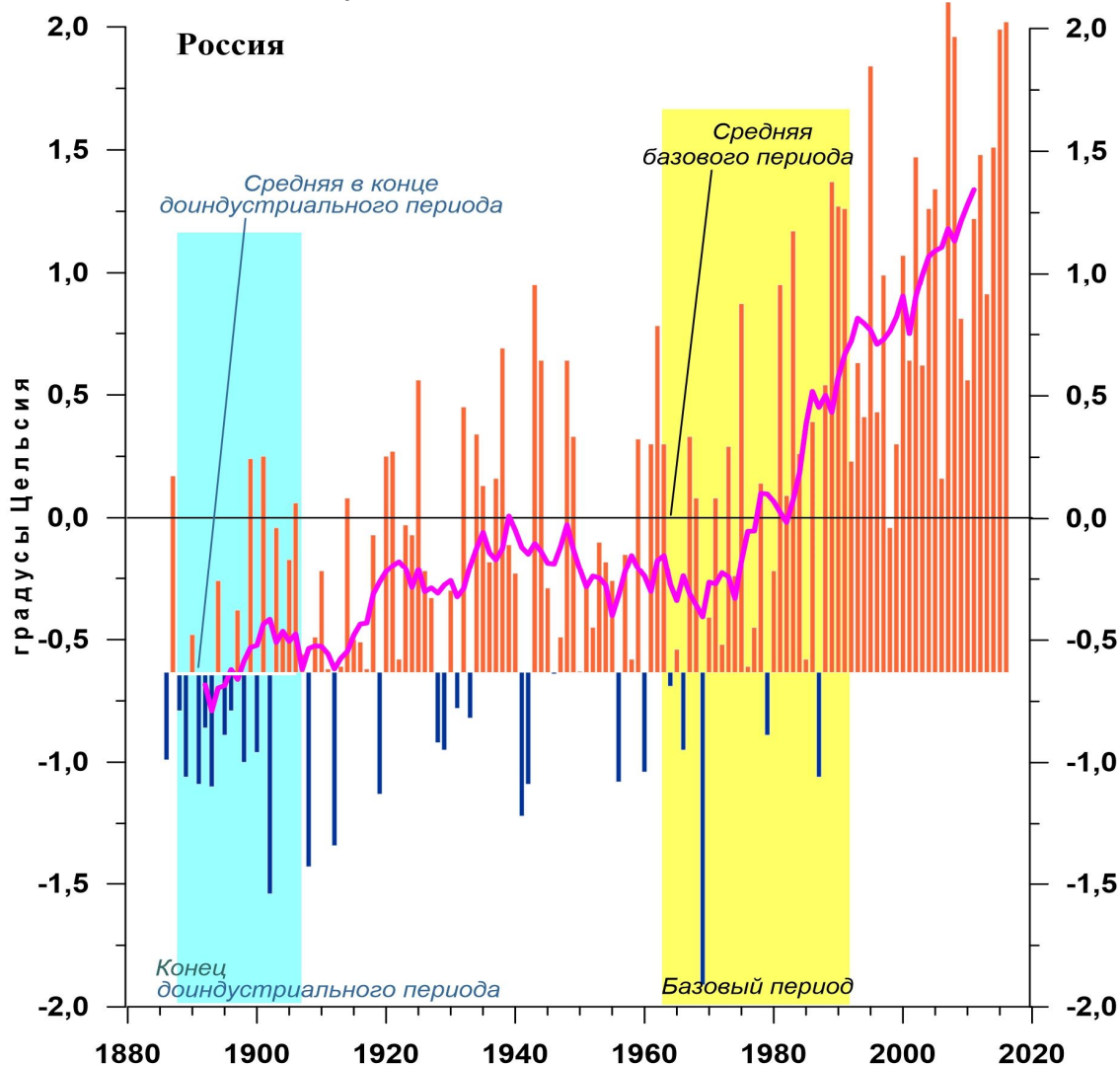


Федеральная служба по
гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды

Российская
Академия Наук

ФГБУ «Институт Глобального климата и экологии»



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2016 ГОД (ДЕКАБРЬ 2015 – НОЯБРЬ 2016)

Обзор состояния и тенденций изменения
климата России

★
Москва 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ¹

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ СРЕДНЕГОДОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ШАРА, СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ.....	6
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ 2016 ГОДА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	8
3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	19
4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ В РЕГИОНАХ РОССИИ, 1936-2016 гг.....	24
5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2016 гг.	29
ВЫВОДЫ	32
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности 2016г. на территории Республики Беларусь	34

¹ На обложке приведен ход средней годовой аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2016 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 архиве ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН». 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 255 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 наблюдений. Следует заметить, что Калининградская область и республика Крым входят в состав региона: Европейская часть России.



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

В качестве региональных климатических переменных анализируются регионально осредненные аномалии и индексы экстремальности и аномальности рассматриваемых метеорологических полей.

Регионально осредненные аномалии рассчитываются в два этапа. На первом этапе территория региона покрывается регулярной сеткой 2.5° широты * 5.0° долготы, и в каждой ячейке сетки рассчитывается среднее арифметическое из попавших в эту ячейку стационарных аномалий. Затем выполняется взвешенное осреднение ячейечных средних с весами, пропорциональными площади пересечения ячейки с территорией региона.

Аналогично, для каждого региона по данным о стационарных нормах рассчитываются регионально осредненные нормы. Региональные средние значения самих климатических переменных рассчитываются суммированием регионально осредненных норм и регионально осредненных аномалий (такая процедура уменьшает смещение средних вследствие пропусков в рядах наблюдений).



Рисунок 2 - Федеральные округа Российской Федерации

Индексы экстремальности климата соответствуют площади под экстремальными аномалиями заданной обеспеченности. Это вероятностные индексы, в основе которых лежат 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 непревышения значения X_0 , или обеспеченностью. Региональные индексы экстремальности определяются как доля площади региона, где вероятности непревышения $F(X_0) \leq \alpha\%$ или $F(X_0) \geq 100 - \alpha\%$ и $\alpha\%$ – обеспеченность искомых экстремумов.

Для характеристики степени аномальности полей температуры воздуха используется "коэффициент аномальности" (предложен Н.А. Багровым), равный среднему квадратическому значению нормированной аномалии температуры (осреднение по площади). Чем больше индекс аномальности климата, тем больше отличается от нормы анализируемое поле.

В Приложении приводятся данные мониторинга климата на территории Республики Беларусь*.

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 годовые и сезонные бюллетени мониторинга климата регулярно размещаются на

* Раздел подготовлен в рамках программы 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"

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

Интернет-сайтах <http://climatechange.igce.ru>, <http://climatechange.su> (ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»).

1. ИЗМЕНЕНИЯ СРЕДНЕГОДОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ШАРА, СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ

На рисунке 1.1 представлены временные ряды среднегодовых аномалий температуры у поверхности Земли (декабрь 2015 – ноябрь 2016 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 `hadcrut4gl.txt` на сайте www.cru.uea.ac.uk). Этот ряд получен осреднением аномалии температуры воздуха у поверхности (2м) суши и аномалии температуры воды поверхности океана. Среднемесячные аномалии температуры воздуха над сушей СП рассчитаны также в Университете Восточной Англии по данным наблюдений на станциях глобальной метеорологической сети (массив `scutem4nh.txt` на сайте www.cru.uea.ac.uk). Временной ряд для территории России рассчитан и построен по станционным 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 1976-2016 гг. составил для Земного шара $+0.18^{\circ}\text{C}/10$ лет (объясненная трендом доля дисперсии ряда - 84%), для Северного полушария: $+0.34^{\circ}\text{C}/10$ лет (83%).

Средние годовые аномалии температуры составили $+0.81^{\circ}\text{C}$ для Земного шара в целом и $+1.48^{\circ}\text{C}$ для Северного полушария: исторические максимумы в рядах наблюдений с 1850 года (перекрыты рекорды прошлого 2015 года: $+0.72^{\circ}\text{C}$ для ЗШ и $+1.26^{\circ}\text{C}$ для СП). Для России в целом среднегодовая аномалия температуры составила $+2.02^{\circ}\text{C}$ – вторая величина в ранжированном по убыванию ряду наблюдений после рекордного 2007 г. (2.1°C), третьим в ряду 2015 г. (1.99°C).

Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений годовых температур за период 1976-2016 гг. в среднем для Земного шара, СП и России, приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Годовые (декабрь 2015-ноябрь 2016 года) аномалии и оценки линейного тренда пространственно осредненной приповерхностной температуры Земного шара и температуры приземного воздуха СП и России за период 1976-2016г.

Регионы мира	νT_{2016} , $^{\circ}\text{C}$	1976-2016	
		b , $^{\circ}\text{C}/10$ лет	D %
Земной шар	0.81	0.18	84
СП	1.48	0.34	83
Россия	2.02	0.43	40

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

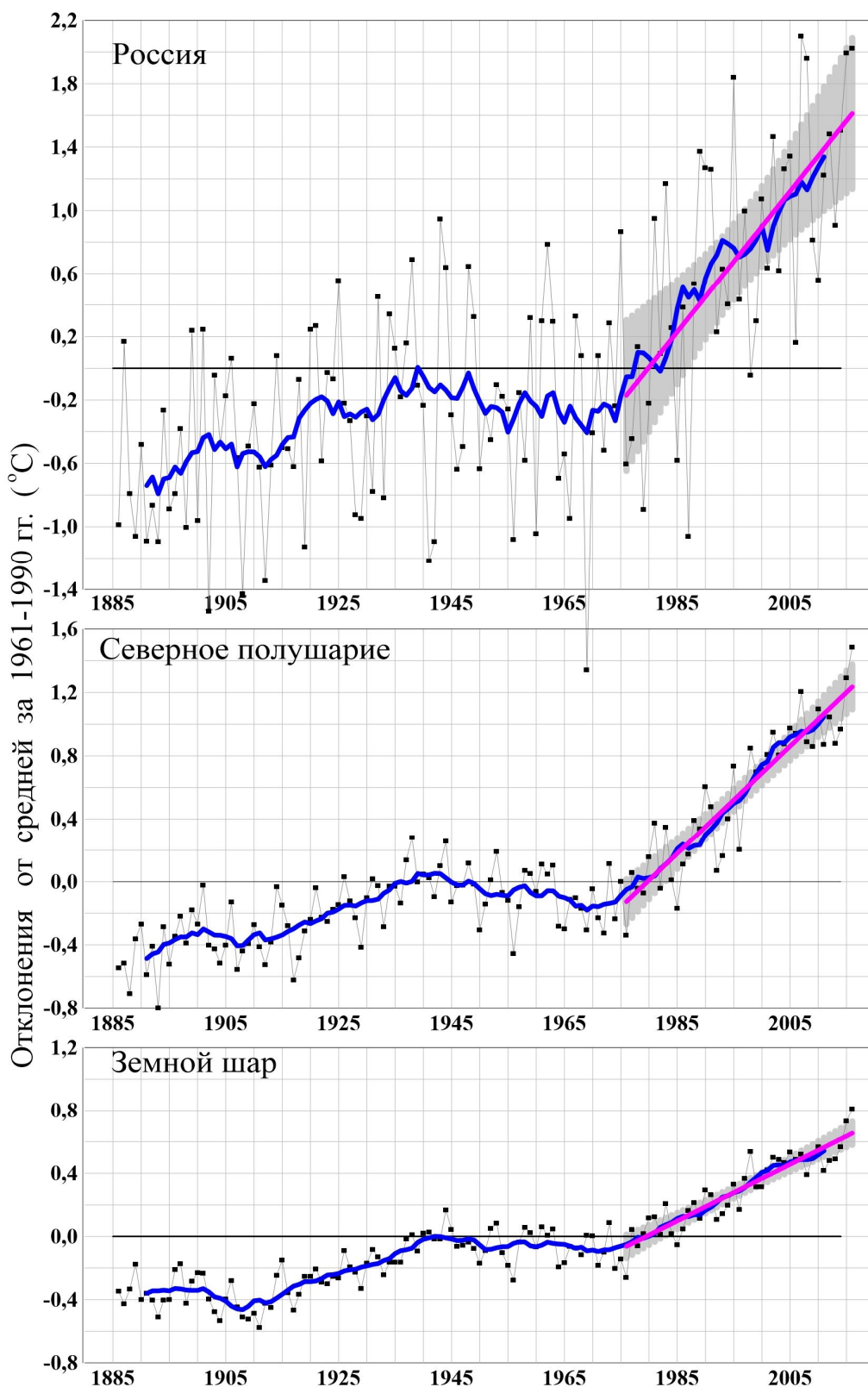


Рисунок 1.1 – Годовая аномалия (декабрь–ноябрь) приповерхностной температуры Земного шара, Северного полушария (суша) и России за 1886-2016 гг.

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 hadcrut4gl.txt, СП - scutem4nh.txt) и данные ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» (Россия - данные на станциях).

2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ 2016 ГОДА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

На рис. 2.1 и 2.3 представлены карты годовых и сезонных аномалий температуры и осадков в 2016 г. на территории России, а на рис. 2.2 и 2.4 - карты месячных аномалий. На всех картах показаны станционные экстремумы ниже 5-го перцентиля и выше 95-го перцентиля.

Температура воздуха.

В таблице 2.1 представлены среднегодовые и средние сезонные аномалии температуры для физико-географических регионов России и федеральных округов РФ. Для каждого значения аномалии приведены вероятность непервышения относительно выборки за 1936-2016 гг. и среднее квадратическое отклонение.

Таблица 2.1

Средние годовые (декабрь - ноябрь.) и сезонные аномалии температуры приземного воздуха для физико-географических регионов России и федеральных округов РФ в 2016 году:

νT - отклонения от средних за 1961-1990 гг.; $P(t \leq T_{2015})$ - вероятности непервышения (в скобках в столбце νT) – рассчитаны по данным за 1936-2015 гг. и выражены в %; s – среднее квадратическое отклонение за 1961-1990 гг. (выделены значения, попавшие 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	2.02 (99)	0.76	3.51 (99)	1.81	2.84 (98)	1.19	1.78 (100)	0.33	-0.03(41)	0.90
Физико-географические регионы России										
Европейская часть РФ	2.25 (100)	0.97	4.27 (100)	2.30	2.80 (98)	1.44	2.31 (98)	1.00	-0.41 (26)	1.04
Азиатская часть РФ	1.93 (96)	0.78	3.20 (98)	1.89	2.86 (95)	1.25	1.57 (99)	0.35	0.12 (40)	1.10
Западная Сибирь	2.48 (98)	1.08	4.55 (99)	2.91	3.59 (96)	1.62	2.69 (99)	0.80	-0.90 (21)	1.54
Средняя Сибирь	2.33 (98)	1.10	5.17 (99)	2.74	3.11 (92)	1.66	1.03 (76)	0.65	0.03 (46)	1.80
Прибайкалье и Забайкалье	1.28 (88)	0.73	2.42 (88)	1.90	2.36 (91)	1.39	1.44 (91)	0.57	-1.13 (10)	1.23
Приамурье и Приморье	0.62 (65)	0.73	1.55 (81)	1.67	1.74 (90)	1.15	0.39 (58)	0.75	-1.21 (4)	0.89
Восточная Сибирь	1.94 (99)	0.62	0.65 (69)	1.39	2.66 (94)	1.22	1.70 (98)	0.56	2.89 (96)	0.94
Федеральные Округа РФ										
Северо-Западный	2.56 (100)	1.14	4.18 (90)	2.88	3.51 (99)	1.54	2.26 (98)	1.17	0.25 (44)	1.24
Центральный	2.13 (99)	1.10	4.37 (98)	2.69	2.47 (95)	1.69	2.24 (91)	1.22	-0.57 (26)	1.13
Приволжский	2.39 (99)	1.05	5.04 (99)	2.54	2.69 (96)	1.69	2.58 (96)	1.19	-0.75 (25)	1.25
Южный	1.96 (96)	0.96	3.80 (96)	2.08	2.30 (98)	1.47	2.35 (94)	1.04	-0.60 (34)	1.05
Северо-Кавказский	1.33 (95)	0.73	2.51 (95)	1.59	1.84 (98)	0.96	1.66 (91)	0.76	-0.73 (28)	0.85
Уральский	3.01 (99)	1.18	5.06 (99)	3.12	3.73 (95)	1.75	3.52 (100)	1.02	-0.29 (35)	1.64
Сибирский	1.85 (95)	0.93	3.87 (94)	2.57	2.94 (94)	1.47	1.75 (98)	0.47	-1.16 (14)	1.49
Дальневосточный	1.68 (94)	0.69	2.10 (91)	1.46	2.52 (92)	1.23	0.85 (80)	0.48	1.32 (75)	1.01

В таблице 2.2 приведены средние месячные аномалии температуры ($^{\circ}C$) в для физико-географических регионов России и федеральных округов РФ в 2016 г.

Таблица 2.2

Средние месячные аномалии температуры, осредненные по территории регионов РФ в 2016 г.

Красным цветом выделены месяцы с положительными аномалиями температуры, синим – с отрицательными.

