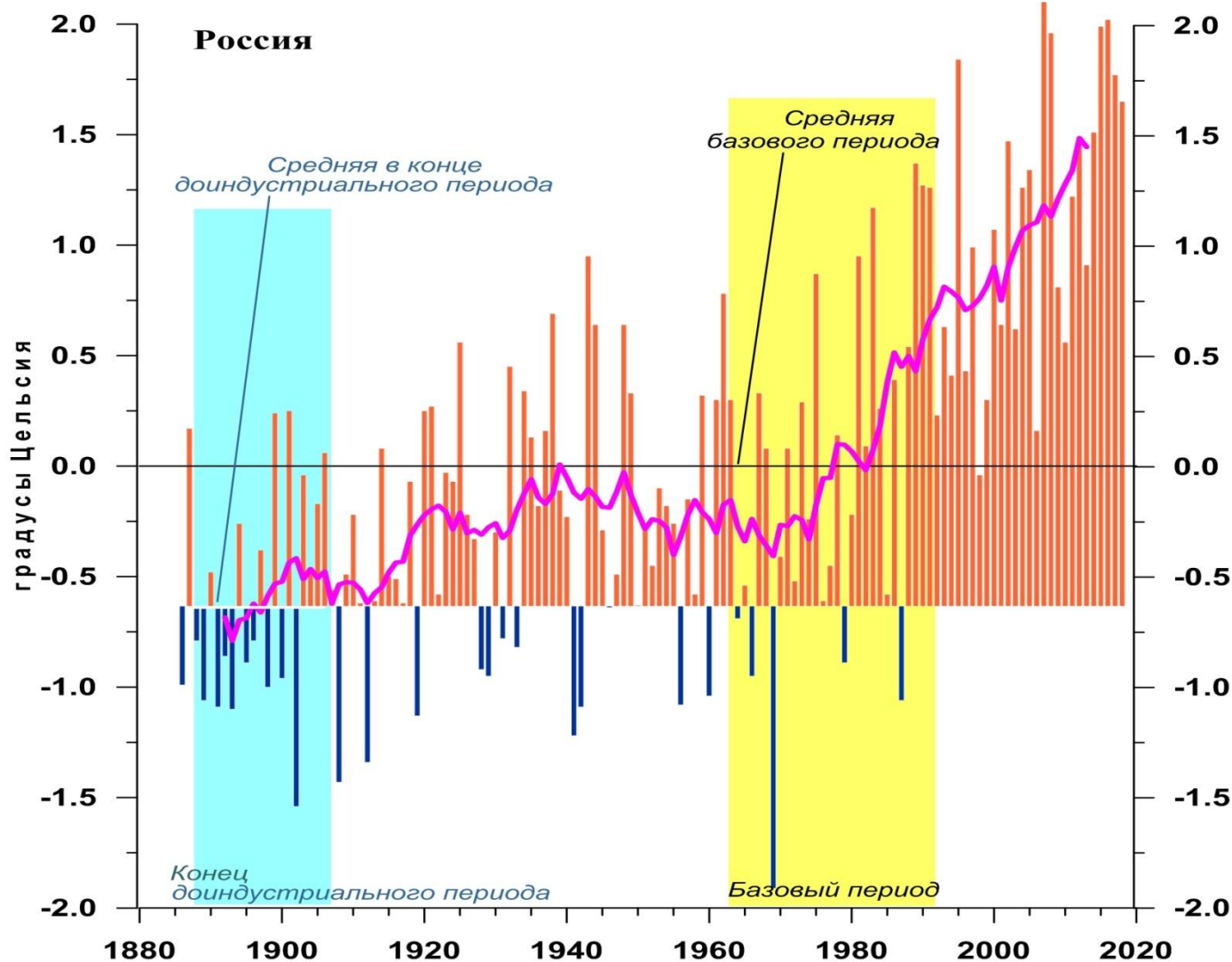


Федеральная служба
по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды

Предварительный
Российская
Академия Наук

ФГБУ «Институт Глобального климата и экологии»



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2018

ГОД (ДЕКАБРЬ 2017 – НОЯБРЬ 2018)

Обзор состояния и тенденций изменения
климата России



Москва 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ¹

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ СРЕДНЕГОДОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ШАРА, СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ.....	6
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ 2018 ГОДА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	8
3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	19
4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ В РЕГИОНАХ РОССИИ, 1936-2018 гг.....	23
5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2018 гг.	29
ВЫВОДЫ.....	31
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности 2018 г. на территории Республики Беларусь.....	34

¹ На обложке приведен ход средней годовой аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2018 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 базовых архивах ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН». Архивы включают данные инструментальных наблюдений на 1383 (температура и осадки) и 3288 (только температура) станциях земного шара, в том числе 455 (702) станций стран СНГ и Балтии (из них 310 (576) станций России). В настоящем выпуске использованы данные 251 (399) 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.

Для температуры воздуха все данные в тексте и на картах приведены по архиву T3288, а осредненные по регионам данные на графиках и в таблицах – по двум архивам: T3288 и T1383. Для осадков все оценки приведены по базовому архиву R1383.

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 2017 – ноябрь 2018 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» (3288 станций Земного шара).

С 1970-х гг. наблюдается монотонный рост глобальной температуры. Линейный тренд среднегодовой температуры за период 1976-2018 гг. (табл. 1.1.) составил для Земного шара $+0.18^{\circ}\text{C}/10$ лет; объясненная трендом доля дисперсии ряда за этот период - 85%. 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 $+0.595^{\circ}\text{C}$ (ранг 4) для Земного шара в целом и $+1.106^{\circ}\text{C}$ (ранг 5) для Северного полушария. Для России в целом среднегодовая аномалия температуры составила $+1.72^{\circ}\text{C}$ – седьмая величина в ранжированном по убыванию ряду наблюдений; шесть из семи максимальных значений наблюдались после 2006 г.

Таблица 1.1

Годовые (декабрь 2017-ноябрь 2018 года) аномалии и оценки линейного тренда пространственно осредненной приповерхностной температуры Земного шара и температуры приземного воздуха СП и России за период 1976-2018г.

Регионы	νT_{2018}	$b, ^{\circ}\text{C}/10$ лет	D %
Земной шар	0.59	0.18	85
СП	1.11	0.34	84
Россия	1.72	0.45	47

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

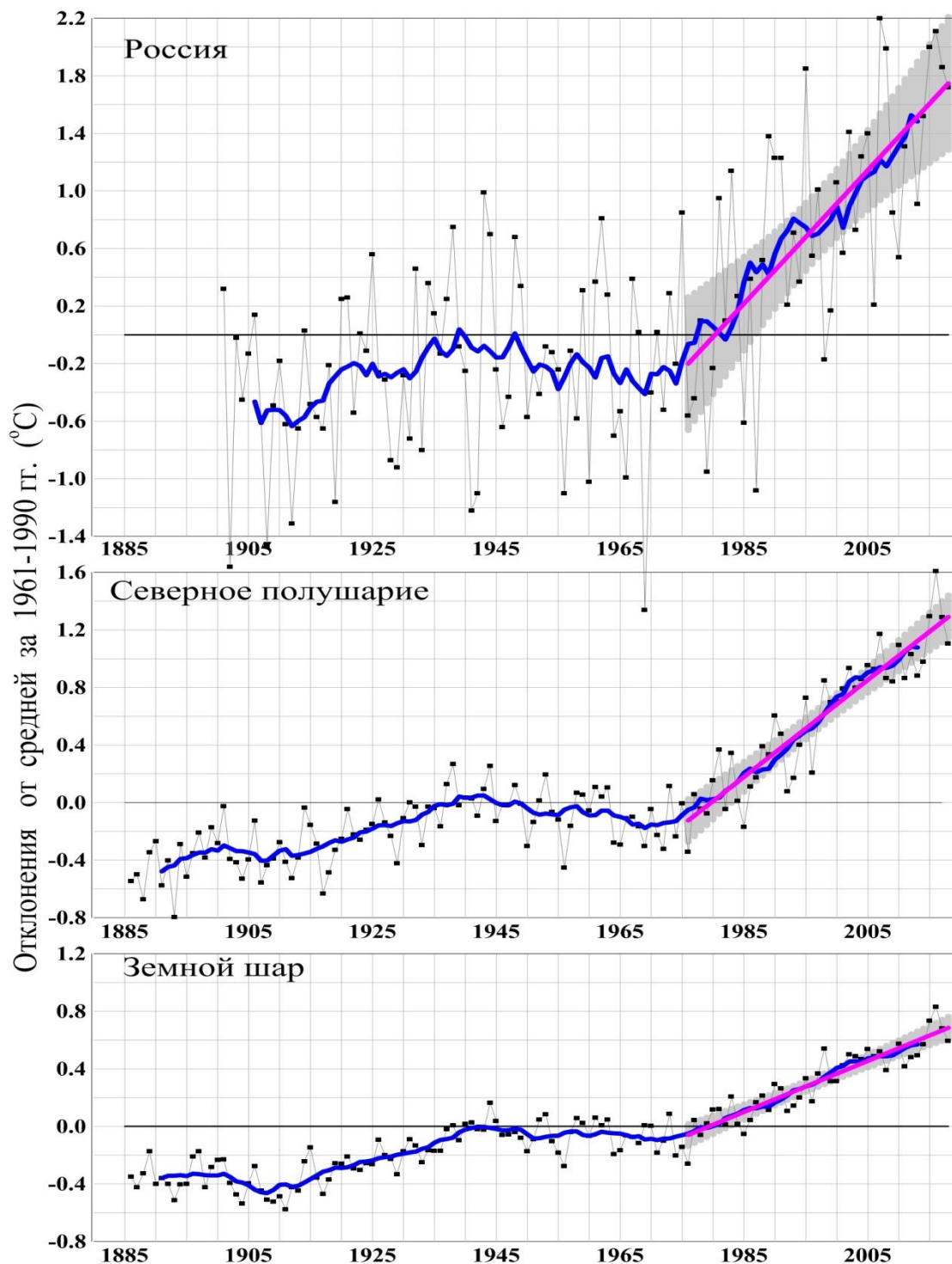


Рисунок 1.1 – Годовая аномалия (декабрь–ноябрь) приповерхностной температуры Земного шара, Северного полушария (суша) и России за 1886-2018 гг.

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 - scutet4nh.txt) и данные ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» (Россия - данные на станциях).

2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ 2018 ГОДА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ.

На рис. 2.1 и 2.3 представлены карты годовых и сезонных аномалий температуры и осадков в 2018 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 двух базовых архивов ИГКЭ: Т3288 и Т1383. Для каждого значения аномалии приведены вероятность неперевышения относительно выборки за 1936-2018 гг. и среднее квадратическое отклонение. Как видно из таблицы 2.1 различия в среднегодовых и средних сезонных значениях аномалий температуры по регионам РФ, полученных по двум архивам, не превышают 4% (исключение: Западная Сибирь, где различия среднегодовых аномалий составляют 17%, но при этом вероятности неперевышения температуры (ранги величин в рядах) практически одинаковы).

Таблица 2.1

Средние годовые (декабрь - ноябрь.) и сезонные аномалии температуры приземного воздуха для физико-географических регионов России и федеральных округов РФ в 2018 году (оценки двух базовых архивов ИГКЭ):

νT - отклонения от средних за 1961-1990 гг.; $P(t \leq T_{2018})$ - вероятности неперевышения (в скобках в столбце νT) – рассчитаны по данным за 1936-2017 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	$\nu T, ^\circ C$ (P)	s, °C	$\nu T, ^\circ C$ (P)	s, °C	$\nu T, ^\circ C$ (P)	s, °C	$\nu T, ^\circ C$ (P)	s, °C
Россия	1.72 (93)	0.76	2.50 (88)	1.80	0.81 (67)	1.80	1.28 (94)	0.34	2.32(99)	0.90
	1.65 (93)	0.76	2.31 (85)	1.82	0.77 (62)	1.82	1.27 (93)	0.33	2.23(99)	0.90
Физико-географические регионы России										
Европейская часть РФ	1.64 (92)	0.97	3.30 (88)	2.35	-0.16 (38)	2.35	1.52 (85)	1.01	1.92 (93)	1.04
	1.61 (92)	0.97	3.14 (87)	2.32	-0.08 (43)	2.32	1.54 (87)	1.00	1.81 (89)	1.04
Азиатская часть РФ	1.75 (93)	0.78	2.19 (84)	1.86	1.19 (71)	1.86	1.19 (90)	0.34	2.48 (99)	1.10
	1.67 (92)	0.78	1.98 (83)	1.89	1.12 (70)	1.89	1.16 (88)	0.35	2.40 (99)	1.10
Западная Сибирь	1.02 (75)	1.08	2.38 (78)	2.91	-0.92 (23)	2.91	0.93 (80)	0.80	1.70 (82)	1.54
	0.87 (76)	1.08	1.91 (73)	2.91	-0.93 (24)	2.91	0.84 (79)	0.80	1.64 (82)	1.54
Средняя Сибирь	1.87 (89)	1.10	1.60 (68)	2.81	1.45 (74)	2.81	1.79 (98)	0.65	2.58 (93)	1.80
	1.90 (90)	1.10	1.76 (70)	2.74	1.45 (74)	2.74	1.77 (98)	0.65	2.55 (93)	1.80
Прибайкалье и Забайкалье	1.68 (92)	0.73	0.96 (71)	1.80	2.35 (90)	1.80	1.59 (92)	0.54	1.80 (88)	1.23
	1.67 (92)	0.73	0.97 (70)	1.90	2.25 (88)	1.90	1.61 (93)	0.57	1.82 (88)	1.23

Приамурье и Приморье	1.16 (87)	0.73	0.30 (56)	1.50	1.63 (88)	1.50	0.30 (51)	0.72	2.39 (99)	0.89
	1.11 (87)	0.73	0.27 (56)	1.67	1.56 (88)	1.67	0.20 (45)	0.75	2.42 (99)	0.89
Восточная Сибирь	2.67 (99)	0.62	4.13 (100)	1.37	2.08 (85)	1.37	1.08 (84)	0.53	3.48 (98)	0.94
	2.60 (98)	0.62	3.87 (100)	1.39	2.05 (84)	1.39	1.00 (79)	0.56	3.45 (100)	0.94
Федеральные Округа РФ										
Северо-Западный	2.02 (88)	1.14	4.52 (92)	2.82	-0.36 (35)	2.82	1.53 (88)	1.22	2.41 (96)	1.24
	2.02 (89)	1.14	4.33 (90)	2.88	-0.15 (40)	2.88	1.56 (85)	1.17	2.34 (96)	1.24
Центральный	1.81 (94)	1.10	3.31 (83)	2.72	0.41 (61)	2.72	1.68 (84)	1.21	1.86 (89)	1.13
	1.82 (93)	1.10	3.32 (85)	2.69	0.36 (60)	2.69	1.69 (84)	1.22	1.87 (90)	1.13
Приволжский	0.92 (70)	1.05	2.21 (76)	2.57	-1.17 (27)	2.57	1.01 (74)	1.18	1.62 (79)	1.25
	0.89 (71)	1.05	2.10 (73)	2.54	-1.18 (26)	2.54	1.04 (76)	1.19	1.58 (80)	1.25
Южный	1.83 (95)	0.96	2.61 (87)	2.08	1.15 (78)	2.08	2.22 (92)	1.04	1.34 (82)	1.05
	1.81 (95)	0.96	2.65 (87)	2.08	1.21 (78)	2.08	2.17 (92)	1.04	1.16 (78)	1.05
Северо-Кавказский	2.11 (100)	0.73	2.65 (94)	1.64	1.93 (96)	1.64	2.30 (98)	0.78	1.57 (90)	0.85
	1.97 (100)	0.73	2.71 (95)	1.59	1.58 (93)	1.59	2.27 (99)	0.76	1.28 (80)	0.85
Уральский	1.34 (78)	1.18	3.80 (87)	3.09	-1.44 (17)	3.09	0.99 (78)	1.02	2.02 (87)	1.64
	1.21 (80)	1.18	3.34 (82)	3.12	-1.42 (18)	3.12	0.94 (76)	1.02	1.99 (87)	1.64
Сибирский	1.41 (87)	0.93	1.26 (68)	2.53	1.15 (66)	2.53	1.37 (93)	0.46	1.87 (87)	1.49
	1.37 (87)	0.93	1.24 (67)	2.57	1.06 (63)	2.57	1.34 (88)	0.47	1.85 (87)	1.49
Дальневосточный	2.10 (98)	0.69	2.40 (94)	1.43	1.90 (87)	1.43	1.09 (85)	0.46	3.05 (100)	1.01
	2.03 (98)	0.69	2.18 (93)	1.46	1.88 (87)	1.46	1.05 (84)	0.48	3.00 (100)	1.01

В таблице 2.2 приведены средние месячные аномалии температуры (°C) в для физико-географических регионов России и федеральных округов РФ в 2018 г.

