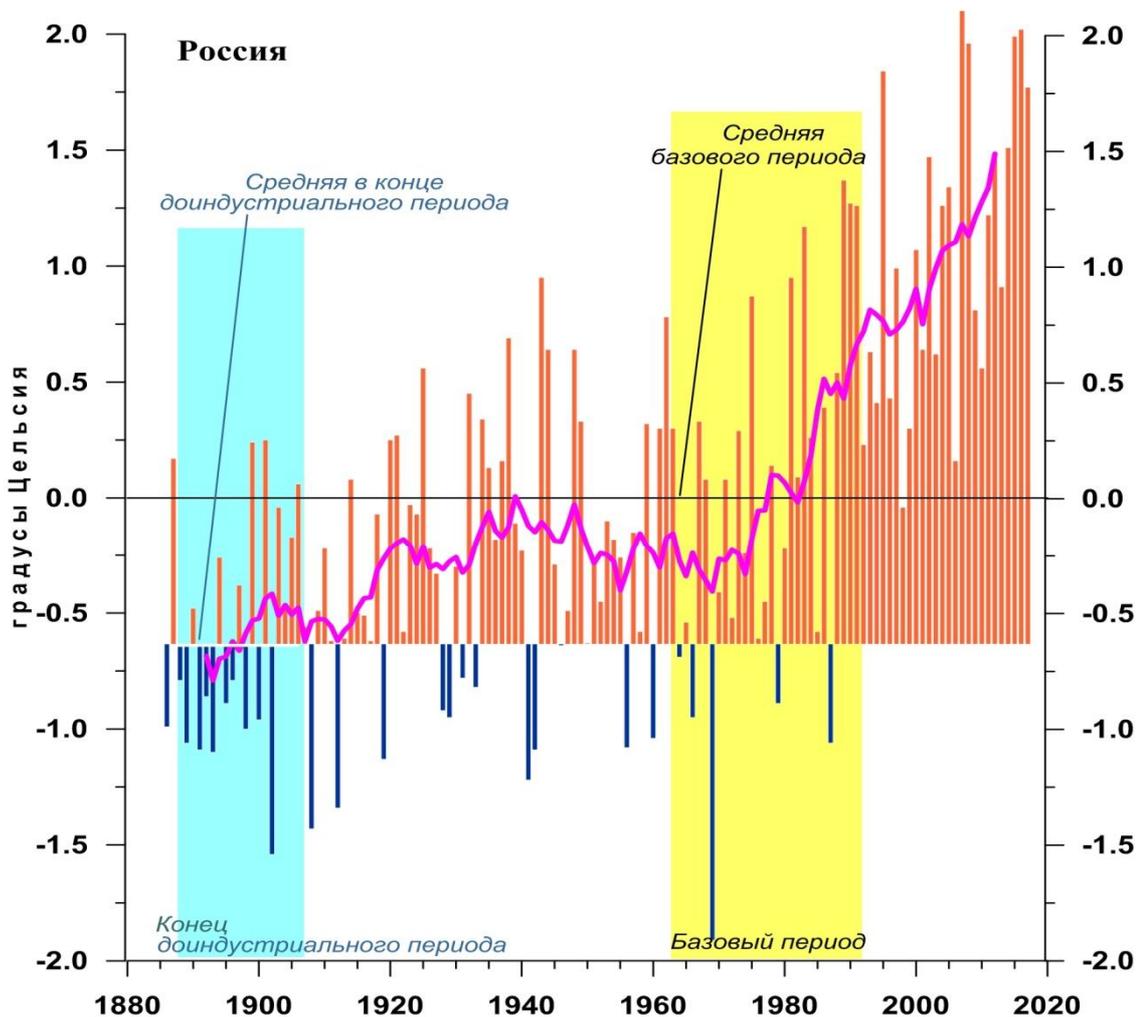


ФГБУ «Институт Глобального климата и экологии»



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2017 ГОД (ДЕКАБРЬ 2016 – НОЯБРЬ 2017)

Обзор состояния и тенденций изменения
климата России



Москва 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ¹

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ СРЕДНЕГОДОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ШАРА, СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ.....	6
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ 2017 ГОДА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	8
3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	18
4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ В РЕГИОНАХ РОССИИ, 1936-2017 гг.....	23
5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2017 гг.	28
ВЫВОДЫ.....	31
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности 2017 г. на территории Республики Беларусь.....	34

¹ На обложке приведен ход средней годовой аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2017 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 315 станций России). В настоящем выпуске использованы данные 250 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. В качестве дополнительных характеристик аномалий используются показатели, основанные на функции распределения (вероятности неперевышения, процентиля; при этом, вероятность неперевышения 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) и порядковые статистики (ранги, т.е. порядковые номера в упорядоченном ряду значений).

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.



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 станционных аномалий. Затем выполняется взвешенное осреднение ячейчных средних с весами, пропорциональными площади пересечения ячейки с территорией региона.

Аналогично, для каждого региона по данным о станционных 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 Интернет-сайтах <http://climatechange.igce.ru>, <http://climatechange.su> (ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»).

* 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.

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 (следует иметь в виду, что в отличие от ежегодного Доклада об особенностях климата на территории РФ, где среднегодовые величины приводятся за календарный год: январь-декабрь, в бюллетене они рассчитываются как среднее за 4 сезона, т.е. в данном случае за декабрь 2016 – ноябрь 2017 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 crutem4nh.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» (1383 станции Земного шара).

С 1970-х гг. наблюдается монотонный рост глобальной температуры. Линейный тренд среднегодовой температуры за период 1976-2017 гг. (табл. 1.1.) составил для Земного шара $+0.18^{\circ}\text{C}/10$ лет; объясненная трендом доля дисперсии ряда за этот период - 84%. Потепление Северного полушария почти вдвое быстрее: $+0.34^{\circ}\text{C}/10$ лет (84%), а для территории России оно составляет $+0.45^{\circ}\text{C}/10$ лет.

Средние годовые аномалии температуры составили $+0.680^{\circ}\text{C}$ для Земного шара в целом и $+1.291^{\circ}\text{C}$ для Северного полушария: третьи величины в соответствующих рядах наблюдений с 1850 года (рекордные значения аномалий зафиксированы в 2016 г.: $+0.831^{\circ}\text{C}$ (ЗШ) и $+1.610^{\circ}\text{C}$ (СП); 2015 год был вторым ($+0.734^{\circ}\text{C}$ и $+1.294^{\circ}\text{C}$)). Для России в целом среднегодовая аномалия температуры составила $+1.77^{\circ}\text{C}$ – шестая величина в ранжированном по убыванию ряду наблюдений; пять из шести максимальных значений наблюдались после 2006 г.

Таблица 1.1

Годовые (декабрь 2016-ноябрь 2017 года) аномалии и оценки линейного тренда пространственно осредненной приповерхностной температуры Земного шара и температуры приземного воздуха СП и России за период 1976-2017г.

Регионы	νT_{2017}	$b, ^{\circ}\text{C}/10$ лет	D %
Земной шар	0.68	0.18	84
СП	1.29	0.34	84
Россия	1.77	0.45	46

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

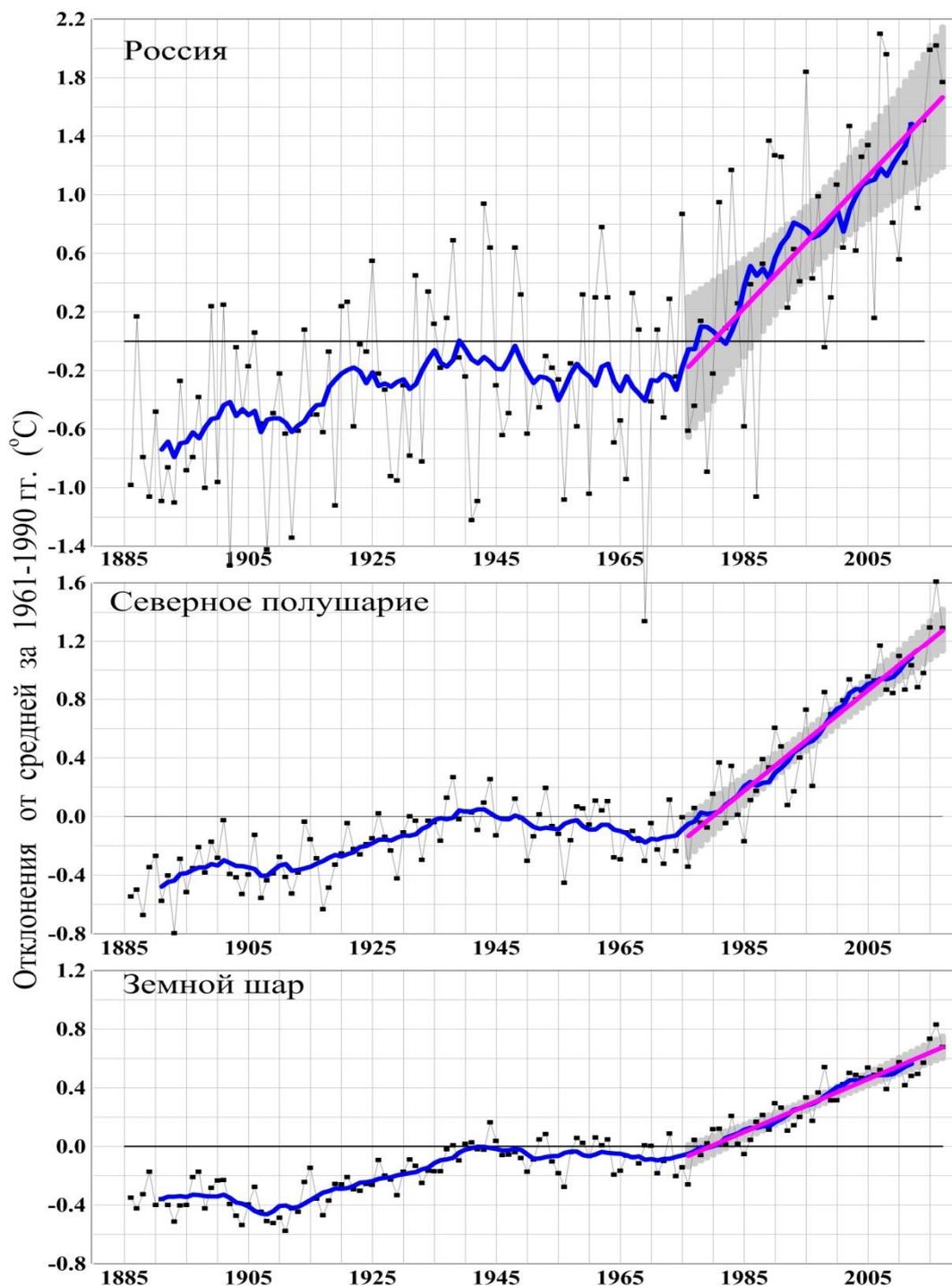


Рисунок 1.1 – Годовая аномалия (декабрь–ноябрь) приповерхностной температуры Земного шара, Северного полушария (суша) и России за 1886-2017 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от средней за базовый период 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Используются 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 2017 ГОДА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

На рис. 2.1 и 2.3 представлены карты годовых и сезонных аномалий температуры и осадков в 2017 г. на территории России, а на рис. 2.2 и 2.4 - карты месячных аномалий. На всех картах показаны станционные экстремумы ниже 5-го процентиля и выше 95-го процентиля.

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 неперевышения 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 2017 году:

νT - отклонения от средних за 1961-1990 гг.; $P(t \leq T_{2017})$ - вероятности неперевышения (в скобках в столбце νT) – рассчитаны по данным за 1936-2016 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, °C								
Россия	1.77 (94)	0.76	2.05 (84)	1.81	2.82 (96)	1.19	1.11 (88)	0.33	1.12(79)	0.90
Физико-географические регионы России										
Европейская часть РФ	0.93 (72)	0.97	1.14 (58)	2.30	0.65 (68)	1.44	0.46 (53)	1.00	1.49 (84)	1.04
Азиатская часть РФ	2.11 (99)	0.78	2.42 (86)	1.89	3.69 (100)	1.25	1.37 (94)	0.35	0.97 (74)	1.10
Западная Сибирь	1.40 (83)	1.08	0.62 (59)	2.91	2.70 (88)	1.62	1.12 (86)	0.80	1.13 (74)	1.54
Средняя Сибирь	2.41 (99)	1.10	3.00 (85)	2.74	4.38 (96)	1.66	1.63 (95)	0.65	0.59 (62)	1.80
Прибайкалье и Забайкалье	2.18 (98)	0.73	3.12 (95)	1.90	3.40 (100)	1.39	1.96 (96)	0.57	0.26 (57)	1.23
Приамурье и Приморье	1.74 (99)	0.73	3.49 (98)	1.67	2.46 (96)	1.15	1.06 (80)	0.75	-0.05 (37)	0.89
Восточная Сибирь	2.75 (100)	0.62	2.68 (93)	1.39	4.86 (100)	1.22	1.14 (88)	0.56	2.31 (88)	0.94
Федеральные Округа РФ										
Северо-Западный	1.20 (74)	1.14	2.36 (65)	2.88	0.59 (59)	1.54	0.20 (48)	1.17	1.66 (83)	1.24
Центральный	1.03 (68)	1.10	1.69 (64)	2.69	1.04 (73)	1.69	0.23 (43)	1.22	1.14 (80)	1.13
Приволжский	0.67 (63)	1.05	0.51 (53)	2.54	0.36 (59)	1.69	0.17 (46)	1.19	1.61 (82)	1.25
Южный	0.99 (72)	0.96	-0.02 (49)	2.08	1.03 (78)	1.47	1.61 (82)	1.04	1.43 (84)	1.05
Северо-Кавказский	0.70 (72)	0.73	-0.94 (25)	1.59	0.75 (74)	0.96	1.62 (90)	0.76	1.38 (84)	0.85
Уральский	1.19 (79)	1.18	-0.60 (38)	3.12	2.56 (86)	1.75	1.09 (80)	1.02	1.70 (82)	1.64
Сибирский	2.07 (96)	0.93	2.84 (85)	2.57	3.55 (98)	1.47	1.53 (95)	0.47	0.35 (58)	1.49
Дальневосточный	2.41 (100)	0.69	2.94 (100)	1.46	4.09 (100)	1.23	1.29 (91)	0.48	1.29 (74)	1.01

В таблице 2.2 приведены средние месячные аномалии температуры (°С) в для физико-географических регионов России и федеральных округов РФ в 2017 г.

