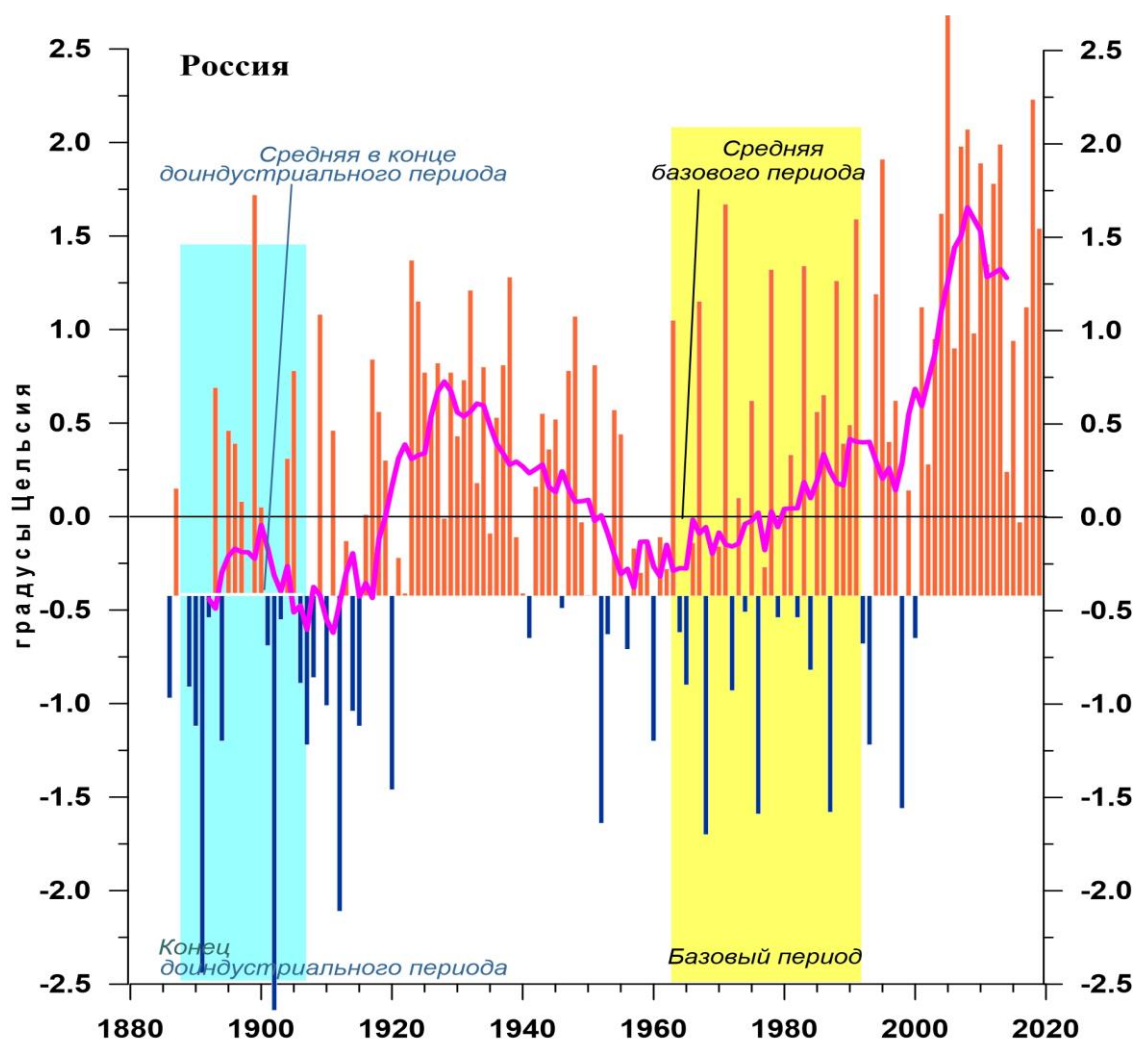


Федеральная служба
по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды
ФГБУ «Институт Глобального климата и экологии»



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2019 ГОД (ДЕКАБРЬ 2018 – НОЯБРЬ 2019)

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 2019 ГОДА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	8
3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	18
4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ В РЕГИОНАХ РОССИИ, 1936-2019 гг.....	24
5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2019 гг.	29
ВЫВОДЫ	32
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности 2019 г. на территории Республики Беларусь	36

¹ На обложке приведен ход средней годовой аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2019 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». 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 (577) станций России). В настоящем выпуске использованы данные 248 (для осадков по архиву R1383) и 393 (для температуры по архиву T3288) российских станций, по которым своевременно поступили сводки КЛИМАТ в оперативном потоке.

Под «нормой» в бюллетене понимается среднее многолетнее значение рассматриваемой климатической переменной за 1961-1990 гг. (базовый период). Аномалии температуры определяются как отклонения наблюденного значения от нормы. Аномалии осадков рассматриваются как в отклонениях от нормы (аналогично температуре), так и в процентах от нормы, то есть как процентное отношение количества выпавших осадков к соответствующему значению нормы. Вероятность превышения текущего значения климатической переменной (или ее аномалии) рассчитывается как доля наблюдений в прошлом, в которых значение этой переменной (или ее аномалии) было не больше текущего.

Регионально осредненные оценки приводятся в Бюллетене для физико-географических регионов России (рис. 1) и Федеральных округов РФ (рис. 2) по данным с 1936 г., так как до этого срока в архиве имеются массовые пропуски данных наблюдений. Следует заметить, что в соответствии с Указом Президента России от 3 ноября 2018 года №632 Республика Бурятия и Забайкальский край исключены из состава СФО и переданы в ДФО.



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.

Для температуры воздуха все данные в тексте и на картах приведены по архиву Т3288. 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.

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 , как и 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 состояние климатической системы.

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

Бюллетень подготовлен в ФГБУ «ИГКЭ»** 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»).

* 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, 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 (декабрь 2018 – ноябрь 2019 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 стационарным данным о температуре приземного воздуха ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН».

С 1970-х гг. наблюдается монотонный рост глобальной и полушарной температур. Линейный тренд среднегодовой температуры за период 1976-2019 гг. составил для Земного шара $+0.18^{\circ}\text{C}/10$ лет (объясненная трендом доля дисперсии ряда - 86%), для Северного полушария: $+0.33^{\circ}\text{C}/10$ лет (85%).

Средние годовые аномалии температуры составили $+0.716^{\circ}\text{C}$ для Земного шара в целом и $+1.260^{\circ}\text{C}$ для Северного полушария: третья и четвертая 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)). Для России в целом среднегодовая аномалия температуры составила $+1.90^{\circ}\text{C}$ – пятая величина в ранжированном по убыванию ряду наблюдений.

Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений годовых температур за период 1976-2019 гг. в среднем для Земного шара, СП и России, приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Годовые (декабрь 2018-ноябрь 2019 года) аномалии и оценки линейного тренда пространственно осредненной приповерхностной температуры Земного шара и температуры приземного воздуха СП и России за период 1976-2019г.