Таблица 2.2

Средние месячные аномалии температуры, осредненные по территории регионов РФ в 2018 г. *Красным цветом выделены месяцы с положительными аномалиями температуры, синим – с отрицательными* (оценки базового архива Т3288 ИГКЭ)

Регионы	Аномалии температуры (°C)											
	дек 17	яне	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя
Российская Федерация	3.19	2.39	1.90	-0.49	2.10	0.81	1.53	1.01	1.30	1.80	3.94	1.29
Физико-географические регионы России												
Европейская часть России	4.93	4.47	0.49	-3.31	0.89	1.90	0.15	2.59	1.77	2.70	2.41	0.67
Азиатская часть России	2.52	1.59	2.44	0.59	2.58	0.38	2.06	0.39	1.12	1.45	4.54	1.53
Западная Сибирь	5.01	0.72	1.41	-1.05	0.69	-2.42	1.92	0.46	0.39	1.62	3.84	-0.30
Средняя Сибирь	1.46	1.73	1.64	0.46	2.88	1.01	4.48	-0.69	1.70	0.90	6.11	0.79
Прибайкалье и Забайкалье	1.63	0.17	1.08	2.72	2.67	1.70	2.47	0.30	1.99	0.96	3.63	0.95
Приамурье и Приморье	-0.24	1.76	-0.66	1.05	1.50	2.24	-0.38	0.71	0.57	0.64	3.55	3.02
Восточная Сибирь	3.05	2.89	6.47	0.91	4.45	0.80	0.86	1.29	1.10	2.47	4.51	3.48
Федеральные Округа РФ												
Северо-Западный	6.08	7.10	0.31	-4.46	1.44	1.94	-0.09	2.84	1.83	2.79	1.93	2.48
Центральный	5.90	4.60	-0.57	-3.36	1.67	2.86	0.37	2.01	2.65	3.44	2.26	-0.14
Приволжский	3.76	2.56	0.31	-3.88	-0.40	0.74	-0.79	2.41	1.24	2.41	2.68	-0.21
Южный	3.85	1.86	2.07	-0.73	1.05	3.07	2.16	2.60	1.93	2.57	3.34	-1.78
Северо-Кавказский	2.98	1.64	3.33	2.21	0.96	2.60	2.26	3.36	1.20	2.13	3.13	-0.55
Уральский	6.52	3.40	1.48	-2.76	0.39	-1.95	1.36	1.30	0.28	2.19	3.92	0.02
Сибирский	2.77	-0.51	1.51	1.57	2.16	-0.28	3.42	-0.60	1.34	0.98	4.57	0.14
Дальневосточный	1.20	2.55	3.39	0.77	3.43	1.48	1.23	0.87	1.20	1.58	4.66	2.94

2018 год в целом (рис.2.1) был очень теплым: средняя годовая температура воздуха, осредненная по территории РФ превысила норму 1961-1990 гг. на 1.72°C - седьмая положительная аномалия в ряду с 1936 г. Положительные аномалии наблюдались практически всюду, кроме приграничных с Казахстаном районов (с аномалиями до -0.9°C).

Особенно тепло (на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы) на юге ЕЧР: в СКФО (2.11°C – ранг 1) и в ЮФО (1.83°C – ранг 5); в Восточной Сибири (2.67°C – ранг 2, наибольшая аномалия зафиксирована на станции Мыс Уэлен: 6.3°C); а также вдоль побережья Белого и Баренцева морей, в Забайкалье.

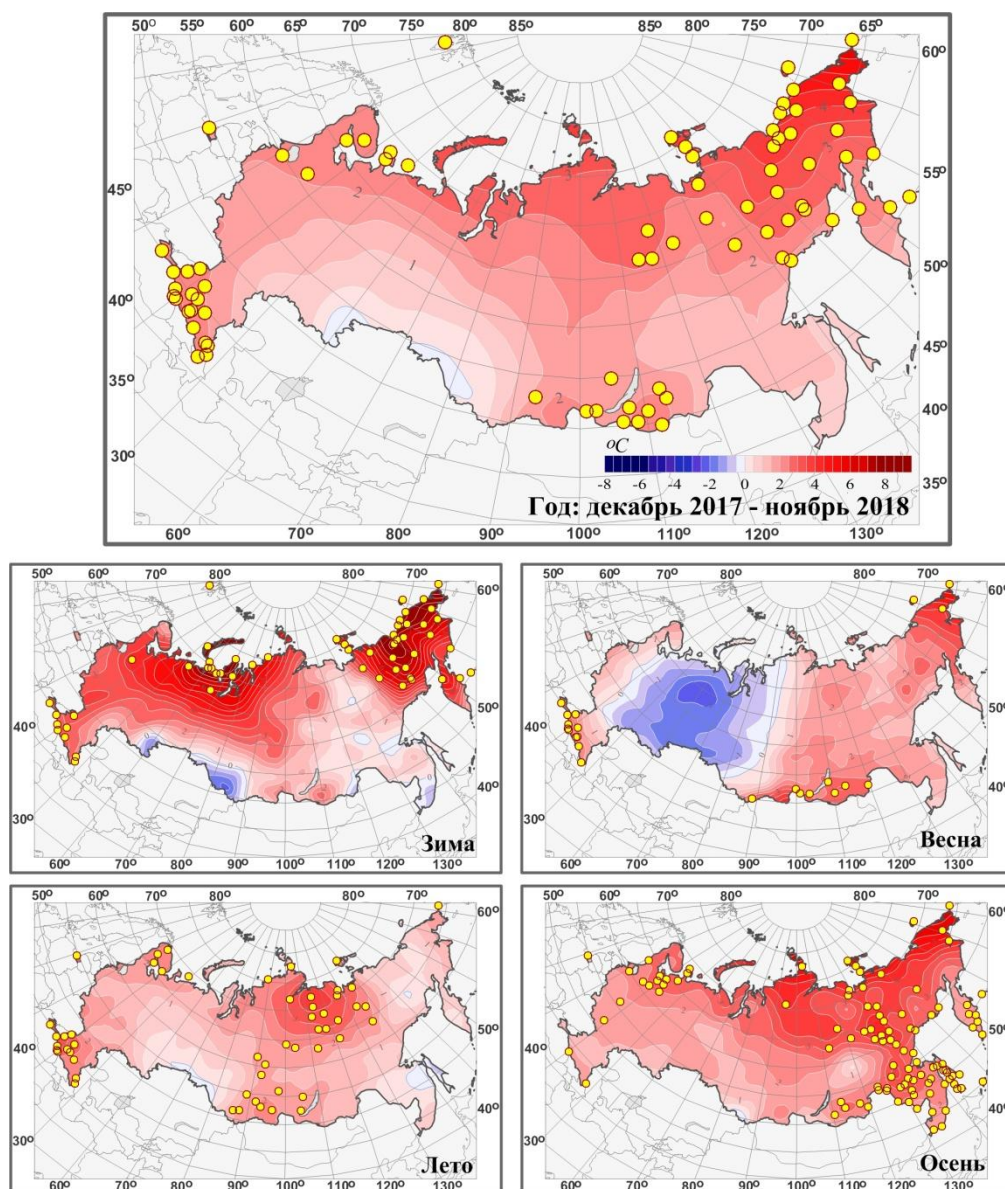


Рисунок 2.1 - Поля аномалий температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России в 2018 г., в среднем за год и по сезонам. Кругами белого цвета показано местоположение стационарных экстремумов ниже 5-го перцентиля, желтого – выше 95-го перцентиля. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за базовый период 1961-1990 гг.

Зимой 2017/18 г. осредненная по территории РФ сезонная аномалия $+2.50^{\circ}\text{C}$ (ранг 11). Положительные аномалии температуры наблюдались на большей части страны (за исключением южных пограничных с Казахстаном районов и отдельных южных и центральных районов ДВФО). Экстремально тепло (повсеместно фиксировались 95%-е процентиля, аномалии на станциях более $+6^{\circ}\text{C}$) на Северном Урале, на Ямале, в Восточной Сибири (аномалия $+4.13^{\circ}\text{C}$ – максимальная величина в ряду), на юге ЮФО и СКФО.

Температуры ниже нормы наблюдались на юге Западной Сибири (в пограничных с Казахстаном районах (аномалии до -2.7°C), в и отдельных южных и центральных районах ДВФО (аномалии до -1°C).

В декабре 2017 г. - осредненная по территории РФ аномалия температуры 3.19°C (ранг 6). Значительные положительные аномалии температуры наблюдались в ЕЧР, в Западной и Средней Сибири, на Чукотке (на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы, аномалии более 10°C в Ямало-Ненецком АО). Холодно (аномалии до -3°C) в течении Лены и ее притоков, в Приморье.

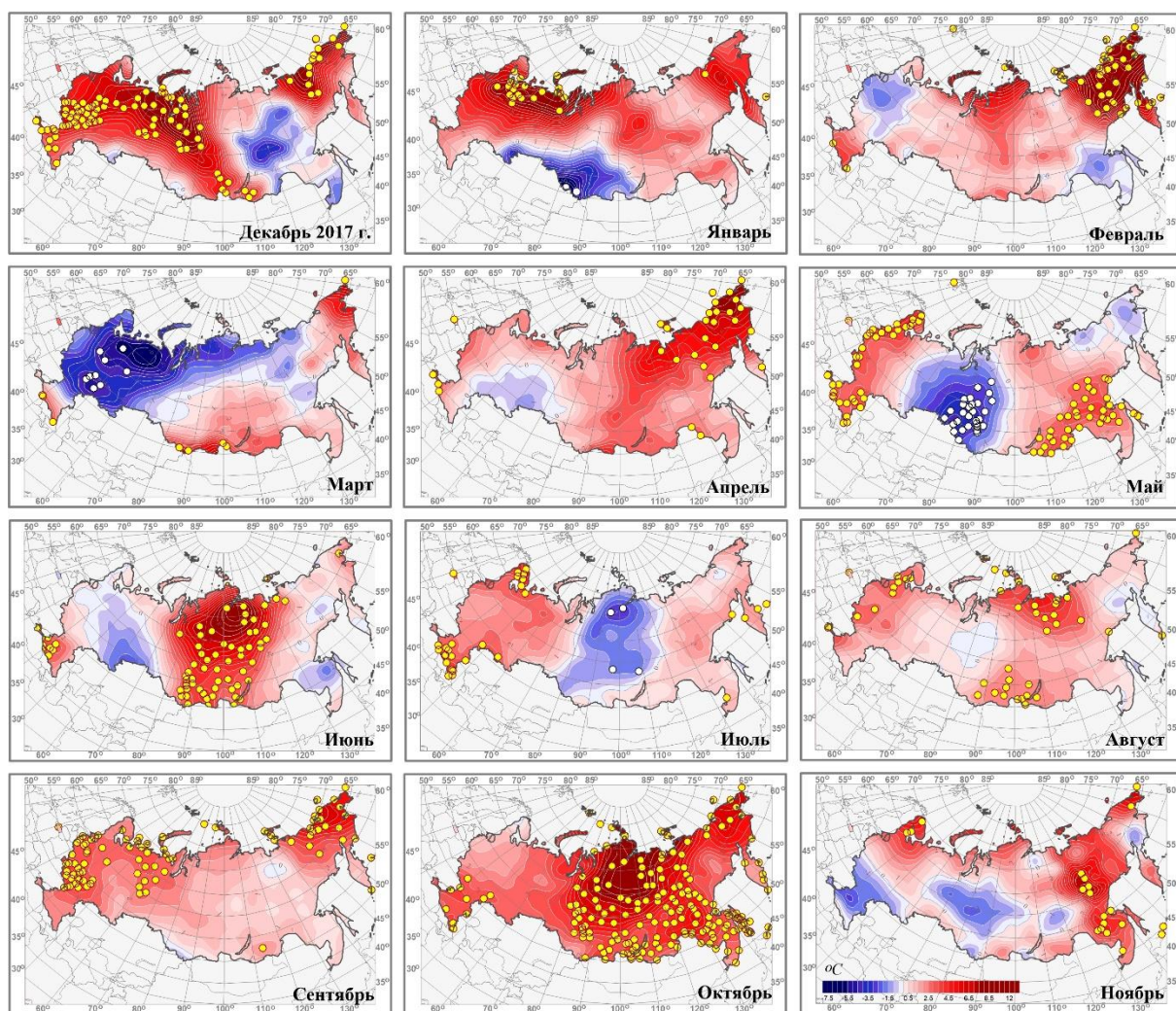


Рисунок 2.2 – Поля средних месячных аномалий температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России в 2018 г. Условные обозначения см. на рис.2.1

В январе на большей части России тепло, значительные положительные аномалии температуры (повсеместно 95%-е экстремумы) наблюдались на севере ЕЧР (осредненная по СЗФО аномалия 7.10°C –

ранг 3) и севере Западной Сибири, наибольшая аномалия зафиксирована на станции мыс Болванский (12°C). Холодно (аномалии до -7.7°C) на юге страны от Южного Урала до Байкала.

В феврале – экстремально тепло в Восточной Сибири (+6.47°C – ранг 2); повсеместно на станциях отмечались 95%-е экстремумы. Температуры ниже климатической нормы наблюдались в ЦФО (-0.57°C), в южных районах СЗФО, в Приамурье и Приморье (-0.66°C).

Весной осредненная аномалия по РФ составила 0.81°C. Температуры выше климатической нормы наблюдались на западе и юге ЕЧР (аномалии до 3°C) и восточнее ~90° в.д. (аномалии на Чукотке до 6°C). Экстремально тепло (на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы) в СКФО (аномалия 1.93°C – ранг 4), в Саянах, на востоке Чукотки.

Холодно в центре и на востоке ЕЧР, в Западной Сибири. Наименьшие аномалии наблюдались на Среднем Урале (до -2.4°C).

В марте осредненная аномалия температуры по РФ -0.49°C. Холодно в ЕЧР (аномалии до -6.7°C, холодно во всех федеральных округах кроме СКФО; осредненная по ЕЧР аномалия температуры -3.31°C – среди одиннадцати самых холодных в ряду), и далее, в Западной Сибири, на севере Средней Сибири, на западе Якутии, в Хабаровском крае. На ряде станций ЕЧР отмечались 5%-е экстремумы. Тепло на юге АЧР восточнее истоков Оби (или восточнее 90° в.д. аномалии на станциях до 9.9°C); на северо-востоке страны (аномалии до 8.5°C), в Предгорьях Кавказа.

Апрель. Осредненная по РФ аномалия температуры 2.10°C. Тепло всюду (кроме ПФО и юга Западной Сибири), экстремально тепло на востоке РФ (на большинстве станций отмечались 95%-е экстремумы, аномалии на станциях до 8.9°C, осредненная по Восточной Сибири аномалия 4.45°C - ранг 2). Холодно (аномалии до -1.6°C) в Приволжском ФО и на юге Западной Сибири.

В мае тепло в западных и центральных районах ЕЧР (экстремально тепло на западе ЕЧР, в ЮФО (3.07°C – ранг 4) и СКФО (2.60°C – ранг 3) – повсеместно отмечались 95%-е экстремумы); в АЧР: на востоке Среднесибирского плоскогорья и, далее, в бассейне Лены и ее притоков, в Саянах, в районе Байкала, в Приамурье и в Приморье, на Сахалине и на Камчатке. Экстремально тепло (повсеместно отмечались 95%-е экстремумы, аномалии 3-4°C) в Забайкалье, на юге Якутии, в Хабаровском крае, в Приамурье (осредненная по региону Приамурье и Приморье аномалия температуры составила 2.24°C – ранг 4).

Яркая особенность мая – большая область с отрицательными аномалиями, которая наблюдалась на востоке ЕЧР, в Западной Сибири и на западе Среднесибирского плоскогорья (осредненная по региону Западная Сибирь аномалия температуры составила -2.42°C – май здесь среди трех самых холодных в ряду). Экстремально холодно (повсеместно отмечались температуры ниже 5%-го перцентиля) в верхнем течении Оби и в верхнем и среднем течении Енисея.

Небольшие отрицательные аномалии температуры (около -1°C) наблюдались в междуречье нижних течений Индигирки и Колымы, на большей части Чукотского АО, наименьшая аномалия зафиксирована на станции Анадырь Чукотского АО (-1.9°C).