Регионы	Аномалии температуры (°С)											
	дек 14	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь
Российская Федерация	4.09	1.25	5.18	3.74	3.42	1.36	1.86	1.43	2.05	1.81	-0.23	-1.65
Физико-географические регионы России												
Европейская часть России	4.98	-0.28	8.12	3.22	3.00	2.15	1.00	2.14	3.82	0.61	0.05	-1.88
Азиатская часть России	3.74	1.87	4.01	3.95	3.59	1.05	2.20	1.15	1.35	2.29	-0.34	-1.56
Западная Сибирь	5.57	-0.86	8.93	3.81	5.68	1.32	3.24	1.90	2.93	3.11	-0.67	-5.14
Средняя Сибирь	5.99	4.93	4.72	5.23	4.21	-0.11	2.67	0.31	0.10	2.30	-1.09	-1.25
Прибайкалье и Забайкалье	2.90	-0.18	4.54	4.92	1.85	0.32	1.48	1.78	1.08	2.63	-3.66	-2.34
Приамурье и Приморье	3.69	1.72	-0.77	2.57	1.22	1.44	-0.31	0.88	0.60	1.67	-2.03	-3.26
Восточная Сибирь	-0.51	2.60	-0.13	2.64	2.89	2.39	2.26	1.06	1.67	1.47	3.99	3.36
Федеральные округа РФ												
Северо-Западный	5.43	-1.67	8.78	2.62	3.69	4.16	1.03	3.00	2.85	1.74	1.08	-2.08
Центральный	5.81	-0.43	7.74	3.20	2.63	1.58	1.17	2.51	3.04	0.23	-0.50	-1.43
Приволжский	5.55	0.79	8.79	3.68	3.01	1.37	0.67	1.64	5.42	0.09	-0.05	-2.28
Южный	3.12	1.04	7.24	4.33	2.31	0.26	1.41	1.64	4.00	-0.33	-0.69	-0.79
Северо-Кавказский	2.00	0.83	4.72	2.93	2.06	0.51	1.30	0.55	3.09	-0.11	-1.09	-1.03
Уральский	3.78	1.04	10.36	3.18	5.92	2.12	3.82	2.50	4.26	3.06	1.08	-5.01
Сибирский	5.82	-0.25	6.04	4.97	3.73	0.14	2.64	1.42	1.19	2.67	-2.77	-3.37
Дальневосточный	1.98	3.94	0.44	3.28	2.76	1.52	1.30	0.50	0.70	1.71	1.34	0.99

2016 год в целом был экстремально теплым: средняя годовая температура воздуха, осредненная по территории РФ превысила норму 1961-1990 гг. на 2.02°С - вторая положительная аномалия с 1936 г. На 117 станциях РФ (из 252, по которым поступили данные): это станции ЕЧР и севера и центра АЧР отмечались 95%-е экстремумы. Из сезонов экстремально теплыми были: зима (аномалия 3.51оС – ранг 2), весна (2.84°С – ранг 3), лето (1.78°С – ранг 1).

Зима 2015/16 гг. была экстремально теплой (осредненная по территории РФ сезонная аномалия +3.51°С – вторая величина в ряду после рекордной зимы 2015 года (аномалия +3.56°С). Температуры выше климатической нормы наблюдались всюду, кроме юга Магаданской области и Камчатки. Экстремально тепло (на большинстве станций температуры выше 95-го перцентиля) было в ЕЧР (4.27°С – ранг 1) в АЧР (3.20°С –ранг 3) тепло всюду, кроме района Байкала и Дальнего Востока). В районе Обской губы и на Среднесибирском плоскогорье аномалии температуры превышали 7°С.

На Дальнем Востоке, юге АЧР к востоку от Алтая, на Северном Кавказе значительно менее тепло. В Магаданской области и особенно на Камчатке холодно: до -5°С.

Во многих районах страны экстремально тепло было во все месяцы сезона : в декабре и феврале в ЕЧР, в Сибири – во все месяцы, но в разных частях. Во все месяцы наблюдались области аномалии выше 10°С, а в феврале такая область занимала половину Западной Сибири, Северный Урал и северо-восточную часть ЕЧР. С другой стороны, также во все месяцы наблюдались значительные (ниже -5°С) отрицательные аномалии, местами экстремальные (ниже 5-го перцентиля).

В декабре 2015 года осредненная по территории РФ аномалия температуры: 4.09°С – вторая величина после рекордного 2013 г. (4.92°С). Экстремально тепло на западе и в центре ЕЧР, на юге

Сибири и Дальнего Востока; почти на 33% станций, по которым поступили данные, температура была выше 95-го перцентиля. Аномалии температуры на станциях ЕЧР выше 5°C, на станциях АЧР до. Осредненные по Приволжскому и Сибирскому ФО аномалии температуры: 5.55°C и 5.82°C - вторые в соответствующих рядах.

Холодно в декабре на северо-востоке страны, аномалии на станциях Чукотки до -5°C..

В январе осредненная по РФ аномалия температуры: +1.25°C. Экстремально тепло на севере АЧР, особенно на Таймыре и в Якутии, на большинстве станций запада Дальневосточного ФО температура была выше 95 перцентиля, аномалии до 15°C. А аномалия температуры, осредненная по Дальневосточному ФО: 3.94°C – третья в ряду с 1936 года.

В то же время, очень холодно на северо-западе ЕЧР (до -5.2°C в Мурманске), на юге Западной и Средней Сибири (до -8°C), на Камчатке (до -6°C).

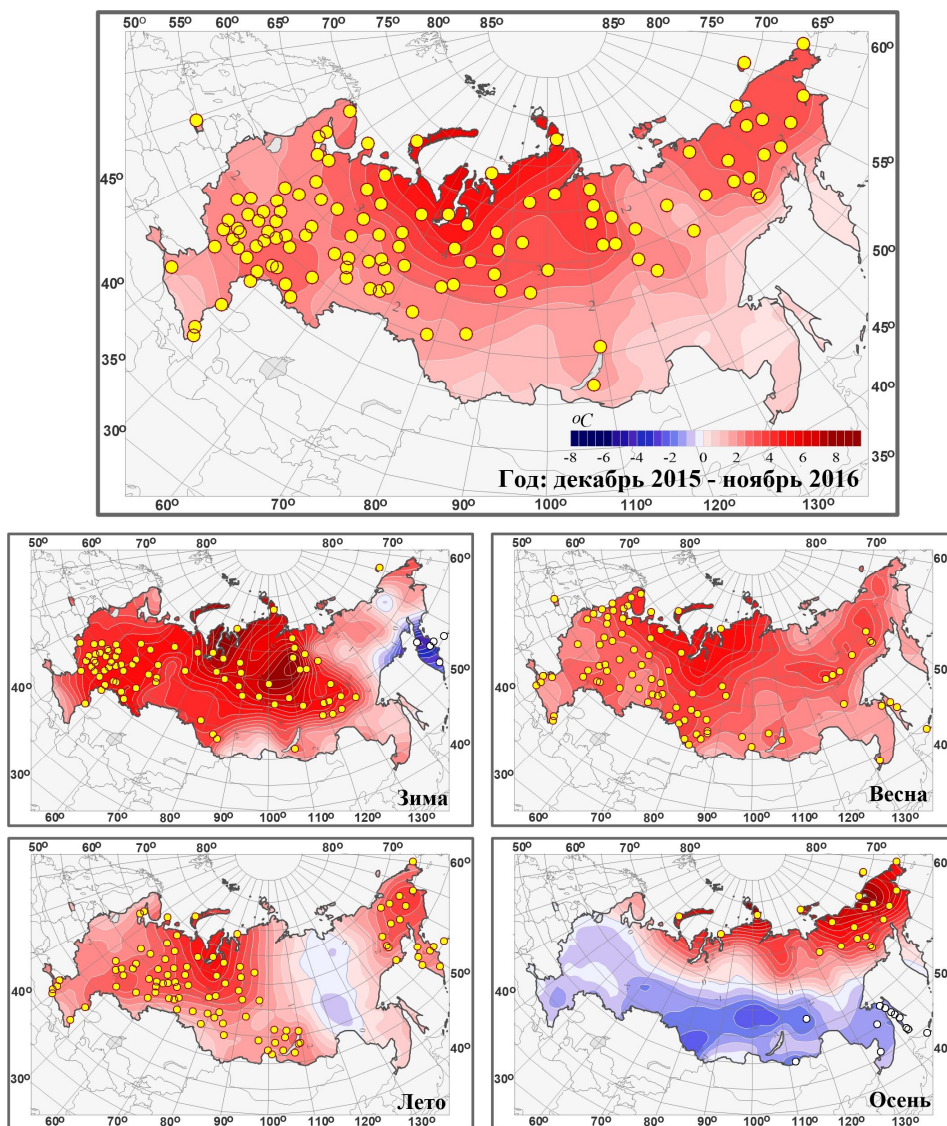


Рисунок 2.1 - Поля аномалий температуры приземного воздуха (°C) на территории России в 2016 г., в среднем за год и по сезонам. Кругами белого цвета показано местоположение станционных экстремумов ниже 5-го перцентиля, желтого – выше 95-го перцентиля. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за базовый период 1961-1990 гг.

В феврале – осредненная по РФ аномалия температуры: $+5.18^{\circ}\text{C}$ – ранг 3 (самым теплым был февраль 1995 года: аномалия $+6.47^{\circ}\text{C}$, вторым – февраль 2002: 5.31°C). Экстремально тепло (на большинстве станций температура выше 95-го перцентиля) от западных границ России до течения Енисея, аномалии на севере Западной Сибири до $+14^{\circ}\text{C}$. Осредненные по ЕЧР и Западной Сибири аномалии температуры: 8.12°C и 8.93°C – исторические максимумы в соответствующих рядах.

Тепло (аномалии до $+6^{\circ}\text{C}$) – на востоке Якутии и на Чукотке.

Холодно в центральных районах Якутии, вдоль побережья Охотского моря, особенно в Магаданской области и на Камчатке (аномалии до -7°C).

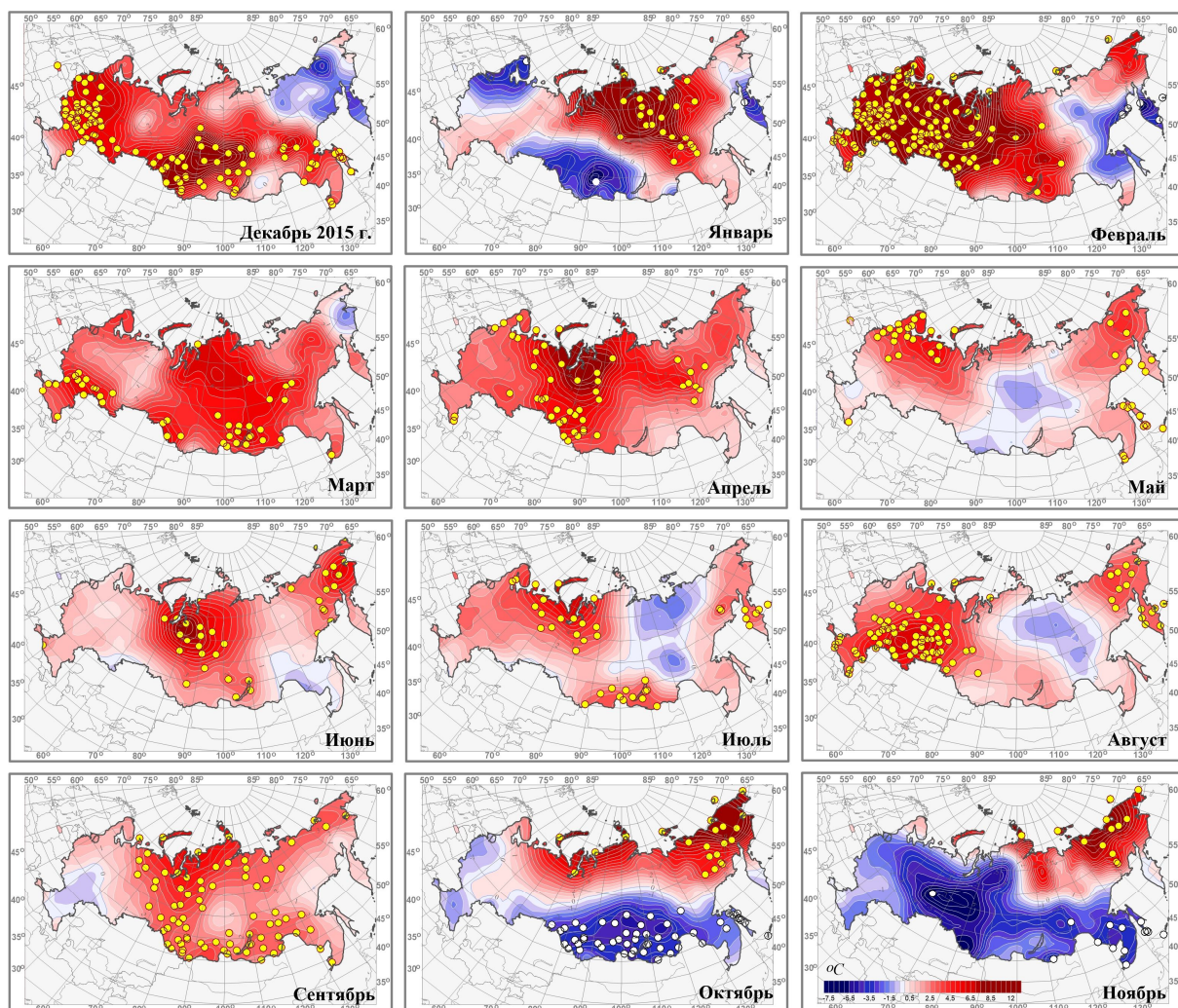


Рисунок 2.2 – Поля средних месячных аномалий температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России в 2016 г. Условные обозначения см. на рис.2.1

Весна в целом по России была 3-ей самой теплой (аномалия $+2.84^{\circ}\text{C}$), экстремально тепло было на большей части страны, аномалии на севере ЕЧР и Западной Сибири до 5°C . Осредненные по всем федеральным округам аномалии – среди десяти самых крупных. 95%-е экстремумы повсеместно отмечались в ЕЧР (за счет всех месяцев сезона) и в Западной Сибири (в основном, за счет апреля).

Март. Осредненная по РФ аномалия температура составила 3.74°C - шестая величина в ряду. Тепло практически на всей территории страны кроме Чукотки. Очень тепло (аномалии выше 3°C) на юге ЕЧР (осредненные по Приволжскому и Южному ФО аномалии: 3.68°C и 4.33°C – пятая и четвертая величины в соответствующих рядах); а в АЧР - к востоку от Оби и до Чукотки (осредненная по Сибирском ФО аномалия 4.97°C - пятая величина в ряду. На многих станциях юга РФ отмечались 95%-е экстремумы.

На Чукотке холодно: до -1.8°C (на станции Марково).

Апрель - экстремально теплый месяц в сезоне, тепло всюду: на большей части страны аномалии выше 3°C , осредненная по РФ аномалия температуры: $+3.42^{\circ}\text{C}$ – вторая величина в ряду после рекордного апреля 1997 года ($+3.52^{\circ}\text{C}$). Экстремально тепло (на многих станциях отмечались 95% экстремумы) в Уральском ФО ($+5.92^{\circ}\text{C}$ – ранг4) и Сибирском ФО. Очень тепло на севере Северо-Западного ФО (осредненная по ФО аномалия $+3.69^{\circ}\text{C}$ – пятая в ряду).

Незначительная область отрицательных температур наблюдается на Камчатке (на станции Ича аномалия -0.5°C).

Май. Осредненная по России аномалия температуры $+1.36^{\circ}\text{C}$.

Тепло в ЕЧР (кроме Ростовской области), 95%-е экстремумы отмечались на многих станциях севера, аномалии до 5°C , осредненная по СЗФО аномалия 4.16°C – максимум в ряду наблюдений с 1936 года; в Западной Сибири; на Таймыре; в Восточной Сибири (2.39°C – пятая величина в ряду); в Забайкалье; в Приамурье и Приморье.

На большей части Сибирского ФО (кроме Таймыра и Забайкалья) холодно, аномалии до -1.4°C .

Лето. Осредненная по РФ аномалия температуры 1.78°C – максимальная величина с 1936 г. Тепло на большей части страны (кроме нижнего и среднего течения Лены и гор Дальнего востока). Экстремально тепло (на большинстве станций отмечались 95%-е экстремумы) на севере и востоке ЕЧР и, далее в Западной и средней Сибири (осредненные по Северо-Западному ФО, Приволжскому ФО, Уральскому ФО Сибирскому ФО аномалии температуры: 2.26°C , 2.58°C , 3.52°C , 1.75°C – третья и четвертая, максимальная, третья величины в рядах); а также: на Чукотке и Камчатке (в Восточной Сибири аномалия: 1.70°C – третья ряду). Во все месяцы сезоны на больших площадях наблюдались экстремальные условия.

Область отрицательных аномалий температуры (не менее -1.2°C) вытянута вдоль меридиана 125 градусов в. д.