Регионы	νT_{2019}	b , $^{\circ}\text{C}/10$ лет	D %
Земной шар	0.72	0.18	86
СП	1.26	0.33	85
Россия	1.90	0.47	50

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

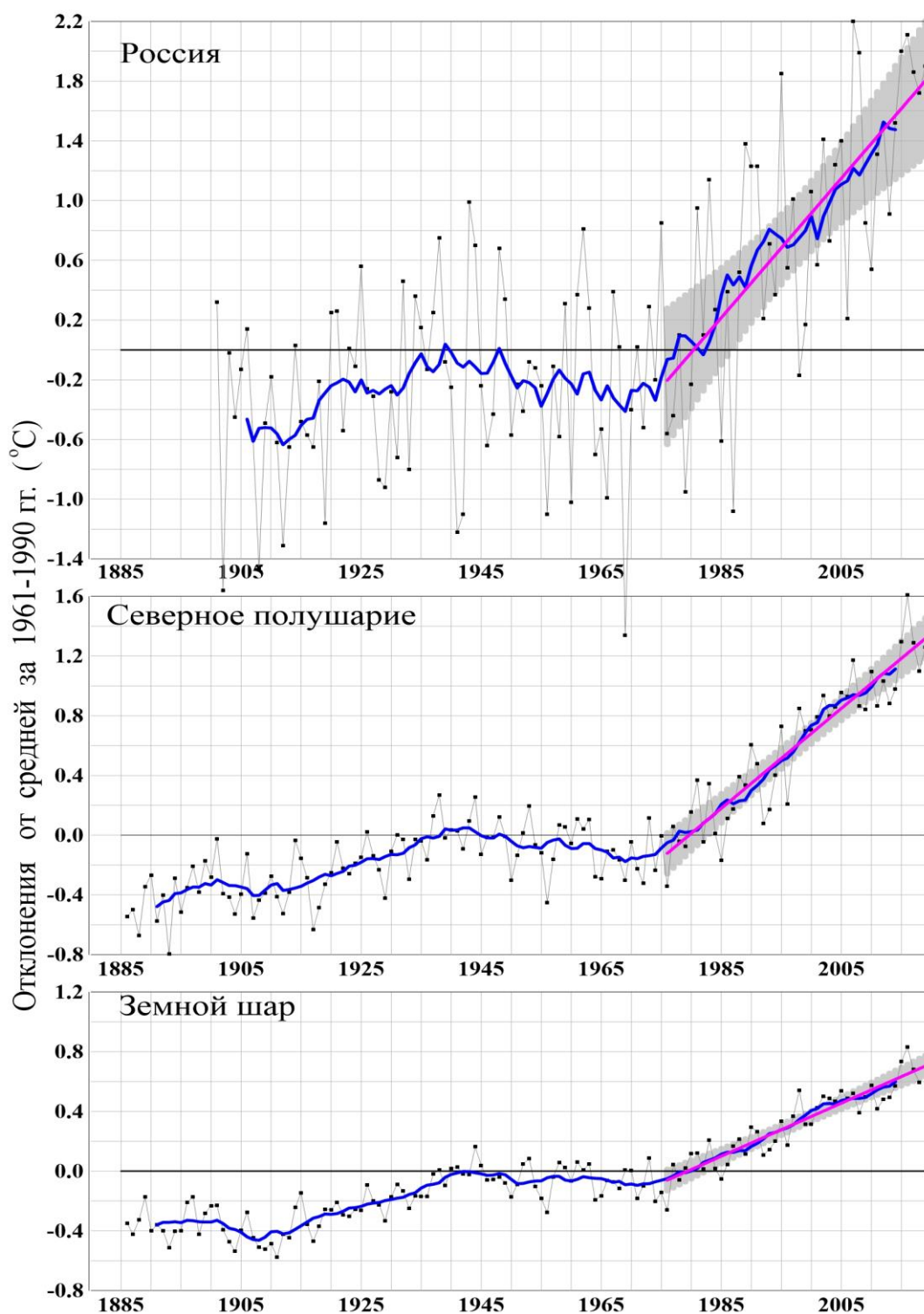


Рисунок 1.1 – Годовая аномалия (декабрь–ноябрь) приповерхностной температуры Земного шара, Северного полушария (суша) и России за 1886- 2019 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от средней за базовый период 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Использованы данные Университета Восточной Англии (Земной шар - массив hadcrut4gl.txt, СП - crutem4nh.txt) и данные ФГБУ «ИГКЭ» (Россия - данные на станциях).

2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ 2019 ГОДА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

На рис. 2.1 и 2.3 представлены карты годовых и сезонных аномалий температуры и осадков в 2019 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 1936-2018 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 2019 году:

νT - отклонения от средних за 1961-1990 гг.; $P(t \leq T_{2019})$ - 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	$\nu T, ^\circ C$ (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	1.90 (95)	0.76	2.12 (83)	1.81	2.86 (96)	1.19	0.98 (81)	0.33	1.60(89)	0.90
Физико-географические регионы России										
Европейская часть РФ	1.57 (87)	0.97	2.63 (78)	2.30	2.29 (91)	1.44	0.09 (40)	1.00	1.20 (78)	1.04
Азиатская часть РФ	2.03 (95)	0.78	1.92 (81)	1.89	3.08 (94)	1.25	1.32 (93)	0.35	1.76 (89)	1.10
Западная Сибирь	1.42 (82)	1.08	0.85 (64)	2.91	3.03 (93)	1.62	0.90 (78)	0.80	0.93 (65)	1.54
Средняя Сибирь	2.81 (100)	1.10	3.47 (88)	2.74	3.63 (94)	1.66	2.34 (99)	0.65	1.72 (78)	1.80
Прибайкалье и Забайкалье	1.74 (92)	0.73	1.52 (74)	1.90	2.64 (93)	1.39	1.70 (94)	0.57	1.09 (79)	1.23
Приамурье и Приморье	1.53 (94)	0.73	2.89 (95)	1.67	2.06 (92)	1.15	-0.08 (31)	0.75	1.28 (84)	0.89
Восточная Сибирь	2.20 (96)	0.62	1.10 (75)	1.39	3.28 (98)	1.22	1.23 (89)	0.56	3.19 (94)	0.94
Федеральные Округа РФ										
Северо-Западный	1.51 (82)	1.14	3.22 (77)	2.88	2.44 (89)	1.54	-0.51 (24)	1.17	0.90 (69)	1.24
Центральный	2.04 (96)	1.10	2.90 (77)	2.69	2.59 (95)	1.69	0.49 (53)	1.22	2.13 (94)	1.13
Приволжский	1.32 (81)	1.05	2.01 (70)	2.54	2.33 (92)	1.69	-0.20 (32)	1.19	1.11 (72)	1.25
Южный	1.80 (94)	0.96	2.28 (81)	2.08	2.00 (92)	1.47	1.53 (78)	1.04	1.26 (78)	1.05
Северо-Кавказский	1.79 (96)	0.73	2.35 (92)	1.59	1.56 (90)	0.96	2.07 (94)	0.76	1.18 (78)	0.85
Уральский	1.80 (89)	1.18	1.95 (74)	3.12	3.26 (92)	1.75	0.97 (77)	1.02	1.08 (65)	1.64
Сибирский	1.76 (90)	0.93	1.07 (61)	2.57	3.26 (93)	1.47	1.68 (96)	0.47	1.00 (72)	1.49
Дальневосточный	2.21 (99)	0.69	2.33 (94)	1.46	2.93 (96)	1.23	1.22 (87)	0.48	2.33 (95)	1.01

В таблице 2.2 приведены средние месячные аномалии температуры (°C) в для физико-географических регионов России и федеральных округов РФ в 2019 г.

Таблица 2.2

Средние месячные аномалии температуры, осредненные по территории регионов РФ в 2019 г. *Красным цветом выделены месяцы с положительными аномалиями температуры, синим – с отрицательными.*