Лето. Осредненная по РФ аномалия температуры 1.28°C – ранг 6. Тепло практически всюду, экстремально тепло (аномалии выше 1.5°C, на станциях отмечались 95%-е сезонные экстремумы) на Кольском полуострове; на юге ЮФО и в СКФО (2.30°C – ранг 2); на севере Средней Сибири (осредненная по региону Средняя Сибирь аномалия составила 1.79°C – ранг 3), на Алтае и в Саянах.

Отрицательные аномалии (не ниже -0.5°C) наблюдались в приграничных с северными областями Казахстана районах, в нижнем течении Амура, на Сахалине.

Июнь. Осредненная по РФ июньская аномалия температуры: 1.53°C. Яркая особенность месяца – экстремально тепло (на большинстве станций отмечались 95%-е экстремумы) в междуречье Оби и Лены, осредненная по региону Средняя Сибирь июньская аномалия 4.48°C – максимальная величина в ряду. Очень тепло в Крыму, в Предгорьях Кавказа; а также вдоль побережья Анадырского залива. В июне холодно в центральных и юго-восточных районах ЕЧР, на юго-западе Западной Сибири.

Небольшие отрицательные аномалии температуры зафиксированы в ряде областей ДВФО, на юге Хабаровского края и в бассейне нижнего течения Амура аномалии более значительные (до -2.4°C).

В *июле* осредненная по РФ аномалия температуры составила 1.01°C . Тепло в ЕЧР (особенно в СКФО (3.36°C – ранг 1)) и на большей части Западной Сибири (кроме восточных районов), на ряде станций севера и юга ЕЧР фиксировались 95%-е экстремумы, аномалии температуры на севере до 5.5°C , на юге – до 4.3°C . Тепло также в районе Байкала, на востоке страны - восточнее течения Лены, аномалии температуры до 2.5°C .

В бассейне Енисея и, далее, на Среднесибирском плоскогорье и на Таймыре холодно, аномалии на севере около -3°C . Холодно на Сахалине – аномалии от 0°C до -1.3°C .

Август. Осредненная по РФ аномалия температуры 1.30°C – седьмая величина в ряду. Экстремально тепло (аномалии температуры выше 2°C , на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы) на западе и в центре ЕЧР (осредненная по ЦФО аномалия температуры: 2.65°C – седьмая величина в ряду), а также на Таймыре и, далее, на Северо-Сибирской низменности и в нижнем течении Лены (осредненная по региону Средняя Сибирь аномалия: 1.70°C – четвертая в ряду), в Прибайкалье и Забайкалье (1.99°C – ранг 7).

Температуры ниже климатической нормы наблюдались (не менее -0.5°C) наблюдались в среднем течении Оби и Енисея, в Магаданской области и на Камчатке, на Сахалине.

Осень. Осредненная по РФ аномалия температуры 2.32°C – вторая величина в ряду. Всюду на территории страны средние сезонные аномалии были положительными. Наиболее теплые условия осенью (на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы) наблюдались в ДВФО (аномалия 3.05°C – максимальная величина в ряду) и в СЗФО (2.41°C – ранг 2).

В *сентябре* - осредненная по РФ аномалия температуры 1.80°C – ранг 2. Тепло практически всюду (кроме небольших областей: на севере Якутии и на Алтае). Экстремально тепло (аномалии выше 2°C , на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы) на большей части ЕЧР (2.70°C – ранг 2,) и на северо-западе Западной Сибири; а также в Восточной Сибири (2.47°C – ранг 2).

Октябрь. Исключительно теплый месяц, осредненная по РФ аномалия температуры 3.90°C – максимальная величина в ряду, экстремально тепло в АЧР (4.51°C – ранг 1), аномалии на севере до 9°C .

В *ноябре* осредненная по РФ аномалия температуры 1.29°C . Экстремально тепло (аномалии 3°C - 9°C) во многих областях ДВФО (на многих станциях юга Якутии и Приморья отмечались 95%-е экстремумы); а также в Карелии и в Мурманской области.

Холодно (аномалии до -2°C) в центре и юге ЕЧР, в центральных районах Западной и Средней Сибири. Наименьшая аномалия зафиксирована на станции Гигант Ростовской области: -3.3°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 2017 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 2018 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 2018 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 1936-2017гг.). В таблице

2.4 приведены относительные аномалии месячных сумм осадков (в процентах от нормы) в 2018 г. в рассматриваемых регионах России.

В целом по РФ за год количество выпавших осадков составило 105% нормы. Значительный избыток осадков (более 120% нормы, на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы) наблюдался в верхнем и среднем течении Оби и ее притоков (осредненные по Сибирскому ФО осадки 113% нормы (ранг 5)), в Забайкалье, на северо-востоке (в Магаданской и в Чукотском АО).

Дефицит осадков (60%-80%, на ряде станций 5%-е экстремумы) наблюдался в ПФО (90% нормы), вдоль побережья Восточно-Сибирского и Чукотского морей.

Таблица 2.3

Средние годовые (декабрь - ноябрь.) и сезонные аномалии осадков для физико-географических регионов России и федеральных округов РФ в 2018 году (оценки базового архива T1383 ИГКЭ):

νR (мм/месяц)- отклонения от средних за 1961-1990 гг; RR – отношение R_{2018} к норме, выраженное в %; $P(r \leq R_{2018})$ Вероятности превышения (в скобках в столбце νR) – рассчитаны по данным за 1936-2017 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	2.1 (82)	105	2.9 (84)	113	3.6 (82)	113	-2.0 (21)	97	3.5 (84)	108
Физико-географические регионы России										
Европейская часть РФ	-0.4 (44)	99	5.6 (84)	115	1.9 (54)	105	-6.4 (20)	90	-2.5 (33)	95
Азиатская часть РФ	3.1 (94)	108	2.0 (85)	111	4.4 (95)	118	-0.0 (34)	100	5.9 (96)	115
Западная Сибирь	3.9 (87)	110	-4.5 (21)	80	13.9 (99)	149	1.5 (44)	102	4.6 (83)	111
Средняя Сибирь	1.9 (62)	106	3.6 (94)	122	5.0 (940)	124	-2.2 (28)	96	0.5 (50)	102
Прибайкалье и Забайкалье	5.4 (90)	116	4.7 (98)	144	0.4 (48)	102	10.0 (82)	113	6.7 (88)	124
Приамурье и Приморье	1.6 (63)	103	-0.6 (50)	97	-6.7 (20)	83	3.7 (63)	104	9.8 (87)	118
Восточная Сибирь	2.8 (85)	108	6.7 (95)	130	1.6 (70)	108	-8.6 (10)	83	10.9 (93)	128
Федеральные Округа РФ										
Северо-Западный	2.6 (68)	105	6.5 (82)	118	-1.0 (45)	97	0.4 (50)	101	4.6 (72)	108
Центральный	-0.4 (54)	99	17.7 (98)	144	2.8 (58)	107	-10.5 (26)	85	-11.4 (17)	78
Приволжский	-4.2 (23)	90	-0.8 (49)	98	5.6 (68)	117	-10.3 (18)	82	-11.5 (18)	77
Южный	-1.1 (44)	97	1.5 (61)	104	0.0 (44)	100	-9.3 (22)	81	4.4 (65)	111
Северо-Кавказский	0.4 (39)	101	7.8 (78)	116	-1.1 (45)	98	-9.1 (27)	85	4.1 (51)	107
Уральский	1.7 (68)	104	-5.4 (17)	78	8.7 (87)	130	1.7 (56)	103	1.8 (62)	104
Сибирский	4.7 (95)	113	2.6 (85)	115	8.0 (98)	134	2.4 (52)	104	5.7 (96)	116
Дальневосточный	2.0 (80)	105	3.4 (93)	119	0.1 (54)	100	-3.2 (35)	95	7.1 (94)	118

Зима 2017/18 гг. в целом была достаточно снежной, количество выпавших осадков составило 113% нормы. Экстремальное количество осадков выпало на западе и в центре ЕЧР, в Байкальском регионе, на севере Красноярского края, в бассейне реки Омолон, на Камчатке. Дефицит осадков (60%-80% нормы, повсеместно отмечались 5%-е экстремумы) наблюдался на Южном Урале и юге Западной Сибири.

В **декабре** осредненные по РФ осадки: 124% нормы – ранг 3. Экстремальный избыток осадков (на многих станциях 95%-е экстремумы) наблюдался в ЕЧР (128% - ранг 2), в районе Байкала (в

Прибайкалье и Забайкалье выпало 159% нормы – ранг 2), в Средней Сибири (126% - ранг 4), в Якутии, на Чукотке, на Камчатке, в Приморье. Дефицит осадков (40-80%) наблюдался в восточных и центральных районах ДВФО, в УФО (83% нормы), на Алтае.

В *январе* значительный избыток осадков наблюдался на севере СФО и на большей части ДВФО (кроме Чукотки и Приамурья, всего по ДВФО выпало 129% нормы – ранг 8), на многих станциях Магаданской области и верховья Лены фиксировались 95%-е экстремумы). Избыток осадков (более 120%) наблюдался в западных районах ЕЧР. Сильный дефицит осадков наблюдался в Приволжском ФО, в Уральском ФО (66% - среди десяти самых сухих январей) - особенно в южных районах – на многих станциях фиксировались 5%-е экстремумы. Дефицит осадков (40-80%) наблюдался на юге Сибирского ФО, в Приамурье, на Чукотке.

В *феврале* избыток осадков (более 120%) наблюдался в центре ЕЧР, в центральных и восточных областях АЧР, особенно в Магаданской области. Дефицит осадков наблюдался в Приамурье и Приморье (в среднем по региону выпало 47% - февраль здесь среди одиннадцати самых «сухих»), на юге Западной и Средней Сибири, на севере ЕЧР, на Ямале (менее 80% нормы).

Весной в целом по РФ выпало 113% сезонной нормы осадков (ранг 16-17). Избыток осадков на юге Центрального Черноземья (в основном, в Белгородской области), в ПФО и, далее, на большей части Западной Сибири (кроме севера), в Средней Сибири, в Якутии, в Магаданской области и на Чукотке. Значительный избыток осадков (повсеместно отмечались 95%-е экстремумы) наблюдался на юге Западной Сибири, на Алтае (осредненные по СФО осадки: 134% нормы – третья величина в ряду).

Дефицит осадков (менее 80%) наблюдался вдоль побережья Восточно-Сибирского моря, в горах Дальнего Востока (за счет апреля), в Приамурье.

В *марте* осредненные по РФ осадки 159% нормы – третья величина в ряду, количество осадков в целом по АЧР: 168% - ранг 2. На многих станциях юга и северо-востока страны наблюдались 95%-е экстремумы (более двух норм осадков выпало на многих станциях юга ЕЧР, юга Западной Сибири, на Алтае и в предгорьях Саян, на северо-востоке страны, на Камчатке).

Дефицит осадков (менее 80%) наблюдался в центральных районах ЕЧР, в районе Яно-Индигорской низменности, на Лено-Ангарском плато, и далее, на Витимском плоскогорье.

В *апреле* избыток осадков (более 120%) наблюдался в ЕЧР: в ЦФО и ПФО; в АЧР: восточнее Оби в полосе от приграничных с Казахстаном районов до Северо-Сибирской низменности и, далее, в нижнем и среднем течении Лены и Алдана (на ряде станций Томской и Новосибирской областей выпало более двух норм осадков).

Сильный дефицит осадков (менее 60% нормы) наблюдался в Саянах, в Прибайкалье и Забайкалье (выпало 50% нормы – среди двух «самых сухих»), в Приамурье и Приморье (60% нормы), на востоке Якутии, на Чукотке, на юге ЕЧР (в ЮФО выпало 59%, в СКФО - 56%).

В *мае* дефицит осадков (менее 80% нормы, на ряде станций фиксировались 5%-е экстремумы) наблюдался в центре и на юге ЕЧР (в ЮФО выпало 53% нормы); на большей части ЗСФО (79% нормы), на Таймыре, на Чукотке и на Камчатке, в Хабаровском крае, в Приморье.

Значительный избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался на востоке ЕЧР (в верхнем течении Камы и Вычегды) и, далее, в южных и центральных районах Западной и Средней Сибири, в районе Байкала (осредненные по СФО осадки: 138% - ранг 4), в Якутии. На ряде станций отмечались 95%-е экстремумы или более двух с половиной норм..

Летом осредненные по РФ осадки составили 97% нормы. В ЕЧР преобладал дефицит осадков (выпало 90% сезонной нормы); экстремальный дефицит (на многих станциях отмечались 5%-е экстремумы) наблюдался в ЦФО и на западе ПФО. В АЧР экстремальный дефицит осадков (менее 60%) наблюдался в Восточной Сибири (выпало 83% нормы – среди девяти самых «сухих» летних сезонов), на Алтае, в центре Красноярского края.

Значительный избыток осадков (более 120%) наблюдался в среднем и верхнем течении Оби и Енисея; на Таймыре, в районе Байкала.

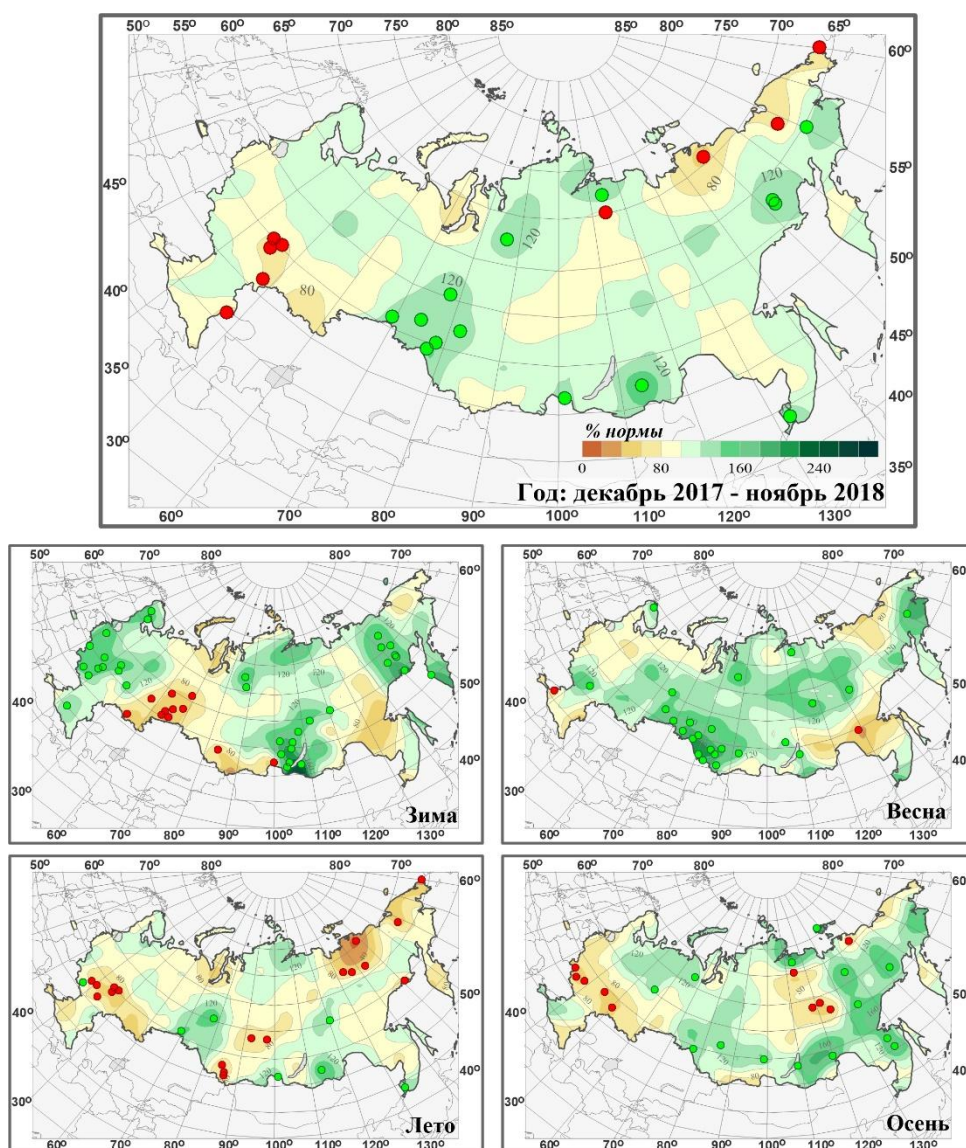


Рисунок 2.3 - Поля аномалий средних годовых (декабрь – ноябрь) и сезонных сумм осадков (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.) на территории России в 2018 г. Кружками красного цвета показаны стационарные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го перцентиля.