Июнь - осредненная по РФ аномалия температуры 1.86°C – ранг 5. Тепло всюду, кроме пограничной полосы Оренбургской области и Казахстана и юга Дальневосточного ФО. Очень тепло в АЧР (2.20°C – ранг 3), особенно в Восточной Сибири (2.26°C – ранг 1), в Западной Сибири (3.24°C – ранг 5), в Средней Сибири (2.67°C – ранг 5) – на многих станциях междуречья среднего и нижнего течения Оби и Енисея, а также на северо-востоке страны отмечались 95%-е экстремумы.

Июль - осредненная по РФ аномалия температуры 1.43°C – ранг 5. Тепло на большей части страны, кроме Якутии, западной части Амурской области и узкой полосы вдоль границы с Казахстаном. Экстремально тепло (повсеместно зафиксированы 95%-е экстремумы, аномалии выше 3°C) на севере ЕЧР и севере Западной Сибири (осредненные по Северо-Западному ФО и Уральскому ФО аномалии 3.0°C и 2.5°C – четвертая и пятая величины в соответствующих рядах), в районе Байкала, в Магаданской области и на Камчатке.

Август - осредненная по РФ аномалия температуры 2.05°C – рекордная величина в ряду. Экстремально тепло (на большинстве станций отмечались 95%-е экстремумы) на большей части ЕЧР (кроме северо-запада) (3.82°C – ранг 2), в Западной Сибири, на востоке Якутии, на Чукотке и на Камчатке. Во всех федеральных округах ЕЧР и в Уральском ФО осредненные аномалии температуры среди пяти самых крупных в соответствующих рядах, на Южном Урале и в Приволжском ФО аномалии температуры на станциях выше 6°C (в Екатеринбурге: 7.9°C).

Отрицательные аномалии (не ниже -2°C) наблюдались в восточных районах Красноярского края, на большей части Якутии, в Амурской области

Осень. Осредненная по РФ аномалия температуры -0.03°C . Тепло на севере страны (севернее 60° - 63° с.ш.), на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы), осредненная по Восточной Сибири аномалия 2.89°C – четвертая в ряду (за счет экстремально теплого октября и очень теплого ноября).

Южнее 60° - 63° с.ш, холодно (за счет всех месяцев, особенно октября и ноября), особенно на юге АЧР, здесь на ряде станций отмечались 5%-е экстремумы,

осредненная по Приамурью и Приморью аномалия -1.21°C – здесь осень среди четырех самых холодных осенних сезонов.

В *сентябре* - осредненная по РФ аномалия температуры 1.81°C – рекордная величина в ряду. Тепло всюду в АЧР (2.29°C – ранг 1), а также на севере ЕЧР, экстремально тепло (аномалии более 3°C , на большинстве станций 95%-е экстремумы) на севере страны (от п-ва Канин до Чукотки), в междуречье Оби и Енисея, на Алтае, в Саянах, в Забайкалье (осредненные по Уральскому ФО, Сибирскому ФО, Дальневосточному ФО аномалии температуры: 3.06°C , 2.67°C , 1.71°C - вторая первая и четвертая величины в соответствующих рядах).

В южных районах ЕЧР температуры в сентябре были ниже нормы (аномалии не менее -1.1°C).

В *октябре* - осредненная по РФ аномалия температуры -0.23°C . Экстремально холодно в южных районах страны, особенно в АЧР: в Прибайкалье и Забайкалье (-3.66°C) и Приамурье и Приморье (-2.03°C) - аномалии температуры минимальные в соответствующих рядах, на многих станциях отмечались 5%-е экстремумы, аномалии на станциях в АЧР: до -5°C , в ЕЧР: до -2°C .

Экстремально тепло на севере страны, аномалии температуры на станциях побережья Северного Ледовитого океана выше 4°C , на многих станциях зафиксированы 95%-е экстремумы, осредненная аномалия по региону Восточная Сибирь 3.99°C – максимальная величина в ряду.

В *ноябре* - осредненная по РФ аномалия температуры -0.23°C . Холодно почти на всей ЕЧР, в Уральском и Сибирском ФО (кроме узкой полосы побережья и островов Северного Ледовитого океана и Таймыра), и, далее на юге Дальневосточного ФО. Наиболее холодные условия наблюдались в центральных районах Западной Сибири (-5.14°C – ноябрь среди восьми самых холодных), в Приамурье и Приморье (-3.26°C - среди пяти самых холодных, на ряде станций зафиксированы 5%-е экстремумы.

Очень тепло в Якутии и на Чукотке, на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы, аномалии на станциях до $+10^{\circ}\text{C}$.

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 2014 года. Количество осадков, выпавших за год/сезон представлено ниже в мм/месяц (средняя за год/сезон месячная сумма осадков).

Географические особенности распределения осадков на территории РФ в 2015 г. подробнее представлены на рисунках 2.3 и 2.4, где приведены поля аномалий годовых, сезонных и месячных сумм осадков в процентах от нормы (среднего за 1961-1990 гг.). Регионально осредненные аномалии осадков в 2015 г. приведены в табл.2.3 в мм/месяц и в процентах от нормы (также в таблице для каждого значения аномалии приведена вероятность превышения относительно периода 1936-2014гг.). В таблице 2.4 приведены относительные аномалии месячных сумм осадков (в процентах от нормы) в 2015 г. в рассматриваемых регионах России.

В целом по РФ за год количество выпавших осадков составило 107% нормы. Избыток осадков (на многих станциях 95%-е экстремумы) наблюдался на большей части ЕЧР (113% – ранг 2), на юге Сибири (за счет избытка осадков во все сезоны), в Дальневосточном ФО (113% – ранг 5, за счет весны и лета).

Дефицит осадков (менее 80% нормы, на ряде станций отмечались 5%-е экстремумы) наблюдался в центральных районах АЧР (за счет дефицита осадков летом и осенью).

Таблица 2.3

Средние годовые (декабрь - ноябрь.) и сезонные аномалии осадков для физико-географических регионов России и федеральных округов РФ в 2016 году:
 νR (мм/месяц)- отклонения от средних за 1961-1990 гг; RR – отношение R_{2016} к норме, выраженное в %; $P(r \leq R_{2016})$ Вероятности неперевышения (в скобках в столбце νR) – рассчитаны по данным за 1936-2015 гг. и выражены в %, (выделены значения, попавшие 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	2.9 (91)	107	4.9 (99)	121	4.3 (92)	116	5.5 (92)	109	-3.2 (14)	92
Физико-географические регионы России										
Европейская часть РФ	6.2 (98)	113	14.4 (100)	138	5.1 (79)	114	4.5 (79)	107	0.1 (48)	100
Азиатская часть РФ	2.4 (78)	107	1.1 (79)	106	3.9 (95)	116	6.0 (88)	109	-4.6 (4)	88
Западная Сибирь	0.8 (49)	102	2.1 (71)	109	2.2 (58)	108	3.8 (58)	106	-4.8 (15)	88
Средняя Сибирь	-1.0 (22)	97	4.4 (98)	125	4.1 (92)	119	-0.9 (31)	98	-11.4 (0)	66
Прибайкалье и Забайкалье	0.5 (45)	101	2.2 (85)	121	2.3 (71)	112	-3.2 (38)	96	0.8 (49)	103
Приамурье и Приморье	8.5 (93)	116	0.6 (66)	105	15.2 (95)	140	25.4 (94)	124	-7.5 (24)	87
Восточная Сибирь	2.7 (86)	108	-4.4 (32)	80	0.9 (64)	104	12.1 (95)	123	1.9 (56)	105
Федеральные Округа РФ										
Северо-Западный	4.7 (86)	110	13.7 (99)	139	-5.4 (14)	84	21.2 (96)	132	-10.8 (8)	81
Центральный	11.8 (96)	123	18.5 (99)	146	16.8 (98)	143	9.7 (80)	114	2.3 (59)	104
Приволжский	4.1 (88)	109	18.0 (99)	152	7.2 (80)	122	-16.5 (10)	72	7.7 (82)	116
Южный	6.4 (86)	115	7.2 (84)	117	14.6 (88)	137	1.7 (65)	103	1.6 (56)	104
Северо-Кавказский	8.2 (82)	115	5.3 (71)	111	-1.6 (44)	197	5.1 (68)	108	16.1 (79)	129
Уральский	-1.4 (30)	97	4.0 (79)	116	2.3 (56)	108	-5.4 (24)	92	-6.4 (15)	86
Сибирский	-1.0 (18)	97	1.9 (76)	111	2.1 (65)	125	-1.9 (26)	97	-6.2 (2)	82
Дальневосточный	4.7 (95)	113	-0.3 (60)	99	6.0 (96)	160	15.3 (98)	124	-2.5 (24)	94

Зима 2015/16 гг. была экстремальная по количеству выпавших осадков (осредненные по РФ осадки составили 121% нормы – вторая в ряду (рекордное количество осадков: 136% нормы, выпало зимой 1965/66 года). Осредненные по ЕЧР осадки: 138% нормы – исторический максимум в ряду. Значительный избыток осадков (более 120%) наблюдался всюду (кроме Ненецкого АО и Крыма), на большинстве станций осадки превысили 95-й перцентиль. В АЧР значительный избыток осадков (более 120% нормы, на многих станциях более 95-го перцентиль) наблюдался в Средней Сибири (125% нормы – третья величина в ряду), в Приморье.

Дефицит осадков (менее 80%) наблюдался во многих районах Восточной Сибири.

На сезонное распределение осадков для областей с избытком осадков влияние оказали все месяцы сезона (в ЕЧР – особенно январь).

Декабрь 2015 г. В целом по РФ количество выпавших осадков составило 121% нормы – третья величина в ряду (максимальное количество осадков в декабре выпало в 2010 году: 139% нормы, вторым был декабрь 1955 года: 127%). Осредненные по ЕЧР осадки: 123% нормы (ранг 5) (особенно много осадков выпало в Северо-Западном ФО: 144% нормы - вторая величина после рекордного декабря 2003 года: 146% нормы), по АЧР: 119% (ранг 8) (наибольшее количество осадков выпало в Западной и Средней Сибири: 149% и 127% нормы – третьи величины с 1936 года).

На территории РФ избыток осадков наблюдался на большей части ЕЧР (кроме западных районов) и, далее, в АЧР до течения Лены и Алдана (кроме Северо-Сибирской низменности, Байкальского региона и Алтая), в Приморье. На многих станциях севера ЕЧР, юга Западной Сибири, на Среднесибирском плоскогорье количество выпавших осадков превысило 95-й процентиль (на ряде станций более двух норм).

Значительный дефицит осадков (менее 80% нормы) отмечался, на севере Средней Сибири, в Якутии, на Чукотке и Камчатке, а также в районе Байкала и в Крыму.

Январь. Осредненные по России осадки: 111% нормы. Значительный избыток осадков наблюдался всюду в ЕЧР (кроме северо-востока), в целом по ЕЧР выпало 155% нормы - вторая величина после рекордного января 2007 года (160% нормы). Наибольшее количество осадков выпало в Центральном ФО (193% – ранг 1) и в Приволжском ФО (169% - вторая величина после рекордного января 2007 года: 184%) – на большинстве станций этих округов осадки превысили 95-й процентиль.

Вторая область значительного избытка осадков - Таймыр и Якутия, на ряде станций выпало более 95-го percentиля осадков, местами около трех норм.

Экстремальный дефицит осадков (20%-80%) наблюдался на северо-востоке ЕЧР и, далее, в АЧР от течения Оби до Якутии. На многих станциях (особенно, в центре Сибири) количество осадков меньше 5-го percentиля. Осредненные по Сибирскому ФО осадки: 53% - исторический минимум.

Дефицит осадков (40%-80%) наблюдался вдоль побережья морей Тихого океана.

Февраль. Осредненные по РФ осадки 133% - шестая величина с 1936 года. На большей части ЕЧР наблюдался избыток осадков. Избыток осадков наблюдался и далее в АЧР до течения Лены (кроме юга Западной Сибири и Забайкалья), а также на востоке Якутии, Приамурье и Хабаровском крае, и на Чукотке. Осредненные осадки по регионам: Средняя Сибирь и Прибайкалье и Забайкалье составили 164% и 196% нормы – третья и четвертая величины в соответствующих рядах. На ряде станций этих районов наблюдались 95-е экстремумы.

Дефицит осадков (менее 60% нормы) в ЕЧР наблюдался на юге, в АЧР – на юге Западной Сибири, в Забайкалье, а также на большей части Якутии, на Камчатке, в Приморье.

Весной осредненные по территории РФ осадки 119% нормы – седьмая величина в ряду.

Избыток осадков (более 160% нормы) наблюдался в центре и юге ЕЧР (экстремальный избыток осадков наблюдался в Центральном ФО – выпало 143% нормы – ранг 3, на многих станциях выпало более двух сезонных норм или более 95-го percentиля). Избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался на большей части Дальневосточного ФО (125% нормы – ранг 4, избыток осадков всюду, кроме побережья Северного Ледовитого океана, Чукотки и Камчатки), на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы.

Сильный дефицит осадков (80%-60%) наблюдался на побережье моря Лаптевых и далее на северо-востоке страны (на нескольких станциях отмечены 5%-е экстремумы); дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался на севере ЕЧР и в центральных районах Сибири.

Март. Осредненные по РФ осадки 119% нормы. Избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался в центральных и южных районах страны: на ряде станций центра ЕЧР, Южного Урала, бассейнов рек Лены и Алдана отмечались 95%-е экстремумы осадков. Осредненные по региону Средняя Сибирь осадки 134% нормы – девятая величина в ряду.

Значительный дефицит осадков (20%-80% нормы) наблюдался на северо-востоке страны. Дефицит осадков (60%-80% нормы) наблюдался в Северо-Западном ФО.

Апрель. Осредненные по России осадки: 118%. Избыток осадков наблюдался на большей части ЕЧР (кроме Южного ФО и западных районов Архангельской и Вологодской областей) и далее, в южных районах АЧР, в течении Лены (кроме нижнего течения), а также вдоль побережья Карского моря. Экстремальный избыток осадков (более двух норм или более 95-го percentиля) отмечался на ряде станций Центрального ФО (в Воронеже и Тамбове более трех норм), юга Сибири, бассейна Лены.

Сильный дефицит осадков (20%-80%) наблюдался в центре Сибири на северо-востоке страны (на нескольких станциях осадков не выпало совсем).

Дефицит осадков (40%-80%) наблюдался в Южном ФО.

Май. Осредненные по РФ осадки 120% - 7-ая величина в ряду.

Значительный избыток осадков наблюдался в южных районах ЕЧР, экстремальный избыток (более трех норм или более 95-го процентиля) в ряде районов Центрального и Южного ФО (осредненные осадки по Южному ФО 201% -ранг 2). Значительный избыток осадков (более 160% нормы) наблюдался также в Дальневосточном ФО (144% нормы – ранг 3), на многих станциях Якутии, Хабаровского края и Сахалина отмечались 95%-е экстремумы. Избыток осадков (более 120%) наблюдался в междуречье нижних течений Оби и Енисея.

Значительный дефицит осадков (менее 80%) наблюдался в северных районах ЕЧР (осредненные по СЗФО осадки 70% - пятая среди наименьших величин в ряду), и далее, на Южном Урале, на юге Сибирского ФО, а также на побережье моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря, и на Камчатке. На многих станциях Южного Урала отмечались 5% экстремумы (в Тюмене и Омске выпало лишь 15% нормы).

Летом осредненные по РФ осадки 109% нормы – ранг 7. Значительный избыток осадков (более 120%, на ряде станций отмечались 95%-е экстремумы) наблюдался в центральных и в северо-западных районах ЕЧР (в Северо-Западном ФО выпало 132% - ранг 4), на юге Западной и Средней Сибири, в Дальневосточном ФО (выпало 124% – ранг 3, избыток осадков всюду кроме севера).

Сильный дефицит осадков летом наблюдался на юго-востоке ЕЧР (осредненные по Приволжскому ФО осадки 72% - среди девяти самых сухих сезонов,), в Западной и Средней Сибири (кроме юга), на Чукотке.

Таблица 2.4

Месячные относительные аномалии осадков в регионах РФ в 2016 г.
Зеленым цветом показаны месяцы, когда осадков выпало выше нормы,
желтым – ниже нормы.