Регионы	Аномалии температуры (°C)											
	дек 18	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь
Российская Федерация	0.44	2.78	3.14	4.30	2.57	1.68	1.67	0.39	0.92	0.96	2.66	1.19
Физико-географические регионы России												
Европейская часть России	1.49	2.34	4.11	3.18	1.57	2.12	1.84	-1.02	-0.47	0.26	2.45	0.26
Азиатская часть России	0.04	2.94	2.77	4.72	2.96	1.51	1.60	0.93	1.47	1.23	2.74	1.23
Западная Сибирь	-0.79	2.70	0.56	6.30	1.40	1.39	-0.30	1.25	1.75	0.66	3.38	0.66
Средняя Сибирь	0.42	4.24	5.75	6.34	3.01	1.54	3.65	1.28	2.18	1.25	3.36	1.25
Прибайкалье и Забайкалье	-0.98	3.28	2.23	5.45	2.07	0.40	2.10	1.65	1.34	2.34	1.51	2.34
Приамурье и Приморье	1.66	4.22	2.90	3.01	1.74	1.43	-0.61	0.29	0.08	1.20	2.29	1.20
Восточная Сибирь	0.15	1.09	2.06	2.15	5.45	2.20	2.28	0.25	1.32	1.21	2.38	1.21
Федеральные Округа РФ												
Северо-Западный	3.29	2.09	4.32	3.03	2.42	1.86	0.85	-1.58	-0.81	1.03	0.73	0.94
Центральный	0.46	2.44	5.80	3.34	1.98	2.43	3.07	-1.25	-0.24	0.78	3.36	2.24
Приволжский	0.35	2.28	3.39	3.70	0.93	2.34	1.14	-0.75	-0.98	-0.97	3.89	0.42
Южный	0.37	2.86	3.53	3.03	0.82	2.09	4.29	-0.14	0.82	0.05	3.40	0.28
Северо-Кавказский	1.20	3.13	2.84	1.99	0.24	2.42	4.26	0.64	1.30	0.21	3.33	0.16
Уральский	1.71	3.07	0.99	6.36	1.23	2.16	-0.14	1.77	1.28	0.36	3.60	-0.75
Сибирский	-2.42	3.40	2.17	6.91	2.02	0.84	1.48	1.32	2.20	1.39	2.88	-1.28
Дальневосточный	0.87	2.66	3.48	3.21	3.84	1.70	2.09	0.50	1.16	1.33	2.52	3.18

2019 год в целом (рис.2.1) был экстремально теплым: средняя годовая температура воздуха, осредненная по территории РФ превысила норму 1961-1990 гг. на 1.90°C - пятая положительная аномалия с 1936 г., осредненная по АЧР аномалия температуры 2.03°C – также пятая величина в ряду. Положительные аномалии наблюдались всюду на территории страны. В среднем за год особенно тепло (на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы) было в ЦФО (2.04°C – ранг 5), в СКФО (1.79°C – ранг 4), в ДФО (2.21°C – ранг 2). Максимальная аномалия зафиксирована на станции Хатанга на севере Красноярского края: +4.3°C.

Зимой 2018/19 гг. осредненная по территории РФ сезонная аномалия +2.12°C (ранг 15). Положительные аномалии температуры наблюдались на большей части страны (кроме юга Сибири и востока Якутии). Наибольшие аномалии температуры (более 5°C) и 95%-е экстремумы зафиксированы на юге Якутии и в Приамурье и Приморье (2.89°C – ранг 5).

Холодно на юге Средней Сибири (до -4.1°C на Алтае на станции Онгудай), на востоке Якутии (до -0.6°C на станции Чокурдах).

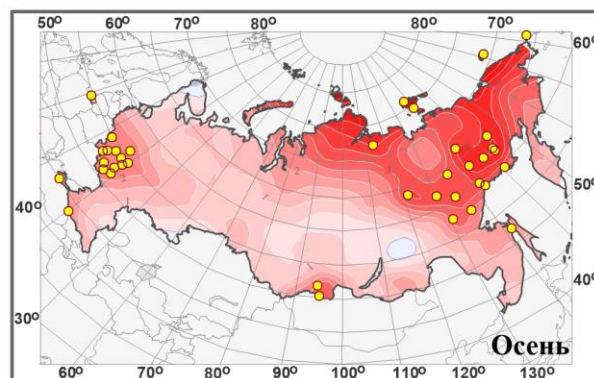
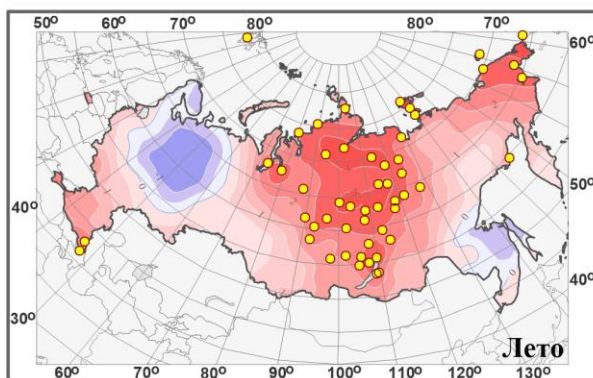
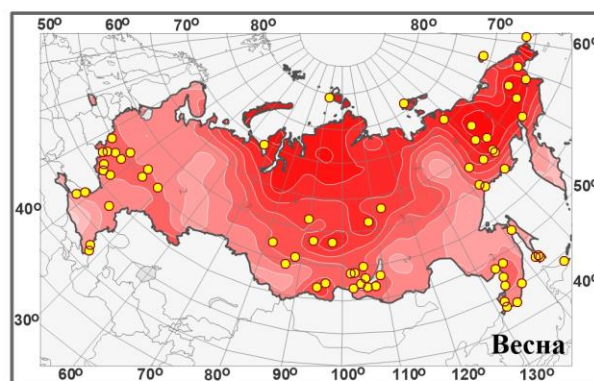
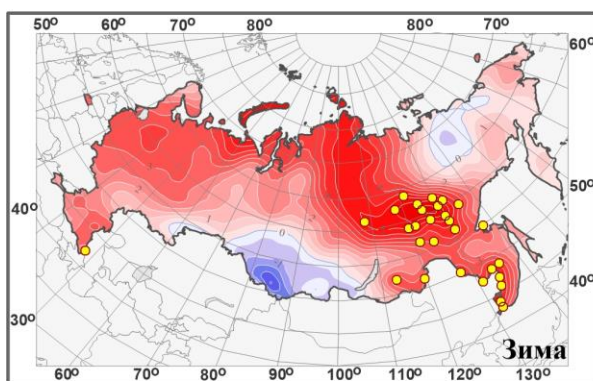
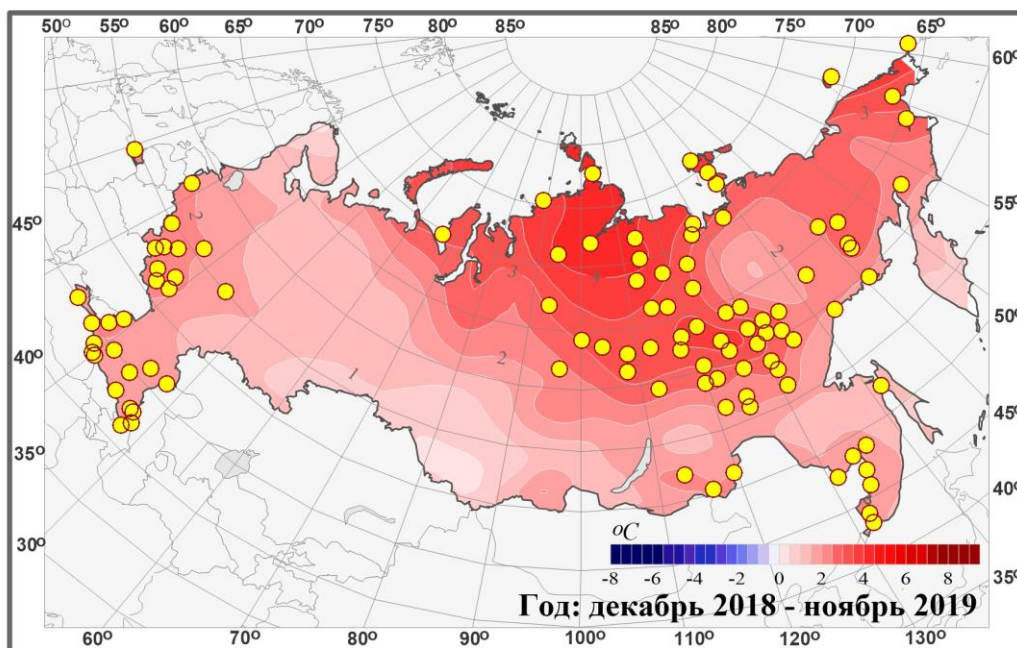


Рисунок 2.1 - Поля аномалий температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России в 2019 г., в среднем за год и по сезонам. Кружками белого цвета показано местоположение станционных экстремумов ниже 5-го перцентиля, желтого – выше 95-го перцентиля. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за базовый период 1961-1990 гг.