Июнь. Осредненные осадки по РФ составили 96% нормы. Сильный дефицит осадков (20%-60% нормы) наблюдался в центре и юге ЕЧР (на многих станциях отмечались 5%-е экстремумы, в ЮФО выпало 22% нормы – самый «сухой» июнь за период наблюдений, в СКФО: 50% - среди трех самых «сухих», в ЦФО 58% - среди семи самых «сухих» июней). В АЧР сильный дефицит осадков (20%-80%, на ряде станций отмечались 5%-е экстремумы) наблюдался на Алтае, в районе Обской губы, в Средней Сибири (72% - среди трех самых «сухих»), в западных районах Восточной Сибири.

Значительный избыток осадков (более 120%) наблюдался на севере ЕЧР и на большей части Западной Сибири (наибольшие осадки зафиксированы в Томской области на станции Бакчар: 308% нормы), на юге ДВФО, в отдельных районах Чукотки.

Таблица 2.4

Месячные относительные аномалии осадков в регионах РФ в 2018 г. (оценки базового архива Т1383 ИГКЭ). Зеленым цветом показаны месяцы, когда осадков выпало выше нормы, желтым – ниже нормы.

Регионы	Аномалии осадков (% нормы)											
	дек17	январь	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя
Российская Федерация	124	109	101	159	102	99	96	103	91	113	111	98
Физико-географические регионы России												
Европейская часть России	128	109	103	145	108	80	78	111	77	105	110	69
Азиатская часть России	120	109	99	168	99	109	104	100	96	116	112	118
Западная Сибирь	88	74	77	205	134	134	125	73	114	73	128	142
Средняя Сибирь	126	121	116	133	116	124	72	98	111	94	109	104
Прибайкалье и Забайкалье	159	131	133	137	50	122	97	142	90	149	92	101
Приамурье и Приморье	123	99	47	146	60	77	124	112	82	111	129	119
Восточная Сибирь	136	135	120	185	96	73	100	82	73	181	87	106
Федеральные округа РФ												
Северо-Западный	127	127	93	114	106	79	120	80	105	119	117	84
Центральный	167	130	129	128	141	91	58	142	44	103	93	36
Приволжский	116	78	97	144	134	84	70	104	68	75	98	58
Южный	106	98	105	215	59	53	22	180	25	144	132	68
Северо-Кавказский	128	114	101	170	56	83	50	115	103	86	118	117
Уральский	83	66	87	197	118	105	127	67	118	64	142	117
Сибирский	132	104	99	160	109	138	95	111	104	113	109	131
Дальневосточный	121	129	104	162	84	85	105	100	83	135	103	106

Июль. Осредненные осадки по РФ – 103% нормы. Значительный избыток осадков (более 120%) наблюдался на юге ЕЧР (в ЮФО выпало 180% нормы осадков: (ранг 2)); на Таймыре и Северо-Сибирской низменности; в Забайкалье и верхнем и среднем течении Лены (осредненные по региону Прибайкалье и Забайкалье осадки составили 142% нормы – ранг 3); в верховьях Яны, Индигирки, Колымы. На ряде станций этих районов фиксировались 95%-е экстремумы.

Дефицит осадков (40%-80% нормы) наблюдался на севере и востоке ЕЧР и, далее, в Западной и в центре Средней Сибири (осредненные по УФО осадки составили 67% - июль здесь среди пяти самых «сухих»); на севере Якутии, на Чукотке, на Камчатке, в Хабаровском крае. На ряде станций перечисленных районов наблюдались 5%-е экстремумы выпадения осадков.

Август. Осредненные по РФ осадки 91% нормы – среди пяти самых «сухих» августов в ряду с 1936 года. Яркая особенность месяца: наблюдался сильный дефицит осадков на больших пространствах как в европейской, так и азиатской частях страны. В ЕЧР экстремальный дефицит осадков (на многих станциях отмечались 5%-е экстремумы) наблюдался в ЦФО (44% - среди восьми самых «сухих»), в ЮФО (25% - самый «сухой» август в этом федеральном округе). В АЧР экстремальный дефицит осадков (менее 60% нормы) наблюдался в Восточной Сибири (73% - среди семи самых «сухих»), на Алтае, на юге ДВФО.

Значительный избыток осадков (более 160% нормы) наблюдался на севере СЗФО, в западных и центральных областях АЧР, особенно, в верховьях Оби и Енисея.

Осень. Осредненные по РФ осадки 108% нормы. Осредненные по АЧР 115% - ранг 4. Значительный избыток осадков (более 120% нормы, на ряде станций отмечались 95%-е экстремумы) наблюдался на северо-востоке ЕЧР и всюду на АЧР, кроме междуречья Енисея и Лены в среднем течении.

Сильный дефицит осадков (60%-80%) наблюдался в центральных областях ЕЧР (за счет ноября), особенно мало осадков выпало в ЦФО (78%) и ПФО (77%).

В сентябре осредненные по РФ осадки составили 113% нормы. Значительный избыток осадков (более 180% нормы, на многих станциях 95%-е экстремумы) наблюдался восточнее течения Лены и в

районе Байкала (в Восточной Сибири выпало 135% нормы – ранг 1, в Прибайкалье и Забайкалье – 149% - ранг 5). Избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался на западе СЗФО, в ЮФО.

Сильный дефицит осадков (60%-80%) наблюдался на востоке ЕЧР, и, далее, в АЧР до течения Лены (кроме южных районов Красноярского края). Осредненные по Западной Сибири осадки составили 73% нормы – сентябрь здесь среди пяти самых «сухих».

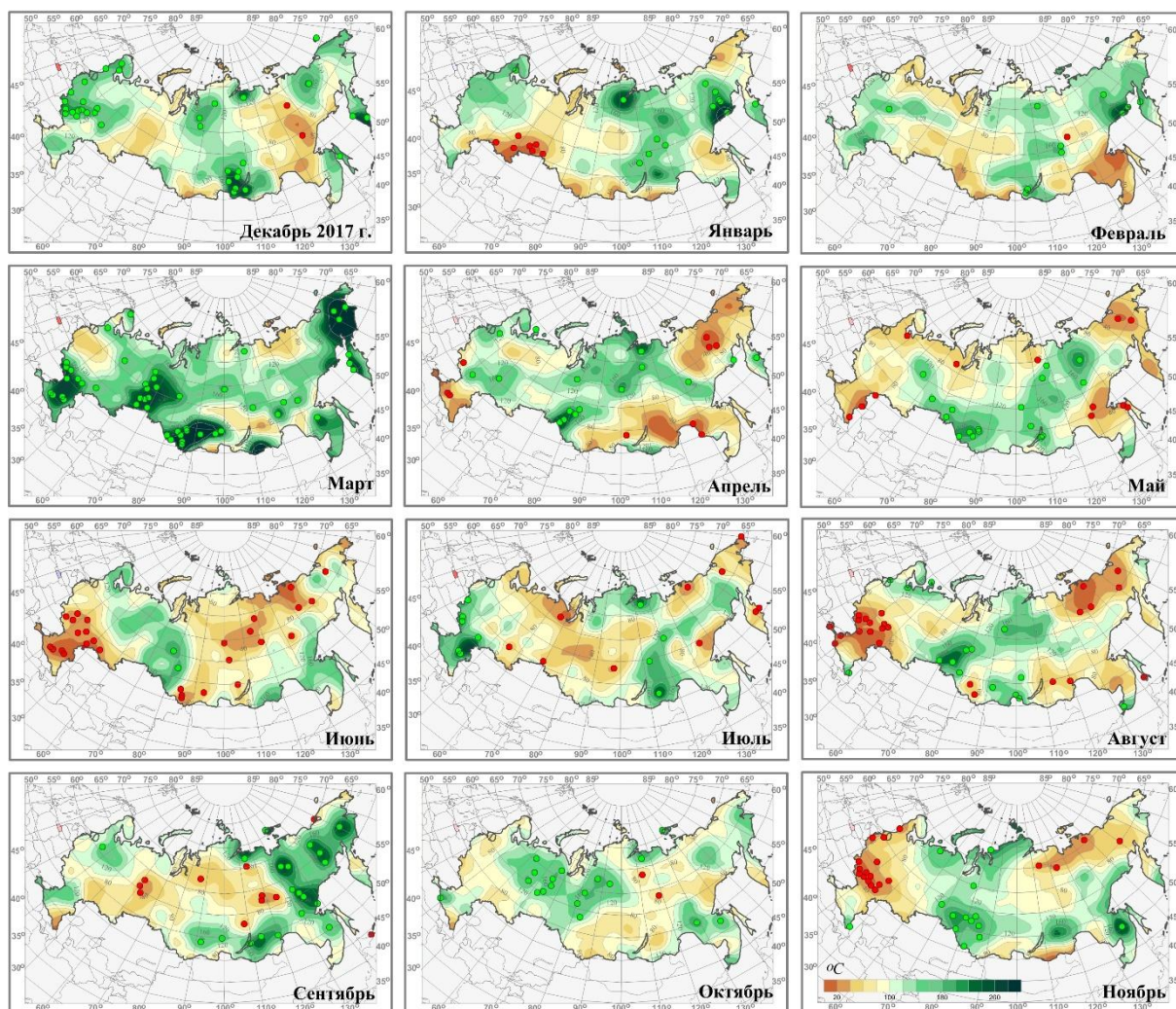


Рисунок 2.4 – Поля средних месячных аномалий осадков (% нормы) на территории России в 2018 г. Условные обозначения см. на рис.2.3

Октябрь. Значительный избыток осадков (на многих станциях 95%-е экстремумы) наблюдался на северо-востоке ЕЧР, на севере Западной и Средней Сибири.

В ноябре осредненные по РФ осадки 98% нормы. Сильный дефицит осадков наблюдался в ЕЧР (кроме северо-востока ЕЧР и СКФО), в целом по ЕЧР выпало 69%, на многих станциях центра и запада фиксировались 5%-е экстремумы, очень мало осадков выпало в ЦФО (36% - среди четырех самых «сухих»). Дефицит осадков (менее 60%) наблюдался также на севере АЧР, восточнее Таймыра.

Экстремальный избыток осадков наблюдался в Сибирском ФО (131% - ранг 4), на многих станциях юга Сибири отмечались 95%-е экстремумы; а также в Хабаровском крае.

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 2018 гг. На всех временных рядах показан линейный тренд, характеризующий тенденцию (среднюю скорость) изменений температуры и осадков на интервале 1976 - 2018 гг. с 95%-й доверительной полосой.

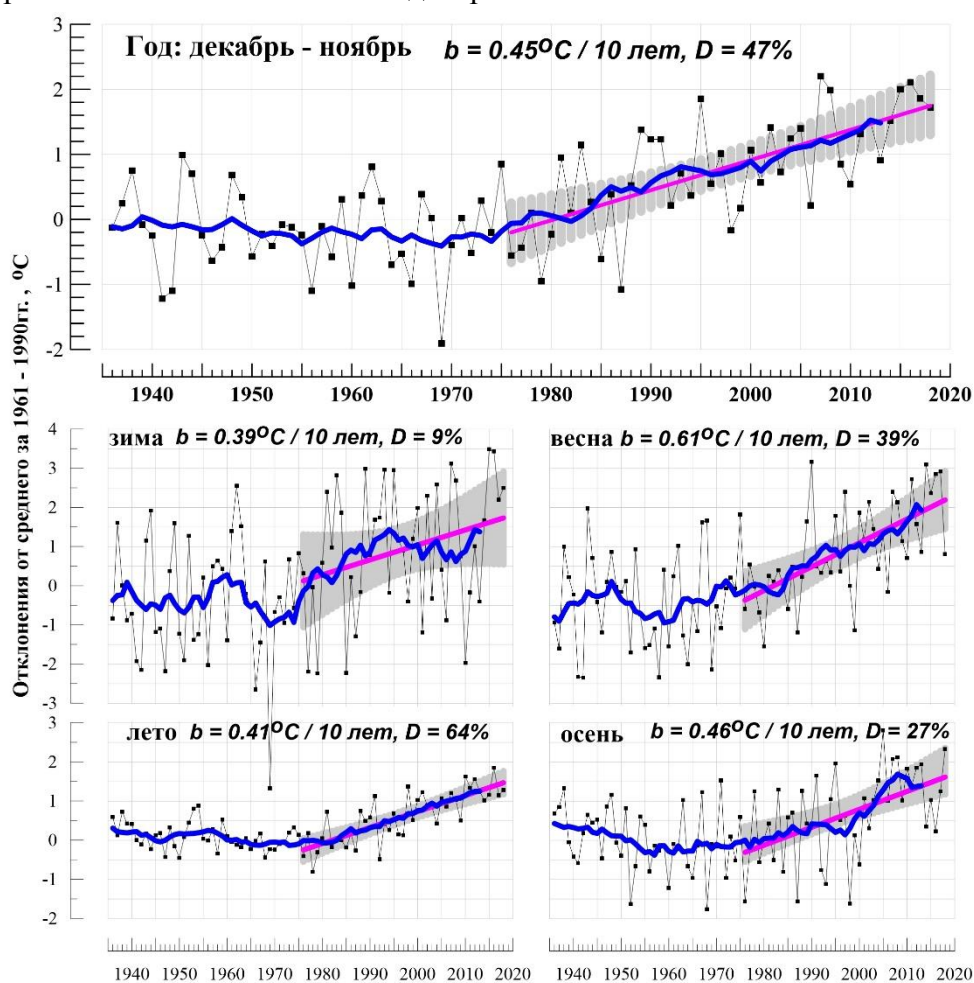


Рисунок 3.1 - Средние годовые и сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории РФ, 1936-2018 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Показаны также 11-летнее скользящее среднее, линейный тренд за 1976-2018 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 1976-2018 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 1976-2018 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	47	0.8	2.1	33
Зима	0.39	9	0.6	2.6	12
Весна	0.61	39	1.6	5.9	36
Лето	0.41	64	0.4	0.7	3
Осень	0.46	27	0.6	1.4	5

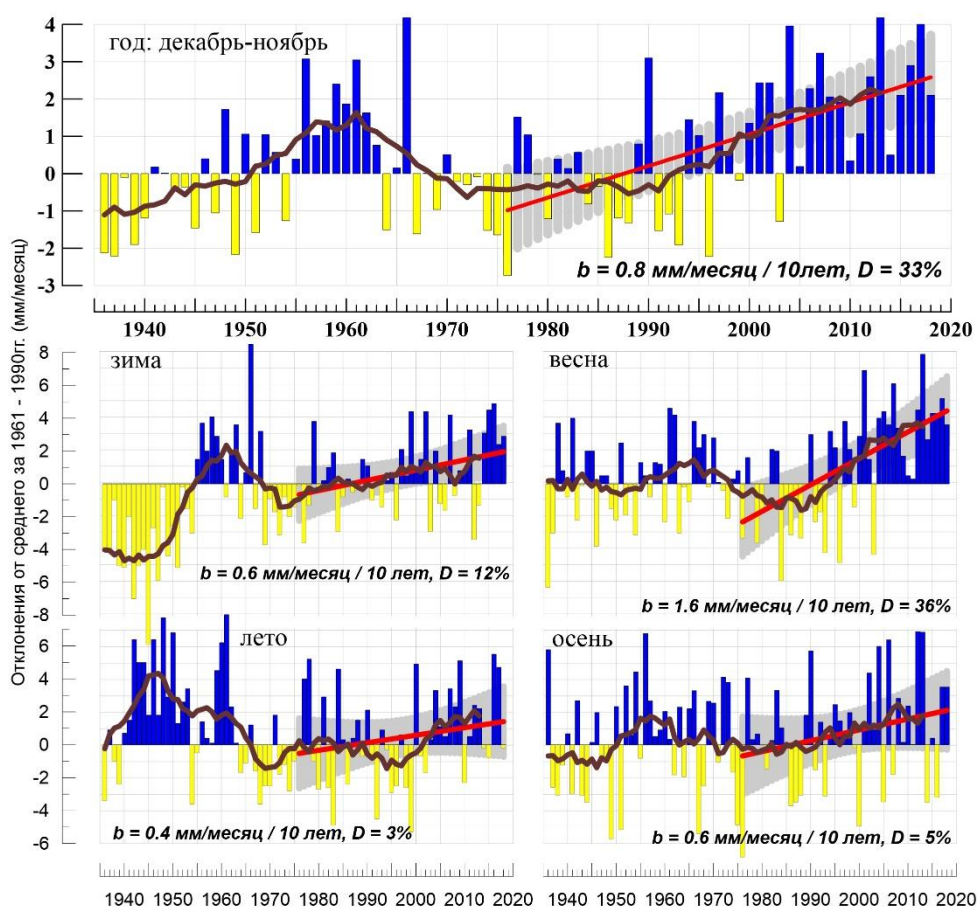


Рисунок 3.2 – Средние годовые и средние сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории РФ, 1936 – 2018 гг.