Регионы	Аномалии осадков (% нормы)											
	дек15	январь	февр	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя
Российская Федерация	121	111	133	119	118	113	99	112	112	91	82	106
Физико-географические регионы России												
Европейская часть России	123	155	141	107	124	111	96	111	112	118	73	110
Азиатская часть России	119	75	126	127	113	113	101	113	112	80	86	103
Западная Сибирь	149	58	117	130	138	77	111	128	79	77	76	119
Средняя Сибирь	127	92	164	134	103	124	75	105	111	57	57	91
Прибайкалье и Забайкалье	103	92	196	142	141	87	107	89	96	105	88	119
Приамурье и Приморье	113	91	102	133	125	152	132	116	127	89	74	95
Восточная Сибирь	80	70	93	108	59	135	84	124	149	84	137	94
Федеральные округа РФ												
Северо-Западный	144	130	147	70	116	70	124	133	137	90	51	103
Центральный	105	193	155	136	149	142	84	111	143	87	93	134
Приволжский	131	169	164	131	146	95	65	82	67	173	57	117
Южный	89	156	108	107	86	201	100	130	76	141	79	91
Северо-Кавказский	123	127	75	108	73	110	109	117	100	112	201	92
Уральский	142	81	124	148	119	79	115	80	84	102	56	98
Сибирский	131	53	153	121	131	91	95	106	89	66	77	115
Дальневосточный	99	92	106	123	100	144	101	127	137	85	104	95

Июль - осредненные по РФ осадки 99% нормы. Сильный дефицит осадков (40%-60% нормы, на ряде станций зафиксированы 5%-е экстремумы) в центральных районах АЧР, осредненные по региону Средняя Сибирь осадки 75% - третья среди наименьших величин.

Избыток осадков (на ряде станций экстремальный) наблюдался на юге страны: юг Южного ФО и в Северо-Кавказском ФО, юг АЧР (кроме района Байкала. Избыток осадков (более 120%) наблюдался также на западе Северо-Западного ФО и на Северном Урале.

Июль - осредненные по РФ осадки 112% нормы – ранг 8. Значительный избыток осадков (более 160% нормы, на ряде станций отмечались 95%-е экстремумы) наблюдался на большей части Дальневосточного ФО (127% нормы – ранг 5). на северо-западе ЕЧР (в Северо-Западном ФО выпало 133%), в Южном ФО и Северо-Кавказском ФО, на юге Западной Сибири (на многих станциях Алтае выпало более двух норм).

Сильный дефицит осадков (менее 60% нормы, на ряде станций отмечались 5%-е экстремумы) наблюдался в восточных районах ЕЧР (в Приволжском ФО, республике Коми, в Ненецком АО), на севере Западной и Средней Сибири, в районе Байкала.

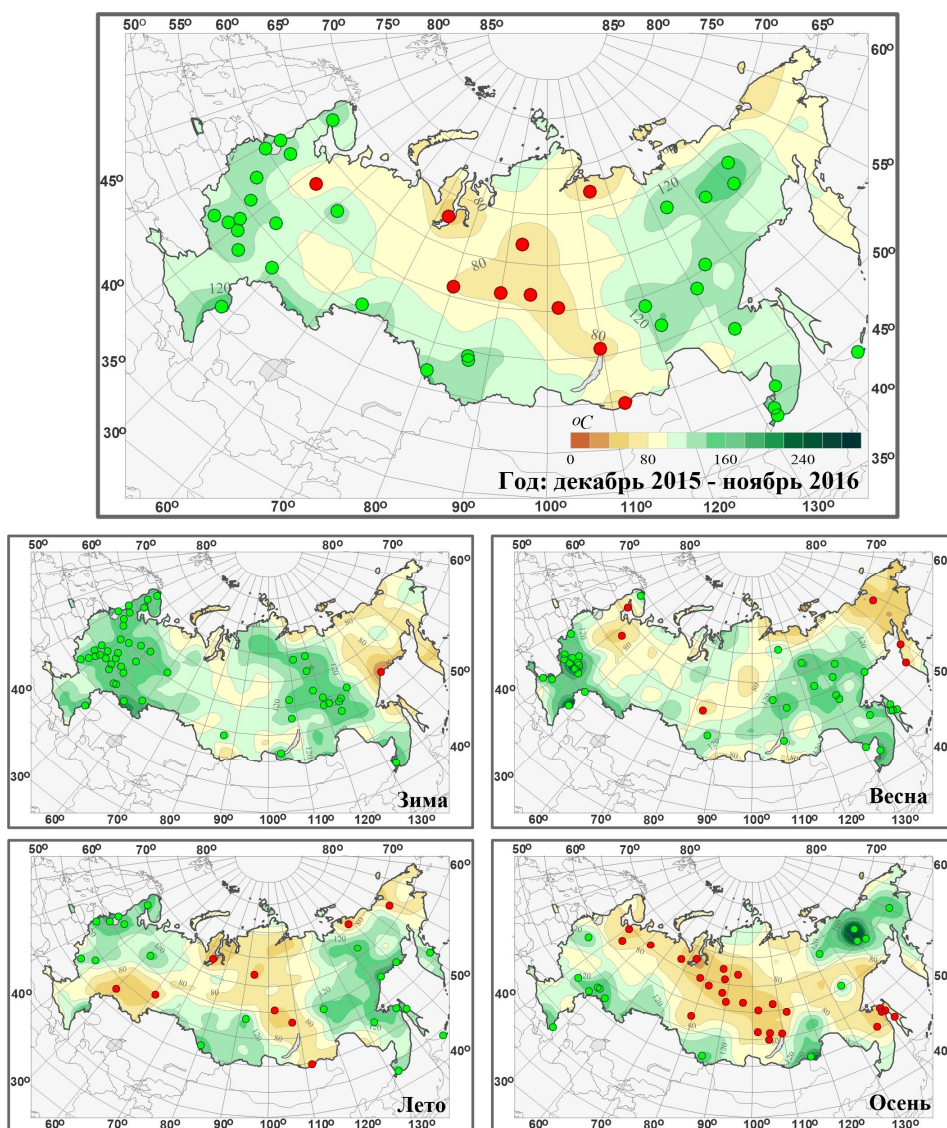


Рисунок 2.3 - Поля аномалий средних годовых (декабрь – ноябрь) и сезонных сумм осадков (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.) на территории России в 2016 г. Кружками красного цвета показаны станционные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го перцентиля.

Август - осредненные по РФ осадки 112% нормы – ранг 7. Значительный избыток осадков (более 160% нормы) наблюдался в Дальневосточном ФО (выпало 137% – ранг 2, избыток осадков всюду, кроме севера), в центре и на северо-западе ЕЧР, в центре Западной и Средней Сибири, в районе Байкала. На ряде станций отмечались 95%-е экстремумы.

Сильный дефицит (менее 80%) наблюдался на юге и юго-востоке ЕЧР и, далее, на Урале (на ряде станций отмечались 5%-е экстремумы), на юге Западной Сибири, в предгорьях Алтая и Саян, в горах Забайкалья; а также вдоль азиатского побережья Северного Ледовитого океана.

Осень. В целом за сезон осредненные по территории РФ осадки составили 92% нормы. На севере ЕЧР и в центральных районах АЧР наблюдался сильный дефицит осадков (менее 80% нормы, на многих станциях отмечались 5%-е экстремумы, сильный дефицит осадков наблюдался в сентябре и октябре). Осредненные по АЧР осадки 88% нормы – четвертая среди минимальных величин, меньше всего осадков выпало в Средней Сибири: 66% - рекордный минимум в ряду.

Значительный избыток осадков (более 120%, на ряде станций 95%-е экстремумы) наблюдался на юге ЕЧР (на юге Приволжского ФО (за счет сентября), в Северо-Кавказском ФО), на юге Западной Сибири, на Алтае и в Забайкалье (за счет ноября), на востоке Якутии (в Среднеколымске выпало около трех сезонных норм) и на Чукотке (за счет октября).

В сентябре осредненные по РФ осадки 91% нормы.

В АЧР преобладал дефицит осадков (80% нормы – 2-3 минимальная величина в ряду), особенно в Сибирском ФО (66% – 3-ья минимальная величина). Сильный дефицит осадков (менее 40%, на многих станциях отмечались 5%-е экстремумы) наблюдался в центральных районах АЧР, а также в Приморье и на Сахалине, вдоль побережья Северного Ледовитого океана восточнее Таймыра. Дефицит осадков (менее 80%) наблюдался на западе и севере ЕЧР

Значительный избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался на юго-востоке ЕЧР (в Приволжском ФО 173% – ранг 3) и далее на юго-западе Западной Сибири, на ряде станций выпало более 3-х норм осадков. Кроме того, избыток осадков наблюдался в верхнем течении Амура, в Магаданской области, на востоке Якутии, на Камчатке.

В октябре осредненные по РФ осадки 82% нормы – третья из минимальных величин в ряду. На большей части страны наблюдался дефицит осадков, особенно сильный (менее 40% нормы, на многих станциях отмечались 5%-е экстремумы): в северных районах ЕЧР (в Северо-Западном ФО выпало 51% - 4-ая из минимальных величин в ряду), в центральных районах Западной и Средней Сибири (57% - минимальная величина в ряду).

Значительный избыток осадков на востоке Якутии, на Чукотке, в Магаданской области, в Корякском АО: на большинстве станций выпало более двух месячных норм, в Восточной Сибири выпало 137% (ранг 4). Избыток осадков наблюдался на западе страны (в основном это Смоленская и Брянская области), в Северо-Кавказском ФО (201% - ранг 4), вдоль азиатской границы с Казахстаном, на Алтае, в Забайкалье.

В ноябре осредненные по РФ осадки 106% нормы. Избыток осадков наблюдался в ЕЧР южнее бассейнов Северной Двины и Печеры, в АЧР: в верховьях Оби, Енисея, Лены, в Приморье, а также на севере Якутии. Особенно много осадков (более 3 норм или более 95-го процентиля) выпало на станциях Алтая.

Дефицит осадков (ниже 60% нормы) наблюдался в центральных районах Красноярского края, в Забайкалье, вдоль побережья Охотского моря.

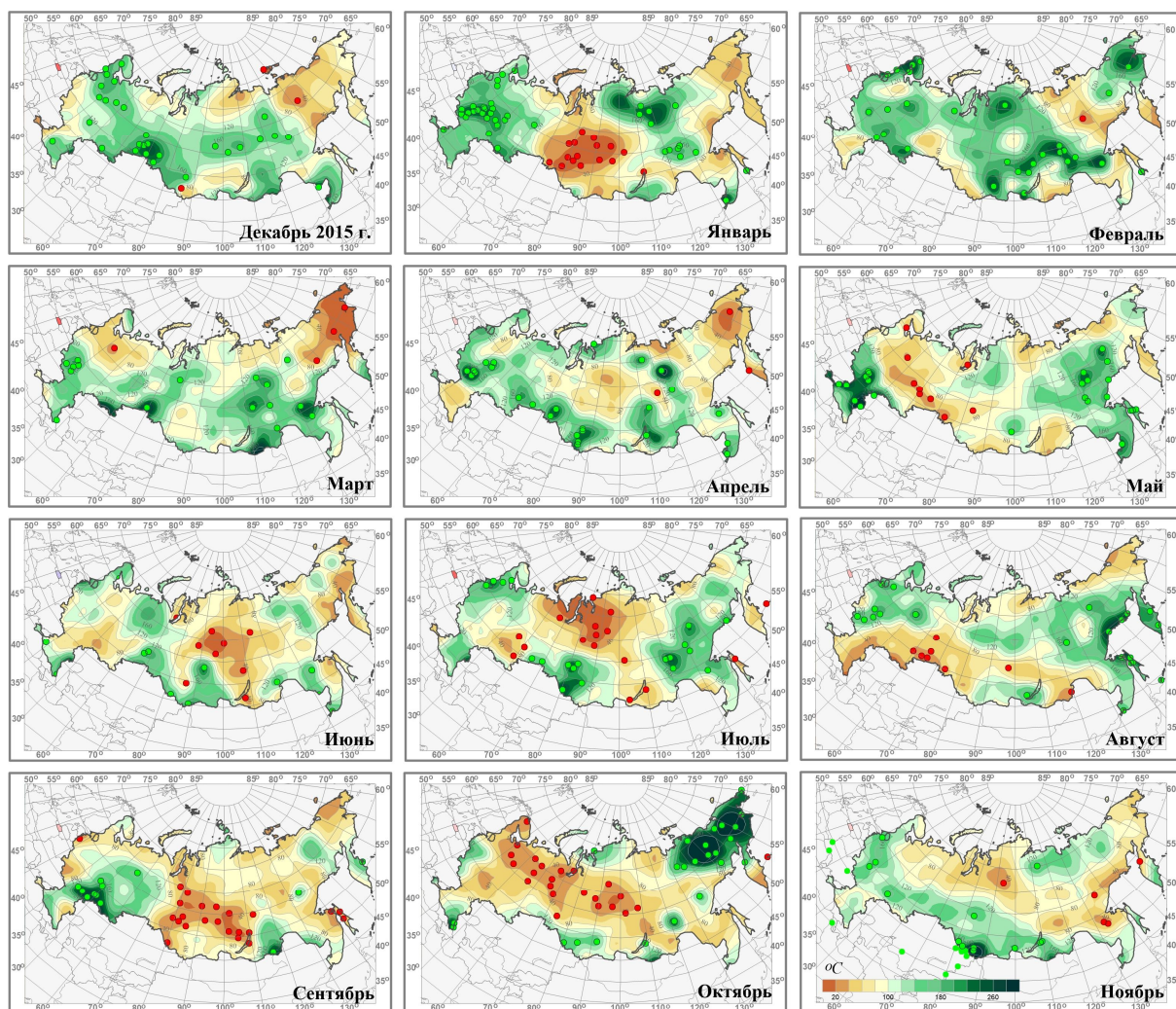


Рисунок 2.4 – Поля средних месячных аномалий осадков (% нормы) на территории России в 2016 г. Условные обозначения см. на рис.2.3

3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ.

В этом разделе рассматриваются численные оценки тенденций изменения (линейный тренд, характеризующий среднюю скорость изменения на заданном интервале) метеорологических величин с начала современного потепления, т.е. с середины 1970-х гг.: география изменений, т.е. распределение оценок тренда по территории РФ, 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 2016 гг. На всех временных рядах показан линейный тренд, характеризующий тенденцию (среднюю скорость) изменений температуры и осадков на интервале 1976 - 2016 гг., с 95%-й доверительной полосой.

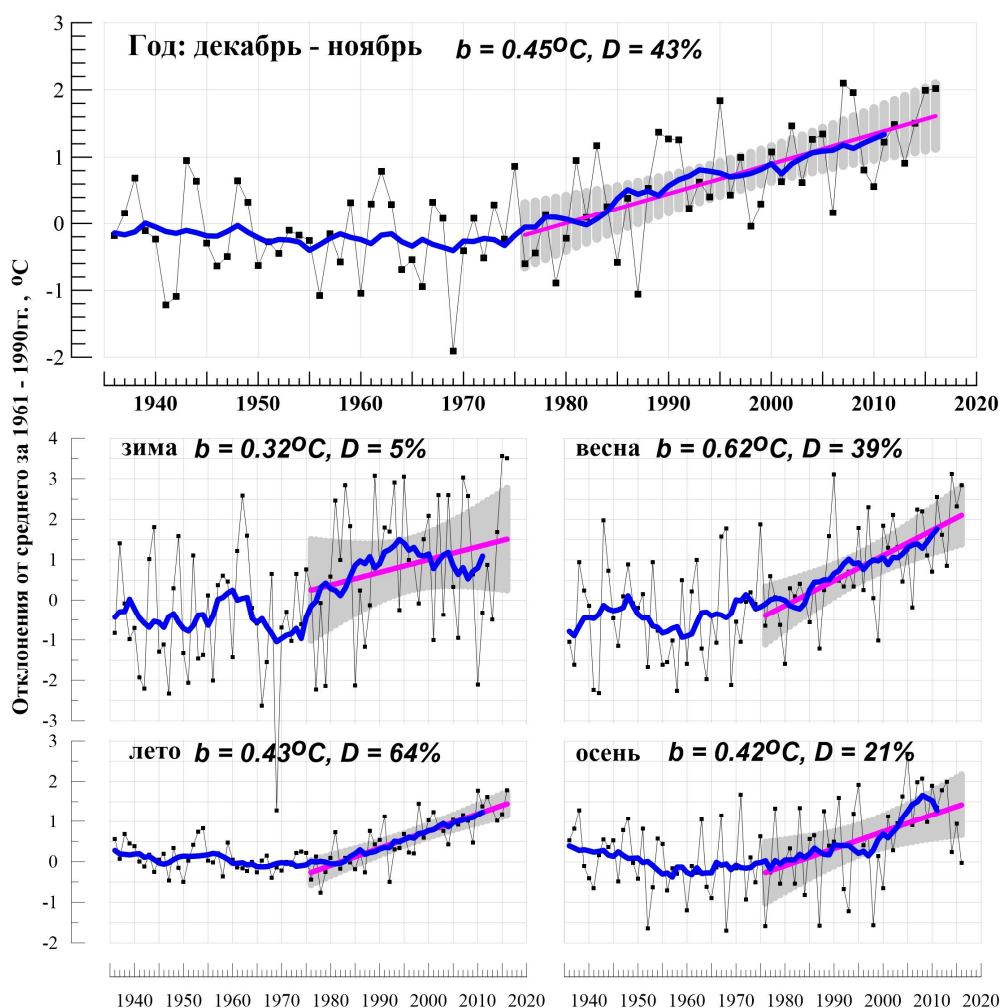


Рисунок 3.1 - Средние годовые и сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории РФ, 1936-2016 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Показаны также 11-летнее скользящее среднее, линейный тренд за 1976-2016 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 1976-2016 гг. Тренды осадков выражены либо в мм / мес / 10 лет, либо в % нормы / 10 лет: для краткости в дальнейшем будем писать % / 10 лет.