Декабрь 2018 г.- контрастный месяц в сезоне. Очень тепло (аномалии выше 3°C , на ряде станций 95%-е экстремумы) на севере ЕЧР, севере Западной и Средней Сибири; а также на юге Якутии, в Хабаровском крае, в Приамурье и Приморье. Очень холодно (аномалии -3°C - -7°C) на юге УФО, в центре и на юге СФО, на Чукотке.

В **январе** на большей части страны было тепло (кроме части Мурманской области (пограничной с Финляндией), побережья Янского залива, Чукотки и Алтая). Особенно тепло в центральных районах страны и на юге ДФО: в Забайкалье и в Приамурье и Приморье (4.22°C – ранг 5).

Февраль. Очень тепло в Средней Сибири (5.75°C – ранг 8) и в бассейне Лены (на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы), в ЕЧР (4.11°C – ранг 8), на Чукотке.

Холодно (до -2°C), в бассейне Оби, на Алтае на Саянах.

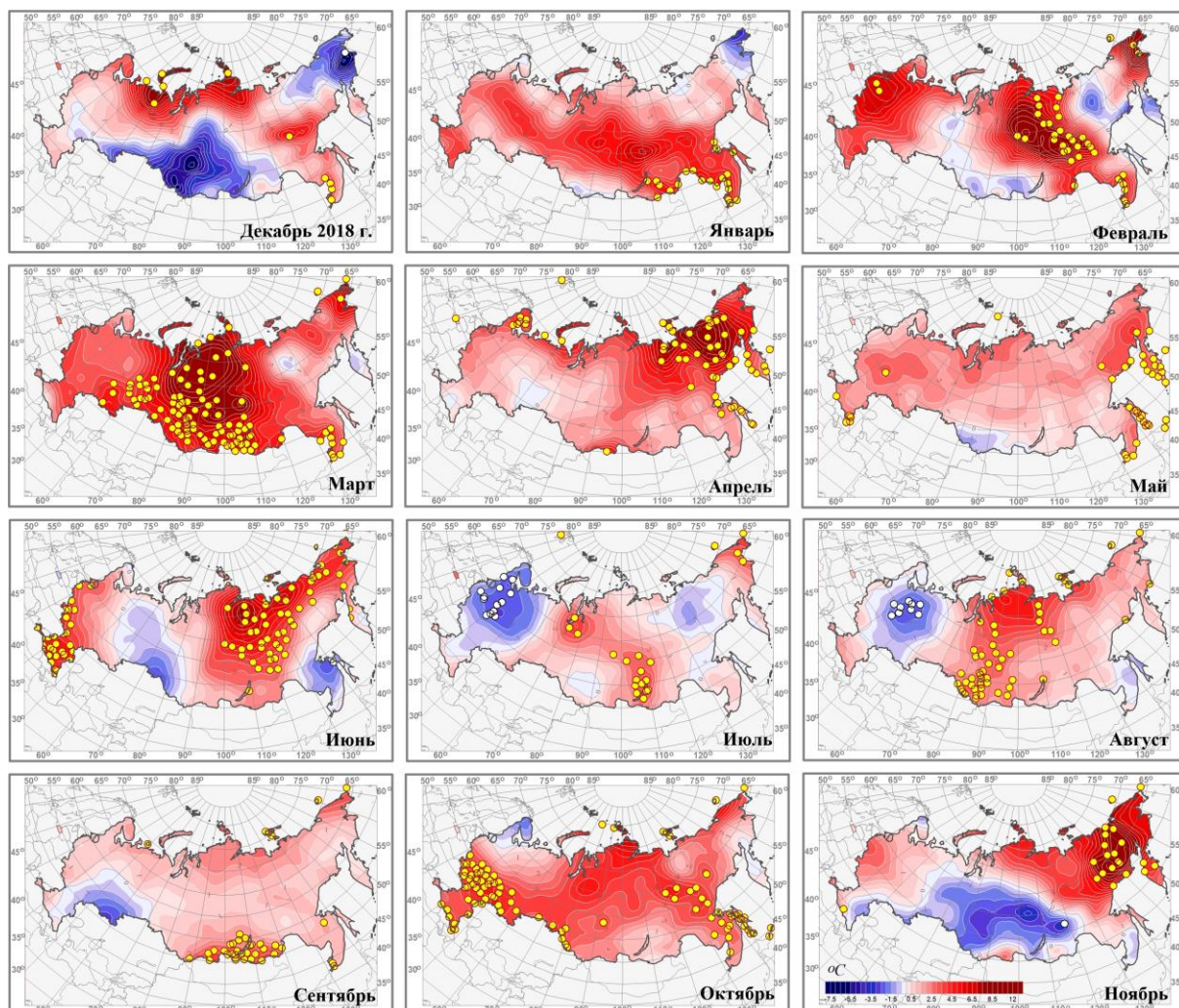


Рисунок 2.2 – Поля средних месячных аномалий температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России в 2019 г. Условные обозначения см. на рис.2.1

Весна в целом по России была 4-ой самой теплой (аномалия $+2.86^{\circ}\text{C}$).

На всей территории страны температуры были выше климатической нормы. Очень тепло (на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы) в центральных и южных областях ЕЧР (осредненная по ЦФО аномалия температуры 2.59°C – ранг 5), на юге СФО и во многих областях ДФО (осредненная по ДФО аномалия температуры 2.93°C – ранг 4), особенно тепло в Восточной Сибири (аномалия 3.28°C – ранг 3), в Приморье, в Забайкалье).

Март был очень теплый: осредненная по РФ аномалия температуры 4.3°C – четвертая величина в ряду. Тепло почти всюду (кроме отдельных районов ДФО). Особенно тепло (всюду отмечались 95%-е экстремумы температуры) в Западной Сибири (6.30°C – исторический максимум в ряду) и в Средней Сибири (6.34°C – ранг 4).

В *апреле* тепло всюду (кроме Южного Урала и юга ЮФО), экстремально тепло на севере и северо-востоке РФ (аномалии выше 4°C, на большинстве станций отмечались 95%-е экстремумы, осредненная по Восточной Сибири аномалия 5.45°C – максимальная величина в ряду).

Май. Осредненная по РФ аномалия температуры составила 1.68°C. Температуры выше климатической нормы наблюдались всюду, кроме Алтая и Саян. Очень тепло (повсеместно отмечались 95%-е экстремумы) в СКФО (аномалия 2.42°C – ранг 4), а также в Приморье, на Сахалине, в Магаданской области, на Камчатке. Холодно (аномалии не менее -1.5°C) на Алтае и в Саянах.

Лето. Осредненная по РФ аномалия температуры 0.98°C, по ЕЧР: 0.09°C (почти норма), по АЧР: 1.32°C – среди семи самых теплых сезонов. Особенно тепло в Средней Сибири (2.34°C – ранг 2, здесь экстремально тепло было в июне и в августе), в Прибайкалье и Забайкалье – на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы. Холодно на северо-востоке ЕЧР (аномалии до -1.6°C) - здесь холодно было в июле и в августе; на юге Хабаровского края, в Приморье, на Сахалине (аномалии до -1.2°C) – здесь холодно было в июне (особенно) и в августе.

Июнь. Осредненная по РФ аномалия температуры составила 1.67°C (ранг 6). Тепло на большей части ЕЧР (кроме северо-востока) и большей части АЧР (кроме центра и юга Западной Сибири и Приамурья и Приморья). Экстремально тепло (повсеместно отмечались 95%-е экстремумы) на западе и юге ЕЧР (особенно в ЮФО (4.29°C – ранг 1), в СКФО (4.26°C – ранг 1, в Средней Сибири (3.65°C – максимальная величина в ряду) и Восточной Сибири (2.28°C – также максимальная величина в ряду). Холодно на северо-востоке ЕЧР, на Урале, в центре и юге Западной Сибири (аномалии до -2.5°C). Холодно также в Приамурье и Приморье (аномалии до -2.8°C).