(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 47%.

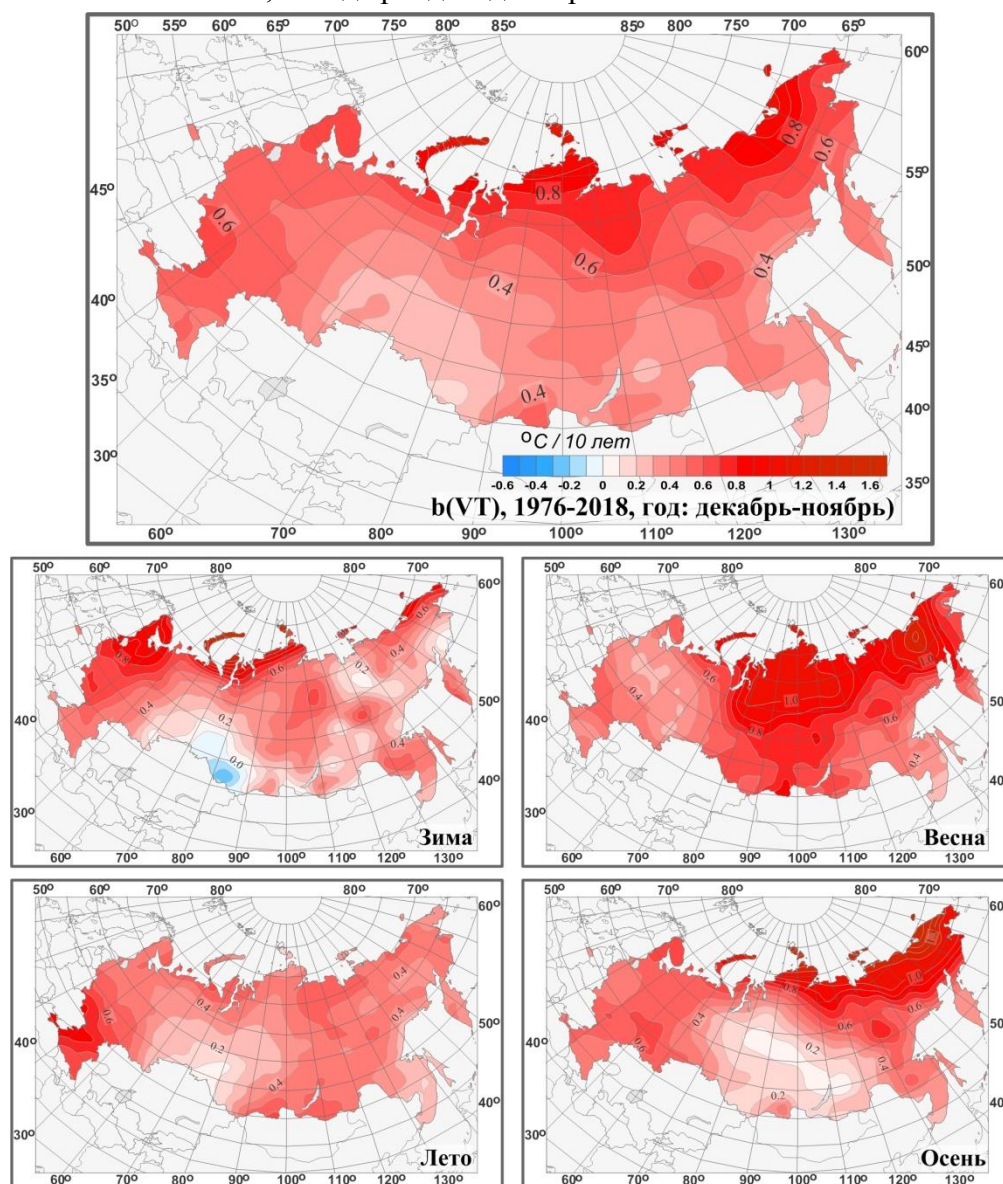


Рисунок 3.3 - Средняя скорость изменения среднегодовой и средних сезонных температур приземного воздуха на территории России по данным наблюдений за 1976-2018 гг. (в $^{\circ}\text{C}/10$ лет)

Наиболее интенсивное потепление наблюдается весной, особенно, в Западной Сибири и на Чукотке (до $+1.3^{\circ}\text{C}/10$ лет - $+1.4^{\circ}\text{C}/10$ лет), а также осенью, особенно, в

Восточной Сибири ($+1.6^{\circ}\text{C}/10$ лет). Зимой (до $+1.0^{\circ}\text{C}/10$ лет) и летом (до $+0.7^{\circ}\text{C}/10$ лет) наибольшая скорость потепления прослеживается на ЕЧР.

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 $-0.1^{\circ}\text{C}/10$ лет) по-прежнему отмечается зимой на северо-востоке, а также на юго-востоке Западной Сибири, на юге Средней (до $-0.3^{\circ}\text{C}/10$ лет). Тренды незначимы ни для одного региона.

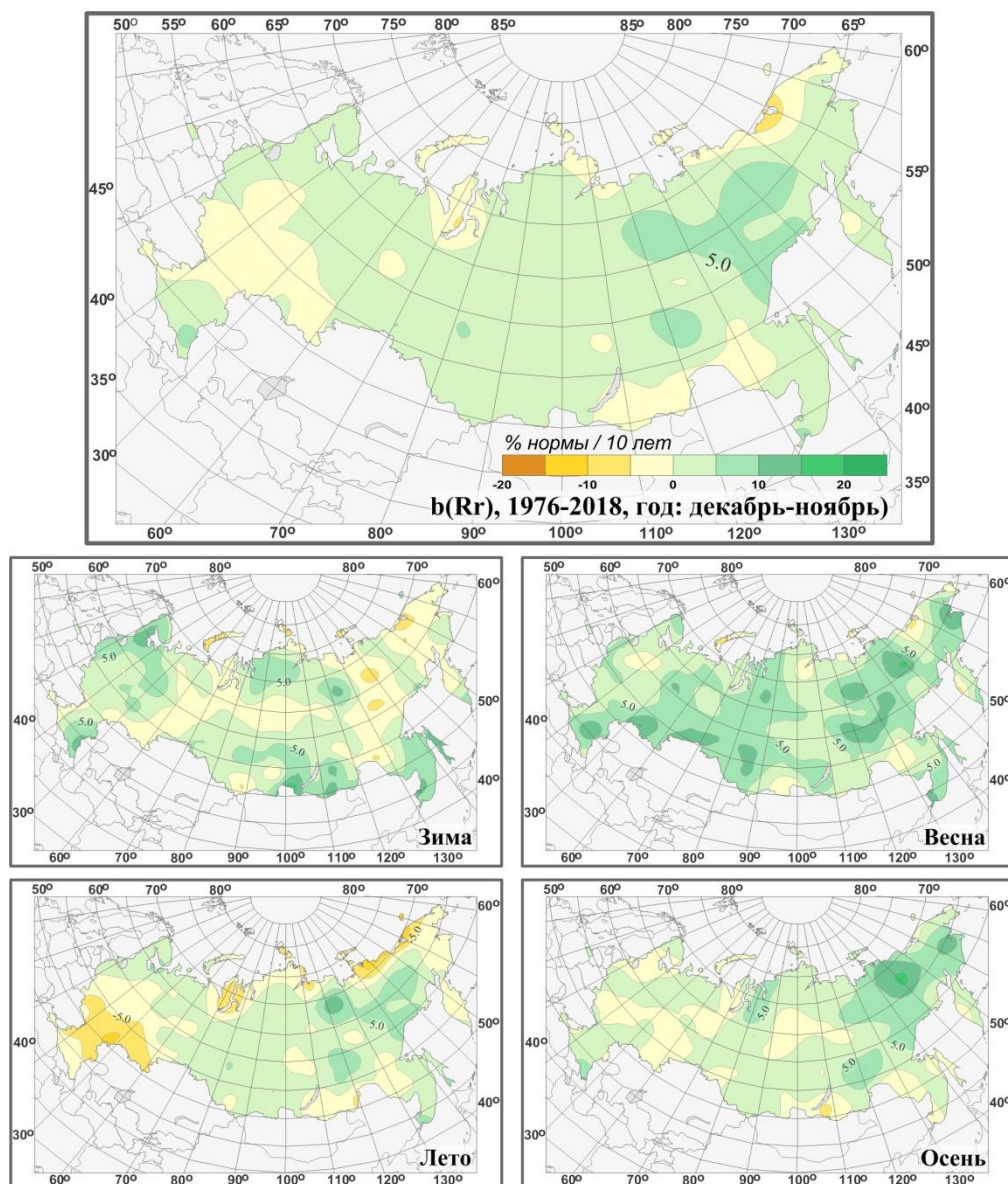


Рисунок 3.4 - Пространственные распределения локальных коэффициентов линейного тренда атмосферных осадков за 1976-2018 гг. на территории России (% / 10 лет), в среднем за год и по сезонам.

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 1976-2018 гг. положительный, однако он резко уменьшился ($0.39^{\circ}\text{C}/10$ лет против

0.83°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 атмосферой циркуляции в Атлантико-Европейском секторе. Это повлияло также и на скорость роста среднегодовой температуры, хотя и не столь значительно (0.45°C/10 лет за 1976-2018 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% (однако в последнее десятилетие прослеживается убывание осенних температур).

В целом за год по России осадки растут. Тренд среднегодовых осадков за 1976-2017 гг., в среднем по России, составляет 2.1%/10лет и описывает 33% межгодовой изменчивости (в 2017 г.: 2.2% / 10лет, 34%). 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 (5.9%/10лет, вклад в дисперсию ряда 36%) и зимы (2.6%/10 лет, вклад в дисперсию 12%), однако тренды значительно менее выражены, чем для температуры. Летом и осенью тренд осадков в целом по России незначим.

Пространственные распределения тренда за период 1976 – 2018 гг. указывают на наличие слабой тенденции к увеличению годовых сумм осадков на территории РФ (кроме центра ЕЧР, района Обской губы, 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 районе Обской губы, в Забайкалье, в Приамурье и на Чукотке (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 Прикаспии, на Урале и в Западной Сибири, 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, 1936-2018 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 – 2018 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2018 гг., рассчитанные методом наименьших квадратов. В таблицах 4.1 - 4.3

приведены оценки линейных трендов регионально осредненных значений температуры и осадков за 1976-2018 гг. для физико-географических регионов и федеральных округов РФ.

Температура воздуха.

В среднем по территории России, тренд средних годовых температур составляет $+0.45^{\circ}\text{C}/10$ лет, вклад тренда в дисперсию составляет 47%. Наиболее интенсивное потепление наблюдается в регионе в регионе Восточная Сибирь ($+0.56^{\circ}\text{C}/10$ лет, в основном, за счет весны и осени) и Европейская часть России ($+0.51^{\circ}\text{C}/10$ лет, за счет всех сезонов). В Федеральных округах наиболее интенсивное потепление наблюдается зимой – в Северо-Западном ФО ($0.74^{\circ}\text{C}/10$ лет) и Центральном ФО ($0.68^{\circ}\text{C}/10$ лет).весной - Сибирском ФО ($0.71^{\circ}\text{C}/10$ лет) и в Дальневосточном ФО ($0.67^{\circ}\text{C}/10$ лет) и летом - в Центральном ФО ($0.61^{\circ}\text{C}/10$ лет) и в Южном ФО ($0.74^{\circ}\text{C}/10$ лет) , и осенью - в Дальневосточном ФО ($0.63^{\circ}\text{C}/10$ лет) и в Приволжском ($0.58^{\circ}\text{C}/10$ лет).

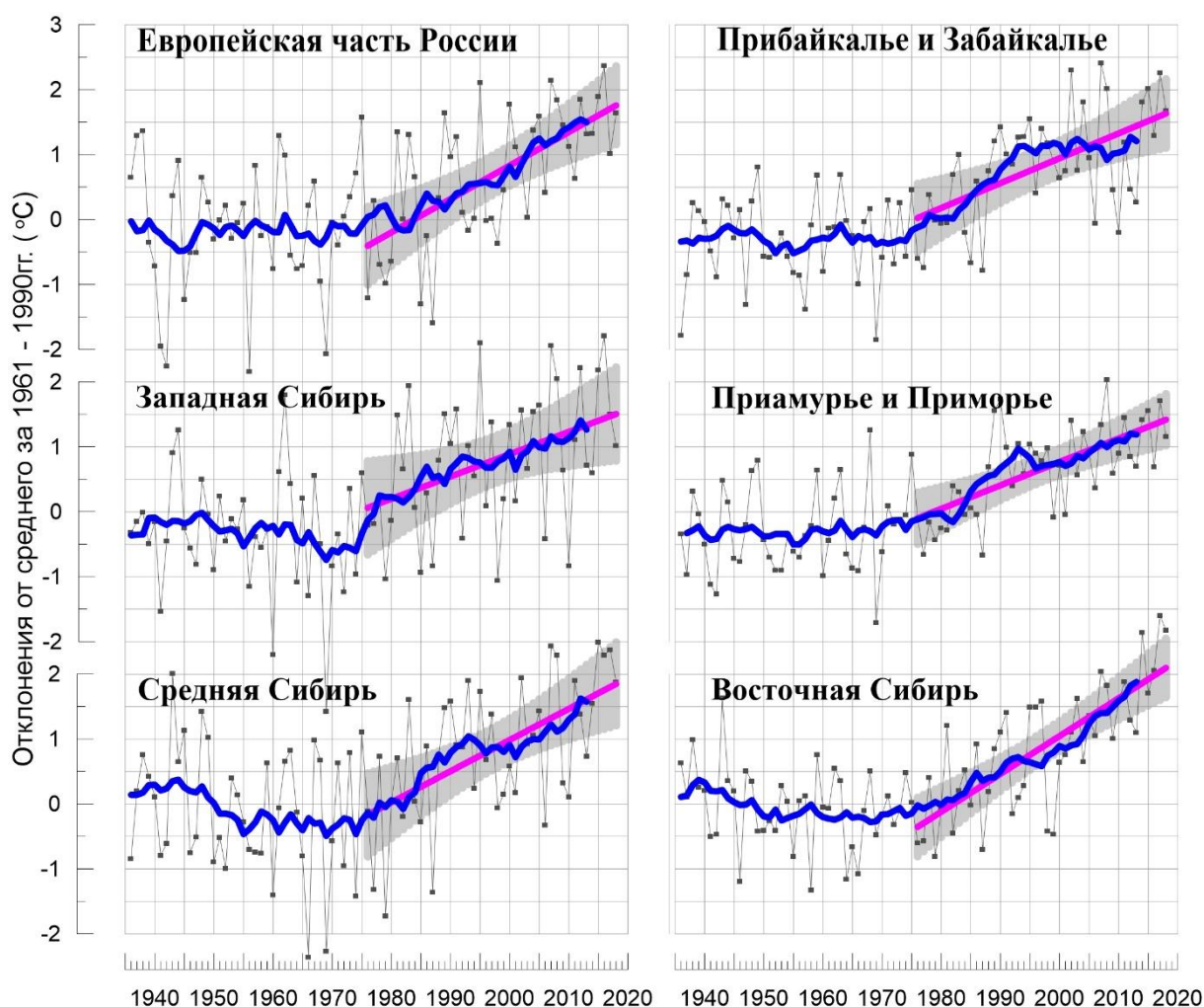


Рисунок 4.1. - Годовые аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) для регионов России за 1936-2018 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Показаны также 11- летнее скользящее среднее, линейный тренд за 1976-2018 гг. с 95%-й доверительной полосой.

Наиболее быстрый рост наблюдается весной ($0.61^{\circ}\text{C}/10$ 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 семь лет.

Температура за 1976-2018 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.).