Таблица 3.1

Оценки линейного тренда средних за год и сезоны аномалий температуры приземного воздуха и атмосферных осадков, осредненных по территории России, за 1976-2016 гг.,

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

Период осреднения	температура		осадки		
	$b, ^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$	$D\%$	$b \text{ мм/мес}/10 \text{ лет}$	$b \text{ \%}/10 \text{ лет}$	$D\%$
Год	0.45	43	0.8	2.0	29
Зима	0.32	5	0.6	2.3	9
Весна	0.62	39	1.6	5.9	32
Лето	0.43	64	0.4	0.8	3
Осень	0.42	21	0.6	1.3	4

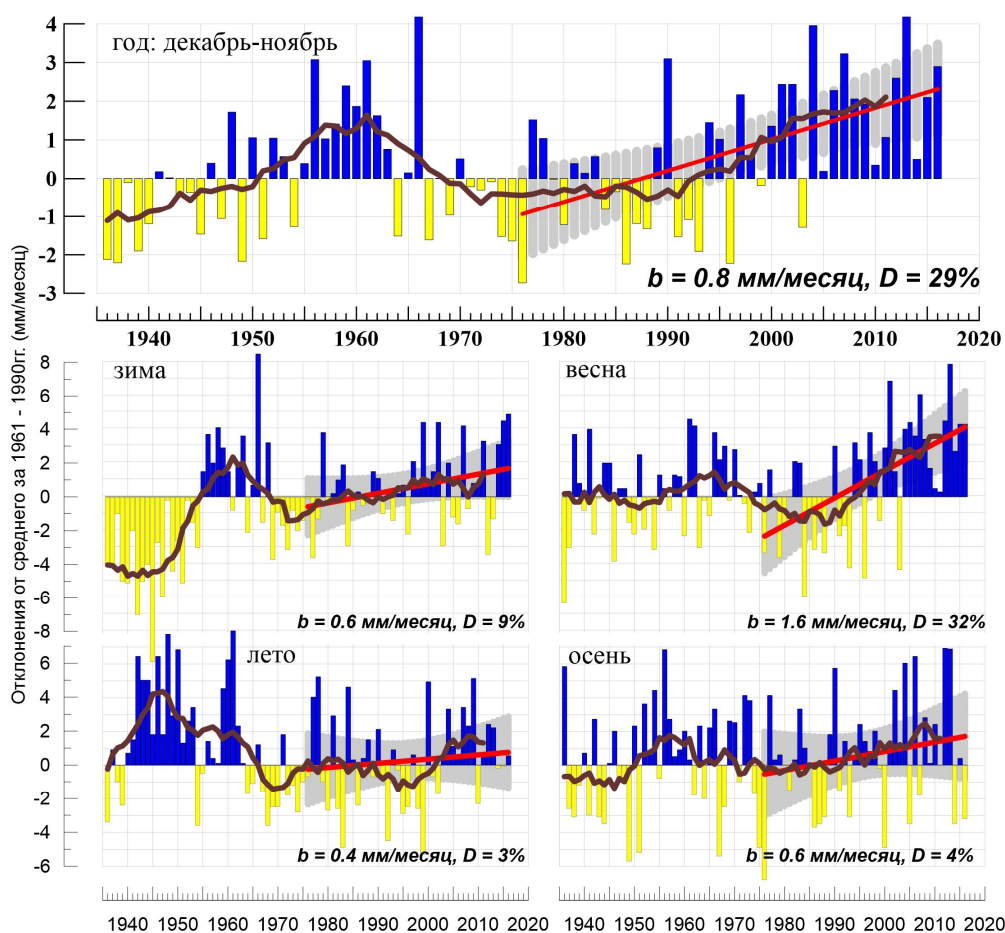


Рисунок 3.2 – Средние годовые и средние сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории РФ, 1936 – 2016 гг. (Условные обозначения на рис.3.1)

На рисунках 3.3 и 3.4 представлено географическое распределение коэффициентов линейных трендов температуры приземного воздуха и атмосферных осадков на территории России для 2016 года в целом и для сезонов года. Оценки получены по стационарным временным рядам сезонных аномалий за 1976-2015 гг. в точках расположения станций и затем картированы.

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 $+0.45^{\circ}\text{C}/10$ лет, вклад тренда в дисперсию составляет 43%.

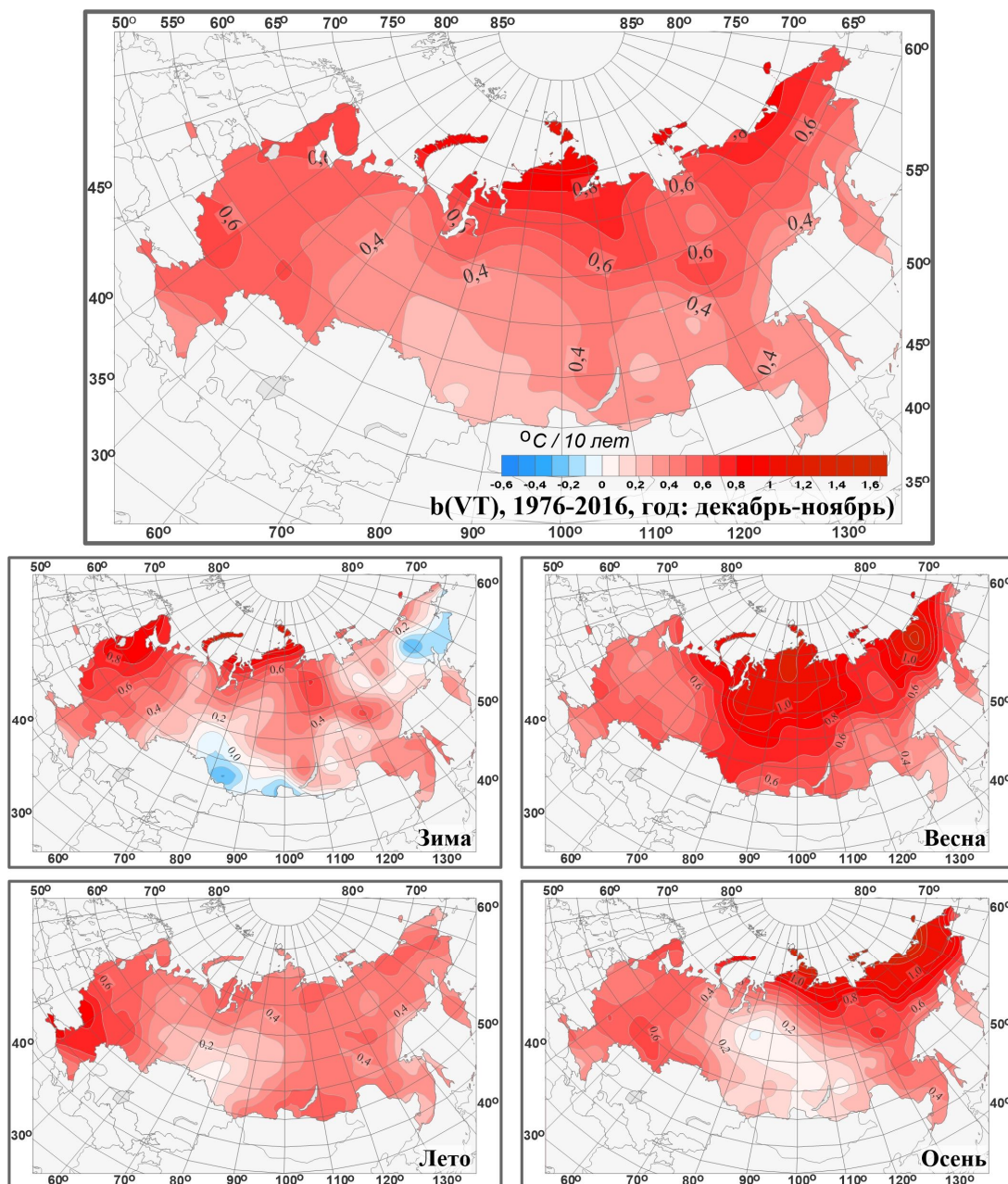


Рисунок 3.3 - Средняя скорость изменения среднегодовой и средних сезонных температур приземного воздуха на территории России по данным наблюдений за 1976-2016 гг. (в °C/10 лет)

Наиболее интенсивное потепление наблюдается весной, особенно, в Западной Сибири и на Чукотке (до $+1.2^{\circ}\text{C}/10$ лет), а также осенью, особенно, в Восточной Сибири ($+1.3^{\circ}\text{C}/10$ лет). Зимой и летом наибольшая скорость потепления прослеживается на ЕЧР (около $+0.9^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Зимой потепление значительно слабее. Выраженное потепление происходит в ЕЧР, на арктическом побережье от Кольского п-ова до Таймыра, в Приамурье и Приморье.

Тенденция к похолоданию (до $-0.4^{\circ}\text{C}/10$ лет) по-прежнему отмечается зимой на северо-востоке России (по сравнению с 2015 годом скорость изменилась

незначительно), а также на юго-востоке Западной Сибири, на юге Средней. Тренды незначимы ни для одного региона.

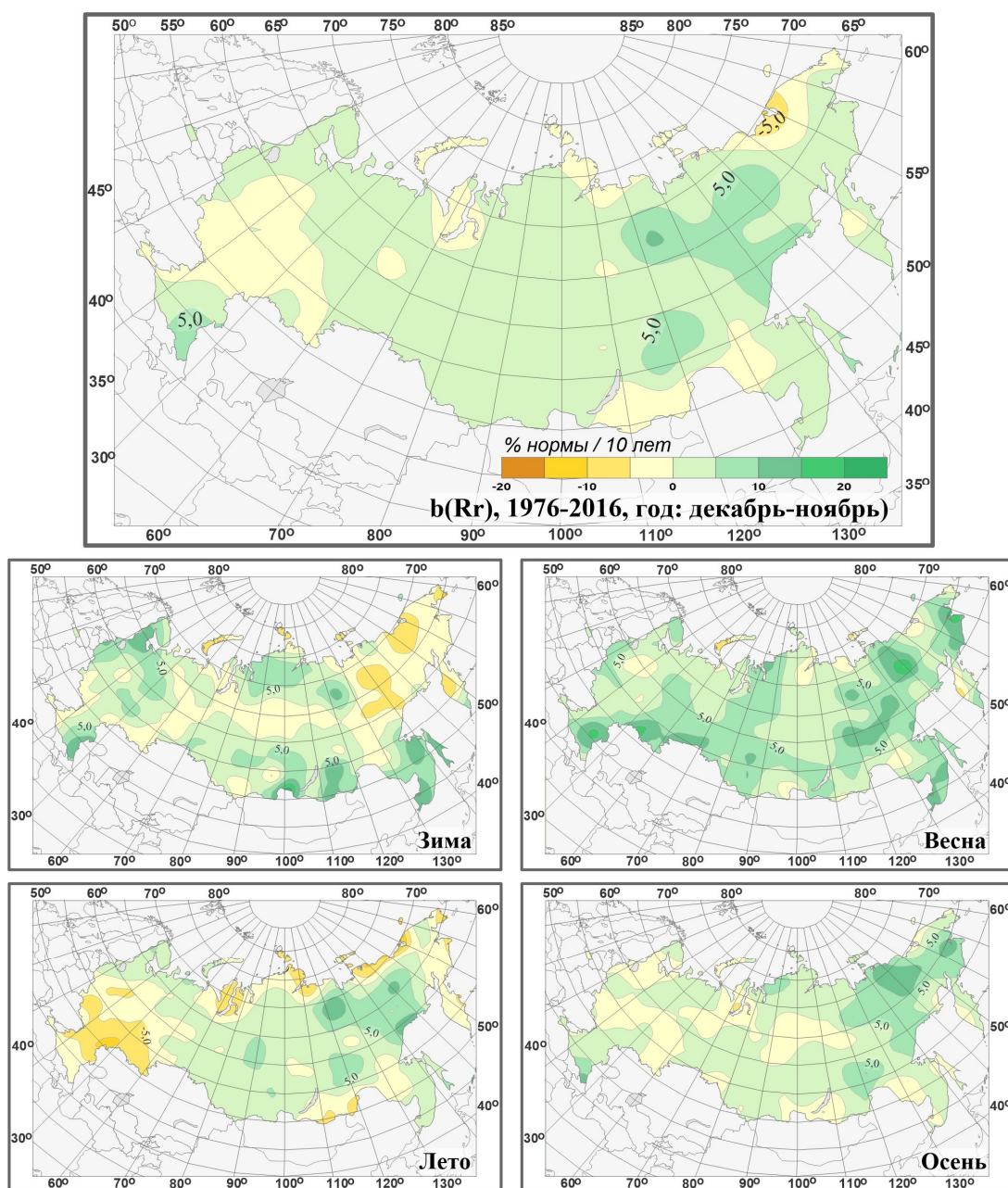


Рисунок 3.4 - Пространственные распределения локальных коэффициентов линейного тренда атмосферных осадков за 1976-2016 гг. на территории России (% / 10 лет), в среднем за год и по сезонам.

Следует отметить, что с середины 1990-х гг. зимние температуры убывали (хотя в последние пять лет наметилась тенденция к их росту) (рис. 3.1). Линейный тренд за 1976-2016 гг. положительный, однако он резко уменьшился ($0.32^{\circ}\text{C}/10$ 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 ($0.45^{\circ}\text{C}/10$ лет за 1976-2016 гг. против

0.49°C/10 лет за 1976-2000 гг.): тем не менее, рост среднегодовых, весенних, летних и осенних температур очевидно продолжается и значим на уровне 1%.

В целом за год по России осадки растут. Тренд среднегодовых осадков за 1976-2016 гг., в среднем по России, составляет 2.0%/10лет и описывает 29% межгодовой изменчивости (в 2015 г.: 2.0%/10лет, 26%). Во все сезоны, кроме лета, осадки последних 15 лет заметно превышают осадки 1970-90х гг.

Количество осадков на территории РФ растет в основном за счет весеннего сезона (5.9%/10лет, вклад в дисперсию ряда 32%) и зимы (2.3%/10 лет, вклад в дисперсию 9%), однако тренды значительно менее выражены, чем для температуры. Летом и осенью тренд осадков в целом по России незначим.

Пространственные распределения тренда за период 1976 – 2016 гг. указывают на наличие слабой тенденции к увеличению годовых сумм осадков на территории РФ (кроме центра ЕЧР, Забайкалья, Приамурья и Чукотки). Годовой тренд осадков на большей части территории России составляет от 0 до +5% /10 лет, а на юге ЕЧР, в отдельных районах Восточной Сибири - более +5 % /10 лет.

Тенденция к убыванию осадков отмечается в ЕЧР (-5% /10 лет - 0% /10 лет).

Наиболее заметна тенденция к росту осадков (со скоростью более 5% нормы за 10 лет) *весной* в Северном Прикаспии, на Южном Урале, в дальневосточных регионах России; *летом* - на востоке АЧР; *осенью* - в дальневосточных районах России; *зимой* - на севере ЕЧР, на севере Средней Сибири, в южных районах АЧР, в Прикаспии.

Значительные по площади области с тенденцией к некоторому уменьшению (от 0 до -10 % / 10 лет) *зимних* осадков выделяются в Восточной Сибири, *летом* - в ЕЧР (до -5 % / 10 лет).

4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ В РЕГИОНАХ РОССИИ, 1936-2016 гг.

В разделе анализируется характер изменения регионально-осредненных температур и осадков для физико-географических регионов России и Федеральных округов. На рис. 4.1 – 4.5 приведены временные ряды осредненных по регионам аномалий средней месячной температуры приземного воздуха (°C) и месячных сумм осадков (мм/месяц) за 1936 – 2016 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2016 гг., рассчитанные методом наименьших квадратов. В таблицах 4.1 - 4.3 приведены оценки линейных трендов регионально осредненных значений температуры и осадков за 1976-2016 гг. для физико-географических регионов и федеральных округов РФ.

Температура воздуха.

В среднем по территории России, тренд средних годовых температур составляет +0.45°C/10 лет, вклад тренда в дисперсию составляет 43%. Наиболее интенсивное потепление наблюдается в регионе Европейская часть России (+0.54°C/10 лет, за счет всех сезонов) и в регионе Восточная Сибирь (+0.51°C/10 лет, в основном, за счет весны и осени), а из Федеральных округов: зимой – в Северо-Западном ФО (0.72°C/10 лет) и

Центральном ФО ($0.68^{\circ}\text{C}/10$ лет). весной - в Уральском ФО ($0.72^{\circ}\text{C}/10$ лет) и Сибирском ФО ($0.71^{\circ}\text{C}/10$ лет), летом - в Центральном ФО ($0.70^{\circ}\text{C}/10$ лет), и осенью - в Дальневосточном ФО ($0.60^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Наиболее быстрый рост наблюдается весной ($0.62^{\circ}\text{C}/10$ лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд больше всего выделяется летом (64% суммарной дисперсии). Зимой рост температуры наблюдался до середины 1990-х гг. и наметилась тенденция к увеличению роста в последние пять лет.