Таблица 2.2

Средние месячные аномалии температуры, осредненные по территории регионов РФ в 2017 г. *Красным цветом выделены месяцы с положительными аномалиями температуры, синим – с отрицательными.*

Регионы	Аномалии температуры (°С)											
	дек 16	январь	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя
Российская Федерация	0.10	2.40	3.65	6.03	2.32	0.12	1.09	0.42	1.81	0.55	0.90	1.91
Физико-географические регионы России												
Европейская часть России	-0.97	2.05	2.31	4.14	-0.30	-1.89	-1.44	0.46	2.34	1.25	0.80	2.46
Азиатская часть России	0.53	2.54	4.18	6.79	3.36	0.93	2.11	0.40	1.59	0.27	0.94	1.69
Западная Сибирь	-2.29	1.17	2.99	5.53	2.28	0.30	2.33	-0.16	1.18	-1.12	1.22	3.29
Средняя Сибирь	0.09	3.96	4.94	8.78	3.98	0.39	3.37	0.13	1.36	-0.30	1.41	0.63
Прибайкалье и Забайкалье	2.23	2.03	5.09	4.62	3.74	1.83	3.19	1.29	1.38	0.24	0.19	0.30
Приамурье и Приморье	0.60	4.87	4.95	4.34	1.33	1.69	0.48	1.65	1.04	1.24	-0.63	-0.78
Восточная Сибирь	3.19	1.33	3.53	8.53	4.79	1.29	0.54	0.10	2.86	2.08	1.36	3.48
Федеральные Округа РФ												
Северо-Западный	0.89	3.20	2.96	4.90	-0.51	-2.63	-1.88	0.74	1.72	0.50	1.13	3.36
Центральный	0.57	1.71	2.84	5.06	-0.05	-1.88	-1.61	-0.08	2.39	1.76	0.31	1.34
Приволжский	-2.55	1.55	2.54	3.12	-0.19	-1.84	-1.73	-0.07	2.27	0.94	0.85	3.05
Южный	-2.82	1.67	1.09	4.19	-0.26	-0.83	-0.16	1.41	3.56	2.59	0.80	0.89
Северо-Кавказский	-3.38	0.74	-0.19	2.79	-0.28	-0.27	0.21	1.43	3.23	2.83	0.58	0.58
Уральский	-4.74	0.38	2.56	7.00	1.51	-0.83	1.81	0.23	1.23	-0.98	1.92	4.15
Сибирский	1.28	2.35	4.89	5.76	3.41	1.48	3.21	0.36	1.07	-0.61	0.84	0.83
Дальневосточный	1.43	3.36	4.02	7.52	3.85	0.93	1.20	0.47	2.16	1.43	0.71	1.74

2017 год в целом (рис.2.1) был очень теплым: средняя годовая температура воздуха, осредненная по территории РФ превысила норму 1961-1990 гг. на 1.77°С - шестая положительная аномалия с 1936 г. Положительные аномалии наблюдались на всей территории страны.

Особенно теплым был год в АЧР: аномалия 2.11°С – вторая величина в ряду. Осредненная по Дальневосточному ФО аномалия составила 2.41°С – исторический максимум: в Сибирском ФО аномалия 2.07°С (ранг 4). На юге СФО и в ДВФО повсеместно отмечались 95%-е экстремумы. Экстремально тепло в АЧР было весной (аномалия 3.69°С – максимальная величина в ряду), а в южных и центральных районах – еще и зимой (в регионе Приамурье и Приморье зимняя аномалия температуры: 3.49°С – ранг 3), и летом (в регионе Прибайкалье и Забайкалье летняя аномалия температуры: 1.96°С – ранг 4).

На Южном и Среднем Урале среднегодовые температуры были близки к климатической норме, такие температурные аномалии сложились, в основном, за счет холодной зимы.

Зимой 2016/17 гг. осредненная по территории РФ сезонная аномалия +2.05°С. Положительные аномалии температуры наблюдались от западных границ РФ до предгорья Урала (кроме части Южного ФО и всего Северо-Кавказского ФО), при этом экстремально тепло (аномалии более 3°С) в Карелии, в Мурманской области. Тепло также в АЧР восточнее 80° в.д. (кроме Северо-Сибирской низменности), здесь очень

тепло почти всюду: осредненные по регионам Прибайкалье и Забайкалье и Приамурье и Приморье сезонные аномалии температуры 3.12°C и 3.49°C – пятая и третья величины в соответствующих рядах; а по Дальневосточному ФО: 2.94°C – максимальная величина в ряду.

Температуры ниже нормы (аномалии до -2°C) наблюдались на Урале и большей части Западной Сибири (средняя по УФО зимняя аномалия составила -0.68°C), в Северо-Сибирской низменности; а также на юге ЕЧР (аномалия для СКФО: -0.94°C).

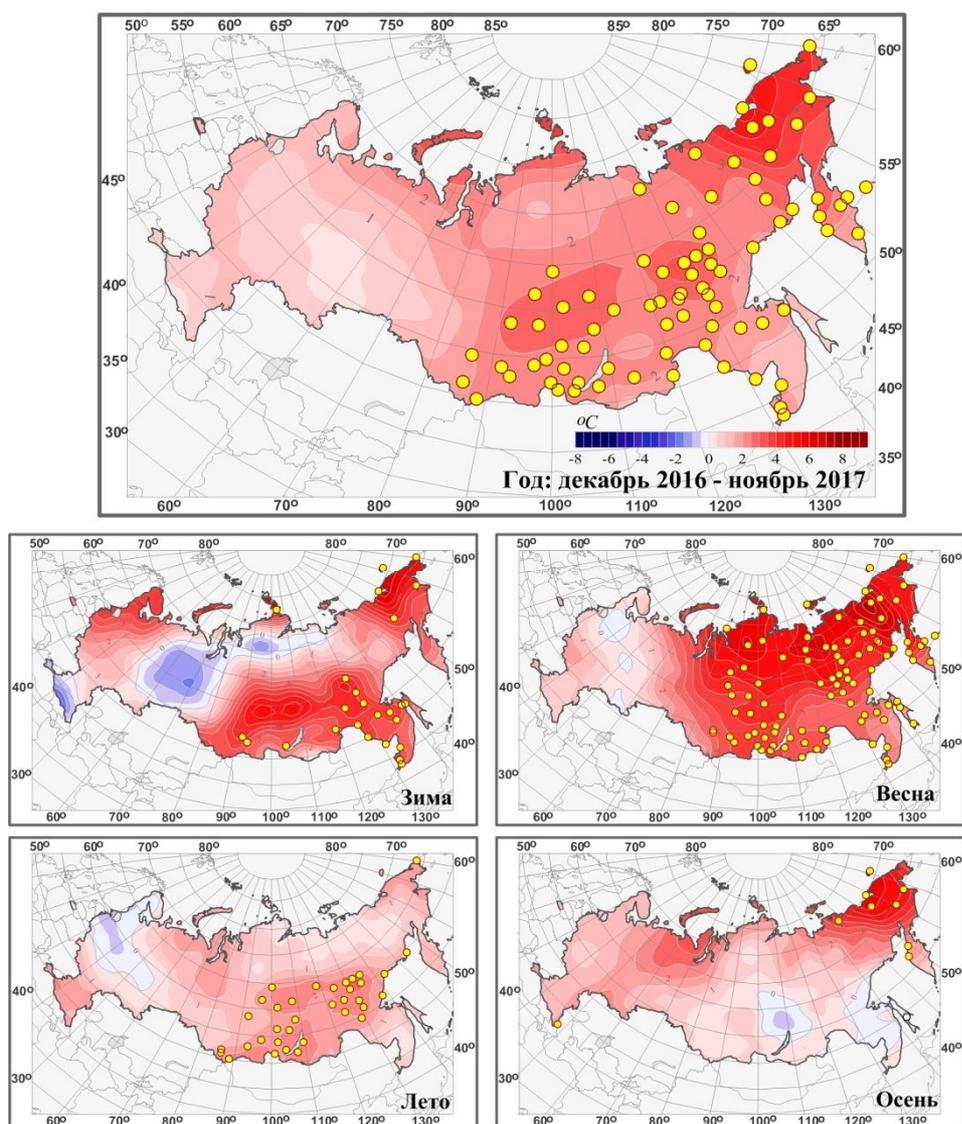


Рисунок 2.1 - Поля аномалий температуры приземного воздуха (°C) на территории России в 2017 г., в среднем за год и по сезонам. Кружками белого цвета показано местоположение станционных экстремумов ниже 5-го перцентиля, желтого – выше 95-го перцентиля. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за базовый период 1961-1990 гг.

Особенность **декабря 2016 г.** - экстремально холодно в огромной полосе от юго-запада (предгорье Кавказа) до нижнего течения Лены (аномалия на севере Красноярского края до -10.5°C); в тоже время, аномально тепло на Чукотке – на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы.

В *январе* на большей части страны было тепло, экстремально тепло на юге Сибирского ФО и Дальневосточного ФО (в Приамурье и Приморье январь (4.87°C) среди трех самых теплых), на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы. Холодно (аномалии до -6°C) в Магаданской и Камчатской областях; холодно (аномалии до -1.5°C) в Кировской области и, далее в центральных районах Западной Сибири, на юге ЕЧР.

Февраль – самый теплый месяц в сезоне. Температуры выше климатической нормы наблюдались всюду, кроме части Южного ФО и всего Северо-Кавказского ФО. Очень тепло (аномалии до 8°C) на большей части Сибирского ФО и Дальневосточного ФО, 95-е экстремумы фиксировались в бассейне Амура, в Приморье, в Магаданской области, на Камчатке.

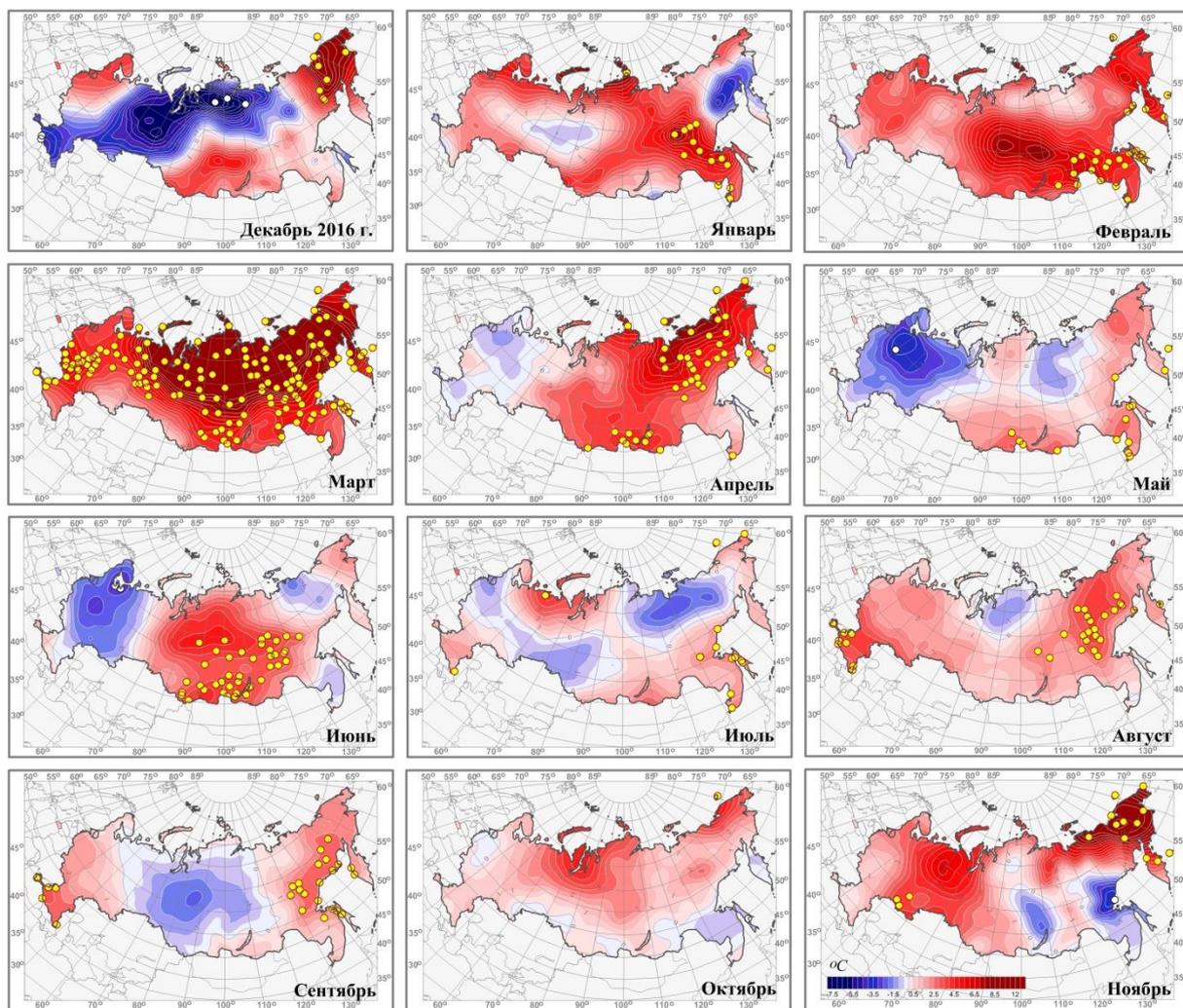


Рисунок 2.2 – Поля средних месячных аномалий температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России в 2017 г. Условные обозначения см. на рис.2.1

Весна в целом по России была 4-ой самой теплой (аномалия $+2.82^{\circ}\text{C}$). Экстремальные условия (повсеместно 95%-е экстремумы) наблюдались в АЧР восточнее Енисея. Осредненные аномалии по Дальневосточному ФО (4.09°C) и Сибирскому ФО (3.55°C) –максимальная и третья величины в соответствующих рядах. В ряде районов Северо-Западного ФО и Приволжского ФО весенние аномалии температуры были отрицательными (но не менее -0.5°C).

Март был экстремально теплым и самым выдающимся месяцем в году. Всюду аномалии температуры были выше 4°C ; максимальные аномалии отмечены на севере АЧР: до 13.6°C в Ямало-Ненецком АО. На большинстве станций отмечались 95%-е экстремумы. Осредненная по РФ аномалия

температуры: 6.03°C – максимальная величина в ряду. Осредненные аномалии температуры для всех регионов (кроме Прибайкалья и Забайкалья – ранг 6) попали в пятерку наивысших величин. Несколько прохладнее было только вдоль границы с Казахстаном.

В апреле очень тепло в АЧР (2.32°C - ранг 6), экстремально тепло в Восточной Сибири (4.79°C – максимальная величина в ряду). В ЕЧР (осредненная по ЕЧР аномалия: -0.30°C, апрель самый холодный за последние 8 лет), почти всюду температуры были ниже нормы, аномалии около -1°C.

Май был неоднороден по температурному режиму. Осредненная по РФ аномалия температуры 0.12°C. Холодно всюду на ЕЧР (осредненная по площади ЕЧР аномалия: -1.89°C, – май здесь среди девяти самых холодных в ряду) и далее, на западе Западной Сибири. Температуры ниже нормы наблюдались также на большей части Якутии (аномалии около -1°C). Тепло (аномалии до 2.0°C) на большей части Сибирского ФО и в восточных районах Дальневосточного ФО, на ряде станций юга АЧР отмечались 95%-е экстремумы.

Лето. Осредненная по РФ аномалия температуры 1.11°C – ранг 11. Положительные аномалии наблюдались всюду, кроме северо-запада и центра ЕЧР. Особенно тепло (аномалии около 2°C, на большинстве станций отмечались 95%-е экстремумы) на юге Сибирского ФО (аномалия 1.53°C – ранг 5) и в центре ДВФО. На северо-западе и в центре ЕЧР температуры ниже климатической нормы, минимальная температура зафиксирована в Костроме: аномалия -1°C.

Июнь – очень контрастный месяц. Осредненная по РФ июньская аномалия температуры: 1.09°C. Очень тепло на большей части АЧР (аномалия 2.11°C - ранг 4), особенно в Сибирском ФО (3.2°C - ранг 2) - 95%-е экстремумы фиксировались на многих станциях в центральных и южных районах. Осредненная по ЕЧР аномалия температуры: - 1.44°C – 8-я минимальная величина в ряду, всюду (кроме отдельных областей Южного ФО) температуры были ниже климатической нормы, аномалии до -3.5°C), особенно холодно было в Северо-Западном ФО (-1.88°C) и Приволжском ФО (-1.73°C) – июнь здесь среди восьми самых холодных в соответствующих рядах. Отрицательные аномалии температуры (до -2°C) наблюдались также в Приамурье и Приморье на востоке Якутии.

В июле осредненная по РФ аномалия температуры составила 0.42°C. Тепло (аномалии на станциях до 4°C) на севере ЕЧР и севере Западной Сибири; на юге ЕЧР, юге Сибирского ФО и Дальневосточного ФО (осредненная аномалия по региону Приамурье и Приморье: 1.65°C – ранг 5), на Чукотке и на Камчатке. Температуры ниже климатической нормы (аномалии до -1.6°C) наблюдались в вытянутой вдоль параллели ~57° с.ш. области, охватывающей центральные районы ЕЧР, Южный и Средний Урал, центр и юг Западной и Средней Сибири, север соседнего Казахстана. Еще одна крупная область отрицательных аномалий (до -2.6°C) наблюдалась на севере Дальневосточного ФО.