В *июле* осредненная по РФ аномалия температуры составила 0.39°C. Холодно на большей части ЕЧР (-1.02°C), особенно в ЦФО (-1.25°C – среди девяти самых холодных июльских месяцев в ряду, на многих станциях фиксировались 5%-е экстремумы) и в СЗФО (-1.58°C). В АЧР экстремально тепло (на многих станциях 95%-е экстремумы) в районе Обской губы, в районе Байкала, на Чукотке, аномалии до 4°C. Холодно в АЧР (аномалии не ниже -1.4°C) в предгорьях Алтая и Саян, в Якутии, в Хабаровском крае, в Приамурье, на большей части Сахалина.

Август. Осредненная по РФ аномалия температуры 0.92°C, по АЧР: 1.47°C – третья величина в ряду после рекордно теплого августа 2017 (1.61°C) и 1998 (1.55°C). Особенно тепло в Средней Сибири (2.18°C – ранг 2), на Алтае и в Саянах – на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы, аномалии до +5°C. Экстремально холодно в ряде областей ЦФО и СЗФО – на многих станциях зафиксированы 5%-экстремумы, (аномалии до -2.7°C) зафиксирована на станции Великий Устюг. В АЧР холодно в Приморье и на Сахалине (аномалии до -2.1°C).

Осень. Осредненная по РФ аномалия температуры 1.60°C – десятая величина в ряду. Почти всюду на территории страны (кроме запада Мурманской области, юго-востока ПФО, района среднего течения Витима) средние сезонные аномалии были положительными. Наиболее теплые условия осенью (аномалии выше 2°C, на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы) наблюдались в центре и на севере ДФО (осредненная по региону аномалия 2.33°C – пятая величина в ряду), в ЦФО (2.13°C – ранг 6). Отрицательные сезонные аномалии (не ниже -1°C) наблюдались на западе Мурманской области, на юго-востоке ПФО, района среднего течения Витима.

В *сентябре* - осредненная по РФ аномалия температуры 0.96°C. Положительные аномалии температуры наблюдались на большей части страны, экстремально тепло (аномалии до 4°C, повсеместно отмечались 95%-е экстремумы) в Прибайкалье и Забайкалье (2.34°C – ранг 3). Температуры ниже нормы (аномалии до -2.5°C) наблюдались в ряде областей ЮФО, в ПФО и на Южном Урале.

В *октябре* осредненная по РФ аномалия температуры 2.66°C – шестая величина в ряду. Положительные аномалии температуры наблюдались всюду, кроме Карелии и Мурманской области и севера Камчатки. Экстремально тепло (аномалии температуры выше 4°C, повсеместно отмечались 95%-е экстремумы) в центре и на юге ЕЧР, особенно в ЦФО (3.36°C – ранг 4) и в ПФО (3.89°C – ранг 3); на юге ДФО (2.52°C – ранг 5).

Холодно (аномалии до -2°C) в Карелии, в Мурманской области, на севере Камчатки.

В *ноябре* осредненная по РФ ноябрьская аномалия температуры 1.19°C. Тепло на севере и северо-востоке АЧР, экстремально тепло (аномалии 4°C-10.5°C, на большинстве станций отмечались 95%-е экстремумы) в Восточной Сибири (6.04°C – ранг 4). Тепло также (аномалии на станциях до 3.5°C) на большей части ЕЧР (кроме запада Мурманской области и юго-восточных областей).

Холодно (аномалии до -4.7°C) на юго-востоке ЕЧР и, далее, в центре и юге АЧР. Холодно также (до -2°C) на западе Мурманской области, в Приморье.

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 2018 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 2019 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 2019 г. приведены в табл.2.3 в мм/месяц и в процентах от нормы (также в таблице для каждого значения аномалии приведена вероятность превышения относительно периода 1936-2014гг.). В таблице 2.4 приведены относительные аномалии месячных сумм осадков (в процентах от нормы) в 2019 г. в рассматриваемых регионах России.

В целом по РФ за год количество выпавших осадков составило 107% нормы. Значительный избыток осадков (более 120% нормы, на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы) наблюдался на севере ЕЧР (в СЗФО выпало 125% нормы – максимальная величина в ряду, избыток осадков наблюдался во все сезоны, особенно осенью), в дельте Енисея, в Саянах, в Хабаровском крае, в Приамурье и Приморье (113%).

Сильный дефицит осадков (менее 80% нормы, на ряде станций отмечались 5%-е экстремумы) наблюдался вдоль побережья Восточно-Сибирского моря, на Алтае, на Сахалине.

Зимой 2018/19 гг. осредненные осадки составили 107% нормы.

Значительный избыток осадков (более 120% нормы, на ряде станций отмечались 95%-е экстремумы) наблюдался на севере и востоке ЕЧР, в дельте Енисея, на юге Якутии, в Хабаровском крае. Сильный дефицит осадков (40%-80%) наблюдался на юге АЧР, на востоке Якутии.

В *декабре* преобладал дефицит осадков. Сильный дефицит осадков (30%-80% нормы, на ряде станций фиксировались 5%-е экстремумы) наблюдался в ЕЧР: в СЗФО (69%) и ПФО (87%); а также на

юге Сибирского ФО, на северо-востоке страны. Значительный избыток осадков (120%-200%) на юге ЕЧР, на Ямале и на Таймыре, в Приамурье, на Камчатке.

В *январе* значительный избыток осадков (более 120% нормы, на ряде станций отмечались 95%-е экстремумы) наблюдался на большей части ЕЧР (132% нормы – ранг 5), особенно в СЗФО (146% – ранг 4); а также в центральных районах АЧР.

Дефицит осадков (40%-80%) отмечался на севере страны от Югорского полуострова на восток. На юге страны дефицит осадков (20%-80%) наблюдался в СКФО, на юге АЧР.

В *феврале* – очень контрастный месяц: наблюдались области как со значительным избытком осадков, так и с сильным дефицитом осадков.

Значительный избыток осадков (более 160%, на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы) наблюдался на севере и востоке ЕЧР (в СЗФО выпало 185% нормы – ранг 3), на юге Якутии, на Чукотке.

Сильный дефицит осадков (20%-80%) наблюдался в Прибайкалье и Забайкалье (выпало 58% нормы – среди семи самых «сухих» февралей), на юге ЕЧР (особенно, в ЮФО (49% – также среди семи самых «сухих»)), в Приморье, на востоке Якутии.

Таблица 2.3

Средние годовые (декабрь - ноябрь.) и сезонные аномалии осадков для физико-географических регионов России и федеральных округов РФ в 2019 году:

νR (мм/месяц)- отклонения от средних за 1961-1990 гг; RR – отношение R_{2019} к норме, выраженное в %; $P(r \leq R_{2019})$ Вероятности неперевышения (в скобках в столбце νR) – рассчитаны по данным за 1936-2018 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	2.6 (88)	107	1.6 (74)	107	3.4 (80)	112	1.6 (64)	103	4.0 (88)	109
Физико-географические регионы России										
Европейская часть РФ	4.2 (90)	109	5.5 (83)	114	5.7 (78)	115	4.9 (78)	108	0.4 (55)	101
Азиатская часть РФ	2.0 (84)	105	0.0 (64)	100	2.4 (78)	110	0.3 (41)	100	5.4 (95)	114
Западная Сибирь	1.0 (51)	103	-2.4 (37)	90	1.4 (49)	105	1.9 (46)	103	3.3 (74)	108
Средняя Сибирь	2.8 (81)	109	2.4 (86)	114	3.8 (88)	118	-2.7 (23)	95	7.8 (98)	123
Прибайкалье и Забайкалье	0.7 (49)	102	-0.8 (28)	92	-1.6 (25)	92	2.2 (57)	103	2.8 (64)	110
Приамурье и Приморье	6.7 (92)	113	-1.5 (40)	91	4.2 (71)	111	20.3 (87)	119	3.9 (71)	107
Восточная Сибирь	0.2 (52)	101	1.2 (72)	105	3.5 (89)	118	-10.7 (4)	79	7.5 (87)	120
Федеральные Округа РФ										
Северо-Западный	12.1 (100)	125	8.7 (90)	125	6.0 (83)	118	18.0 (93)	127	15.2 (96)	127
Центральный	-0.5 (51)	99	5.6 (66)	113	0.3 (46)	101	-5.5 (43)	92	-2.7 (47)	95
Приволжский	1.3 (60)	103	4.8 (78)	114	4.1 (65)	112	2.7 (65)	105	-6.5 (31)	87
Южный	-0.5 (47)	99	2.1 (63)	105	14.7 (95)	138	-3.5 (40)	93	-16.1 (4)	61
Северо-Кавказский	-5.5 (12)	90	-1.0 (43)	98	5.7 (68)	110	-19.2 (8)	69	-7.3 (21)	87
Уральский	4.1 (81)	110	-0.2 (51)	99	3.5 (66)	112	8.8 (82)	114	4.4 (75)	110
Сибирский	1.8 (69)	105	-1.3 (42)	93	1.8 (64)	107	2.0 (41)	103	4.8 (89)	113
Дальневосточный	1.7 (82)	105	0.8 (77)	103	2.6 (83)	111	-2.6 (31)	96	6.0 (94)	116