Температура за 1976-2016 гг. растет во всех регионах в среднем за год и во все сезоны. Тренды среднегодовой температуры значимы во всех регионах. Зимние тренды температуры незначимы (на 5% уровне) для всех регионов; а осенью незначимые тренды отмечаются: в Западной и Средней Сибири, в Прибайкалье и Забайкалье. В Западной Сибири незначим и летний тренд.

В некоторых регионах азиатской части страны после середины 1990-х гг. наблюдалось замедление роста среднегодовой температуры и даже относительное похолодание (рис. 4.1); однако после 2000 г. потепление возобновилось, кроме Западной Сибири и Прибайкалья и Забайкалья.

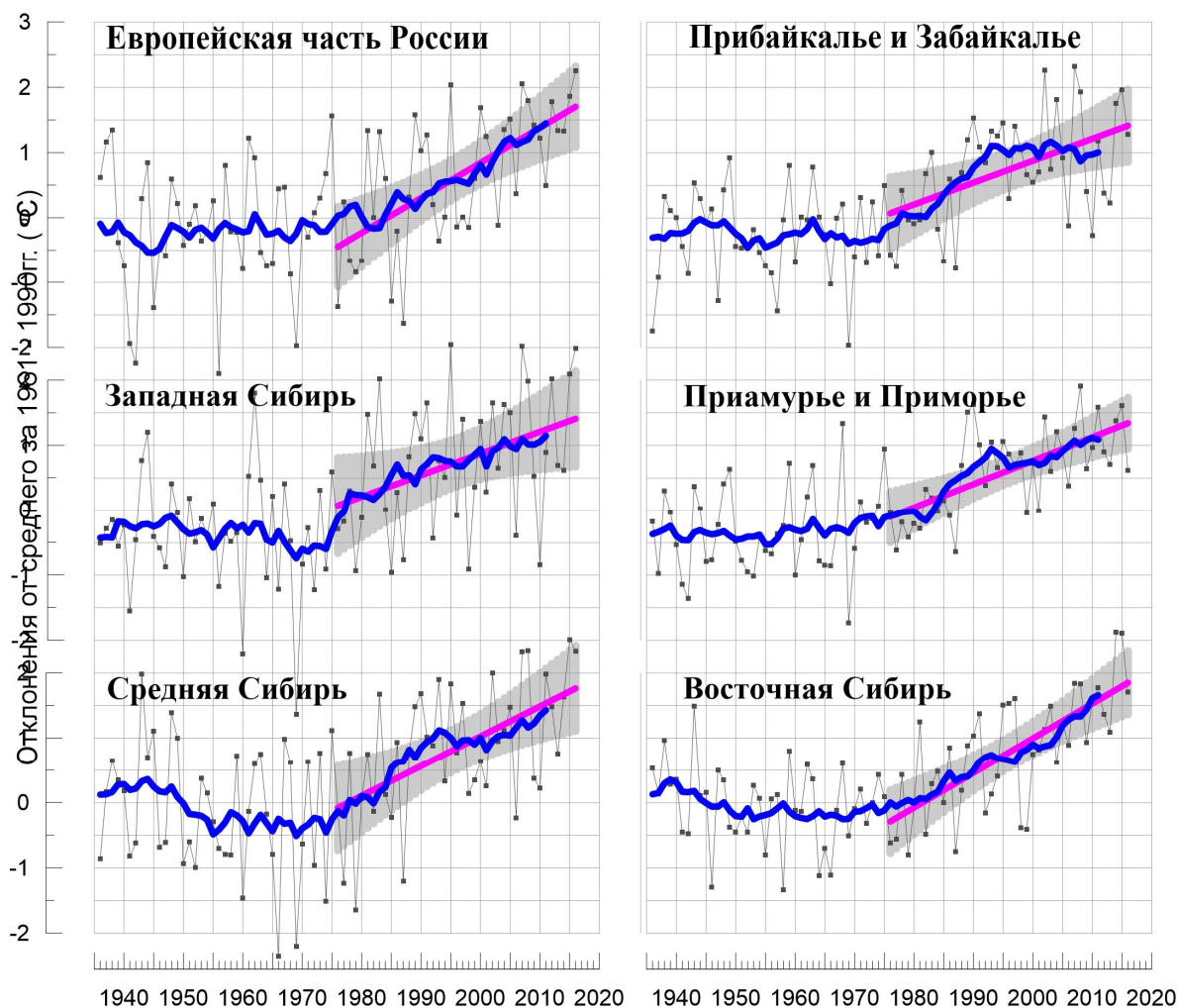


Рисунок 4.1. - Годовые аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) для регионов России за 1936-2016 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Показаны также 11- летнее скользящее среднее, линейный тренд за 1976-2016 гг. с 95%-й доверительной полосой.

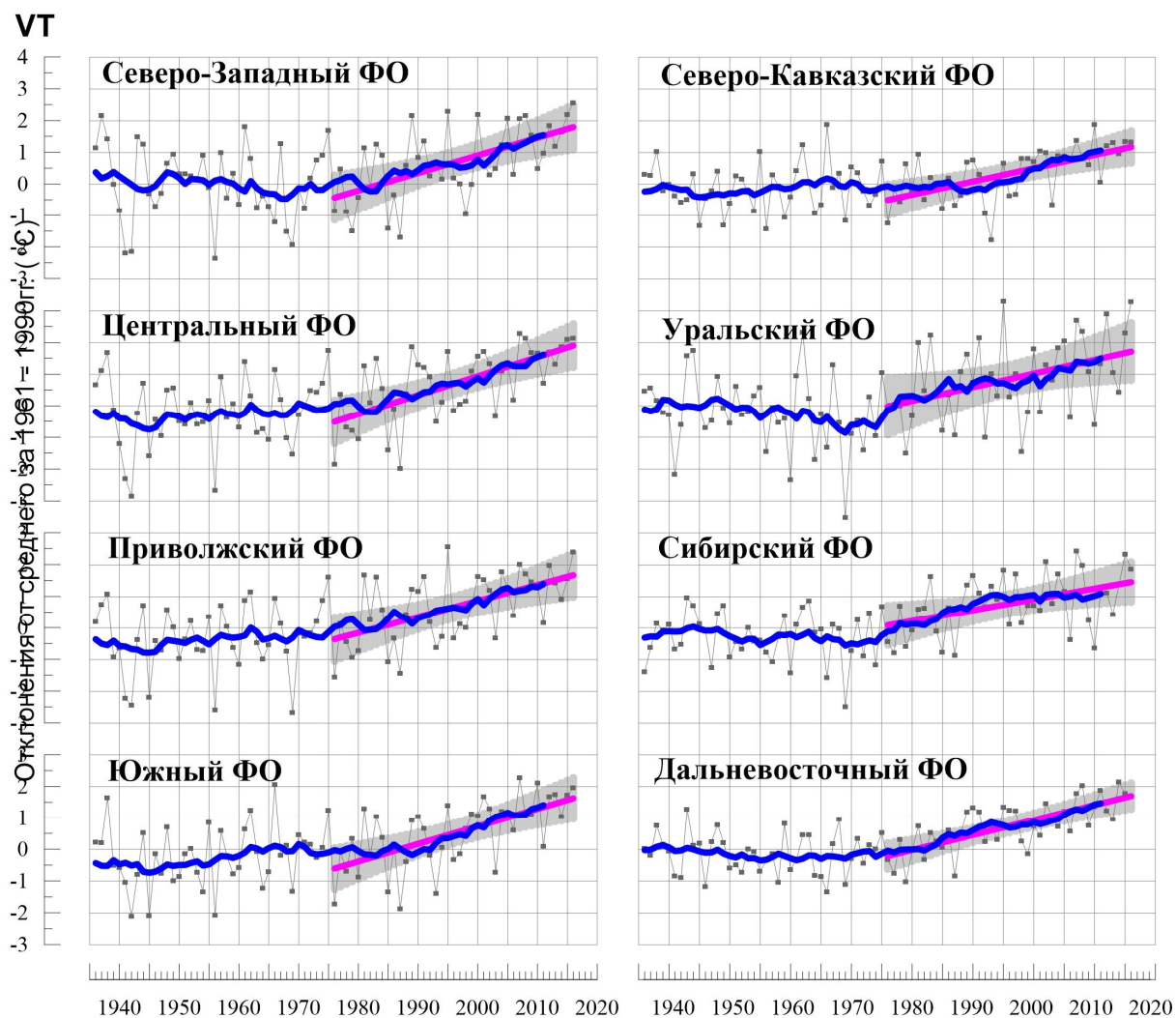


Рисунок 4.2. - Годовые аномалии температуры приземного воздуха (°C) для федеральных округов РФ за 1936-2016 гг. Условные обозначения на рис.4.1

Атмосферные осадки

Почти во всех регионах после максимума в 1950-60-х гг. наблюдалось уменьшение годовых осадков (рис. 4.4 - 4.6), которое сменилось ростом с 1970-90 гг., в зависимости от региона. Рост годовых осадков в последние десятилетия не отмечается лишь в Центральном и в Приволжском ФО. Однако тренды годовых осадков за 1976-2016 гг. значимы лишь для Западной, Средней и Восточной Сибири и для Азиатской части в целом, а также Сибирского и Дальневосточного ФО. Наиболее заметен рост годовых сумм осадков в регионах Средняя Сибирь и Восточная Сибирь (тренды 3.2% / 10 лет и 3.4% / 10 лет описывают 24% и 18% межгодовой изменчивости).

Из сезонов наибольший рост осадков, значимый во многих регионах, наблюдается весной (во всех регионах весенний тренд положителен). Летние осадки убывают в ЕЧР. В Средней Сибири осадки растут весной, летом и осенью (значимо).

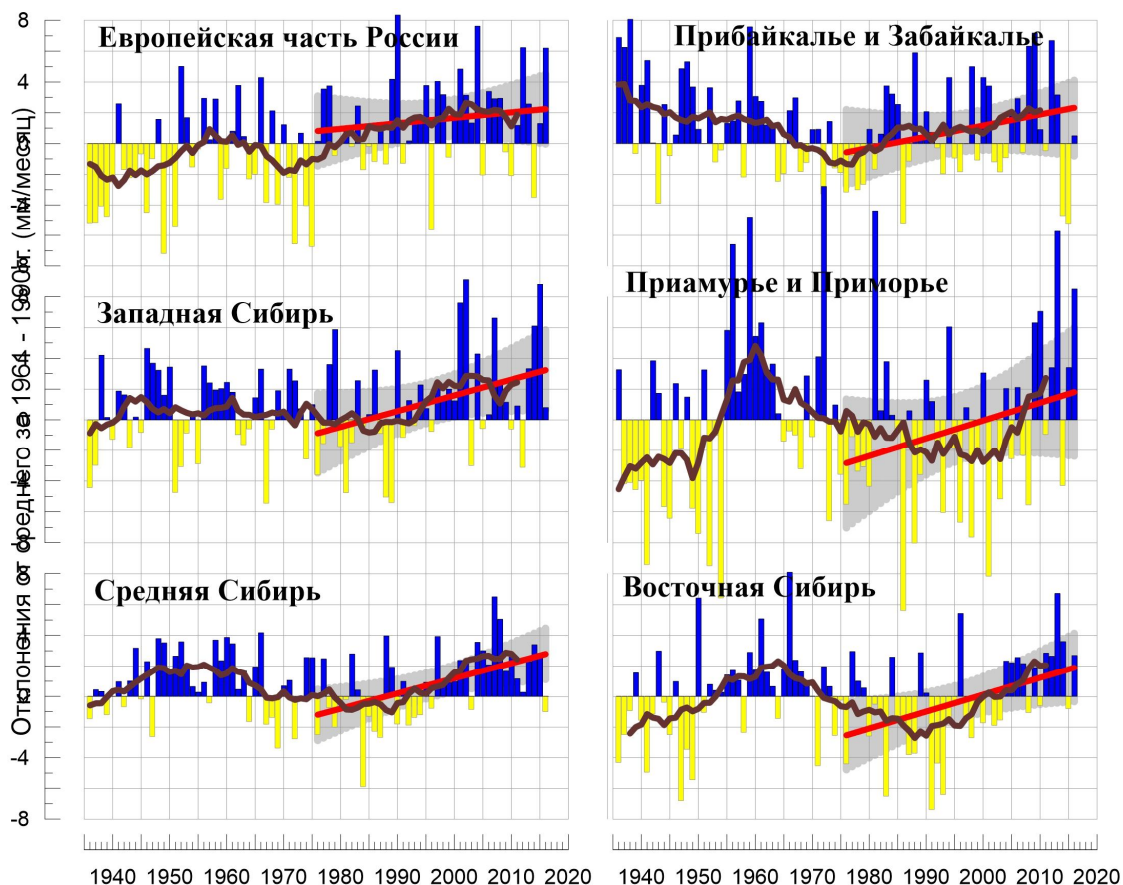


Рисунок 4.4. - Годовые аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), для регионов России за 1936-2016 гг. Условные обозначения на рис.4.1

Таблица 4.1

Оценки линейного тренда среднегодовой (декабрь - ноябрь) температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, ее физико-географических регионов и Федеральных округов за 1976-2016 гг., b , $^{\circ}\text{C}/10$ лет – коэффициент линейного тренда, $D\%$ - вклад тренда в дисперсию

Регион	Год (д-н)		Зима		Весна		Лето		Осень	
	b	$D\%$	b	$D\%$	b	$D\%$	b	$D\%$	b	$D\%$
Россия	0.45	43	0.32	5	0.62	39	0.43	64	0.42	21
Физико-географические регионы России										
Европейская часть РФ	0.54	40	0.57	10	0.49	25	0.56	38	0.52	23
Азиатская часть РФ	0.41	38	0.22	3	0.67	37	0.38	60	0.39	16
Западная Сибирь	0.33	15	0.13	0	0.74	29	0.23	9	0.24	3
Средняя Сибирь	0.46	30	0.34	3	0.77	31	0.41	38	0.32	6
Прибайкалье и Забайкалье	0.34	24	0.15	1	0.56	22	0.49	44	0.15	2
Приамурье и Приморье	0.36	43	0.37	9	0.33	13	0.34	33	0.40	23
Восточная Сибирь	0.51	51	0.15	2	0.72	35	0.45	49	0.74	43
Федеральные округа РФ										
Северо-Западный	0.56	35	0.72	9	0.51	19	0.47	33	0.52	19
Центральный	0.60	41	0.68	11	0.51	21	0.70	37	0.52	22
Приволжский	0.51	32	0.44	5	0.51	20	0.52	21	0.56	20
Южный	0.56	40	0.50	10	0.49	21	0.76	47	0.48	19
Северно-Кавказский	0.42	38	0.39	13	0.35	20	0.56	40	0.38	13
Уральский	0.40	17	0.28	1	0.72	23	0.30	9	0.29	4
Сибирский	0.34	21	0.15	1	0.71	32	0.35	38	0.16	2
Дальневосточный	0.48	54	0.27	7	0.62	34	0.42	56	0.60	40

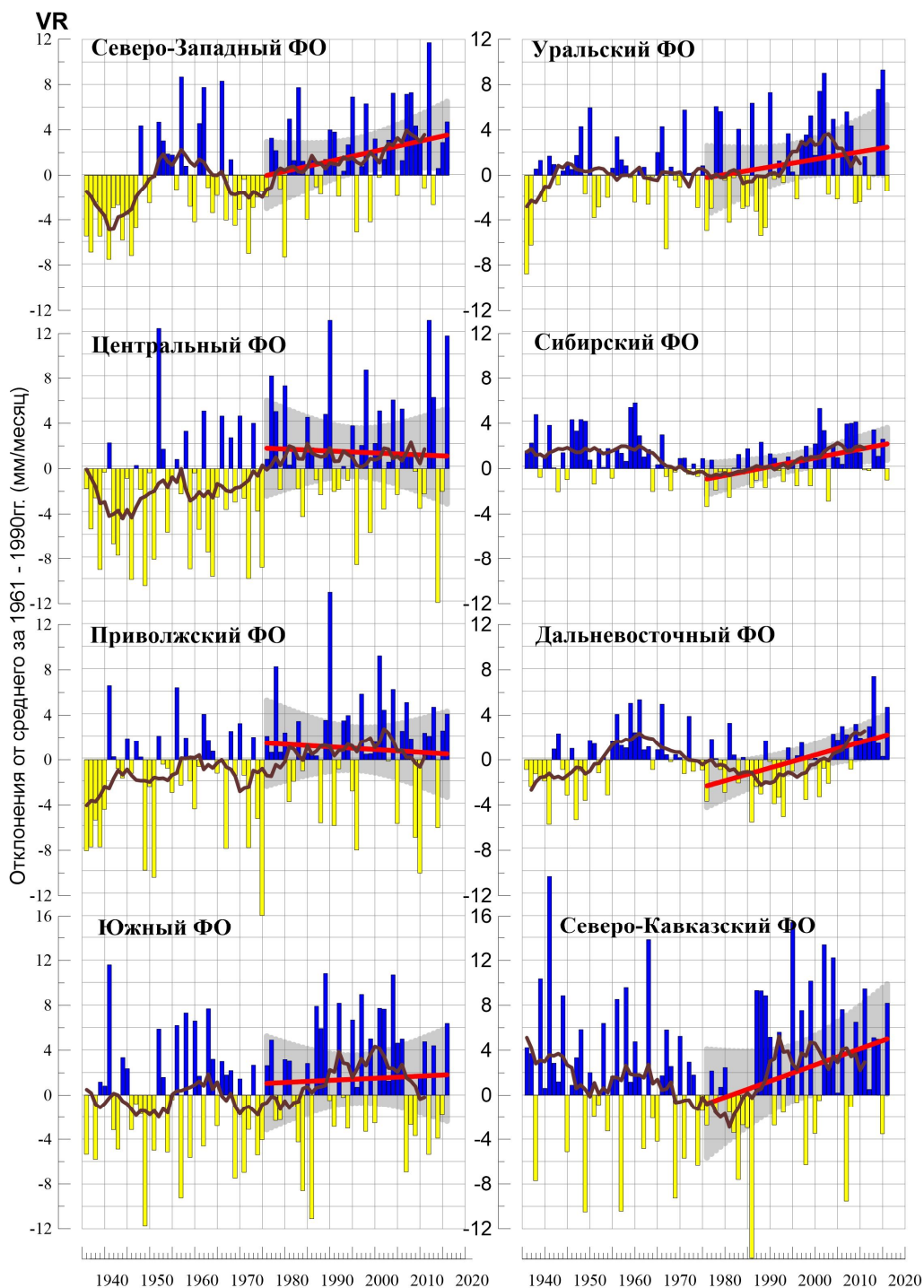


Рисунок 4.5. - Годовые аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц) для федеральных округов РФ за 1936-2016 гг. Условные обозначения на рис.4.1