Август. Осредненная по РФ аномалия температуры 1.81°C – четвертая величина в ряду. Температуры выше климатической нормы наблюдались на большей части страны, кроме севера Сибирского ФО. Экстремально тепло (на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы) на юге ЕЧР (особенно в СКФО: аномалия 3.23°C – ранг 5) и в центральных районах ДВФО (2.16°C – ранг 2). Отрицательные аномалии (до -1.6°C) наблюдались лишь на севере Сибирского ФО.

Осень. Осредненная по РФ аномалия температуры 1.12°C. Положительные аномалии температуры наблюдались на большей части страны, экстремально тепло (аномалии выше 3°C, на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы) на северо-востоке РФ; очень тепло (аномалии выше 2°C) на Северном Урале и в дельте Оби. Отрицательные аномалии температуры (не ниже -0.5°C) наблюдались в верхнем течении Лены, в Приамурье и Приморье.

В сентябре - осредненная по РФ аномалия температуры 0.55°C. Тепло (на ряде станций 95%-е экстремумы) на большей части ЕЧР (кроме северо-востока) и в Дальневосточном ФО, особенно вдоль побережья Охотского моря. На северо-востоке ЕЧР и далее на восток до ≈120° в.д. (исключая южную часть Прибайкалья и Забайкалья) температуры были ниже нормы (аномалии до -2.30°C).

В **октябре** осредненная по РФ аномалия температуры 0.90°C. На большей части страны было тепло (кроме отдельных областей запада и юга страны, Приамурья и Сахалина), очень тепло (аномалии выше 3°C) на северо-востоке ЕЧР и, далее, на севере Западной и Средней Сибири, на Чукотке.

В **ноябре** - осредненная по РФ ноябрьская аномалия температуры 1.91°C. Экстремально тепло (повсеместно отмечались 95%-е экстремумы) на северо-востоке РФ. Очень тепло (аномалии выше 3°C) в восточных районах ЕЧР и в Западной Сибири.

На юго-востоке Сибирского ФО и юге Дальневосточного ФО холодно, в Хабаровском крае (аномалии до -4°C).

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 2016 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 2017 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 2017 г. приведены в табл.2.3 в мм/месяц и в процентах от нормы (также в таблице для каждого значения аномалии приведена вероятность непревышения относительно периода 1936-2014гг.). В таблице 2.4 приведены относительные аномалии месячных сумм осадков (в процентах от нормы) в 2017 г. в рассматриваемых регионах России.

В целом по РФ за год количество выпавших осадков составило 110% нормы. На многих станциях ЕЧР севернее 55°с.ш., Западной Сибири отмечались 95%-е экстремумы годовых сумм осадков. В целом по Средней Сибири выпало 115% годовой нормы осадков – третья величина в ряду. Экстремальное количество осадков в РФ выпало весной (119% - ранг 4), особенно в Средней Сибири: (137% - максимум в ряду), а также осенью – в западных и восточных районах РФ, и зимой: в районе истоков Оби и Енисея.

Значительный дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался на азиатском побережье Северного Ледовитого океана (за счет всех сезонов), в районе Байкала.

Зимой 2016/17 гг. осредненные осадки составили 110% нормы.

Экстремальное количество осадков выпало на юге Западной Сибири (на многих станциях фиксировались 95-е экстремумы). Избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался на севере и востоке ЕЧР, в Якутии.

Дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался на побережье моря Лаптевых, на Чукотке и на юге Сибирского ФО.

В **декабре** значительный избыток осадков (более 140% нормы) наблюдался на юге Западной и в центре Средней Сибири (на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы), в Восточной Сибири; а также на юге и северо-западе ЕЧР. Сильный дефицит осадков (20%-80%) наблюдался на Таймыре, в районе Байкала, на юге Дальневосточного ФО.

В *январе* значительный избыток осадков (более 140% нормы) наблюдался на большей части Якутии и в дельте Амура; на юге Западной Сибири. Достаточно сильный дефицит осадков (40%-80%) наблюдался на юге ЕЧР, в районе Байкала, на Чукотке.

В *феврале* осредненные по РФ осадки 126%. Избыток осадков (более 120%) наблюдался в Южном ФО, в центре и на востоке ЕЧР и далее, на большей части Западной Сибири, на большей части Дальневосточного ФО, в Забайкалье. Дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался на побережье Северного Ледовитого океана восточнее Таймыра, в верховье Амура.

Таблица 2.3

Средние годовые (декабрь - ноябрь.) и сезонные аномалии осадков для физико-географических регионов России и федеральных округов РФ в 2017 году:

νR (мм/месяц)- отклонения от средних за 1961-1990 гг; RR – отношение R_{2017} к норме, выраженное в %; $P(r \leq R_{2017})$ Вероятности неперевышения (в скобках в столбце νR)– рассчитаны по данным за 1936-2016 гг. и выражены в %, (выделены значения, попавшие в 5% максимальных).

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	νR (P)	RR	νR (P)	RR	νR (P)	RR	νR (P)	RR	νR (P)	RR
Россия	4.0 (98)	110	2.4 (83)	110	5.2 (96)	119	4.7 (85)	107	3.5 (84)	108
Физико-географические регионы России										
Европейская часть РФ	6.7 (98)	114	3.5 (72)	106	8.5 (91)	123	11.0 (91)	118	3.6 (64)	107
Азиатская часть РФ	2.9 (91)	108	1.9 (84)	96	3.9 (95)	116	2.2 (57)	103	3.4 (82)	109
Западная Сибирь	4.6 (92)	112	5.7 (89)	106	7.7 (93)	127	6.0 (69)	110	-1.3 (43)	97
Средняя Сибирь	4.6 (98)	115	1.6 (74)	95	7.8 (100)	137	2.7 (49)	105	6.3 (91)	119
Прибайкалье и Забайкалье	-2.0 (14)	94	-1.1 (22)	93	-0.1 (38)	100	-8.1 (14)	90	1.4 (52)	105
Приамурье и Приморье	-0.8 (49)	99	-0.7 (48)	123	-0.4 (48)	99	6.2 (67)	106	-8.1 (14)	86
Восточная Сибирь	4.1 (94)	112	1.6 (75)	107	-0.1 (56)	99	1.9 (62)	104	13.2 (98)	134
Федеральные Округа РФ										
Северо-Западный	11.5 (99)	124	7.0 (85)	120	7.8 (91)	123	23.7 (98)	136	7.2 (86)	113
Центральный	5.2 (88)	110	0.1 (51)	100	5.3 (67)	114	5.5 (67)	108	9.9 (79)	119
Приволжский	4.9 (90)	111	2.9 (68)	108	7.0 (76)	121	9.3 (80)	116	0.5 (54)	101
Южный	0.8 (51)	102	-0.9 (52)	98	13.7 (89)	136	-10.1 (17)	79	-1.2 (44)	97
Северо-Кавказский	2.8 (59)	105	1.4 (51)	103	17.6 (93)	132	-0.3 (54)	100	-7.3 (21)	87
Уральский	4.1 (80)	110	3.5 (75)	114	10.9 (94)	138	5.3 (69)	108	-3.4 (32)	92
Сибирский	2.4 (79)	107	3.0 (86)	117	3.5 (88)	115	1.2 (47)	102	1.8 (59)	105
Дальневосточный	3.0 (89)	108	0.7 (76)	104	2.0 (76)	108	2.6 (63)	104	6.7 (94)	117

Весной преобладал избыток осадков. В целом по РФ выпало 119% сезонной нормы осадков – ранг 4. Значительный избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался на большей части ЕЧР и в центральных районах АЧР; на многих станциях этих районов осадков выпало более 95-го перцентилия и/или более полутора норм. В АЧР осадки составили 116% нормы – ранг 5, в ЕЧР 123%.

Сильный дефицит осадков наблюдался на Чукотке (на многих станциях отмечались 5%-е экстремумы). Дефицит осадков наблюдался также на побережье Северного Ледовитого океана от Новой Земли до дельты Лены; на Алтае, в Саянах, в горах Забайкалья; в Приморье, на Сахалине; вдоль побережья Охотского моря.

В *марте* значительный избыток осадков (на ряде станций отмечались 95%-е экстремумы) наблюдался: на севере Сибирского ФО, в дельте Лены, в Хабаровском крае и в Приморье. В ЕЧР

избыток осадков (более 120%) наблюдался в ряде районов юга, центра и севера. Сильный дефицит осадков наблюдался на юге Сибирского ФО и Дальневосточного ФО (кроме Приморья) - на многих станциях осадков не выпало совсем или наблюдались 5-е экстремумы; а также на Чукотке и на западе Камчатской области.

В *апреле* значительный избыток осадков (на ряде станций 95%-е экстремумы) от западных границ до течения Лены (за исключением ряда южных областей, Новой Земли, Обской губы), осредненные по РФ осадки: 123% нормы – ранг 6. Сильный дефицит осадков (менее 60% нормы) наблюдался на большей части Дальневосточного ФО (кроме южных районов). Дефицит осадков (менее 80%) наблюдался в Северо-Кавказском ФО, на Южном Урале, на Алтае и Саянах.

В *мае* осредненные по РФ осадки: 123% нормы – ранг 5. Избыток осадков наблюдался на большей части РФ (кроме северо-запада, побережья Северного Ледовитого океана, крайнего юга Сибири). На ряде станций страны выпало более двух норм (или более 95-го перцентиля) осадков. Особенно много осадков выпало в АЧР: 125% - ранг 5. Сильный дефицит осадков (менее 60% нормы) наблюдался на северо-западе ЕЧР, на Таймыре, на Чукотке. Дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался на Алтае и в Саянах, в горах Забайкалья, в Приморье, на Сахалине.

Летом осредненные по РФ осадки составили 107% нормы. Значительный избыток осадков (более 120%, на ряде станций выпало более полутора норм) наблюдался в центре и на севере ЕЧР (в Северо-Западном ФО выпало 136% - ранг 3); в Западной Сибири; на Дальнем Востоке: в Магаданской области и на севере Корякского АО; на юге Хабаровского края и в Приморском крае.

Во все месяцы сезона наблюдались области сильного дефицита осадков. За сезон в целом дефицит осадков (70%-80%, на ряде станций 5%-е экстремумы) наблюдался на севере страны от п-ова Канин и далее на восток; а также в центральных районах Дальневосточного ФО, в районе Байкала. Дефицит осадков (около 80%) наблюдался на юге ЕЧР: в Южном и Северо-Кавказском ФО.

Таблица 2.4

Месячные относительные аномалии осадков в регионах РФ в 2017 г. *Зеленым цветом показаны месяцы, когда осадков выпало выше нормы, желтым – ниже нормы.*

Регионы	Аномалии осадков (% нормы)											
	дек16	январь	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя
Российская Федерация	108	100	126	106	123	123	112	112	100	112	100	113
Физико-географические регионы России												
Европейская часть России	109	93	130	114	137	118	135	129	87	97	126	99
Азиатская часть России	106	106	122	100	113	125	101	105	104	118	87	122
Западная Сибирь	124	115	140	88	137	140	132	107	92	110	86	92
Средняя Сибирь	109	103	116	123	131	147	99	103	112	144	91	113
Прибайкалье и Забайкалье	82	84	114	64	115	101	72	91	104	119	68	115
Приамурье и Приморье	56	137	114	84	97	105	99	98	118	91	68	100
Восточная Сибирь	113	97	114	119	70	107	85	129	91	126	103	186
Федеральные округа РФ												
Северо-Западный	120	104	135	123	165	90	156	137	120	121	107	109
Центральный	94	102	109	115	132	98	114	121	84	89	157	114
Приволжский	100	88	150	104	138	118	143	139	57	90	115	98
Южный	114	62	121	115	116	167	101	90	37	64	172	71
Северо-Кавказский	114	93	98	112	88	183	103	121	74	48	130	80
Уральский	96	104	157	98	148	152	143	85	101	93	94	90
Сибирский	124	108	113	100	122	116	99	106	99	125	77	107
Дальневосточный	94	107	116	101	93	122	89	111	109	120	91	146

Июнь - Средненные осадки по РФ составили 112% нормы. Значительный избыток осадков (на ряде станций 95%-е экстремумы) наблюдался на большей части ЕЧР (135% - ранг 2); в Западной Сибири (132% -ранг 9). Избыток осадков наблюдался на большей части Средней Сибири (в устье Енисея, на юге Красноярского края); в нижнем течении Лены, на западе Чукотке, в Приморье.

Сильный дефицит осадков (40%-60% нормы) наблюдался в районе Байкала (в регионе Прибайкалье и Забайкалье выпало 72% нормы – июнь здесь среди семи самых сухих в ряду), в центральных районах Дальневосточного ФО. Дефицит осадков (60%-80% нормы) наблюдался на юго-западе ЕЧР.

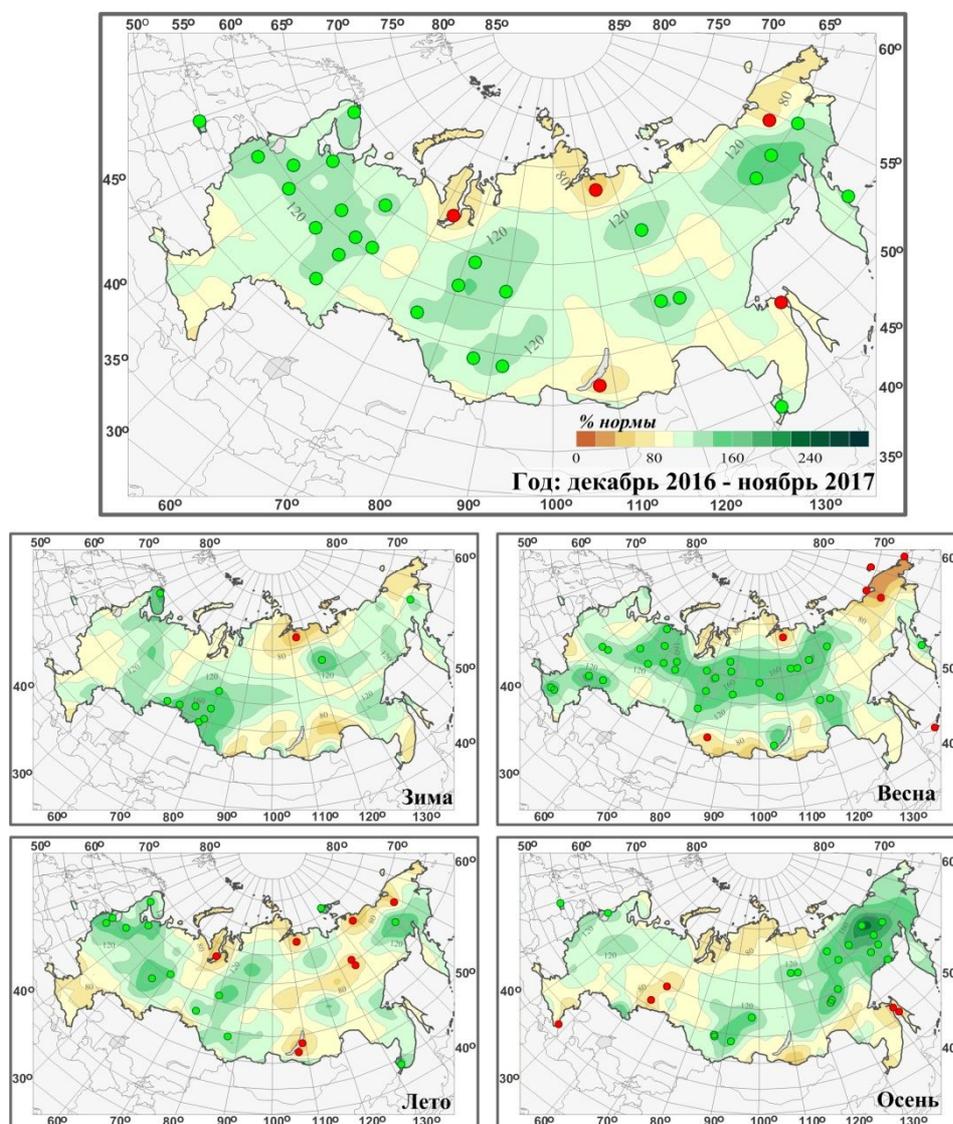


Рисунок 2.3 - Поля аномалий средних годовых (декабрь – ноябрь) и сезонных сумм осадков (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.) на территории России в 2017 г. Кружками красного цвета показаны станционные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го перцентиля.