Весна. В целом за сезон осредненные по территории РФ осадки составили 112% нормы. Избыток осадков (более 120% нормы, на ряде станций отмечались 95%-е экстремумы) наблюдался в Карелии, в Мурманской области, в ЮФО (138% нормы –

ранг 5); в нижнем и среднем течении Енисея, в Якутии, вдоль побережья Охотского моря.

Дефицит осадков (менее 80%) наблюдался на юге СФО и в Забайкалье, на севере Якутии, на Сахалине.

В *марте* избыток осадков в ЕЧР (161% нормы – ранг 2), особенно в СЗФО (173% нормы – исторический максимум) и ПФО (181% - ранг 6). Также много осадков (на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы) выпало в центральных районах Западной Сибири, на Чукотке.

На Алтае и во многих районах ДФО наблюдался дефицит осадков.

В *апреле* сильный дефицит осадков (менее 60% нормы) наблюдался в ЕЧР (кроме ЮФО), осредненные по ЕЧР осадки: 66% нормы – среди шести самых «сухих» апрельских осадков в ряду особенно «сухо» в ЦФО (46% нормы – среди четырех самых «сухих»). Сильный дефицит осадков наблюдался также на востоке ДФО.

Избыток осадков (более 120%) наблюдался восточнее Оби: в Западной и Средней Сибири (129%, на ряде станций зафиксированы 95%-е экстремумы), на Таймыре, в Якутии, в Хабаровском крае.

В *мае* осредненные по РФ осадки: 122% нормы. Значительный избыток осадков (более 120% нормы, на ряде станций отмечались 95%-е экстремумы) наблюдался вдоль побережья Охотского и Японского морей, на юге Якутии (в целом по ДФО осадки составили 146% нормы – ранг 3), а также на большей части ЕЧР (особенно на западе), в нижнем течении Оби и Енисея.

Дефицит осадков (40-80% нормы) наблюдался на севере АЧР восточнее течения Лены, на юге СФО, в Забайкалье.

Летом Осредненные по РФ осадки 103% нормы. Сильный дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался в центре и на юге ЕЧР (особенно в СКФО (69% - среди восьми «самых сухих»)), в Средней Сибири, в Восточной Сибири (79% - среди четырех «самых сухих») – на ряде станций фиксировались 5%-е экстремумы. Значительный избыток осадков более 120% нормы, на ряде станций фиксировались 95%-е экстремумы) наблюдался на северо-востоке ЕЧР, в Саянах, в Приморье.

Таблица 2.4

Месячные относительные аномалии осадков в регионах РФ в 2018 г. *Зеленым цветом показаны месяцы, когда осадков выпало выше нормы, желтым – ниже нормы.*

Регионы	Аномалии осадков (% нормы)											
	дек18	январь	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя
Российская Федерация	95	112	116	132	84	122	99	107	100	99	124	107
Физико-географические регионы России												
Европейская часть России	91	132	128	161	66	124	77	127	117	80	136	87
Азиатская часть России	99	96	106	108	96	120	109	100	94	108	117	121
Западная Сибирь	79	91	102	125	116	90	114	99	98	101	115	109
Средняя Сибирь	100	114	136	188	129	112	105	89	90	122	134	112
Прибайкалье и Забайкалье	110	88	58	116	75	95	131	100	85	106	128	100
Приамурье и Приморье	102	102	59	69	54	165	111	120	124	106	84	147
Восточная Сибирь	118	86	114	99	87	151	80	91	68	101	124	143
Федеральные округа РФ												
Северо-Западный	69	146	185	173	57	127	107	157	115	86	172	126
Центральный	106	136	100	127	46	127	66	113	95	60	150	80
Приволжский	87	128	136	181	62	108	67	106	143	72	122	65
Южный	117	134	49	158	115	145	46	130	112	98	58	32
Северо-Кавказский	121	79	87	122	91	118	65	86	56	97	55	103
Уральский	80	104	120	167	92	98	106	112	121	105	124	100
Сибирский	93	97	89	103	136	93	132	97	86	108	122	108
Дальневосточный	109	93	113	93	73	146	96	99	94	108	112	137

