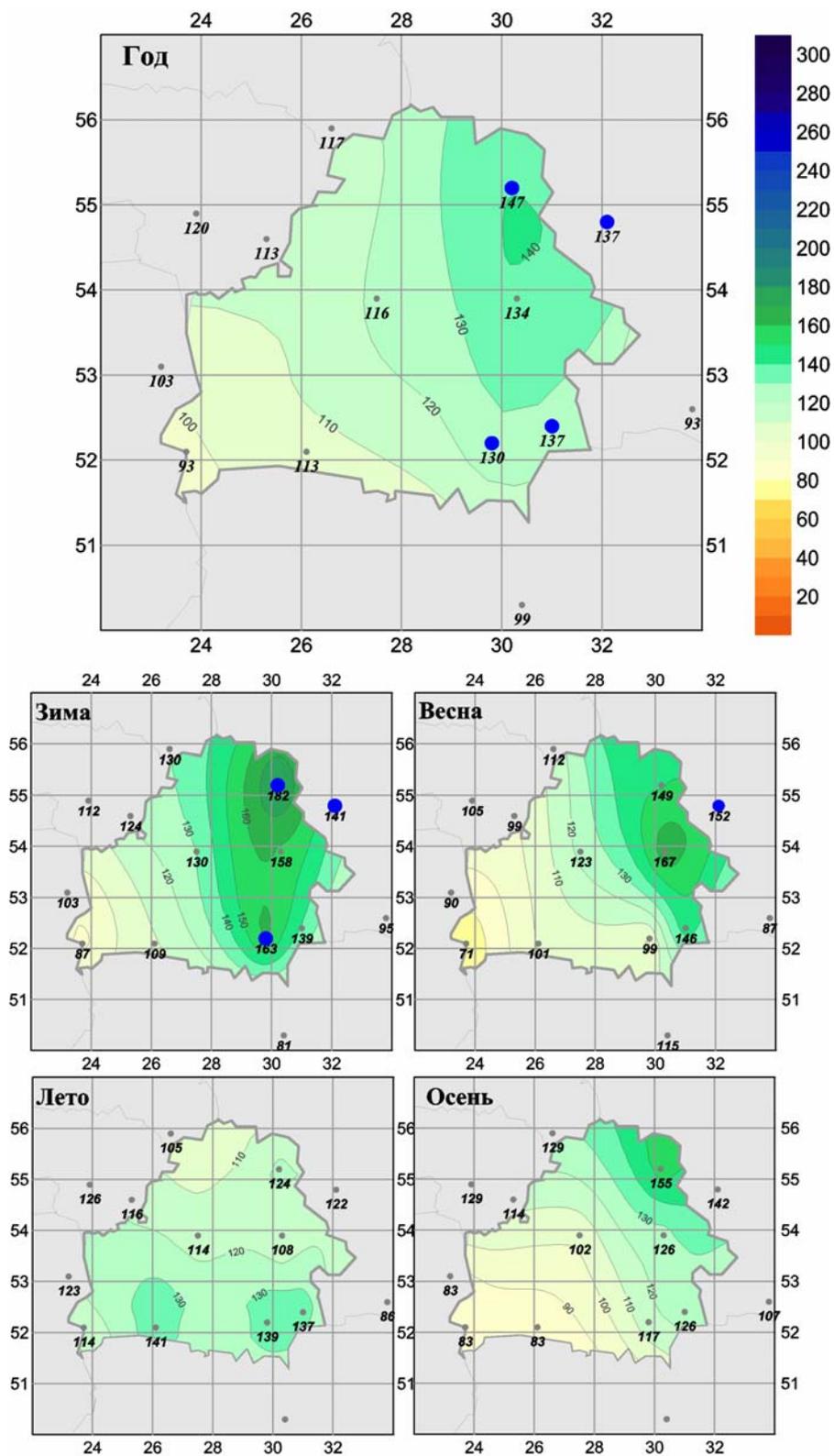


Рисунок 2 - Аномалии годовых (декабрь 2011 – ноябрь 2012) и сезонных сумм осадков (в процентах от нормы) на территории республики Беларусь в 2012 году. Синими кружками показаны станции, осуществились 95% экстремумы выпадения осадков. Цифрами приведены значения аномалий осадков в процентах от нормы на станциях.

Таблица 4.

Средние сезонные аномалии месячных сумм осадков, осредненные по территории Беларуси в 2012 году.

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

R – ранг текущих значений в ряду убывающих осадков за 1936-2012 гг.