Июль - средненные осадки по РФ – 112% нормы - ранг 9). Значительный избыток осадков (более 120%, на многих станциях более двух норм) наблюдался в ЕЧР (129% - ранг 2); в центре и на юге Сибири; а также вдоль побережья морей Тихого океана (особенно севернее 60° с.ш.).

Дефицит осадков наблюдался на севере страны, сильный (менее 40% нормы): на севере Западной Сибири, на многих станциях Ямало – Ненецкого АО фиксировались 5%-е экстремумы.

Дефицит осадков (менее 80%) наблюдался на юге ЕЧР, в районе Байкала, в верхнем и среднем течении Амура.

Август - осредненные по РФ осадки 100% нормы. Дефицит осадков (40%-80% нормы) наблюдался всюду на ЕЧР, кроме севера (особенно мало осадков выпало в Южном ФО: 37% нормы – среди трех самых «сухих» августов), в Приволжском ФО (57%) и далее на юге Уральского ФО. Дефицит осадков (60-80%) наблюдался также в верхнем течении Лены, в центральных и северных районах Дальневосточного ФО.

Значительный избыток осадков (120%-160% нормы, на ряде станций около двух норм осадков) наблюдался на Таймыре и далее в междуречье Оби и Енисея. Избыток осадков (более 120%) наблюдался также на западе и севере Северо-Западного ФО; а также в Саянах, в Забайкалье, на юге Дальневосточного ФО.

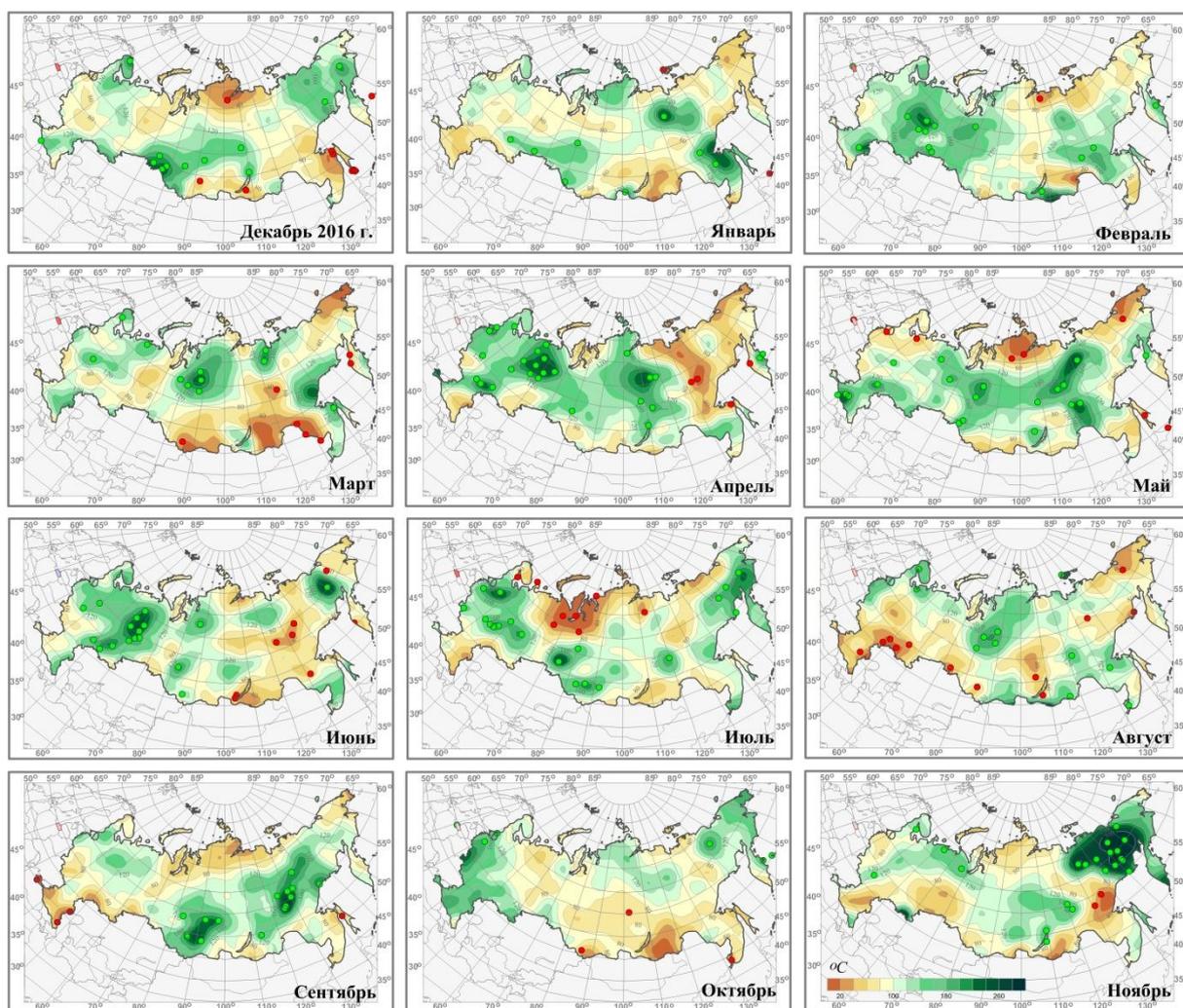


Рисунок 2.4 – Поля средних месячных аномалий осадков (% нормы) на территории России в 2017 г. Условные обозначения см. на рис. 2.3

Осенью в целом по РФ выпало 108% нормы осадков. Наиболее значительный избыток осадков наблюдался в Восточной Сибири: на большей части территории более 160% сезонной нормы, в среднем по региону выпало 134% нормы – ранг 3; на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы. Более нормы осадков выпало на большей части ЕЧР, на юге Сибирского ФО, в центральных и северных районах Дальневосточного ФО.

Дефицит осадков наблюдался на юге ЕЧР (в основном, в ЮФО и в СКФО), на юге Западной Сибири, вдоль побережья Северного Ледовитого океана от Новой Земли до дельты Лены; а также в Саянах, в Забайкалье, в Приамурье и в Приморье.

В сентябре осредненные по РФ осадки составили 112% нормы. Значительный избыток осадков (более 120% нормы, на многих станциях 95%-е экстремумы) наблюдался на большей части АЧР (118%), особенно на юге Красноярского края и в центральных районах Дальневосточного ФО. Избыток осадков (80%-140%) наблюдался на севере ЕЧР.

Сильный дефицит осадков (20%-80%) наблюдался на юге ЕЧР, особенно в Северо-Кавказском ФО (48% - сентябрь здесь среди трех самых «сухих»); дефицит осадков (40%-80%) наблюдался на Южном Урале, на западе и севере Западной Сибири, на севере Средней Сибири, на Чукотке.

В октябре осредненные осадки по России составили 100% нормы. На северо-востоке ЕЧР и, далее в центральных и южных районах АЧР наблюдался дефицит осадков, наиболее сильный (менее 60% нормы) на Алтае, в Забайкалье (осредненные по региону Прибайкалье и Забайкалье осадки составили 68% - восьмая величина в ранжированном по возрастанию ряду).

Значительный избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался на западе и юге ЕЧР, на северо-востоке страны.

В ноябре Осредненные по РФ осадки 113% нормы. Экстремальный избыток осадков (на большинстве станций отмечались 95%-е экстремумы) наблюдался в Якутии и на Чукотке, осредненные осадки по Восточной Сибири: 186% нормы – пятая наибольшая величина в ряду. Избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался также в центральных и северных районах ЕЧР, на севере Западной Сибири, в центре Сибирского ФО.

Сильный дефицит осадков (30-80% нормы) наблюдался на юге Дальневосточного ФО (исключая юг Приморья), особенно сильный дефицит - в Хабаровском крае. Дефицит осадков (менее 80%) наблюдался на западе, юге и юго-востоке ЕЧР, юге Западной и Средней Сибири, в дельте Оби, на Таймыре.

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 2017 гг. На всех временных рядах показан линейный тренд, характеризующий тенденцию (среднюю скорость) изменений температуры и осадков на интервале 1976 - 2017 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 1976-2017 гг. Тренды осадков выражены либо в мм / мес / 10 лет, либо в % нормы / 10 лет: для краткости в дальнейшем будем писать % / 10 лет.

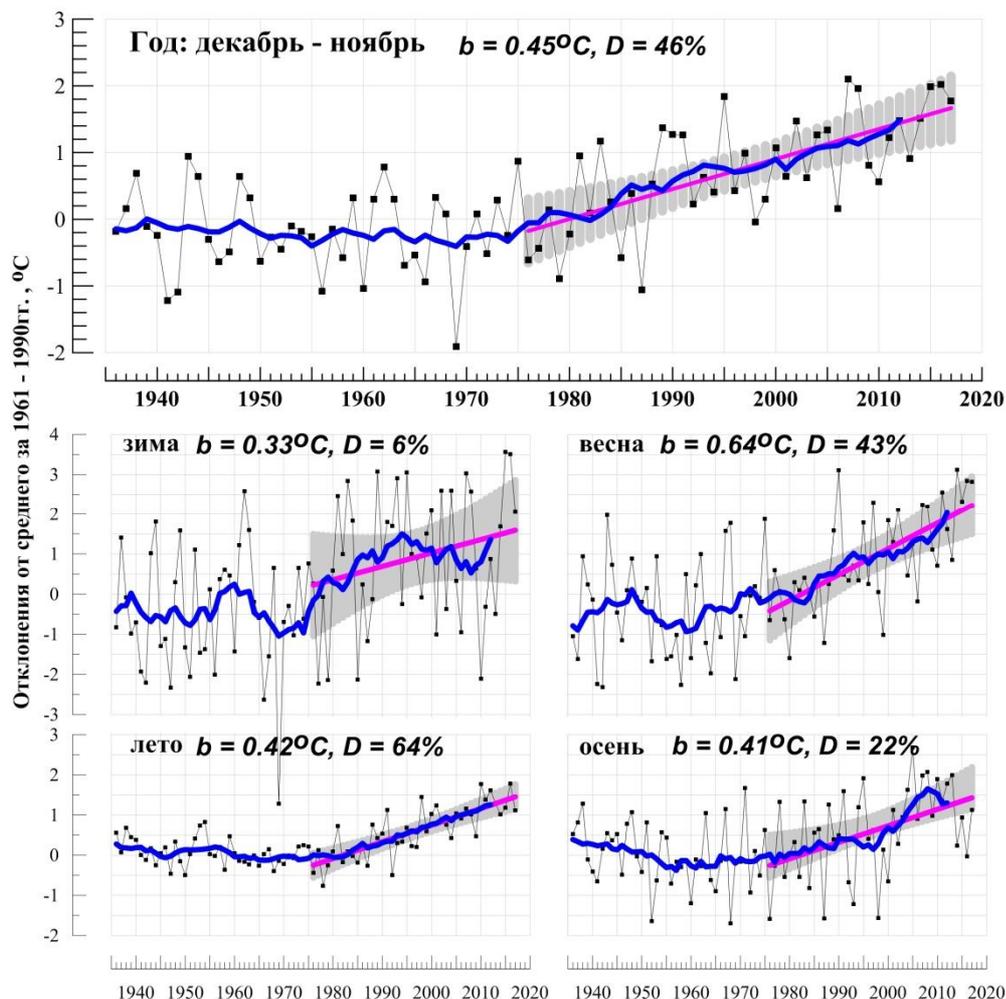


Рисунок 3.1 - Средние годовые и сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории РФ, 1936-2017 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Показаны также 11-летнее скользящее среднее, линейный тренд за 1976-2017 гг. с 95%-й доверительной полосой.

Таблица 3.1

Оценки линейного тренда средних за год и сезоны аномалий температуры приземного воздуха и атмосферных осадков, осредненных по территории России, за 1976-2017 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	46	0.9	2.2	34
Зима	0.33	6	0.6	2.4	11
Весна	0.64	43	1.6	6.0	35
Лето	0.42	64	0.5	0.8	5
Осень	0.41	22	0.6	1.4	5

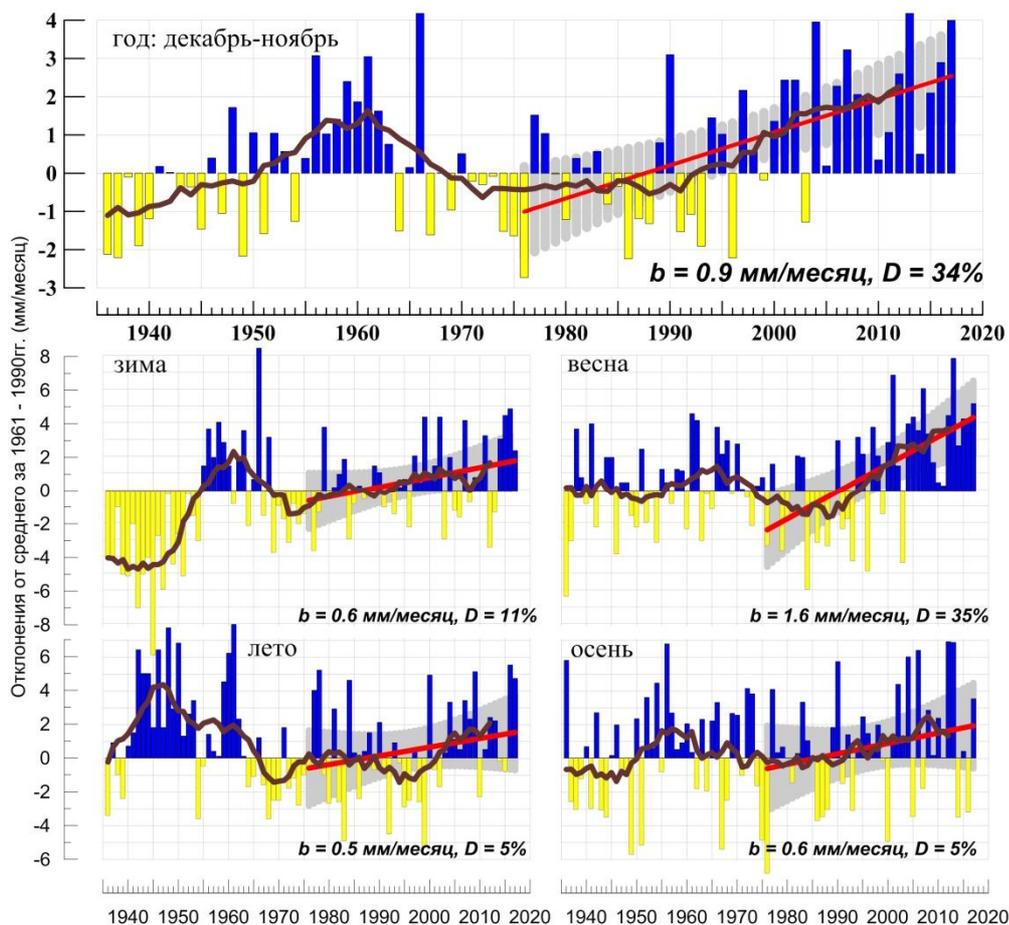


Рисунок 3.2 – Средние годовые и средние сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории РФ, 1936 – 2017 гг. (Условные обозначения на рис.3.1)

На рисунках 3.3 и 3.4 представлено географическое распределение коэффициентов линейных трендов температуры приземного воздуха и атмосферных осадков на территории России для 2017 года в целом и для сезонов года. Оценки получены по стационарным временным рядам сезонных аномалий за 1976-2017 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 46%.