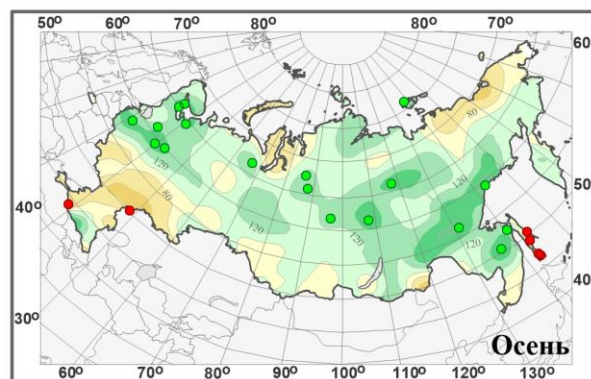
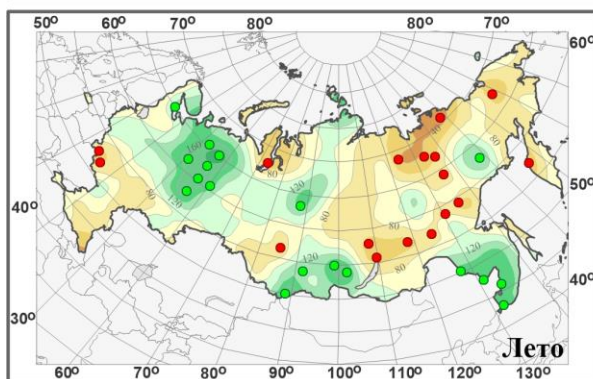
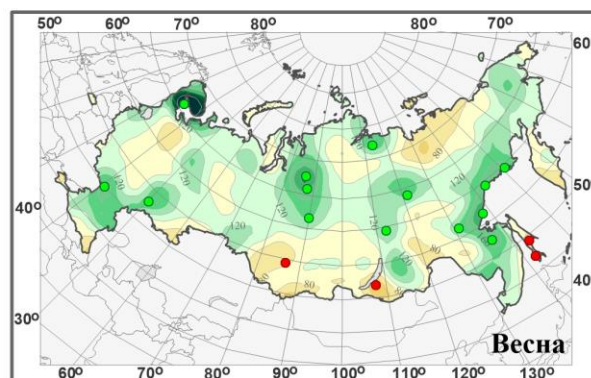
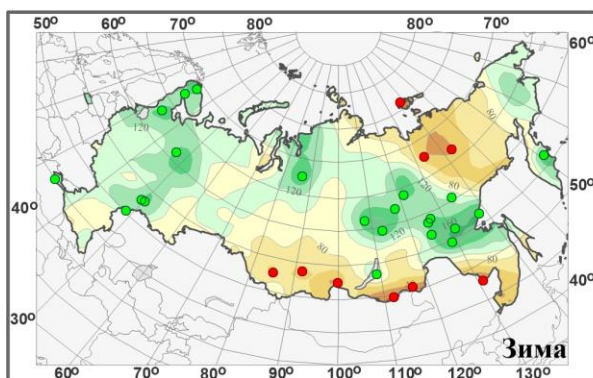
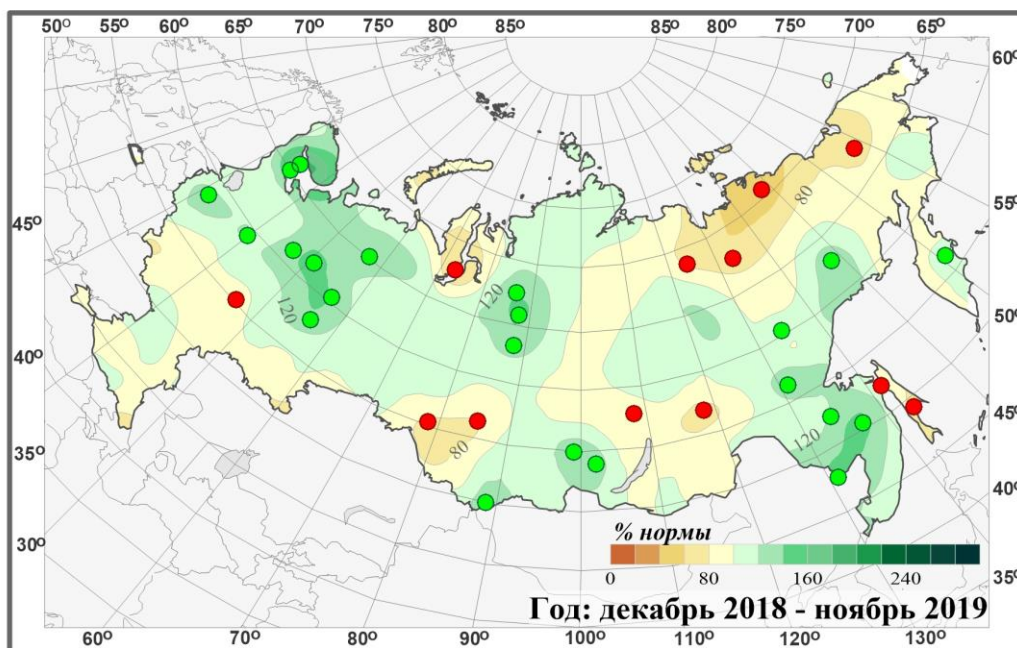


Рисунок 2.3 - Поля аномалий средних годовых (декабрь – ноябрь) и сезонных сумм осадков (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.) на территории России в 2019 г. Кружками красного цвета показаны стационарные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го перцентиля.

В июне преобладал дефицит осадков, в целом по РФ выпало 99% нормы осадков. В ЕЧР выпало 77% нормы (среди семи-восьми самых «сухих» июней с 1936 года), дефицит осадков наблюдался всюду, кроме северо-востока ЕЧР, мало осадков выпало в ЦФО (66%), в ПФО (67%), в ЮФО (46% - среди восьми самых «сухих»), в СКФО (65%). Дефицит осадков наблюдался также на большей части ДФО, особенно на северо-востоке (в Восточной Сибири выпало 80% нормы).

Значительный избыток осадков (более 120%) наблюдался на юге Западной Сибири, на западе Средней Сибири, в Прибайкалье и Забайкалье (131% нормы, на многих станциях отмечались 95-е экстремумы).

Июль. Осредненные осадки по РФ – 107% нормы. Значительный избыток осадков наблюдался на большей части ЕЧР (127% - ранг 4), кроме южных областей ЦФО и СКФО. Особенно много осадков (на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы) выпало на востоке СЗФО (157% нормы – максимальная величина в ряду). Значительный избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался в центральных районах Западной и Средней Сибири, на Алтае и в Саянах, в Приамурье и в Приморье, на востоке Якутии.

Сильный дефицит осадков (20%-80%) наблюдался в низовьях Оби и Енисея, на юге Западной Сибири, в бассейне Лены (особенно в верхнем течении, где на многих станциях отмечались 5%-е экстремумы).

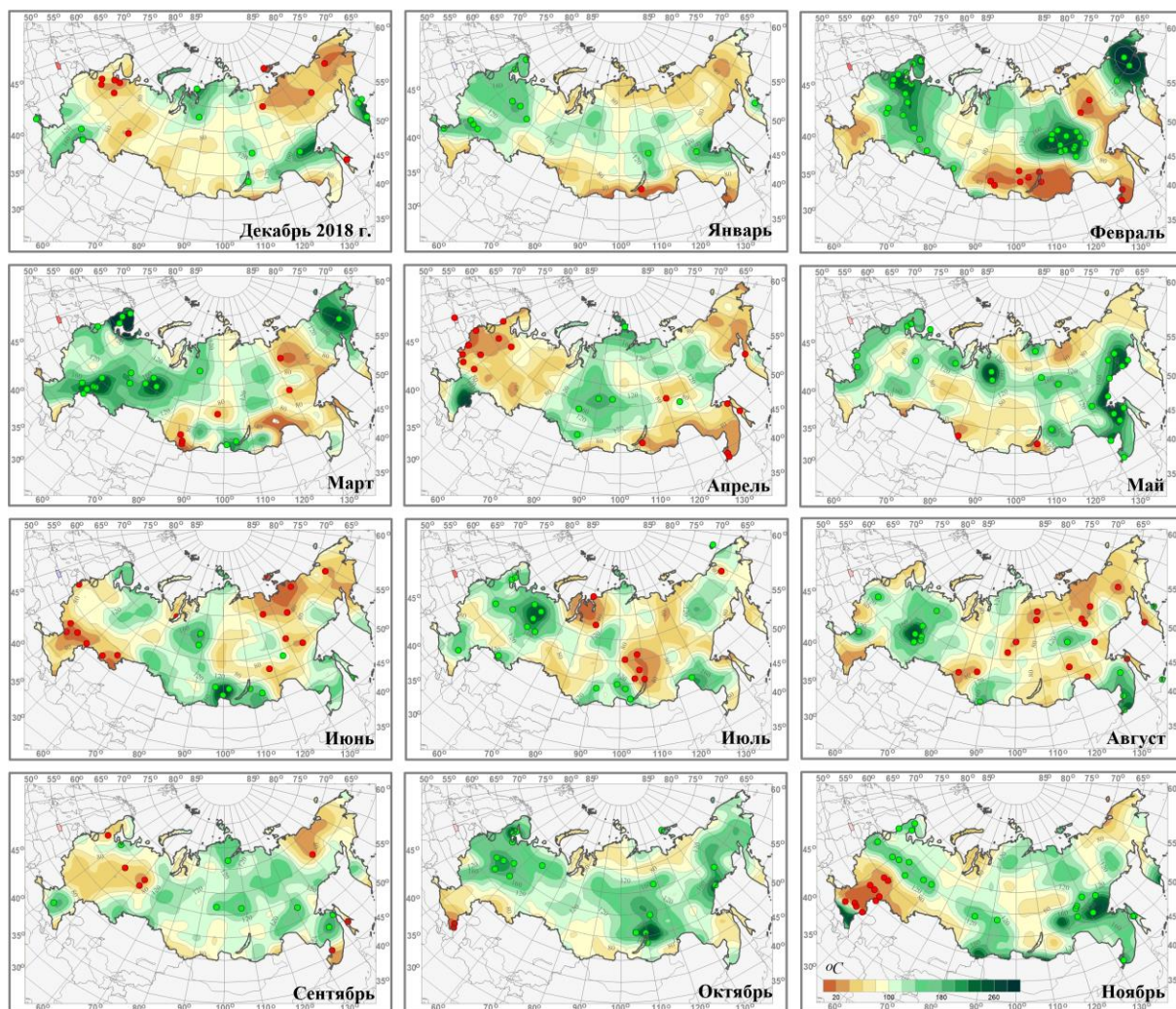


Рисунок 2.4 – Поля средних месячных аномалий осадков (% нормы) на территории России в 2019 г. Условные обозначения см. на рис.2.3

Август. Осредненные по РФ осадки 100% нормы. В АЧР преобладал дефицит осадков (на ряде станций фиксировались 5%-е экстремумы), наиболее сильный в Восточной Сибири (68% нормы – среди четырех «самых сухих» августов в ряду). Значительный избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался большей части ЕЧР (кроме ЦФО и СКФО), и в Приморье, наибольшее количество осадков выпало в Перми (352% нормы) и во Владивостоке (345%).