Сезоны	vR	s	R
Зима	14.2	8.1	6
Весна	8.7	10.6	15
Лето	20.4	15.9	12
Осень	7.9	12.7	21
Год	12.8	5.4	3

На рисунке 3 приведены временные ряды пространственно осредненных аномалий средней месячной температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) и месячных сумм осадков (мм/месяц) за 1936 – 2012 гг. Показаны линейные тренды за 1976-2012 гг., рассчитанные методом наименьших квадратов

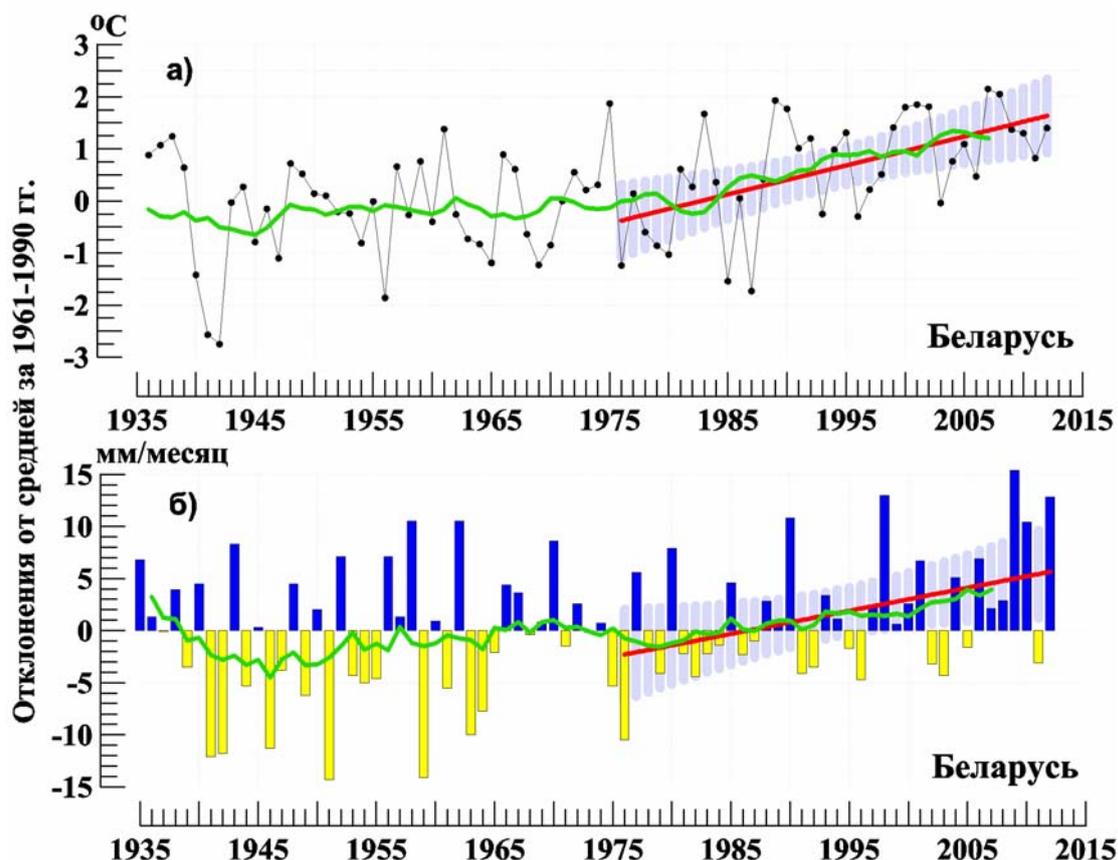


Рисунок 3 - Годовые аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) и месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории республики Беларусь.

Показаны 11-летняя скользящая средняя и линейный тренд за период 1976 – 2012 гг. и 95% -я доверительная область для линии тренда.

Таблица 5.

Оценки линейного тренда регионально осредненной температуры и осадков для республики Беларусь за 1976-2012гг.

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

Сезоны	Температура		Осадки	
	$b_{1976-2012}$ °C/10 лет	$D_{1976-2012}$ %	$b_{1976-2012}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2012}$ %
Зима	0.52	5	2.2	9
Весна	0.52	18	2.5	8
Лето	0.77	44	2.7	3
Осень	0.43	17	2.7	1
Год	0.57	32	2.2	17

Коэффициент линейного тренда изменений температуры воздуха за период 1976 – 2012 гг. составил +0.56°C за 10 лет , доля объясненной трендом дисперсии ряда 33%. (за период 1976-2011 - +0.57°C за 10 лет и 32% - соответственно). Рост температуры происходит во все сезоны года. Наибольшая скорость потепления на территории республики Беларусь – летом (0.77°C за 10 лет).

Коэффициент линейного тренда осадков за период 1976 - 2012 гг. составил 2.2 мм/месяц/10 лет, вклад тренда в суммарную дисперсию ряда составил 17%. (за период 1976-2011 - 1.9 мм/месяц/10 лет и 12% - соответственно).

ВЫВОДЫ

1. В среднем по Беларуси годовая аномалия температуры воздуха составила +1.40°C (ранг 12). Тепло было во все сезоны, очень тепло было осенью, на всех станциях Беларуси осуществились 95% экстремумы температуры.

2. В среднем по Беларуси сезонная аномалия осадков составила 12.8 мм/месяц третья максимальная величина в ряду. Во все сезоны 2012 г. осадков выпало больше нормы, самым влажным сезоном была зима (шестой самый влажный год в ряду).

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.