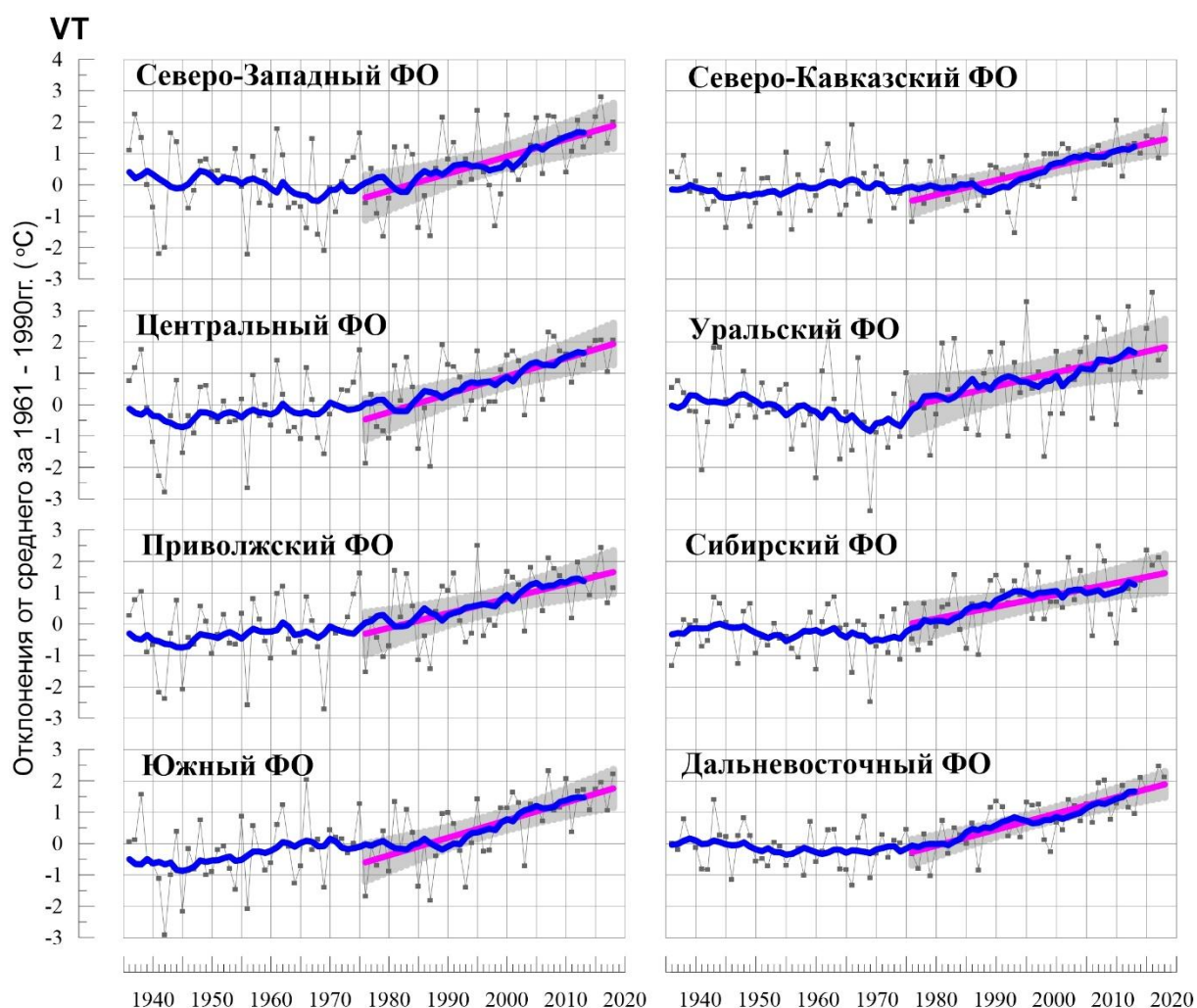


Рисунок 4.2. - Годовые аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) для федеральных округов РФ за 1936-2018 гг. Условные обозначения на рис.4.1

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 3.3% / 10 лет и 3.6% / 10 лет описывают 27% и 22% 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).

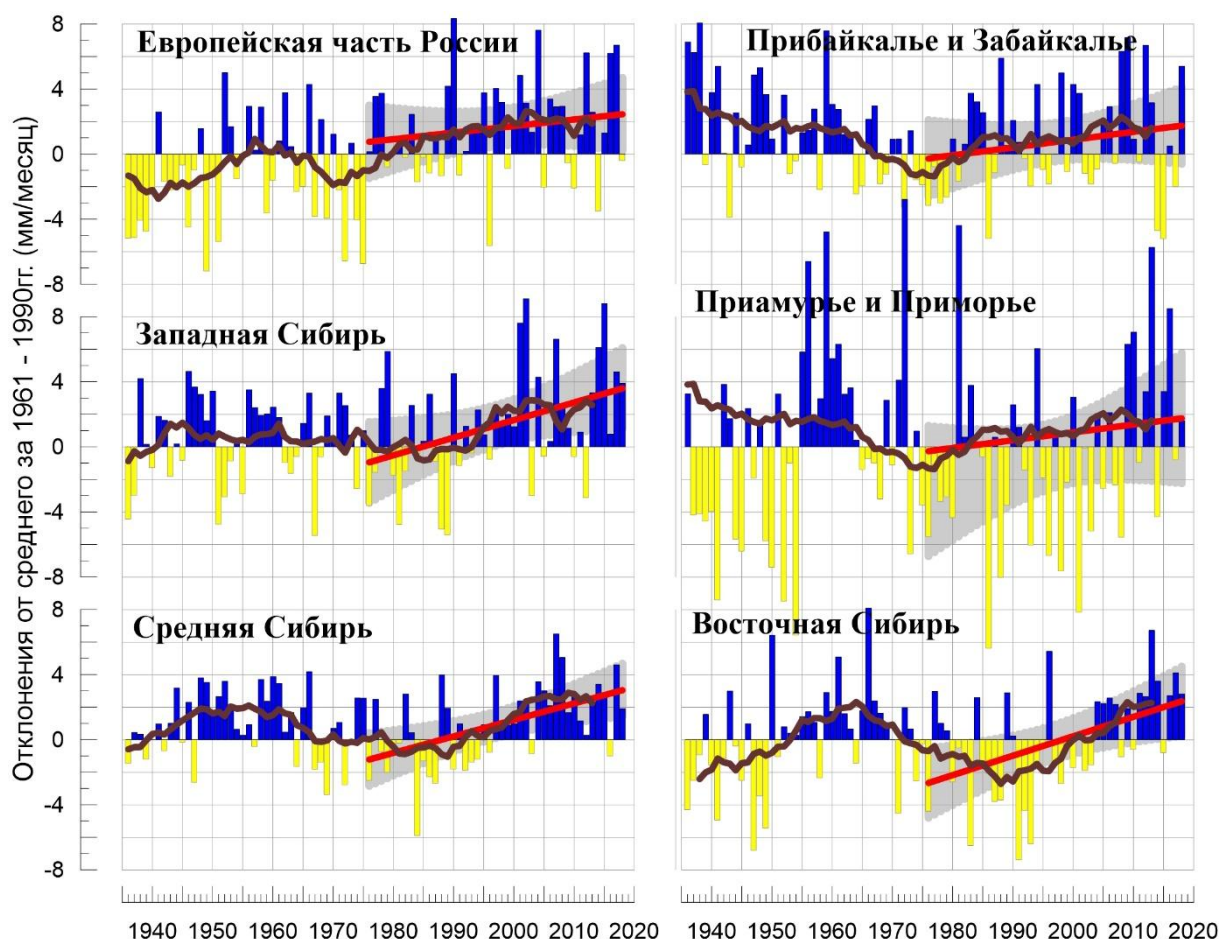


Рисунок 4.4. - Годовые аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), для регионов России за 1936-2018 гг. Условные обозначения на рис.4.1

Таблица 4.1

Оценки линейного тренда среднегодовой (декабрь - ноябрь) температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, ее физико-географических регионов и Федеральных округов за 1976-2018 гг.,
 b , °C/10 лет – коэффициент линейного тренда, $D\%$ - вклад тренда в дисперсию
(оценки базового архива Т3288 ИГКЭ)

Регион	Год (д-н)		Зима		Весна		Лето		Осень	
	b	$D\%$	b	$D\%$	b	$D\%$	b	$D\%$	b	$D\%$
Россия	0.45	47	0.39	9	0.61	39	0.41	64	0.46	27
Физико-географические регионы России										
Европейская часть РФ	0.51	40	0.58	11	0.42	20	0.52	35	0.54	28
Азиатская часть РФ	0.43	43	0.31	6	0.68	38	0.37	62	0.43	21
Западная Сибирь	0.31	15	0.20	1	0.65	23	0.26	9	0.27	5
Средняя Сибирь	0.48	35	0.38	4	0.79	34	0.41	40	0.34	7
Прибайкалье и Забайкалье	0.36	30	0.25	3	0.62	29	0.48	47	0.20	4
Приамурье и Приморье	0.36	46	0.39	11	0.38	18	0.29	33	0.39	22
Восточная Сибирь	0.56	57	0.36	11	0.77	37	0.41	49	0.80	47
Федеральные округа РФ										
Северо-Западный	0.54	37	0.74	11	0.43	14	0.45	29	0.55	22
Центральный	0.57	41	0.68	13	0.45	18	0.61	33	0.53	24
Приволжский	0.45	29	0.41	5	0.40	13	0.46	19	0.58	23
Южный	0.54	41	0.49	11	0.48	22	0.74	47	0.49	21
Северо-Кавказский	0.43	41	0.41	14	0.39	24	0.60	42	0.42	20
Уральский	0.37	17	0.32	2	0.62	18	0.31	10	0.34	6
Сибирский	0.35	24	0.24	2	0.71	34	0.35	41	0.19	3
Дальневосточный	0.50	59	0.37	14	0.67	37	0.40	57	0.63	44

Таблица 4.2

Оценки линейного тренда осредненных за год (декабрь-ноябрь) и по сезонам регионально осредненных месячных сумм атмосферных осадков для регионов России за 1976-2018 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	2.1	33	2.6	12	5.9	36	0.7	3	1.4	5
Физико-географические регионы России										
Европейская часть России	0.8	3	2.6	7	4.7	16	-1.9	4	0.5	0
Азиатская часть России	2.7	46	2.5	9	6.4	38	1.5	12	1.9	10
Западная Сибирь	2.8	15	1.3	1	8.8	34	1.6	2	0.9	1
Средняя Сибирь	3.3	27	2.2	3	6.4	33	3.2	11	2.1	5
Прибайкалье и Забайкалье	1.4	3	4.8	13	3.6	6	0.1	0	2.1	3
Приамурье и Приморье	2.0	6	7.1	10	4.7	7	1.3	1	-0.8	0
Восточная Сибирь	3.6	22	1.6	1	6.0	23	1.1	1	5.0	19
Федеральные округа РФ										
Северо-Западный	2.2	10	4.9	14	3.5	9	1.7	1	0.2	0
Центральный	-0.2	0	3.2	4	4.1	6	-4.2	7	0.3	0
Приволжский	-0.7	1	0.7	0	5.7	9	-4.3	7	0.5	0
Южный	0.1	0	0.0	0	5.1	9	-4.9	6	-0.6	0
Северо-Кавказский	2.2	6	3.1	4	5.0	9	-1.5	1	1.8	1
Уральский	2.1	7	0.7	0	8.3	27	0.8	1	2.9	2
Сибирский	2.4	26	2.8	7	6.2	23	1.4	5	0.6	0
Дальневосточный	3.1	27	2.7	7	6.0	31	1.7	4	1.3	2

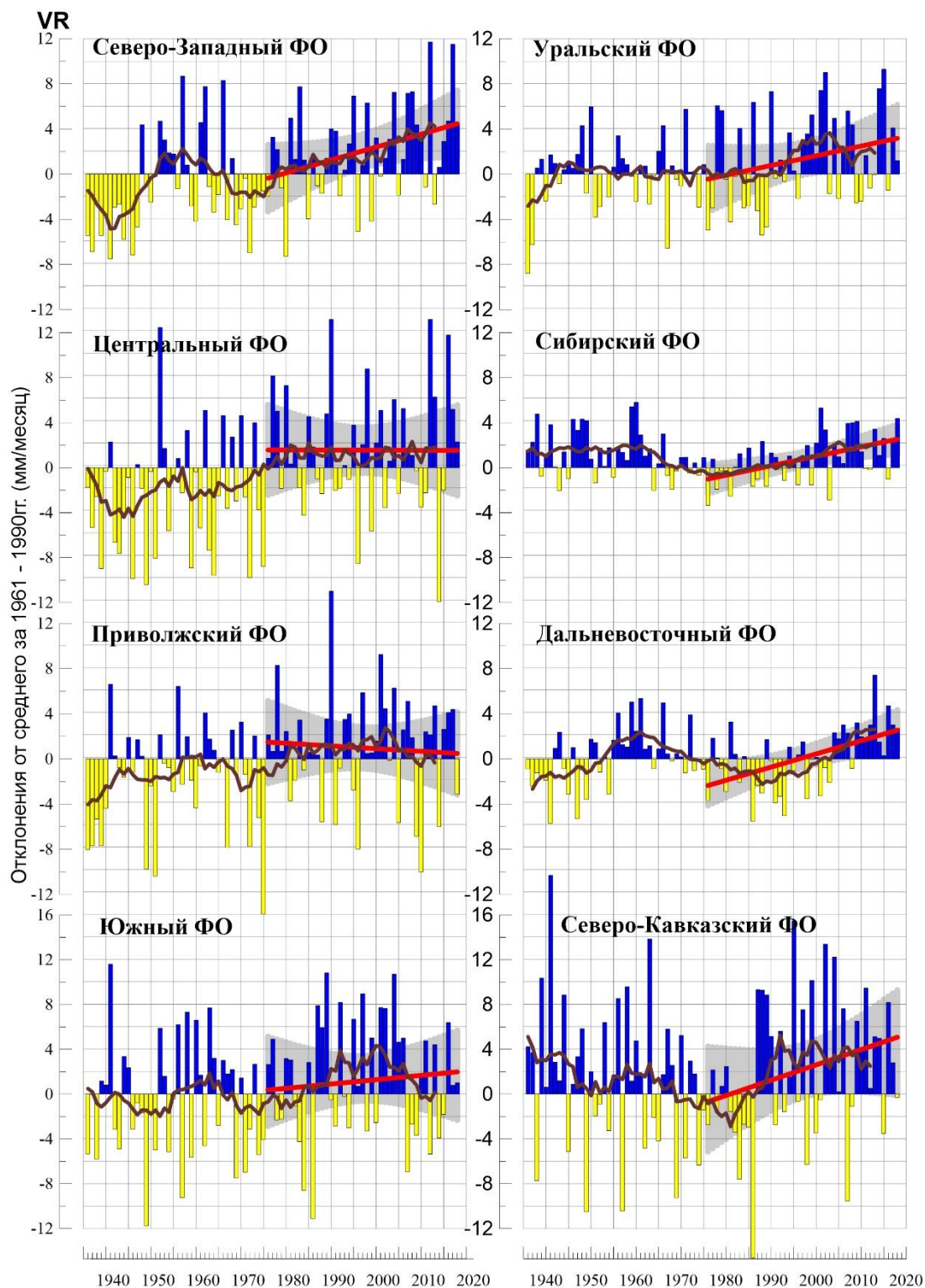


Рисунок 4.5. - Годовые аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц) для федеральных округов РФ за 1936-2018 гг. Условные обозначения на рис.4.1

5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2018 гг.

В разделе приведены временные ряды индексов экстремальности и аномальности для года в целом по территории России за период 1936 -2018 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 2018 г. доля площади под крупными положительными аномалиями температуры составила 69% (ранг 7). Тренд площади под крупными положительными аномалиями с 1976 г. составил 7.4% /10 лет, объясняет 43% 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).