Наиболее интенсивное потепление наблюдается весной, особенно, в Западной Сибири и на Чукотке (до $+1.4^{\circ}\text{C}/10$ лет - $+1.5^{\circ}\text{C}/10$ лет), а также осенью, особенно, в Восточной Сибири ($+1.6^{\circ}\text{C}/10$ 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.

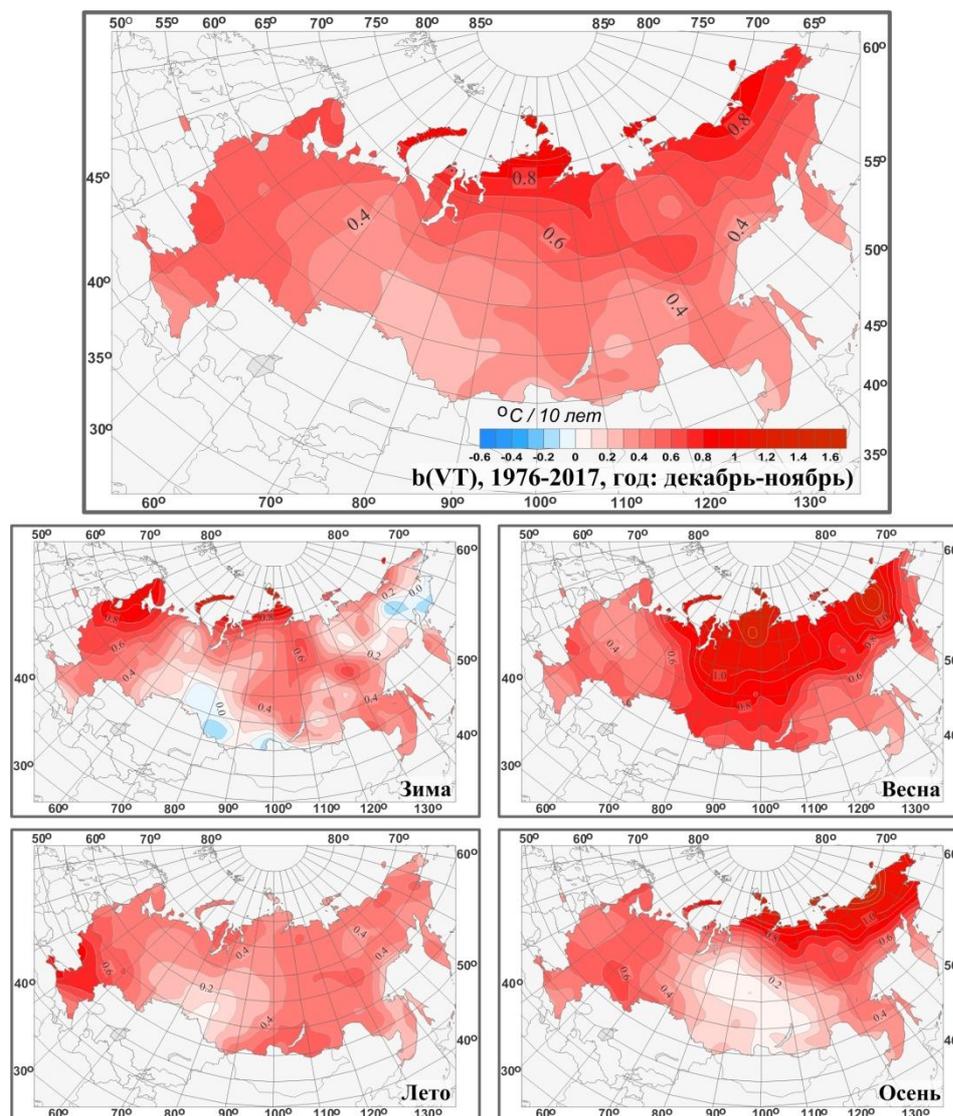


Рисунок 3.3 - Средняя скорость изменения среднегодовой и средних сезонных температур приземного воздуха на территории России по данным наблюдений за 1976-2017 гг. (в °C/10 лет)

Тенденция к похолоданию (до $-0.4^{\circ}\text{C}/10$ лет) по-прежнему отмечается зимой на северо-востоке России (по сравнению с 2016 годом скорость изменилась незначительно), а также на юго-востоке Западной Сибири, на юге Средней (до $-0.3^{\circ}\text{C}/10$ лет). Тренды незначимы ни для одного региона.

Следует отметить, что с середины 1990-х гг. зимние температуры убывали, но после 2010 г. вновь отмечена тенденция к их росту (рис. 3.1). Линейный тренд за 1976-2017 гг. положительный, однако он резко уменьшился ($0.33^{\circ}\text{C}/10$ 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: на тренд накладывается долгопериодное колебание (с

периодом около 40 лет), по-видимому, связанной с изменениями крупномасштабной атмосферной циркуляции в Атлантико -Европейском секторе. Это повлияло также и на скорость роста среднегодовой температуры, хотя и не столь значительно ($0.45^{\circ}\text{C}/10$ лет за 1976-2017 гг. против $0.49^{\circ}\text{C}/10$ лет за 1976-2000 гг.): тем не менее, рост среднегодовых, весенних, летних и осенних температур очевидно продолжается и значим на уровне 1% (однако в последнее десятилетие прослеживается убывание осенних температур).

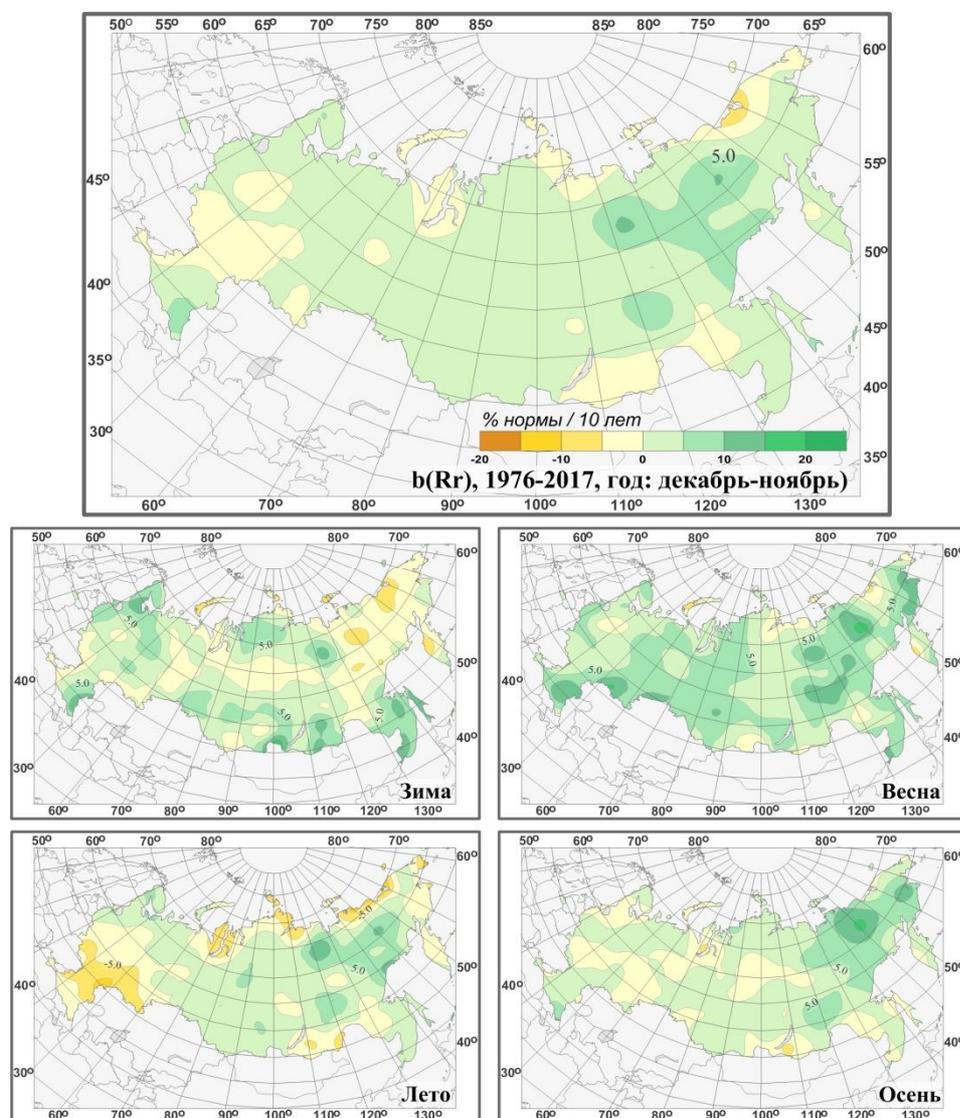


Рисунок 3.4 - Пространственные распределения локальных коэффициентов линейного тренда атмосферных осадков за 1976-2017 гг. на территории России (% / 10 лет), в среднем за год и по сезонам.

В целом за год по России осадки растут. Тренд среднегодовых осадков за 1976-2017 гг., в среднем по России, составляет $2.2\%/10$ лет и описывает 34% межгодовой изменчивости (в 2016 г.: $2.0\%/10$ лет, 29%). Во все сезоны осадки последних 15 лет заметно превышают осадки 1970-90х гг.

Количество осадков на территории РФ растет в основном за счет весеннего сезона (6.0%/10лет, вклад в дисперсию ряда 35%) и зимы (2.4%/10 лет, вклад в дисперсию 11%), однако тренды значительно менее выражены, чем для температуры. Летом и осенью тренд осадков в целом по России незначим.

Пространственные распределения тренда за период 1976 – 2017 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, в Забайкалье, в Приамурье и на Чукотки (в основном, от -5% /10 лет до 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* – в Якутии; *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 (до -5 % / 10 лет), *летом* - в ЕЧР, на азиатском побережье Северного Ледовитого океана (до -10 % / 10 лет).

4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ В РЕГИОНАХ РОССИИ, 1936-2017 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 – 2017 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2017 гг., рассчитанные методом наименьших квадратов. В таблицах 4.1 - 4.3 приведены оценки линейных трендов регионально осредненных значений температуры и осадков за 1976-2017 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 46%. Наиболее интенсивное потепление наблюдается в регионе в регионе Восточная Сибирь (+0.54°C/10 лет, в основном, за счет весны и осени) и в Европейской части России (+0.51°C/10 лет, за счет всех сезонов) и, а из Федеральных округов: зимой – в Северо-Западном ФО (0.71°C/10 лет) и Центральном ФО (0.64°C/10 лет).весной - в Уральском ФО (0.72°C/10 лет) и Сибирском ФО (0.74°C/10 лет), летом - в Центральном ФО (0.64°C/10 лет), и осенью - в Дальневосточном ФО (0.58°C/10 лет) и в Приволжском (0.56°C/10 лет).

Наиболее быстрый рост наблюдается весной (0.64°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 семь лет.

Температура за 1976-2017 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 большинства 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 СФО и региона Прибайкалье и Забайкалье, где потепление возможно возобновилось лишь после 2010 г.).

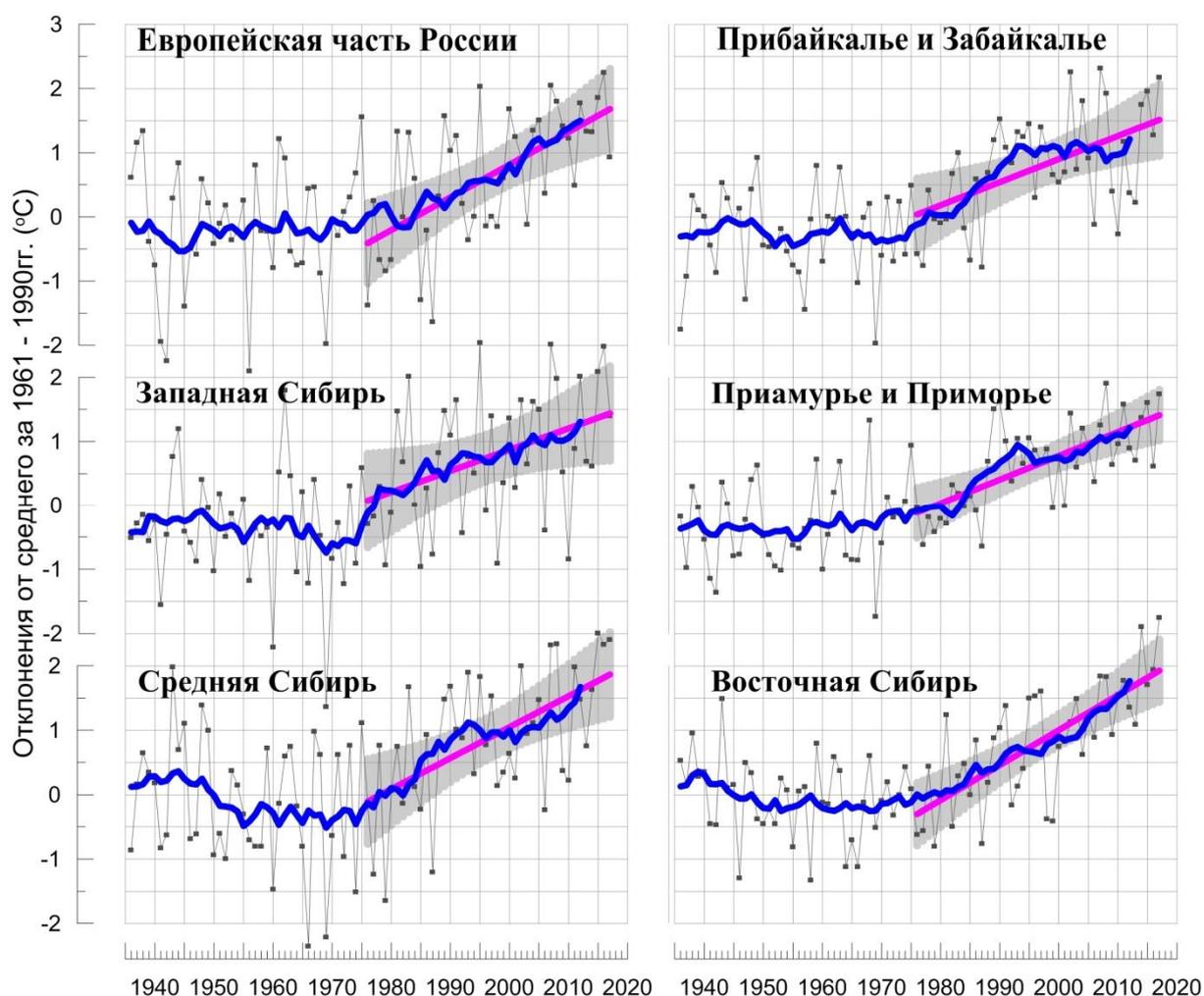


Рисунок 4.1. - Годовые аномалии температуры приземного воздуха (°C) для регионов России за 1936-2017 гг.

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.