Таблица 4.2

Оценки линейного тренда осредненных за год (декабрь-ноябрь) и по сезонам регионально осредненных месячных сумм атмосферных осадков для регионов России за 1976-2016 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	2.0	29	2.3	9	5.9	32	0.8	3	1.3	4
Физико-географические регионы России										
Европейская часть России	0.7	2	2.5	6	4.7	15	-2.3	5	0.2	0
Азиатская часть России	2.6	41	2.2	6	6.4	35	1.7	13	1.9	9
Западная Сибирь	2.6	12	1.9	2	7.8	28	1.6	2	1.0	1
Средняя Сибирь	3.2	24	1.4	1	5.4	26	4.2	17	1.5	2
Прибайкалье и Забайкалье	1.3	3	4.5	11	6.3	7	0.0	0	2.2	3
Приамурье и Приморье	2.2	6	8.9	14	6.5	11	0.9	1	-0.2	0
Восточная Сибирь	3.4	18	0.0	0	6.5	23	1.8	3	4.8	17
Федеральные округа РФ										
Северо-Западный	1.8	7	4.9	12	3.6	8	1.0	1	-0.3	0
Центральный	-0.3	0	2.4	2	4.1	5	-4.5	7	-0.1	0
Приволжский	-0.6	0	1.1	0	5.5	8	-4.8	8	-0.8	0
Южный	0.3	0	-0.3	0	5.2	8	-4.1	4	1.7	0
Северо-Кавказский	2.6	7	3.0	3	5.0	8	-1.2	0	3.7	4
Уральский	2.2	7	1.7	1	7.9	22	0.5	0	1.0	1
Сибирский	2.2	20	2.4	4	5.5	18	1.8	7	1.2	2
Дальневосточный	3.1	24	2.0	3	6.7	33	2.0	4	2.7	12

5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2016 гг.

В разделе приведены временные ряды индексов экстремальности и аномальности для года в целом по территории России за период 1936 -2016 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.

Температура. До 1980-х гг. (рис. 5.1) преобладали отрицательные аномалии температуры, а с начала 1990-х – положительные. В 2016 г. доля площади под крупными положительными аномалиями температуры составила 82% (максимальное значение: 97% площади зафиксировано в 2015 году). Тренд площади под крупными положительными аномалиями с 1976 г. составил 7.2% /10 лет, объясняет 40% дисперсии.

На рис.5.2 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).

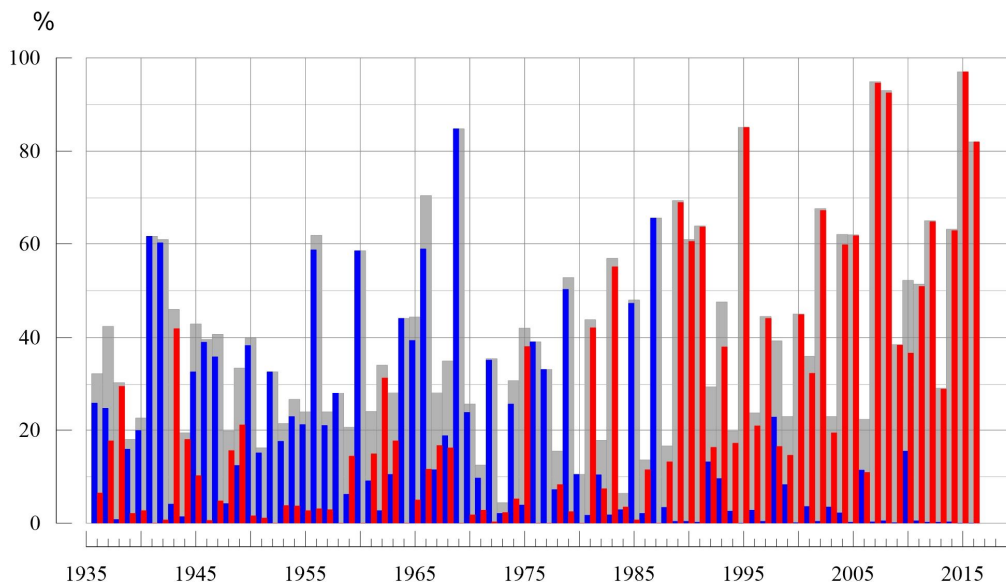


Рисунок 5.1 - Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями температуры, 1936-2016 гг. (год: декабрь 2015 – ноябрь 2016):

— ниже 20-го перцентиля, — выше 80-го перцентиля, — суммарная площадь с крупными аномалиями обоих знаков.

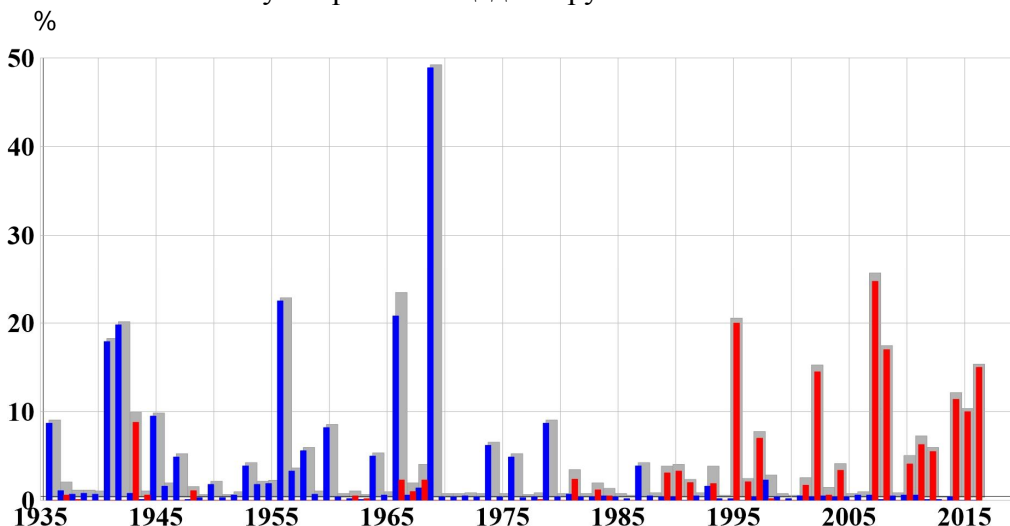


Рисунок 5.2 - Доля площади с экстремальными (годовая нормированная аномалия меньше -2 : синие столбики, больше $+2$: красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры для года в целом для России, 1936-2016 гг. Базовый период для расчета статистик: 1961-1990 гг.

С конца 1980-х гг. наблюдается значительный рост доли площади с положительными экстремумами; за последнее 30-летие не наблюдалось случаев, когда доля площади под отрицательными экстремумами превышала 5%. В 2016 году доля площади, занятая крупными положительными экстремумами составила 15%, тренд за период 1976-2016 составляет 2.4% (доля объясненной трендом дисперсии ряда 22%). Самые «экстремальные года»: 1969 год – 48.9% площади было занято отрицательными экстремумами, 2007 год – 24.7% площади было занято положительными экстремумами.

Анализ изменений индекса аномальности Багрова для температуры (рис. 5.3) показывает, что с 1976 г. аномальность температурного режима возрастает – тренд

объясняет 40% общей дисперсии ряда. Значение КА в 2016 году (2.05) – 2-е в ряду. Максимальное значения КА принимал в 2007 г. – 2.18.

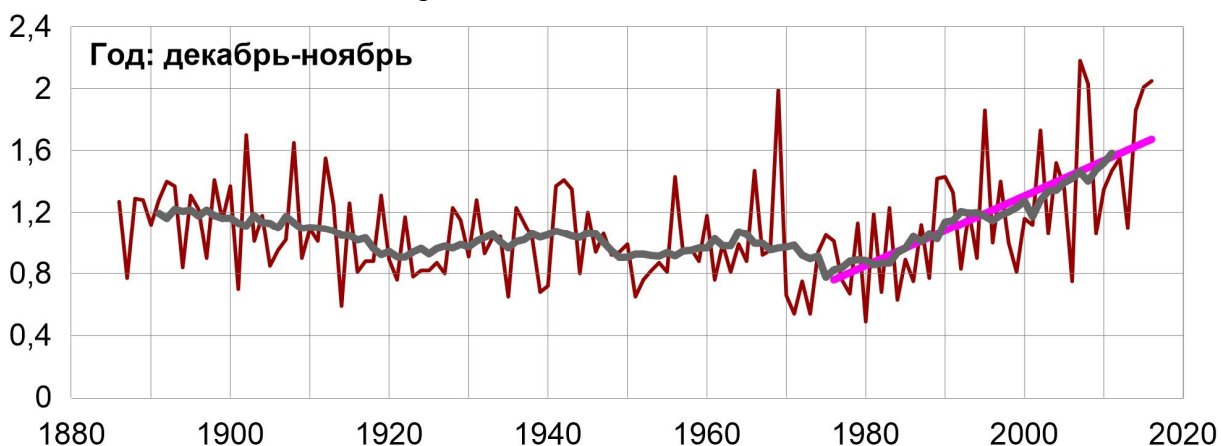


Рисунок 5.3 - Индекс аномальности Багрова (КА) для года в целом для России для температуры, 1886-2016 гг. Показана 11-летняя скользящая средняя и тренд за период 1976-2016 гг.

Осадки. В 2016 г. доля площади с дефицитом осадков составила 15%, для площади с избытком осадков – 30% (рис. 5.4).

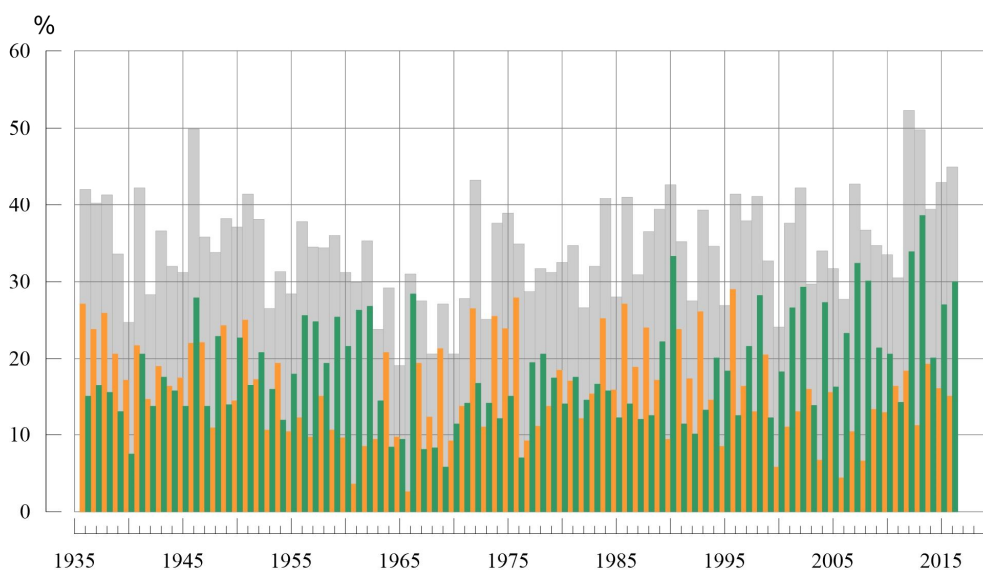


Рисунок 5.4 - Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями осадков, 1936-2016 гг. (год: декабрь 2015 – ноябрь 2016):
■ ниже 20-го перцентиля, ■ выше 80-го перцентиля,
■ суммарная площадь с крупными аномалиями обоих знаков.

С начала 1990-х гг. наблюдается рост доли площади под аномалиями среднегодовых осадков выше 80 перцентиля (тренд за период 1976-2016 составляет +3.6%/10 лет, доля объясненной трендом дисперсии ряда 32%). Однако, после 2005 г. наблюдается рост площади с дефицитом осадков (осадков ниже 20 перцентиля).

ВЫВОДЫ

1. В целом для Земного шара и для Северного полушария средние годовые аномалии составили: 0.81°C и $+1.48^{\circ}\text{C}$ - исторические максимумы в рядах наблюдений с 1850 года (перекрыты рекорды прошлого 2015 года: $+0.72^{\circ}\text{C}$ для ЗШ и $+1.26^{\circ}\text{C}$ для СП).

2. В целом для РФ 2016 год был очень теплым (осредненная аномалия составила $+2.02^{\circ}\text{C}$ – вторая положительная величина в ряду с 1936 г.), почти таким, как 2015 год ($+1.99^{\circ}\text{C}$), значение соответствует самому большому значению, ожидаемому при потеплении: отклонение от линейного тренда около $+0.41^{\circ}\text{C}$. Тепло всюду, на 46% станций РФ (по которым поступили данные) отмечались 95%-е экстремумы (это станции ЕЧР и севера и центра АЧР).

3. *Экстремально теплой была зима 2015/16 гг.* (осредненная по РФ аномалия 3.51°C) – вторая в ряду после предыдущей зимы 2014/15 гг. зимы (аномалия 3.56°C). Очень теплыми были декабрь 2015 г. (4.09°C – ранг 2) и февраль ($+5.18^{\circ}\text{C}$ – ранг 3). *Экстремально теплыми* были также: *весна* (2.84°C – ранг 3, за счет рекордно теплого апреля и очень теплого марта) и *лето* (1.78°C – ранг 1, за счет рекордно теплого августа и очень теплых двух других месяцев).

Осенью тепло на севере страны (севернее 60° - 63° с.ш.), осредненная по Восточной Сибири аномалия 2.89°C – ранг 4; холодно южнее 60° - 63° с.ш, особенно на юге АЧР (осредненная по Приамурью и Приморью аномалия -1.21°C – здесь осень 2016 г. среди четырех самых холодных осенних сезонов).

4. В 2016 г. доля площади под крупными положительными аномалиями температуры (выше 80 перцентиля) составила 82% - второе значение в ряду (после 2015 года (97%)); доля площади, занятая положительными экстремумами (больше двух стандартных отклонений) составила 15% (больше, чем в 2015 году: 13.2%). Аномальность температурного режима в 2016 г. (величина индекса аномальности Багрова): $КА = 2.05$ – второе из наибольших величин в ряду (также больше, чем в 2015 г.: 2.01).

5. В целом по РФ за 2016 год в целом количество выпавших осадков составило 107% нормы. *Экстремально снежной была зима* (в целом по РФ выпало 121% - ранг 2), особенно в ЕЧР (138% нормы – максимум в ряду с 1936г) и в Средней Сибири (125% - ранг 3). *Весной экстремальные осадки* наблюдались *в АЧР* (116% - ранг 5), особенно в Дальневосточном ФО (160% - ранг 4); а также *в центре и юге ЕЧР* (в Центральном ФО – выпало 143% - ранг 3). *Сильный дефицит осадков* наблюдался *осенью в АЧР* (88% - четвертый среди самых сухих осенних сезонов), особенно в Средней Сибири (66% нормы – исторический минимум).

Отдельно отметим *Сибирский ФО*: здесь *сильный дефицит осадков* отмечался в январе (53% - исторический минимум), в сентябре (66% - среди трех самых сухих сентябрей), в октябре (77% - среди пяти самых сухих октябрей).

6. В 2016 г. доля площади с дефицитом осадков (ниже 20-го перцентиля) составила 15% , для площади с избытком осадков (выше 80-го перцентиля) – 30%.