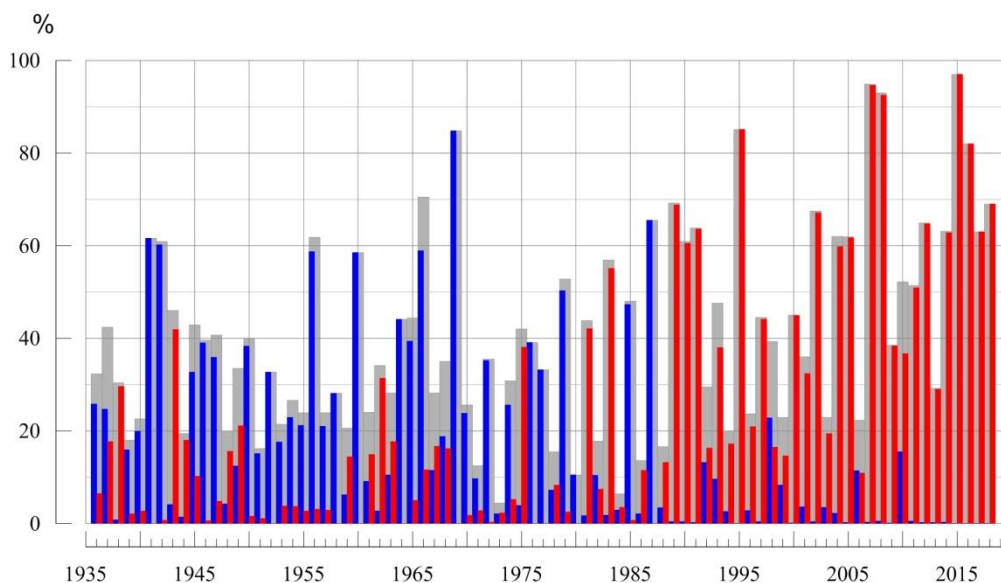


Рисунок 5.1 - Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями температуры, 1936-2018 гг. (год: декабрь 2017 – ноябрь 2018):

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

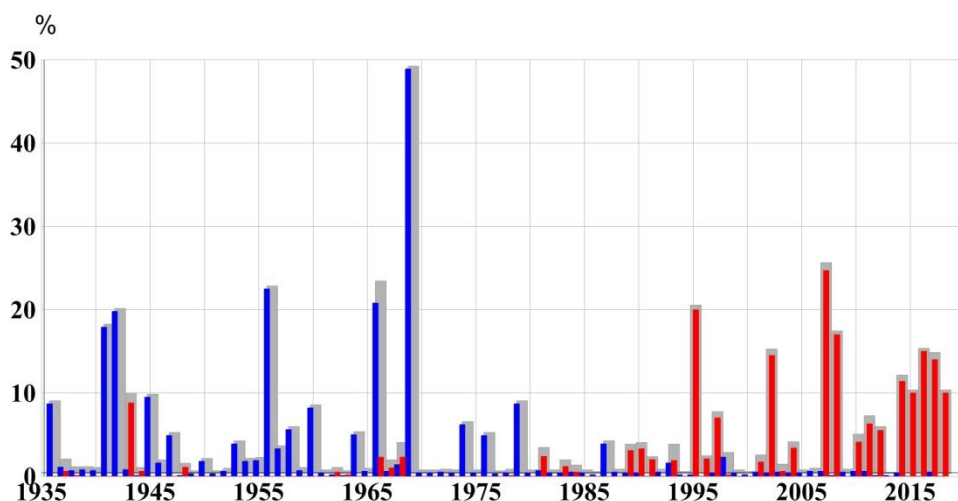


Рисунок 5.2 - Доля площади с экстремальными (годовая нормированная аномалия меньше -2 : синие столбики, больше $+2$: красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры для года в целом для России, 1936-2018 гг. Базовый период для расчета статистик: 1961-1990 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 2018 году доля площади, занятая крупными положительными экстремумами составила 10% (ранг 9), тренд за период 1976-2018 составляет 2.6% (доля объясненной трендом дисперсии ряда 27%). 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 46% общей дисперсии ряда. Значение КА в 2018 году: 1.90 (ранг 7).

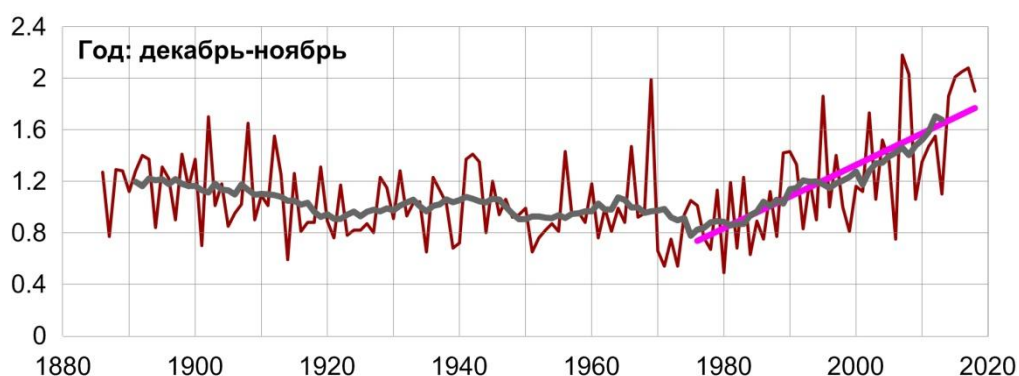


Рисунок 5.3 - Индекс аномальности Багрова (КА) для года в целом для России для температуры, 1886-2018 гг. Показана 11-летняя скользящая средняя и тренд за период 1976-2018 гг.

Осадки. В 2018 г. доля площади с избытком осадков (выше 80-го перцентиля) составила 18% площади страны (ранг 37), площади с дефицитом осадков (ниже 20-го перцентиля) 8% (рис. 5.4).

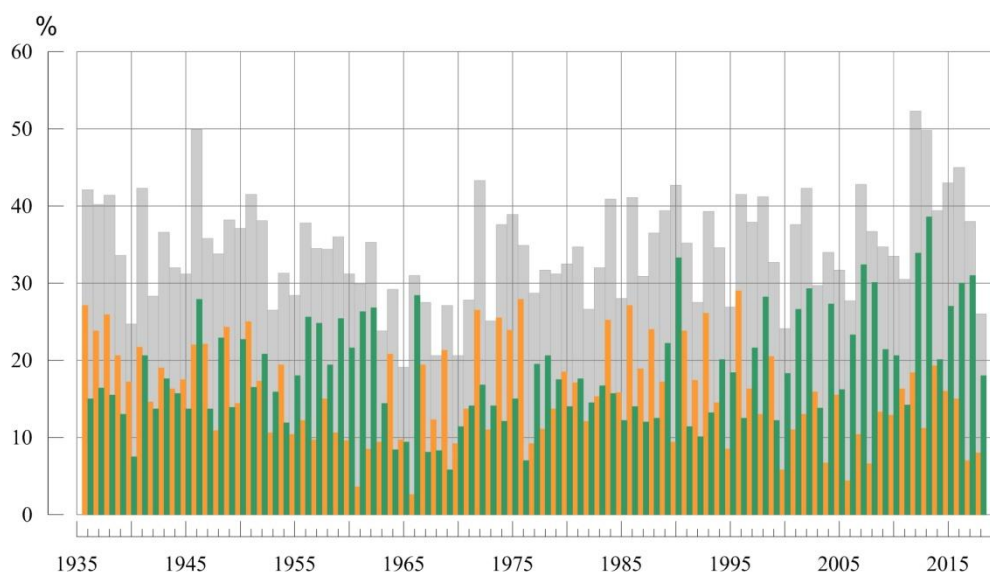


Рисунок 5.4 - Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями осадков, 1936-2018 гг. (год: декабрь 2017 – ноябрь 2018):

— 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 1976-2018 составляет +3.4%/10 лет, доля объясненной трендом дисперсии ряда 31%).

Доля площади под аномалиями среднегодовых осадков ниже 20 перцентиля уменьшается (тренд за период 1976-2018 составляет -1.8%/10 лет, доля объясненной трендом дисперсии ряда 12%).

ВЫВОДЫ

1. В целом для Земного шара и для Северного полушария средние годовые аномалии составили: 0.595°C и $+1.106^{\circ}\text{C}$ – четвертая и пятая величины в рядах наблюдений с 1850 года; величины аномалий ниже, чем ожидаемые при потеплении, разности между аномалиями и значениями тренда составляют -0.090°C и -0.184°C соответственно.

2. В целом для РФ год (декабрь 2017 – ноябрь 2018) был очень теплым (осредненная аномалия температуры составила $+1.72^{\circ}\text{C}$ – седьмая положительная величина в ряду с 1936 г.), значение практически соответствует ожидаемому при потеплении: отклонение от линейного тренда около -0.03°C . Тепло всюду, кроме приграничных с Казахстаном районов.

3. Особенно тепло было (на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы) в Восточной Сибири (2.67°C – ранг 2), в СКФО (2.11°C – ранг 1) и в ЮФО (1.83°C – ранг 5), вдоль побережья Белого и Баренцева морей, в Забайкалье.

4. В 2018 г. доля площади под крупными положительными аномалиями температуры (выше 80 перцентиля) составила 69% - ранг 7; а доля площади, занятая положительными экстремумами (больше двух стандартных отклонений) составила 10% (ранг 9). Аномальность температурного режима в 2018 г. (величина индекса аномальности Багрова): КА = 1.90 (ранг 7).

5. **Осень** - экстремально теплый сезон, осредненная по РФ аномалия температуры составила 2.32°C (ранг 2); тепло было всюду, особенно (на многих станциях 95%-е экстремумы) в Дальневосточном ФО (3.05°C – максимальная величина в ряду) и в Северо-Западном ФО (2.41°C – ранг 4). Осенью 7% территории страны (ранг 6-7) занято под экстремумами тепла (выше 2σ).

Зимой экстремально тепло на Северном Урале, на Ямале, в Восточной Сибири (4.13°C – ранг 1), на юге ЮФО и СКФО; **весной** – в СКФО (1.93°C – ранг 4), в Саянах, на востоке Чукотки; **летом** – на Кольском полуострове, на юге ЮФО и в СКФО (2.27°C – ранг 2), в Средней Сибири (1.77°C – ранг 3), на Алтае и в Саянах.

Холодно **весной** - в центре и на востоке ЕЧР, в Западной Сибири (до -2.4°C), **зимой** – в пограничных с Казахстаном районах (аномалии до -2.7°C), в и отдельных южных и центральных районах ДВФО (аномалии до -1°C).

5. Из месяцев года выделяется **октябрь** – осредненная по РФ аномалия температуры 3.90°C – максимальная величина в ряду, экстремально тепло в АЧР (4.51°C – ранг 1), аномалии на севере до 9°C. Еще один выдающийся месяц – **сентябрь** - осредненная по РФ аномалия температуры 1.80°C – ранг 2; экстремально тепло на большей части ЕЧР (2.70°C – ранг 2,) и на северо-западе Западной Сибири; а также в Восточной Сибири (2.47°C – ранг 2). Кроме того, нужно отметить **июнь** - очень тепло в междуречье Оби и Лены, осредненная по региону Средняя Сибирь аномалия 4.48°C – максимальная величина в ряду.

6. Отметим месяцы, когда на значительной части страны наблюдались отрицательные аномалии температуры: это **март** (холодно в ЕЧР (-3.31°C – среди одиннадцати самых холодных в ряду, на ряде станций отмечались 5%-е экстремумы), и далее, в Западной Сибири, на севере Средней Сибири, на западе Якутии, в Хабаровском крае; **май** - холодно на востоке ЕЧР, в Западной Сибири (-2.42°C – май здесь среди трех самых холодных в ряду) и на западе Среднесибирского плоскогорья.

7. В целом по РФ за 2018 год в целом количество выпавших осадков составило 105% нормы. Значительный избыток осадков (отмечались 95%-е экстремумы) наблюдался в верхнем и среднем течении Оби и ее притоков (осредненные по Сибирскому ФО осадки 113% нормы (ранг 5)), в Забайкалье, на северо-востоке страны (в Магаданской области и Чукотском АО).

8. В 2018 г. доля площади с избытком осадков (выше 80-го перцентиля) составила 18%.

9. Экстремально «влажно» было **весной** в восточных областях ЕЧР, и, далее, на большей части АЧР (118% - ранг 5); **зимой** - на западе и в центре ЕЧР (в ЦФО выпало

144% нормы – ранг 2), в Байкальском регионе (в Прибайкалье и Забайкалье выпало 144% - ранг 2); *осенью* – на большей части АЧР (кроме центральных районов, в целом по АЧР выпало 115% нормы – ранг 4).

Следует отметить сильный дефицит осадков (повсеместно отмечались 5%-е экстремумы) *зимой* на Южном Урале и юге Западной Сибири; *летом* - в ЦФО и на западе ПФО, в Восточной Сибири (выпало 83% нормы – среди девяти самых «сухих» летних сезонов), на Алтае, в центре Красноярского края.

10. Из месяцев года следует отметить: *март* - осредненные по РФ осадки 159% нормы (ранг 3), в целом по АЧР выпало 168% (ранг 2), на многих станциях юга и северо-востока страны наблюдались 95%-е экстремумы; *декабрь* - осредненные по РФ осадки 124% нормы (ранг 3), в ЕЧР выпало 128% (ранг 2), в Прибайкалье и Забайкалье 159% нормы (ранг 2), в Средней Сибири 126% (ранг 4).

Кроме того, следует отметить *апрель* в Прибайкалье и Забайкалье (выпало 50% нормы – среди двух «самых сухих»); *июнь* - дефицит осадков в центре и юге ЕЧР, особенно в ЮФО (выпало 22% нормы - самый «сухой»), в СКФО (50% - среди трех самых «сухих»), в ЦФО (58% - среди семи самых «сухих»), а также в Средней Сибири (72% - среди трех самых «сухих»); *июль* в УФО (67% - среди пяти самых «сухих»); *август* в ЮФО (25% - самый «сухой» за период наблюдений с 1936 г.); *ноябрь* в ЕЧР, особенно, в ЦФО (36% - среди четырех самых «сухих»).

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 1976-2018 гг. составил в целом по России 0.45°C/10 лет (вклад в общую изменчивость 47%). Наиболее быстрый рост наблюдается весной (0.61°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 +1.4°C / 10 лет), а также осенью, особенно, в Восточной Сибири (+1.6°C/10 лет). Зимой и летом наибольшая скорость потепления прослеживается на ЕЧР (+0.7°C - 1.0°C/10 лет).

Тенденция к похолоданию (до -0.3°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 за год по территории РФ наблюдается рост осадков: тренд годовых сумм осадков за 1976-2018 гг. в среднем по России составляет 2.1% / 10 лет и описывает 33% межгодовой изменчивости. Географическое распределение значений тренда за период 1976 – 2018 г. подтверждает основной вывод о наличии тенденции к увеличению годовых сумм осадков (кроме центра ЕЧР, района Обской губы, 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 36% 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

2018 год (декабрь 2017-ноябрь 2018)



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 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 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 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 2018 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.

Таблица 1

Аномалии средней месячной /сезонной / годовой температуры приземного воздуха (°С)
на станциях Беларуси в 2018г.

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>Зима2017/2018</i>	2.84	2.74	2.53	2.41	2.90	2.73	2.99
Декабрь 2017	4.70	4.32	3.78	3.90	4.28	4.33	4.30
Январь	4.87	4.12	4.48	3.85	4.03	3.95	4.32
Февраль	-1.06	-0.21	-0.66	-0.51	0.38	-0.08	0.36
Весна	2.01	2.59	1.51	2.86	2.87	1.42	1.87
Март	-1.14	-1.22	-2.29	-1.30	-1.06	-2.44	-2.11
Апрель	3.65	4.51	3.29	5.76	5.24	3.66	3.61
Май	3.53	4.47	3.54	4.11	4.44	3.04	4.11
Лето	1.94	2.48	1.46	2.82	3.06	1.55	2.37
Июнь	0.65	1.54	0.40	2.65	2.47	0.86	1.86
Июль	1.95	2.29	1.68	2.38	2.79	1.34	1.87
Август	3.22	3.60	2.30	3.44	3.91	2.45	3.38
Осень	1.83	1.88	1.16	1.76	1.89	0.73	1.54
Сентябрь	3.53	3.77	2.95	2.72	3.14	2.86	3.94
Октябрь	1.99	1.92	1.4	1.86	2.25	1.16	1.93
Ноябрь	-0.04	-0.06	-0.88	0.7	0.27	-1.82	-1.25

<i>Год:</i> <i>декабрь2017-</i> <i>ноябрь2018</i>	<i>2.16</i>	<i>2.42</i>	<i>1.67</i>	<i>2.46</i>	<i>2.68</i>	<i>1.61</i>	<i>2.19</i>
---	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

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 2018 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>Василев ичи</i>	<i>Гомель</i>
	26666	26850	26863	33008	33019	33038	33041
а) Сумма осадков за месяц /сезон / год (мм/месяц)							
<i>Зима2017/2018</i>	64.0	45.0	52.0	28.7	36.3	63.3	59.0
Декабрь 2017	92	69	69	37	58	93	99
Январь	62	37	46	32	30	51	31
Февраль	38	29	41	17	21	46	47
<i>Весна</i>	34.0	43.0	32.3	37.7	25.3	35.0	32.7
Март	29	46	48	24	37	67	58
Апрель	29	30	21	48	22	12	19
Май	44	53	28	41	17	26	21
<i>Лето</i>	87.3	91.7	117.3	97.0	65.0	77.3	107.7
Июнь	55	47	122	66	34	88	67
Июль	174	169	207	180	111	102	187
Август	33	59	23	45	50	42	69
<i>Осень</i>	47.0	40.3	36.0	33.7	37.3	29.0	23.0
Сентябрь	62	44	49	53	46	48	38
Октябрь	54	46	33	34	49	24	18
Ноябрь	25	31	26	14	17	15	13
<i>Год:</i> <i>декабрь2017-</i> <i>ноябрь2018</i>	58.1	55.0	59.4	49.3	41.0	51.2	55.6
б) Аномалия сумм осадков за месяц /сезон / год (мм/месяц)							
<i>Зима2017/2018</i>	24.4	3.7	16.4	-7.6	2.4	24.3	23.5
Декабрь 2017	40.5	16.4	25.1	-6.9	17.9	46.6	55.5
Январь	24.3	-0.3	10.6	-0.5	-3.9	12.3	-4.8
Февраль	8.5	-5.1	13.4	-15.5	-6.7	13.9	19.9
<i>Весна</i>	-8.3	-5.5	-11.0	-5.1	-15.1	-9.1	-6.5
Март	-10.0	4.2	13.4	-6.6	7.4	33.3	25.6
Апрель	-9.8	-12.2	-19.3	8.7	-15.3	-33.2	-18.2

Май	-5.2	-8.6	-27.2	-17.5	-37.3	-27.3	-27.0
Лето	5.67	10.60	40.87	21.03	-7.53	-3.23	32.43
Июнь	-23.4	-35.7	41.4	-5.5	-45.2	8.6	-17.4
Июль	80.5	80.9	122.2	99.8	36.7	13.3	104.9
Август	-40.1	-13.4	-41.0	-31.2	-14.1	-31.6	9.8
Осень	-8.9	-12.8	-13.0	-10.0	-9.3	-17.2	-21.9
Сентябрь	-2.8	-16.2	-5.2	1.8	-6.8	-1.7	-9.9
Октябрь	5.9	-0.9	-11.7	-0.8	2.4	-16.4	-24.9
Ноябрь	-29.9	-21.4	-22.1	-32.8	-25.4	-33.5	-30.9
Год: декабрь2017- ноябрь2018	3.2	-1.0	8.3	-0.6	-7.5	-1.3	6.9

На рисунке 3 приведены временные ряды пространственно осредненных аномалий средней месячной температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) и месячных сумм осадков (мм/месяц) за 1936 – 2018 гг. Показаны линейные тренды за 1976-2018 гг., рассчитанные методом наименьших квадратов.