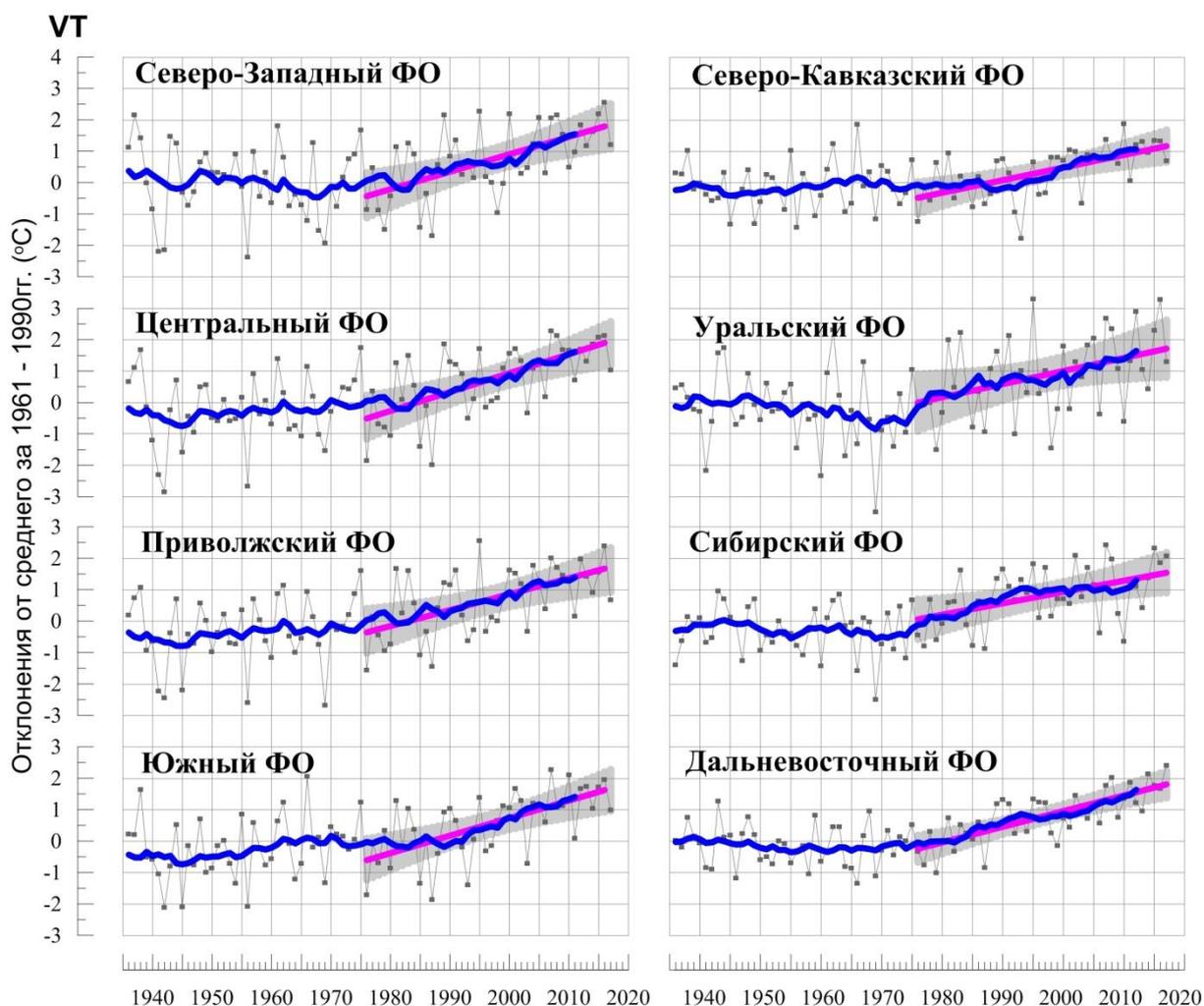


Рисунок 4.2. - Годовые аномалии температуры приземного воздуха (°C) для федеральных округов РФ за 1936-2017 гг. Условные обозначения на рис.4.1

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 1976-2017 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 3.4% / 10 лет и 3.64% / 10 лет описывают 27% и 20% 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 и летом; в Восточной Сибири - осенью (значимо).

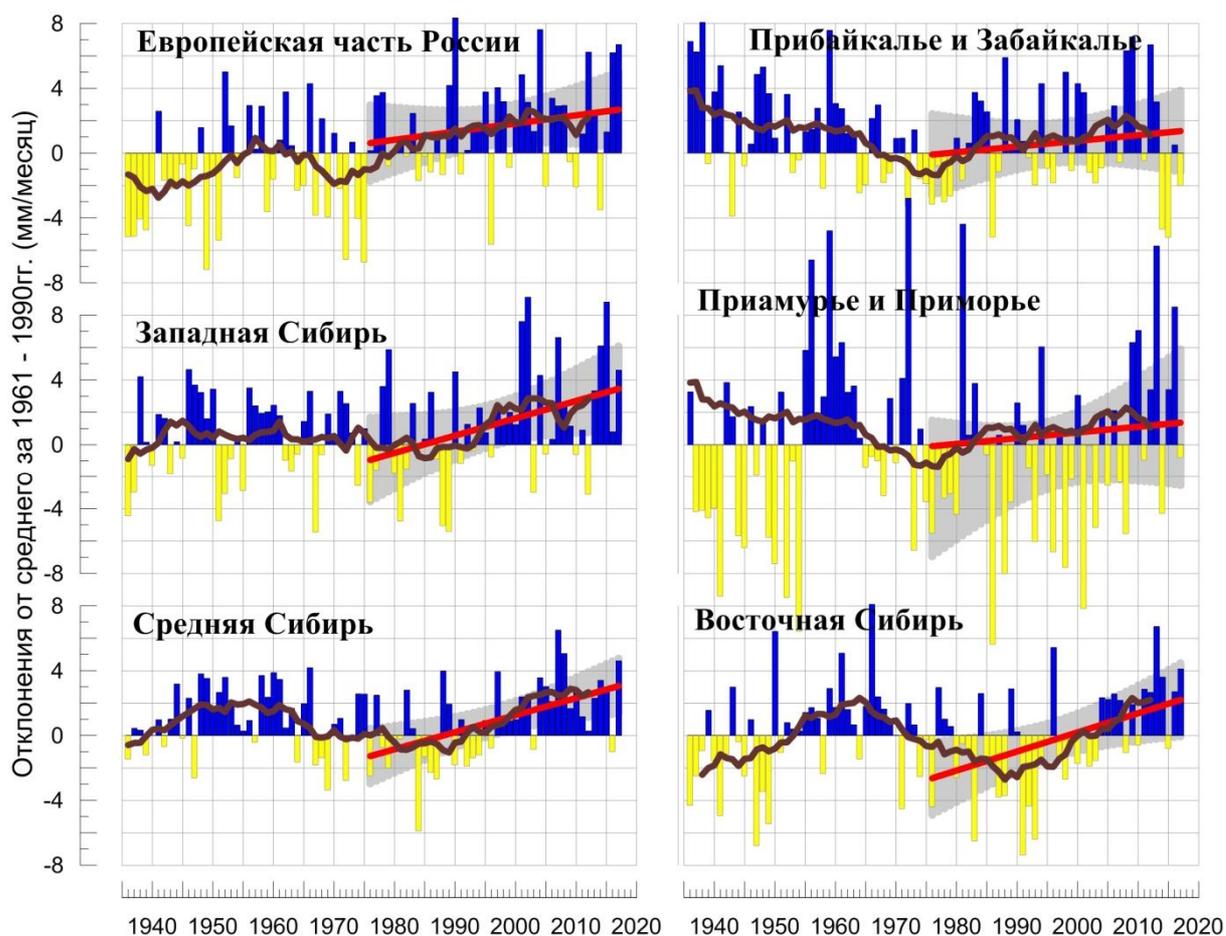


Рисунок 4.4. - Годовые аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), для регионов России за 1936-2017 гг. Условные обозначения на рис.4.1

Таблица 4.1

Оценки линейного тренда среднегодовой (декабрь - ноябрь) температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, ее физико-географических регионов и Федеральных округов за 1976-2017 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	46	0.33	6	0.64	43	0.42	64	0.41	22
Физико-географические регионы России										
Европейская часть РФ	0.51	39	0.54	9	0.46	23	0.52	35	0.52	25
Азиатская часть РФ	0.43	42	0.26	4	0.72	41	0.38	62	0.37	16
Западная Сибирь	0.33	16	0.11	0	0.74	30	0.23	9	0.25	4
Средняя Сибирь	0.48	34	0.38	3	0.83	35	0.42	40	0.30	5
Прибайкалье и Забайкалье	0.36	28	0.22	2	0.60	25	0.49	47	0.13	2
Приамурье и Приморье	0.37	46	0.43	12	0.37	17	0.33	33	0.36	19
Восточная Сибирь	0.54	54	0.22	4	0.80	39	0.43	49	0.73	44
Федеральные округа РФ										
Северо-Западный	0.54	35	0.71	10	0.47	17	0.43	29	0.52	21

Центральный	0.57	39	0.64	11	0.49	21	0.64	33	0.52	22
Приволжский	0.47	30	0.39	4	0.47	18	0.47	19	0.56	21
Южный	0.54	39	0.44	8	0.48	21	0.74	47	0.49	20
Северно-Кавказский	0.40	37	0.31	9	0.35	20	0.56	42	0.39	15
Уральский	0.38	17	0.21	1	0.72	25	0.29	10	0.31	5
Сибирский	0.36	23	0.21	1	0.74	35	0.35	41	0.15	2
Дальневосточный	0.50	57	0.32	11	0.69	38	0.42	57	0.58	39

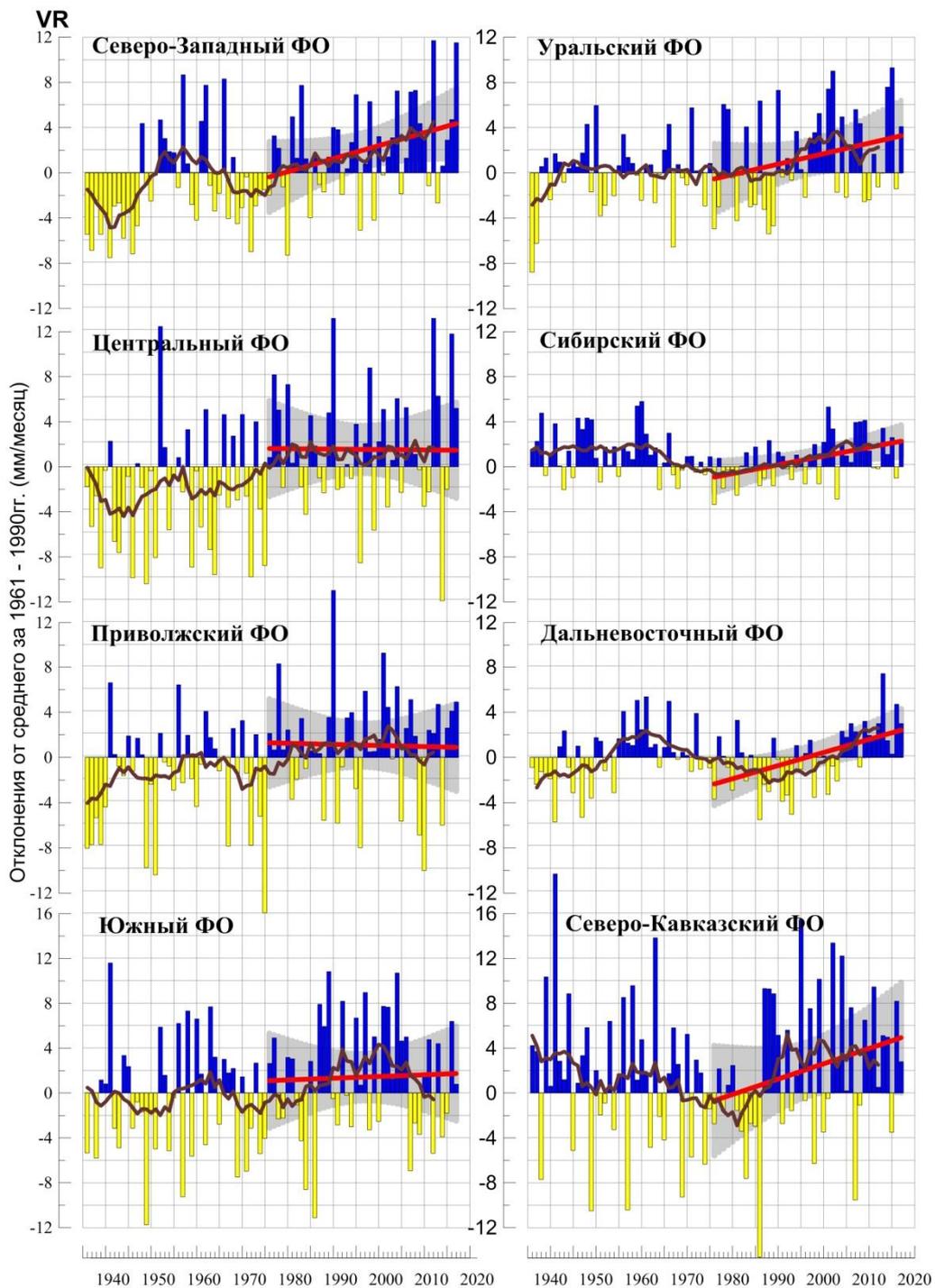


Рисунок 4.5. - Годовые аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц) для федеральных округов РФ за 1936-2017 гг. Условные обозначения на рис.4.1

Таблица 4.2

Оценки линейного тренда осредненных за год (декабрь-ноябрь) и по сезонам регионально осредненных месячных сумм атмосферных осадков для регионов России за 1976-2017 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	2.2	32	2.4	11	6.0	35	0.8	5	1.4	5
Физико-географические регионы России										
Европейская часть России	1.0	4	2.5	6	5.0	17	-1.6	3	0.3	0
Азиатская часть России	2.7	44	2.4	8	6.4	33	1.6	13	2.1	11
Западная Сибирь	2.8	14	2.3	3	8.0	30	1.7	2	0.8	1
Средняя Сибирь	3.4	27	1.6	2	6.2	31	3.6	14	2.0	4
Прибайкалье и Забайкалье	1.0	2	3.8	8	3.9	6	-0.3	0	2.2	3
Приамурье и Приморье	2.0	6	7.9	12	5.7	9	1.2	1	-0.6	0
Восточная Сибирь	3.6	20	0.3	0	6.1	22	1.8	3	5.6	21
Федеральные округа РФ										
Северо-Западный	2.3	11	4.9	13	4.0	10	2.0	2	0.2	0
Центральный	0.0	0	2.1	2	4.3	6	-4.0	6	0.4	0
Приволжский	-0.3	0	1.1	0	5.7	9	-3.9	6	-0.7	0
Южный	0.3	0	-0.2	0	5.7	10	-4.6	5	1.2	0
Северо-Кавказский	2.5	7	2.8	3	5.6	10	-1.1	0	2.8	2
Уральский	2.3	8	1.8	1	8.2	25	0.8	0	0.6	0
Сибирский	2.2	22	2.7	6	5.6	19	1.4	5	1.3	2
Дальневосточный	3.2	27	2.1	4	6.4	33	2.0	5	3.0	15

5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2017 гг.

В разделе приведены временные ряды индексов экстремальности и аномальности для года в целом по территории России за период 1936 -2017 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 2017 г. доля площади под крупными положительными аномалиями температуры составила 63% (ранг 10). Тренд площади под крупными положительными аномалиями с 1976 г. составил 7.2% /10 лет, объясняет 42% 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).