7. Дефицит осадков и крупные температурные аномалии способствовали образованию засух с июня по август (преимущественно средней интенсивности): в ряде

областей Южного ФО и Приволжского ФО; в июне и июле (преимущественно сильной интенсивности): в Бурятии и в Тыве; в августе (средней интенсивности): во многих областях Уральского ФО.

8. Тенденции изменения температуры сохраняются; в целом для России наблюдается положительный тренд среднегодовой и средних сезонных температур, значимые во все сезоны, кроме зимы, и в ряде регионов АЧР осенью. Рост среднегодовой температуры (линейный тренд) за 1976-2016 гг. составил в целом по России $0.45^{\circ}\text{C}/10$ лет (вклад в общую изменчивость 43%). Наиболее быстрый рост наблюдается весной ($0.62^{\circ}\text{C}/10$ лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд больше всего выделяется летом (64% суммарной дисперсии).

Географически наиболее интенсивное потепление наблюдается весной, особенно, в Западной Сибири и на Чукотке, (до $+1.2^{\circ}\text{C} / 10$ лет), а также осенью, особенно, в Восточной Сибири ($+1.3^{\circ}\text{C}/10$ лет). Зимой и летом наибольшая скорость потепления прослеживается на ЕЧР (около $+0.9^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Тенденция к похолоданию (до $-0.4^{\circ}\text{C}/10$ лет) по-прежнему отмечается зимой на северо-востоке России, а также на юго-востоке Западной Сибири, на юге Средней Сибири.

9. В целом за год по территории РФ наблюдается рост осадков: тренд годовых сумм осадков за 1976-2016 гг. в среднем по России составляет $2.0\% / 10$ лет и описывает 29% межгодовой изменчивости. Географическое распределение значений тренда за период 1976 – 2016 г. подтверждает основной вывод о наличии тенденции к увеличению годовых сумм осадков (кроме центра ЕЧР, Забайкалья, Приамурья и Чукотки).

Рост осадков за период с 1976 г. наблюдается во все сезоны и наиболее выражен весной, когда тренд $5.9\% / 10$ лет объясняет 32% суммарной изменчивости (дисперсии) осадков в этот период. Зимний, летний и осенний тренды в целом по России незначимы.

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

2016 год (декабрь 2015-ноябрь 2016)



ВВЕДЕНИЕ

В настоящем Приложении* приводится информация о состоянии приземного климата (температура приземного воздуха и атмосферные осадки) в 2015 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 погодных-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 непревышения» текущего значения во временном ряду рассматриваемой переменной за некоторый период с 1936 по 2016 гг. (доля значений временного ряда, меньших либо равных текущему значению).

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

«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 2016 г.

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 2016г.

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>Зима2015/2016</i>	4,10	3,91	3,87	3,91	4,33	3,73	3,69
Декабрь 2015	6,10	5,42	5,08	5,30	5,18	4,63	5,20
Январь	-0,93	-0,48	-0,22	0,15	1,03	0,05	-0,38
Февраль	7,14	6,79	6,74	6,29	6,78	6,52	6,26
Весна	2.55	2.55	2.21	2.22	2.54	2.19	2.34
Март	2.86	2.88	2.71	2.80	3.34	3.16	3.29
Апрель	2.55	2.31	2.69	1.96	2.34	2.86	2.61
Май	2.23	2.47	1.24	1.91	1.94	0.54	1.11
Лето	2,47	2,38	1,69	1,96	2,86	2,32	2,37

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

Июнь	2,45	2,64	1,60	2,35	3,27	2,06	2,06
Июль	2,45	2,19	1,98	1,98	2,79	2,94	2,77
Август	2,52	2,30	1,50	1,54	2,51	1,95	2,28
Осень	-0.3	-0.1	-0.7	0.3	0.5	-0.2	-0.3
Сентябрь	1.73	2.17	0.85	2.22	2.64	1.46	1.44
Октябрь	-1.31	-1.38	-1.40	-1.04	-0.85	-1.34	-1.37
Ноябрь	-1.34	-0.96	-1.48	-0.30	-0.43	-0.82	-0.85
Год: декабрь2015- ноябрь2016	2.20	2.20	1.77	2.10	2.55	2.00	2.04

а) Сумма осадков за месяц /сезон / год (мм/месяц)

б) Аномалия сумм осадков за месяц /сезон / год (мм/месяц)

68,9 62,7 56,3 57,0 56,3 58,9 52,5

Таблица 2.

Количество осадков, выпавших на станциях Беларуси в 2016 году

	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Могилев</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Васил евичи</i>	<i>Гомель</i>
	26666	26850	26863	33008	33019	33038	33041
а) Сумма осадков за месяц /сезон / год (мм/месяц)							
Зима2015/2016	59.7	48.0	43.7	46.0	54.7	59.7	37.3
Декабрь 2015	43	41	31	37	47	54	34
Январь	87	52	60	42	60	50	33
Февраль	49	51	40	59	57	75	45
Весна	58.7	48.3	49.0	52.0	50.0	56.7	59.0
Март	51	34	61	64	43	42	36
Апрель	57	56	35	46	63	38	53
Май	68	55	51	46	44	90	88
Лето	76.00	79.00	80.33	76.67	46.00	49.00	58.33
Июнь	33	54	31	70	25	15	46
Июль	150	136	171	121	89	94	55
Август	45	47	39	39	24	38	74
Осень	81.0	75.3	52.0	53.3	74.3	70.3	55.3
Сентябрь	58	36	22	14	21	13	18
Октябрь	113	134	74	96	142	146	105
Ноябрь	72	56	60	50	60	52	43
Год: декабрь2015- ноябрь2016	68.9	62.7	56.3	57.0	56.3	58.9	52.5
б) Аномалия сумм осадков за месяц /сезон / год (мм/месяц)							
Зима2015/2016	20.5	5.8	8.0	8.2	20.8	20.6	1.9
Декабрь 2015	-8.5	-11.6	-12.9	-6.9	6.9	7.6	-9.5
Январь	49.3	12.0	24.6	5.0	26.1	11.3	-2.8
Февраль	19.5	16.9	12.4	26.5	29.3	42.9	17.9
Весна	16.3	-0.2	5.6	9.2	9.6	12.6	19.8
Март	12.0	-7.8	26.4	33.4	13.4	8.3	3.6
Апрель	18.2	13.8	-5.3	6.7	25.7	-7.2	15.8
Май	18.8	-6.6	-4.2	-12.5	-10.3	36.7	40.0
Лето	-5.67	-2.07	3.87	0.70	-26.53	-31.57	-16.90
Июнь	-45.4	-28.7	-49.6	-1.5	-54.2	-64.4	-38.4
Июль	56.5	47.9	86.2	40.8	14.7	5.3	-27.1

Август	-28.1	-25.4	-25.0	-37.2	-40.1	-35.6	14.8
Осень	25.1	22.5	3.0	9.1	27.1	24.1	10.4
Сентябрь	-6.8	-24.2	-32.2	-37.2	-31.8	-36.7	-29.9
Октябрь	64.9	87.1	29.3	61.2	95.4	105.6	62.1
Ноябрь	17.1	4.6	11.9	3.2	17.6	3.5	-0.9
Год: декабрь2015- ноябрь2016	14.1	6.5	5.1	6.8	7.7	6.4	3.8

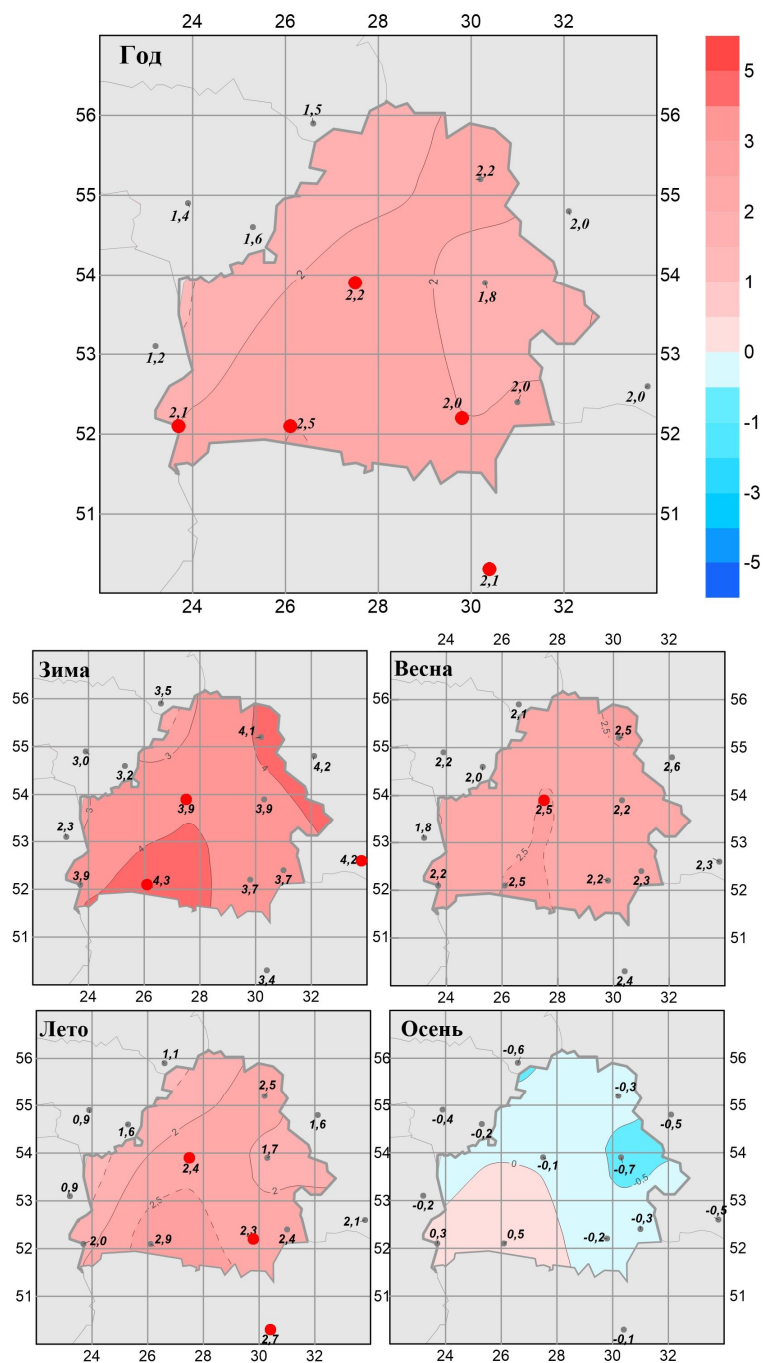


Рисунок 1 - Средняя годовая (декабрь 2015 – ноябрь 2016) и средние сезонные аномалии температуры приземного воздуха (°C) на территории Республики

аномалии от 1.8°C (в Могилеве) до 2.5°C (в Пинске). Теплыми были зима (+3.68°C – ранг 9), весна (+2.31°C – ранг 7), лето (+2.05°C – ранг 10). Осенью на большей части страны было холодно, лишь на юго-западе температуры были выше климатической нормы.

В таблице 4 показаны годовые и сезонные аномалии месячных сумм осадков. В 2016 году в среднем по территории Беларуси аномалия осадков составила 8.6 мм/месяц – 8-ая величина. Экстремальным сезоном была осень (аномалия 72.8мм/месяц – вторая величина с 1936 г). Избыток осадков преобладал во все сезоны, кроме лета.

Таблица 3.

Средние сезонные аномалии температуры, осредненные по территории Беларуси в 2016 году.

νT (°C)- отклонения от средних за 1961-1990 гг.; R – ранг текущих значений в ряду убывающих осадков за 1936-2016гг.

Сезоны	νT	s	R	Рекордный год и его аномалия (νt , °C)
Зима	3.68	2.71	9	1990 (+5.33°C)
Весна	2.31	1.58	7	2014(+3.41°C)
Лето	2.05	0.91	10	2010 (+4.08°C)
Осень	-0.2	0.92	50-51	1967 (+2.48°C)
Год	1.98	1.05	5	2015(+2,36°C)

На рисунке 3 приведены временные ряды пространственно осредненных аномалий средней месячной температуры приземного воздуха (°C) и месячных сумм осадков (мм/месяц) за 1936 – 2015 гг. Показаны линейные тренды за 1976-2016 гг., рассчитанные методом наименьших квадратов.

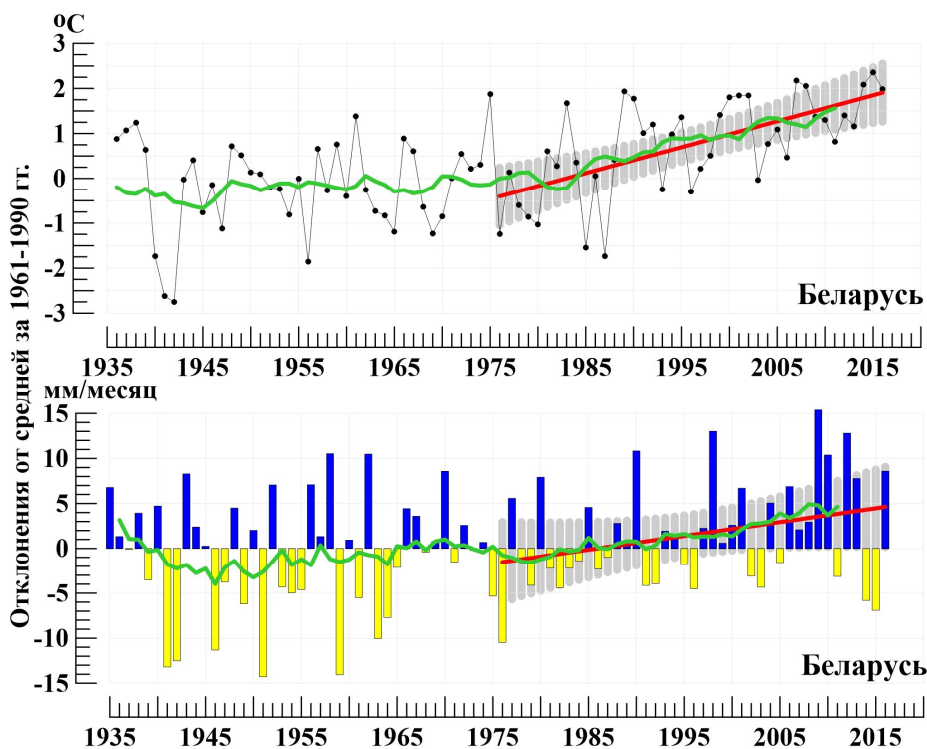


Рисунок 3 - Годовые аномалии температуры приземного воздуха (°C) и

месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории республики Беларусь.

Показаны 11-летняя скользящая средняя и линейный тренд за период 1976 – 2016 гг. и 95% -я доверительная область для линии тренда.

Таблица 4.

Средние сезонные аномалии месячных сумм осадков, осредненные по территории Беларуси в 2016 году.

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

R – ранг текущих значений в ряду убывающих осадков за 1936-2016гг.

Сезоны	νR	s	R
Зима	11.1	8.1	24
Весна	11.9	10.6	13
Лето	-5.4	15.9	42-43
Осень	72.8	12.7	2
Год	8.6	5.4	8

Таблица 5.

Оценки линейного тренда регионально осредненной температуры и осадков для республики Беларусь за 1976-2016гг.

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

Сезоны	Температура		Осадки	
	$b_{1976-2016}$ °C/10 лет	$D_{1976-2016}$ %	$b_{1976-2016}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2016}$ %
Зима	0.60	9	5.7	11
Весна	0.55	24	2.9	13
Лето	0.74	50	-0.2	1
Осень	0.41	19	1.1	1
Год	0.58	41	1.5	9

Коэффициент линейного тренда изменений температуры воздуха за период 1976 – 2016 гг. составил +0.58°C за 10 лет, доля объясненной трендом дисперсии ряда 41%. Рост температуры происходит во все сезоны года. Наибольшая скорость потепления на территории республики Беларусь – летом (0.74°C за 10 лет).

Коэффициент линейного тренда осадков за период 1976 - 2016 гг. составил 1.5%/10 лет, вклад тренда в суммарную дисперсию ряда составил 9%.

ВЫВОДЫ

1. В среднем по Беларуси годовая аномалия температуры воздуха составила +1.98°C – пятая величина с 1936 г. На четырех станциях (станции юга и центра) среднегодовая температура была выше 95-го перцентиля, аномалии выше 1.8°C. Тепло было во все сезоны; зима, весна, лето – среди десяти самых теплых. Осенью на большей части страны холодно.

2. В среднем по Беларуси сезонная аномалия осадков составила 8.6 мм/месяц – 8-ая величина в ряду. Экстремальным сезоном была осень: аномалия 72.8 мм/месяц – вторая величина в ряду.

3. В среднем по территории Беларуси отмечается тенденция к потеплению, как в среднем за год, так и в отдельные сезоны. Больше всего тенденция к потеплению прослеживается летом (процент объясненной трендом дисперсии ряда 50%)

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