В таблице 3 представлены годовые и сезонные аномалии температуры осредненные по республике Беларусь, а в таблице 4 показаны годовые и сезонные аномалии месячных сумм осадков. В таблице 5 даны оценки линейного тренда регионально осредненной температуры и осадков для республики Беларусь за период 1976-2018гг.

Таблица 3.

Средние сезонные аномалии температуры, осредненные по территории Беларуси в 2018 году.

νT ($^{\circ}\text{C}$)- отклонения от средних за 1961-1990 гг.; R – ранг текущих значений в ряду убывающих осадков за 1936-2018гг.

Сезоны	νT	s	R	Рекордный год и его аномалия (νt , $^{\circ}\text{C}$)
Зима	2.66	2.71	20	1990 (+5.33 $^{\circ}\text{C}$)
Весна	1.98	1.58	10	2014(+3.41 $^{\circ}\text{C}$)
Лето	2.15	0.91	9	2010 (+4.08 $^{\circ}\text{C}$)
Осень	1.44	0.92	7	1967 (+2.48 $^{\circ}\text{C}$)
Год	2.06	1.05	4	2015(+2,36 $^{\circ}\text{C}$)

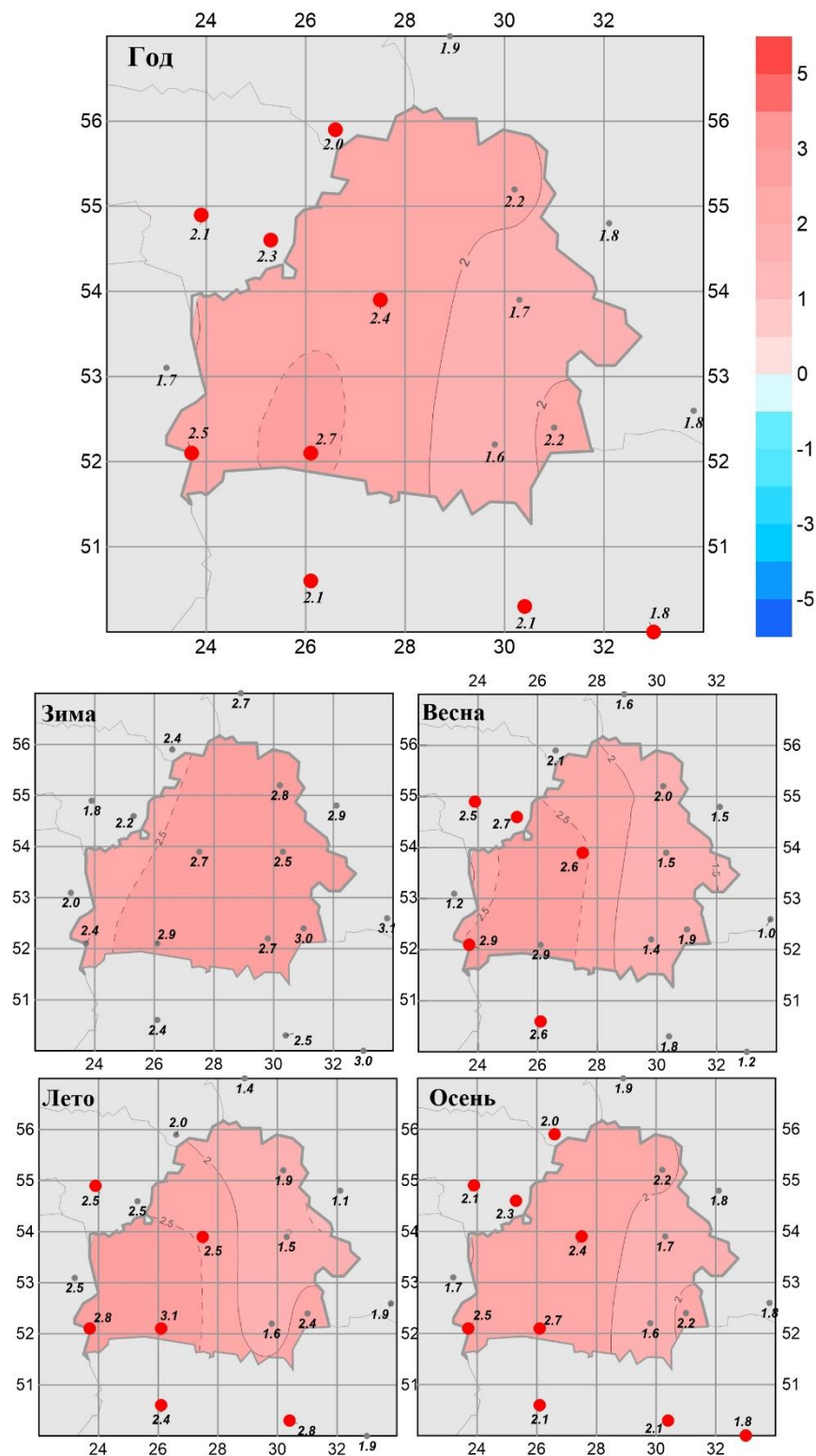


Рисунок 1 - Средняя годовая (декабрь 2017 – ноябрь 2018) и средние сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории Республики Беларусь.

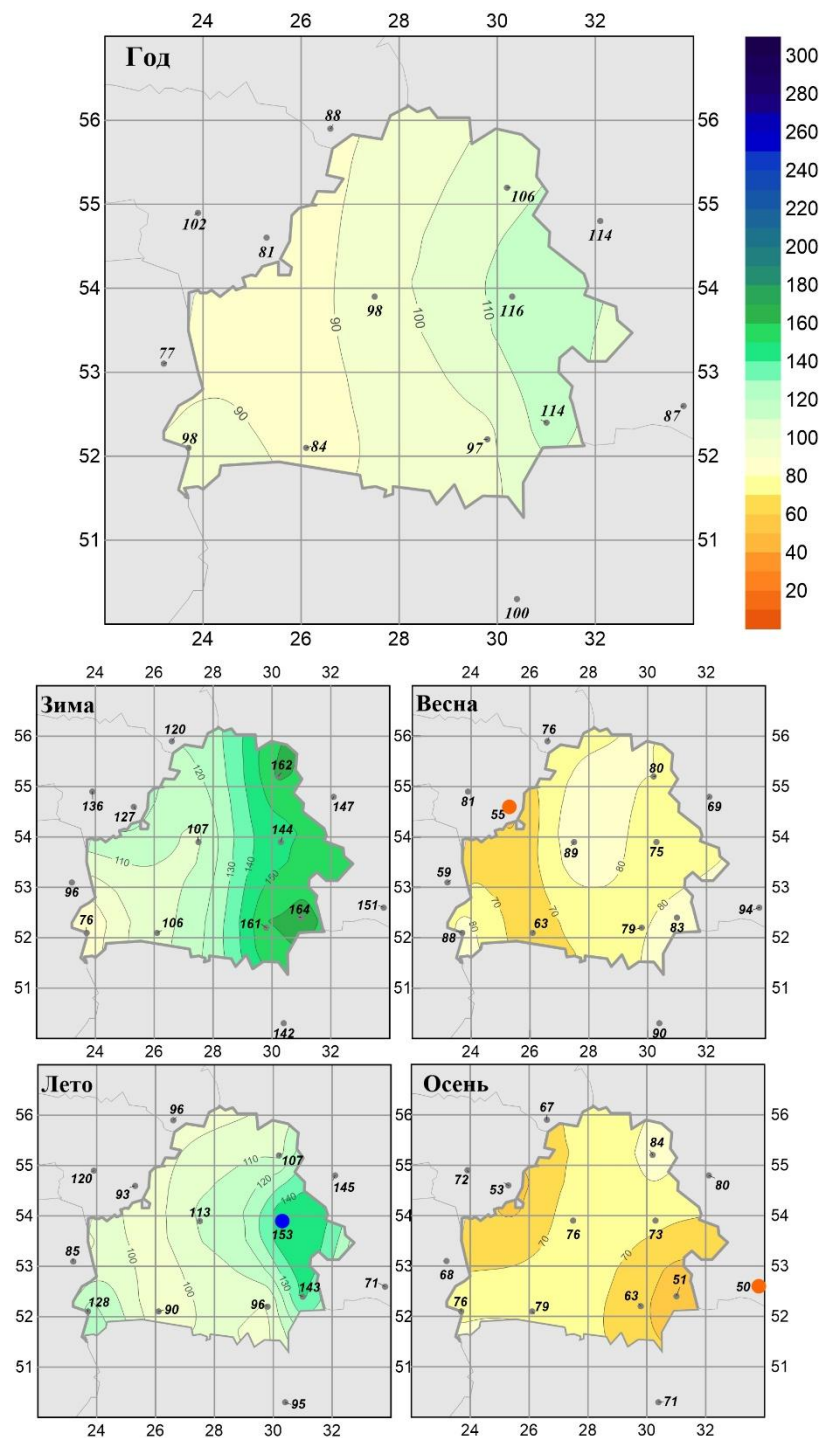


Рисунок 2 - Аномалии годовых (декабрь 2017 – ноябрь 2018) и сезонных сумм осадков (в процентах от нормы) на территории республики Беларусь. Синими кружками показаны станции, осуществились 95% экстремумы выпадения осадков. Цифрами приведены значения аномалий осадков в процентах от нормы на станциях.

Таблица 4.

Средние сезонные аномалии месячных сумм осадков, осредненные по территории Беларуси в 2018 году.

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

R – ранг текущих значений в ряду убывающих осадков за 1936-2018гг.

Сезоны	νR	s	R
Зима	13.3	8.1	8
Весна	-9.9	10.6	74-75 (9-10 в ряду по возрастанию)
Лето	12.9	15.9	21
Осень	-15.1	12.7	70
Год	0.3	5.4	43

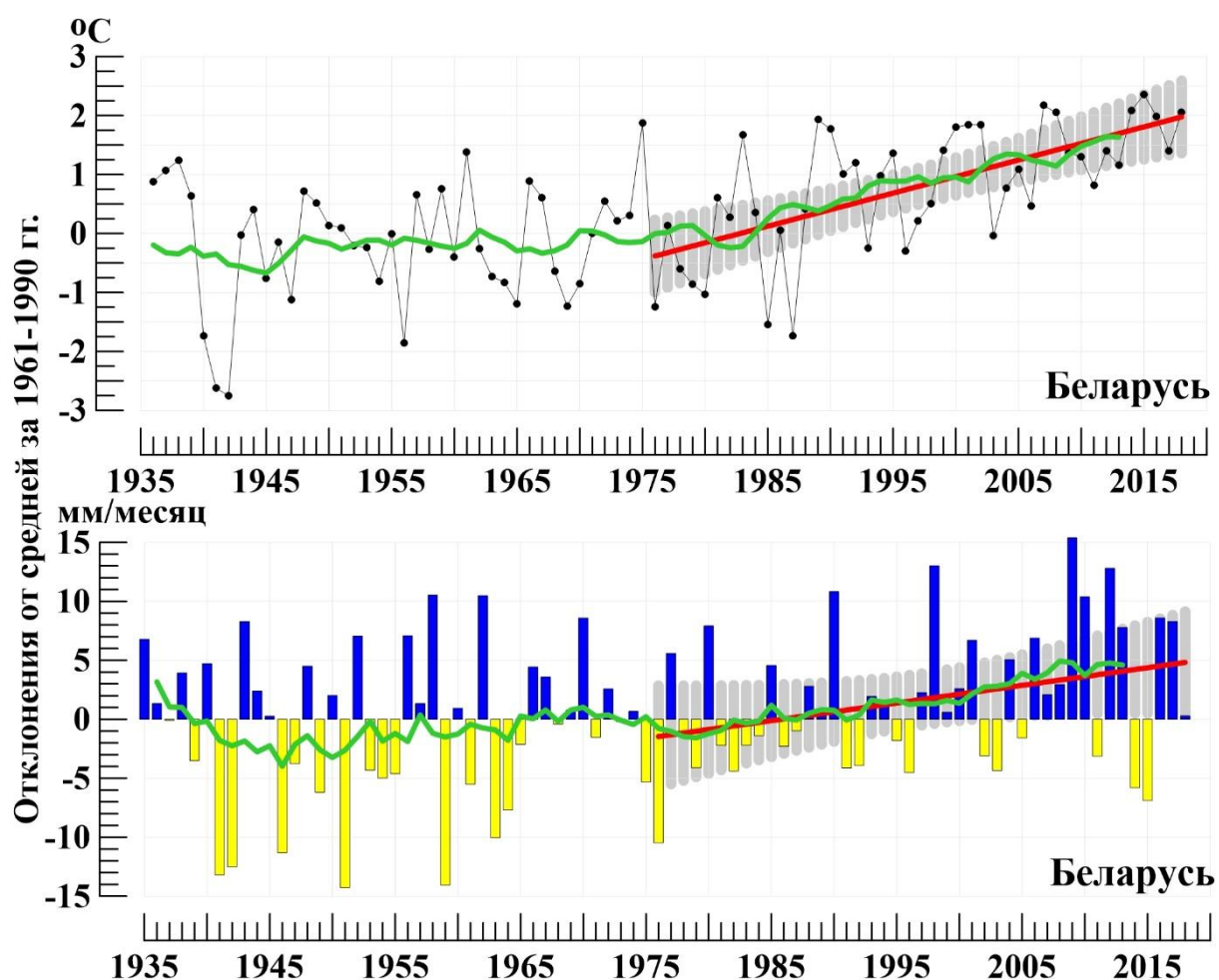


Рисунок 3 - Годовые аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}C$) и месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории республики Беларусь.

Показаны 11-летняя скользящая средняя и линейный тренд за период 1976 – 2018 гг. и 95% -я доверительная область для линии тренда.

Таблица 5.

Оценки линейного тренда регионально осредненной температуры
и осадков для республики Беларусь за 1976-2018гг.

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

Сезоны	Температура		Осадки	
	<i>b</i> ₁₉₇₆₋₂₀₁₈ °C/10 лет	<i>D</i> ₁₉₇₆₋₂₀₁₈ %	<i>b</i> ₁₉₇₆₋₂₀₁₈ мм/мес/10лет	<i>D</i> ₁₉₇₆₋₂₀₁₈ %
Зима	0.59	10	5.8	13
Весна	0.54	26	4.9	8
Лето	0.68	48	0.5	0
Осень	0.43	23	1.1	1
Год	0.56	43	1.5	10