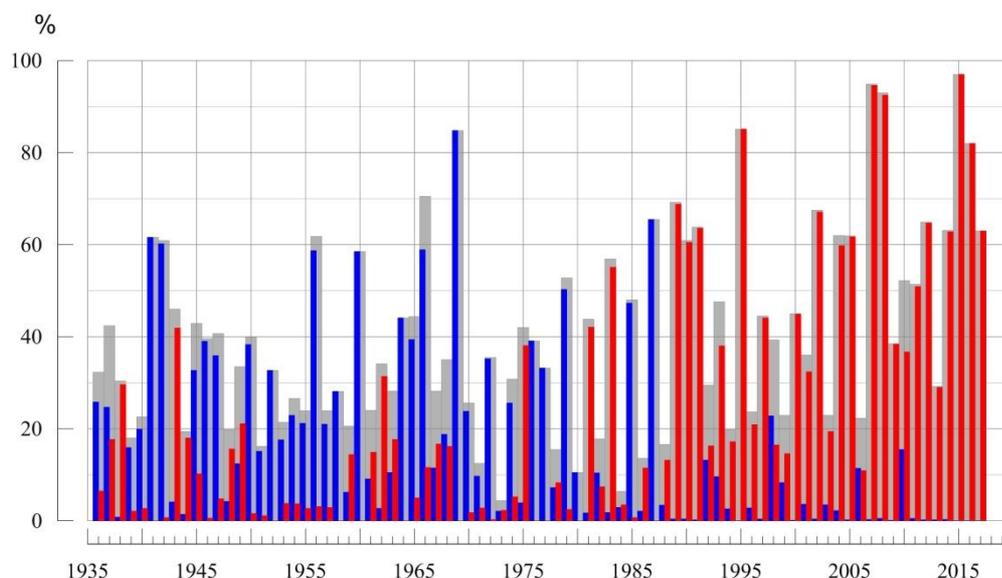


Рисунок 5.1 - Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями температуры, 1936-2017 гг. (год: декабрь 2015 – ноябрь 2016):
█ ниже 20-го перцентиля, █ выше 80-го перцентиля,
█ суммарная площадь с крупными аномалиями обоих знаков.

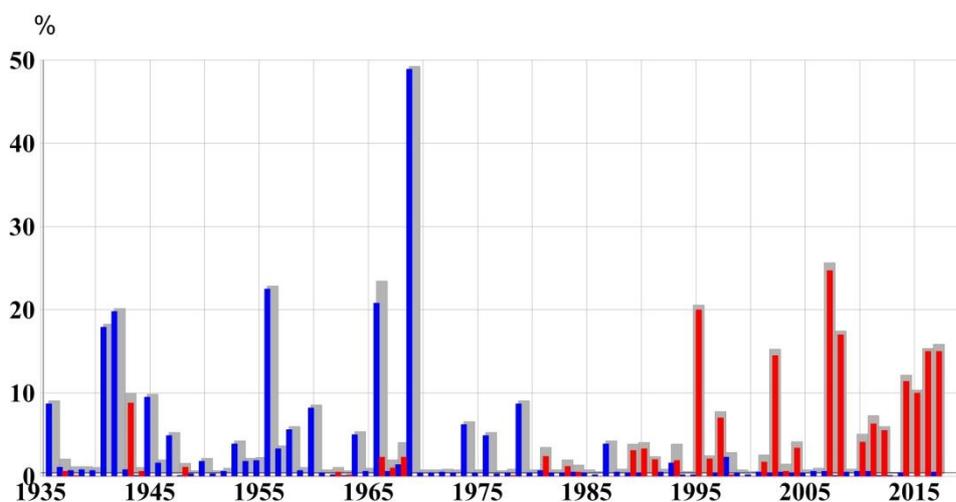


Рисунок 5.2 - Доля площади с экстремальными (годовая нормированная аномалия меньше -2 : синие столбики, больше $+2$: красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры для года в целом для России, 1936-2017 гг. Базовый период для расчета статистик: 1961-1990 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 2017 году доля площади, занятая крупными положительными экстремумами составила 15% (ранг 4-5), тренд за период 1976-2017 составляет 2.6% (доля объясненной трендом

дисперсии ряда 26%). 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 44% общей дисперсии ряда. Значение КА в 2017 году (2.08) – 2-е значение в ранжированном по убыванию ряду (максимальное значения КА принимал в 2007 г. – 2.18).

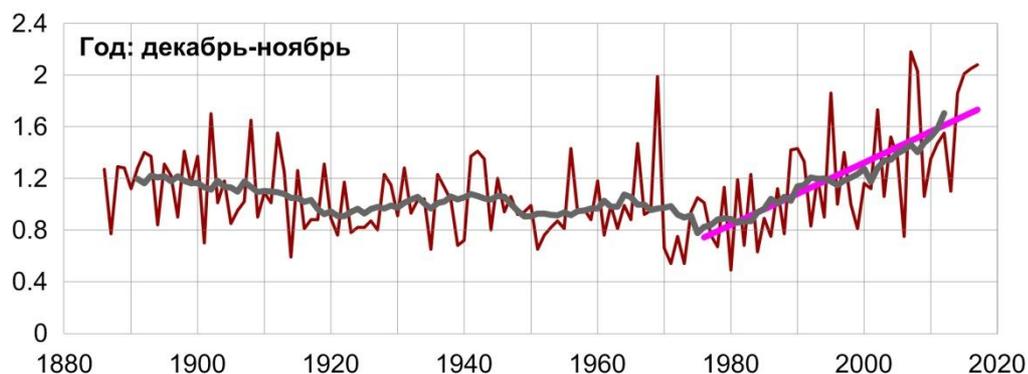


Рисунок 5.3 - Индекс аномальности Багрова (КА) для года в целом для России для температуры, 1886-2017 гг. Показана 11-летняя скользящая средняя и тренд за период 1976-2017 гг.

Осадки. В 2017 г. доля площади с избытком осадков (выше 80-го перцентиля) составила 31% площади страны (ранг 5), площади с дефицитом осадков (ниже 20-го перцентиля) 7% (рис. 5.4).

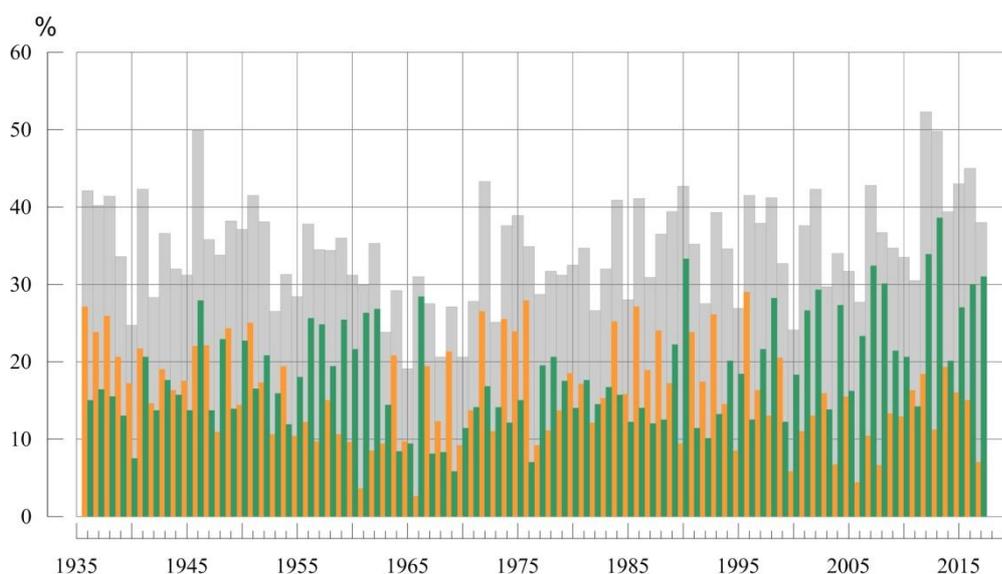


Рисунок 5.4 - Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями осадков, 1936-2017 гг. (год: декабрь 2016 – ноябрь 2017):

— 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 +3.7%/10 лет, доля объясненной трендом дисперсии ряда 34%). 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: 0.680°C и $+1.291^{\circ}\text{C}$ – третьи величины в рядах наблюдений с 1850 года (после рекордного 2016 года ($+0.831^{\circ}\text{C}$ и $+1.610^{\circ}\text{C}$) и следующего за ним 2015 г. ($+0.734^{\circ}\text{C}$ и $+1.294^{\circ}\text{C}$)).

2. В целом для РФ год (декабрь 2016 – ноябрь 2017) был очень теплым (осредненная аномалия составила $+1.77^{\circ}\text{C}$ – шестая положительная величина в ряду с 1936 г.), значение соответствует ожидаемому при потеплении: отклонение от линейного тренда около $+0.10^{\circ}\text{C}$. Тепло на всей территории РФ.

3. Особенно теплым был год в АЧР: аномалия 2.11°C – вторая величина в ряду особенно, на юге Сибирского ФО (осредненная по СФО аномалия 2.07°C – ранг 2) и в Дальневосточном ФО (2.41°C – ранг 1), где повсеместно отмечались 95%-е экстремумы.

4. В 2017 г. доля площади под крупными положительными аномалиями температуры (выше 80 перцентиля) составила 63% - ранг 10; а доля площади, занятая положительными экстремумами (больше двух стандартных отклонений) составила 15% (ранг 4-5). Аномальность температурного режима в 2016 г. (величина индекса аномальности Багрова): $KA = 2.08$ – второе из наибольших величин в ряду

5. *Весной* экстремально тепло было в АЧР (аномалия 3.69°C – максимальная величина в ряду), на 95 станциях АЧР (37% станций страны) отмечались 95%-е экстремумы, 23% территории страны весной заняты под экстремумами тепла (выше 2σ); *зимой* – в южных и центральных районах АЧР (осредненная по региону Приамурье и Приморье аномалия температуры: 3.49°C – ранг 3), на Чукотке; *летом* – на юге Сибирского и в центре Дальневосточного ФО (в Сибирском ФО аномалия: 1.53°C – ранг 5); *осенью* – на Чукотке.

Холодно *зимой* - в Уральском ФО (аномалии до -2°C), *весной* и *летом* – в отдельных районах ЕЧР (аномалии до -0.5°C), *осенью* - в верхнем течении Лены, в Приамурье и Приморье (аномалии до -0.5°C).

5. Из месяцев года выделяется *март* - аномалии температуры всюду выше 4°C и на большинстве станций отмечались 95%-е экстремумы. Осредненные аномалии температуры для всех регионов (кроме Прибайкалья и Забайкалья – ранг 6) попали в пятерку наибольших величин.

Еще один выдающийся месяц – *декабрь 2016 года* - экстремально холодно (аномалии до -10.5°C) в огромной полосе от юго-запада (предгорье Кавказа) до нижнего течения Лены; в тоже время, аномально тепло на Чукотке – на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы.

6. Особенность 2017 года: в ЕЧР: температуры ниже нормы с апреля по июнь - всюду, в июле - в Центральном и Приволжском ФО.

Из регионов особо выделяются **Приамурье и Приморье** (экстремально тепло в январе (4.87°C - ранг 3), в феврале (4.95°C - ранг 3), в марте (4.34°C – ранг 3), и в июле (1.65°C – ранг 5)); **Восточная Сибирь** (экстремально тепло в марте (8.53°C – ранг 1), в апреле (4.79°C – ранг 1), в августе (2.86°C – ранг 2), и в сентябре (2.08°C – ранг 4)).

7. В целом по РФ за 2017 год в целом количество выпавших осадков составило 110% нормы (ранг 3), на многих станциях ЕЧР севернее 55° с.ш., Западной Сибири отмечались 95%-е годовые экстремумы; наибольшее количество осадков выпало в СЗФО (124% нормы – ранг 2) и в Средней Сибири (115% - ранг 3).

8. В 2017 г. доля площади с избытком осадков (выше 80-го перцентиля) составила 31%. – ранг 5.

9. **Экстремальным сезоном была весна** – в целом по РФ выпало 119% нормы осадков – ранг 4; на большей части страны (кроме Чукотки) отмечались 95%-е экстремумы; доля площади с избытком осадков (выше 80-го перцентиля) весной составила 31%. – ранг 6. **Зимой** экстремальный избыток осадков наблюдался на Южном Урале, **летом** – в центре и на севере ЕЧР (в СЗФО выпало 136% - ранг 3), **осенью** – в Восточной Сибири (134% - ранг 3).

10. Из месяцев года следует отметить: **май**: 123% нормы – ранг 5 (экстремальный избыток осадков в центральных районах страны), **апрель**: 123% - ранг 6 (экстремальный избыток осадков от западных границ до течения Лены), **ноябрь** (экстремальный избыток осадков - в Восточной Сибири: 186% нормы – ранг 5)

Также следует отметить сильный дефицит осадков (40%-80% нормы) в **августе** в Южном ФО (37% нормы - среди трех самых «сухих» в ряду). Дефицит осадков (менее 60% нормы) в **июле** - на севере Западной Сибири, в **марте** - на юге Сибирского ФО и Дальневосточного ФО (кроме Приморья), в **апреле** - на большей части Дальневосточного ФО (кроме южных районов).

11. 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 1976-2017 гг. составил в целом по России $0.45^{\circ}\text{C}/10$ лет (вклад в общую изменчивость 46%). Наиболее быстрый рост наблюдается весной ($0.64^{\circ}\text{C}/10$ 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 $+1.5^{\circ}\text{C} / 10$ лет), а также осенью, особенно, в Восточной Сибири ($+1.6^{\circ}\text{C}/10$ 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.

12. В целом по РФ середины 1990-х гг. зимние температуры убывали, но после 2010 г. вновь отмечена тенденция к их росту, линейный тренд за 1976-2017 гг.

положительный, но статистически незначим, т.е. гипотеза о линейном росте температур не подтверждается: на тренд накладывается долгопериодное колебание (с периодом около 40 лет), по-видимому, связанной с изменениями крупномасштабной атмосферой циркуляции в Атлантико -Европейском секторе.

В последнее десятилетие прослеживается убывание осенних температур.

13. В целом за год по территории РФ наблюдается рост осадков: тренд годовых сумм осадков за 1976-2017 гг. в среднем по России составляет 2.2% / 10 лет и описывает 34% межгодовой изменчивости. Географическое распределение значений тренда за период 1976 – 2017 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 6.0% / 10 лет объясняет 35% 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

2017 год (декабрь 2016-ноябрь 2017)



ВВЕДЕНИЕ

В настоящем Приложении* приводится информация о состоянии приземного климата (температура приземного воздуха и атмосферные осадки) в 2017 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 неперевышения» 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

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

(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 ячеечных 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 2017 г.

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.

Таблица 1

Аномалии средней месячной /сезонной / годовой температуры приземного воздуха (°С)
на станциях Беларуси в 2017г.

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>Зима2016/2017</i>	2,5	2,11	1,8	1,05	1,73	1,67	1,59
Декабрь 2016	2,8	2,42	1,48	1,9	1,88	1,33	0,9
Январь	1,67	1,22	1,28	-0,15	1,03	1,65	1,72
Февраль	3,04	2,69	2,64	1,39	2,28	2,02	2,16
<i>Весна</i>	1,55	1,92	1,38	1,79	2,17	1,52	1,74
Март	5,36	5,58	5,41	4,8	5,84	5,46	5,39
Апрель	-0,25	0,01	-0,11	-0,14	-0,06	0,46	0,71
Май	-0,47	0,17	-1,16	0,71	0,74	-1,36	-0,89
<i>Лето</i>	1,01	0,94	0,53	1,69	2,02	0,75	1,07
Июнь	-0,45	0,24	-0,5	1,65	1,57	0,16	0,36
Июль	0,45	0,29	-0,12	0,78	1,19	-0,26	0,07
Август	3,02	2,3	2,2	2,64	3,31	2,35	2,78
<i>Осень</i>	<i>1.43</i>	<i>1.48</i>	<i>1.19</i>	<i>1.23</i>	<i>1.49</i>	<i>1.23</i>	<i>1.34</i>
Сентябрь	2,33	1,97	1,75	1,22	1,84	1,86	2,24
Октябрь	0,19	0,42	0,2	1,06	1,05	0,16	0,13

Ноябрь	1.43	1.48	1.19	1.23	1.49	1.23	1.34
Год: <i>декабрь2016- ноябрь2017</i>	1.62	1.61	1.23	1.44	1.85	1.29	1.44

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 2

Количество осадков, выпавших на станциях Беларуси в 2017 году

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

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

	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Могилев</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	26666	26850	26863	33008	33019	33038	33041
а) Сумма осадков за месяц /сезон / год (мм/месяц)							
<i>Зима2016/2017</i>	58.0	36.0	33.3	38.3	38.7	44.0	31.7
Декабрь 2016	75	46	35	48	59	53	35
Январь	54	37	45	17	30	38	31
Февраль	45	25	20	50	27	41	29
Весна	53.7	53.3	33.7	49.3	43.3	35.7	25.0
Март	49	60	31	52	57	29	27
Апрель	85	72	53	66	53	22	17
Май	27	28	17	30	20	56	31
Лето	75.33	95.33	65.00	73.67	84.00	65.33	72.33
Июнь	65	53	32	102	80	39	44
Июль	77	150	87	80	143	89	115
Август	84	83	76	39	29	68	58
Осень	76.3	67.7	101.0	72.0	61.0	76.3	55.3
Сентябрь	58	80	92	102	59	68	29
Октябрь	107	78	121	90	81	107	97
Ноябрь	64	45	90	24	43	54	40
Год: <i>декабрь2016- ноябрь2017</i>	65.8	63.1	58.3	58.3	56.8	55.3	46.1
б) Аномалия сумм осадков за месяц /сезон / год (мм/месяц)							
<i>Зима2016/2017</i>	18.4	-6.2	-2.3	0.5	4.8	4.9	-3.8
Декабрь 2016	23.5	-6.6	-8.9	4.1	18.9	6.6	-8.5
Январь	16.3	-3.0	9.6	-20.0	3.9	-0.7	-4.8
Февраль	15.5	-9.1	-7.6	17.5	-0.7	8.9	1.9
Весна	11.3	3.8	-9.7	6.5	2.9	-8.4	-14.2
Март	10.0	18.2	-3.6	21.4	27.4	-4.7	-5.4

Апрель	46.2	29.8	12.7	26.7	15.7	-23.2	-20.2
Май	-22.2	-36.6	-38.2	-28.5	-34.3	2.7	-17.0
Лето	-6.33	14.27	-11.47	-2.30	11.47	-15.23	-2.90
Июнь	-13.4	-29.7	-48.6	30.5	0.8	-40.4	-40.4
Июль	-16.5	61.9	2.2	-0.2	68.7	0.3	32.9
Август	10.9	10.6	12.0	-37.2	-35.1	-5.6	-1.2
Осень	22.4	18.5	13.0	0.4	21.4	24.8	9.4
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	9.1	-7.4	41.9	-22.8	0.6	5.5	-3.9
Год: декабрь2016- ноябрь2017	11.4	7.6	-2.6	1.3	10.1	1.5	-2.9

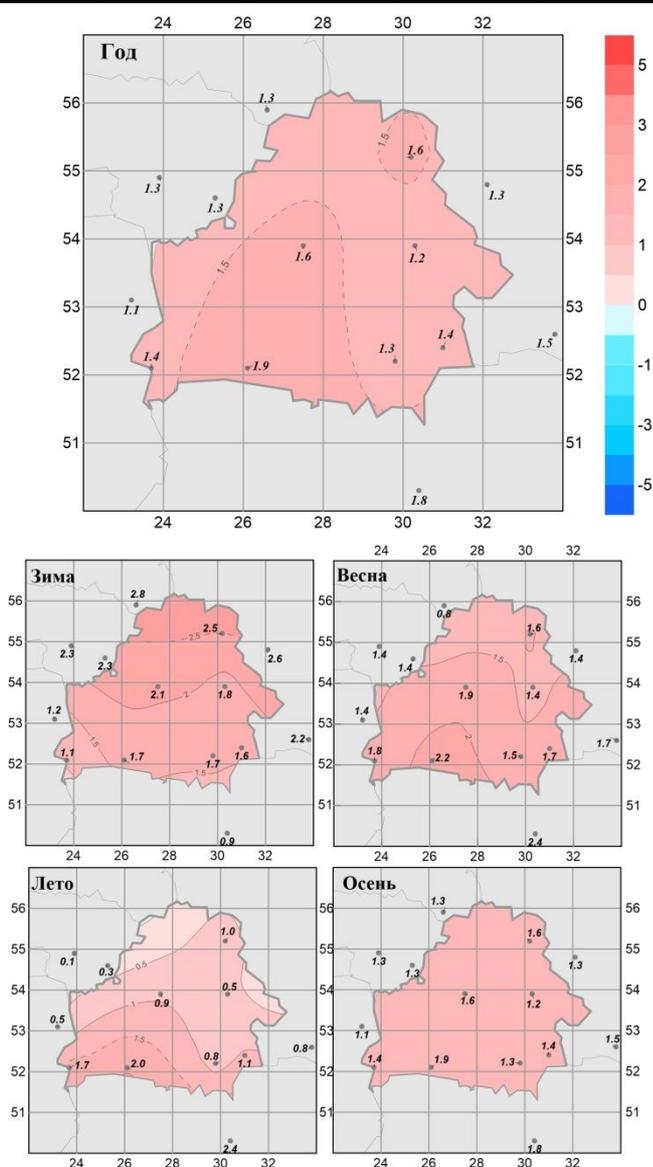


Рисунок 1 - Средняя годовая (декабрь 2016 – ноябрь 2017) и средние сезонные аномалии температуры приземного воздуха (°C) на территории Республики Беларусь.

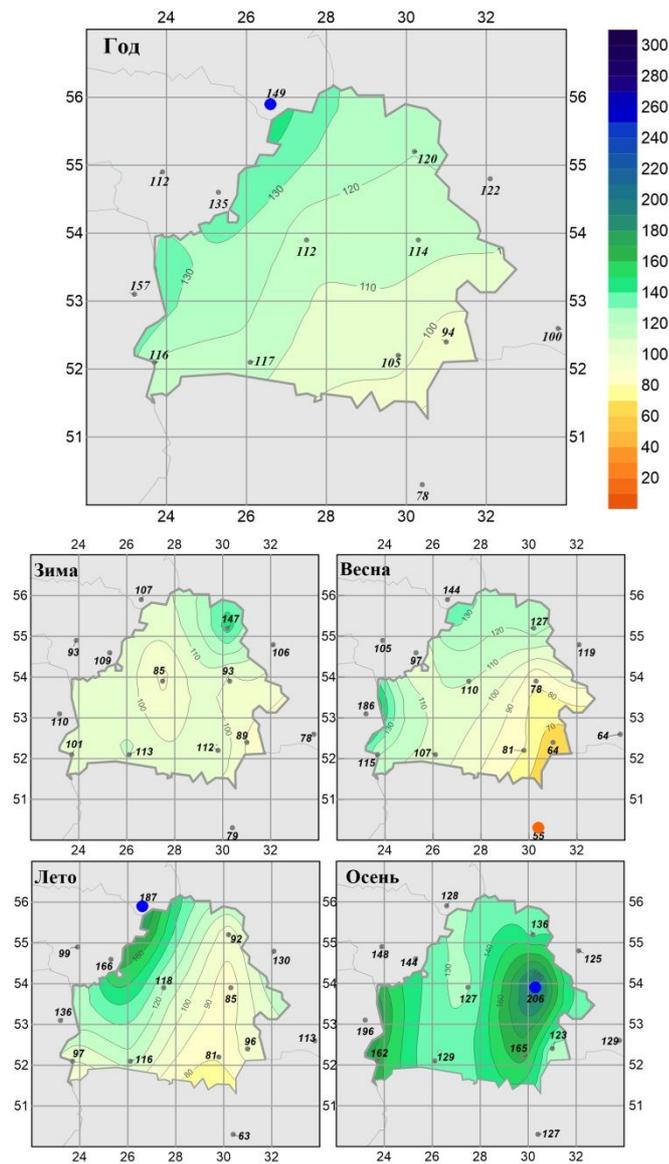


Рисунок 2 - Аномалии годовых (декабрь 2016 – ноябрь 2017) и сезонных сумм осадков (в процентах от нормы) на территории республики Беларусь. Синими кружками показаны станции, осуществились 95% экстремумы выпадения осадков. Цифрами приведены значения аномалий осадков в процентах от нормы на станциях.

Среднегодовая аномалия температуры воздуха в 2017 году осредненная по территории Беларуси (таблица 3), равна $+1.4^{\circ}\text{C}$. Температуры на всех станциях были выше климатической нормы, от 1.23°C (в Могилеве) до 1.85°C (в Пинске). Тепло было во все сезоны года: зимой (аномалия $+1.83^{\circ}\text{C}$), весной ($+1.2^{\circ}\text{C}$), летом ($+0.87^{\circ}\text{C}$) и осенью ($+1.30^{\circ}\text{C}$).

В таблице 4 показаны годовые и сезонные аномалии месячных сумм осадков. В 2017 году в среднем по территории Беларуси аномалия осадков составила 8.3 мм/месяц – 10-ая величина. Экстремальным сезоном была осень (аномалия 149% – пятая величина с 1936 г). Избыток осадков преобладал во все сезоны. Наиболее «влажным» месяцем был октябрь: 226% нормы – ранг 4 (на всех станциях выпало

более полутора норм осадков), наиболее «сухим» - май (в среднем по республике выпало 72% нормы, дефицит осадков наблюдался практически всюду).

Таблица 3.

Средние сезонные аномалии температуры, осредненные по территории Беларуси в 2017 году.

νT (°C)- отклонения от средних за 1961-1990 гг.; R – ранг текущих значений в ряду убывающих осадков за 1936-2017гг.

Сезоны	νT	s	R	Рекордный год и его аномалия (νt , °C)
Зима	1.83	2.71	29	1990 (+5.33°C)
Весна	1.62	1.58	17	2014(+3.41°C)
Лето	0.87	0.91	31	2010 (+4.08°C)
Осень	1.30	0.92	11-12	1967 (+2.48°C)
Год	1.40	1.05	14-15	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 – 2017 гг. Показаны линейные тренды за 1976-2017 гг., рассчитанные методом наименьших квадратов.

Таблица 4.

Средние сезонные аномалии месячных сумм осадков, осредненные по территории Беларуси в 2017 году.

νR (мм/месяц)- отклонения от средних за 1961-1990 гг.;
 R – ранг текущих значений в ряду убывающих осадков за 1936-2017гг.

Сезоны	νR	s	R
Зима	1.9	8.1	37
Весна	1.8	10.6	34-35
Лето	5.0	15.9	30-31
Осень	24.2	12.7	5
Год	8.3	5.4	10-11

Таблица 5.
Оценки линейного тренда региональн
о

осредненной температуры и осадков для республики Беларусь за 1976-2017гг.

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

Сезоны	Температура		Осадки	
	$b_{1976-2017}$ °C/10 лет	$D_{1976-2017}$ %	$b_{1976-2017}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2017}$ %
Зима	0.58	9	5.3	10
Весна	0.54	24	2.7	12
Лето	0.69	47	0.0	0

Осень	0.42	21	1.8	2
Год	0.56	41	1.6	11

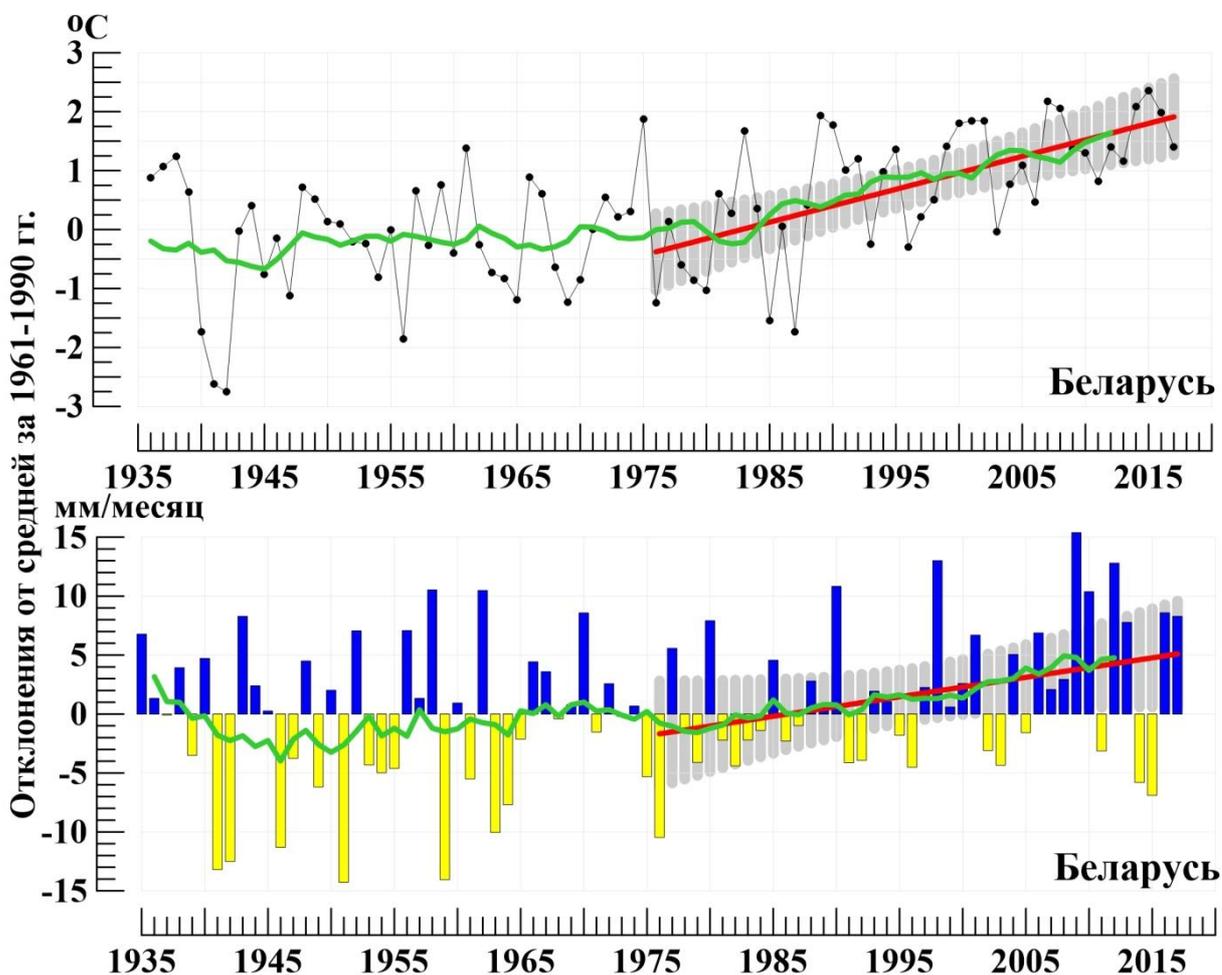


Рисунок 3 - Годовые аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) и месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории республики Беларусь.

Показаны 11-летняя скользящая средняя и линейный тренд за период 1976 – 2017 гг. и 95% -я доверительная область для линии тренда.

Коэффициент линейного тренда изменений температуры воздуха за период 1976 – 2017 гг. составил $+0.56^{\circ}\text{C}$ за 10 лет, доля объясненной трендом дисперсии ряда 41%. Рост температуры происходит во все сезоны года. Наибольшая скорость потепления на территории республики Беларусь – летом (0.69°C за 10 лет).

Коэффициент линейного тренда осадков за период 1976 - 2017 гг. составил $1.6\%/10$ лет, вклад тренда в суммарную дисперсию ряда составил 11%.

ВЫВОДЫ

1. В среднем по Беларуси годовая аномалия температуры воздуха составила $+1.40^{\circ}\text{C}$ – ранг 14-15. Температуры на всех станциях были выше климатической нормы. Тепло было во все сезоны, наиболее теплой была осень: аномалия 1.30°C – ранг 11-12.

2. В среднем по Беларуси сезонная аномалия осадков составила 8.3 мм/месяц – ранг 10-11. Экстремальным сезоном была осень: аномалия 24.5 мм/месяц – пятая 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 47%)

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