Осенью осредненные по РФ осадки 109% нормы. Осредненные по АЧР осадки составили 114% - ранг 5 (особенно много осадков выпало в ДФО (116% и- ранг 6) – за счет октября и ноября). Избыток осадков наблюдался также на севере ЕЧР (в СЗФО выпало 127% нормы – ранг 4, на ряде станций отмечались 95%-е экстремумы).

Дефицит осадков (60-80%) наблюдался в центре и юге ЕЧР (в ЮФО выпало 61% сезонной нормы – среди четырех «самых сухих» осенних сезонов в этом федеральном округе), на Сахалине (на ряде станций отмечались 5%-е экстремумы), в районе Обской губы, вдоль побережья Восточно-Сибирского моря.

В сентябре осредненные по РФ осадки составили 99% нормы. Дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался на большей части ЕЧР, на востоке Якутии и в Чукотском АО, в Приморье и на юге Сахалина. Избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался в бассейне Оби, в Средней Сибири, в Приамурье, а также в ряде областей ЮФО и ПФО, на побережье Белого моря.

В октябре осредненные по РФ осадки 124% нормы – четвертая величина в ряду. Значительный избыток осадков (на многих станциях 95%-е экстремумы) наблюдался в центре и на севере ЕЧР (в СЗФО выпало 172% нормы – исторический максимум в ряду), в центральных районах Сибирского и Дальневосточного ФО. Дефицит осадков (менее 80%) наблюдался на юге ЕЧР (в ЮФО выпало лишь 58% нормы – среди пяти «самых сухих» октябрей), в Саянах, в Приамурье и Приморье (84% нормы), а также вдоль азиатского побережья Северного Ледовитого океана.

В ноябре осредненные по РФ осадки 107% нормы. Сильный дефицит осадков наблюдался на юге и в центре ЕЧР: в ЮФО (выпало лишь 32% нормы – среди трех «самых сухих», в ПФО (65%), в ЦФО (80%), на ряде станций этих районов фиксировались 5%-е экстремумы. Дефицит осадков (менее 80%) наблюдался также на Новой Земле, в районе Обской губы, вдоль побережья Восточно-Сибирского моря.

Избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался на севере ЕЧР (в СЗФО выпало 127% нормы – ранг 6, на ряде станций отмечались 95%-е экстремумы), на большей части АЧР (в целом по региону выпало 121% нормы – ранг 9), особенно на юге ДФО (137% - ранг 9, на ряде станций отмечались 95%-е экстремумы).

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 2019 гг. На всех временных рядах показан линейный тренд, характеризующий тенденцию (среднюю скорость) изменений температуры и осадков на интервале 1976 - 2019 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 1976-2019 гг. Тренды осадков выражены либо в мм / мес / 10 лет, либо в % нормы / 10 лет: для краткости в дальнейшем будем писать % / 10 лет.

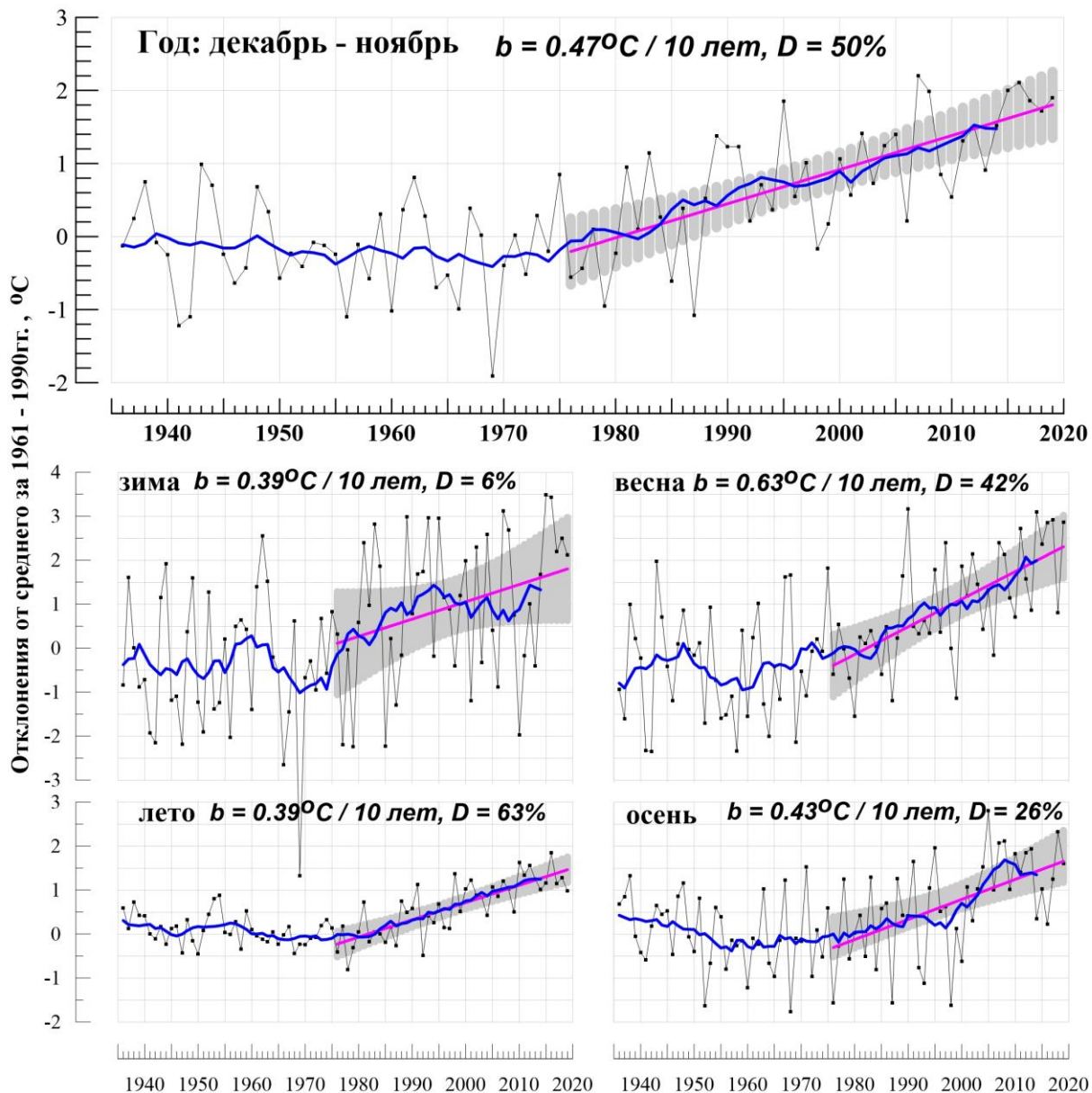


Рисунок 3.1 - Средние годовые и сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории РФ, 1936-2019 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Показаны также 11-летнее скользящее среднее, линейный тренд за 1976-2019 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 1976-2019 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	0.47	50	0.8	2.1	35
Зима	0.39	10	0.6	2.5	13
Весна	0.63	42	1.6	5.7	36
Лето	0.39	63	0.4	0.7	4
Осень	0.43	26	0.7	1.7	8

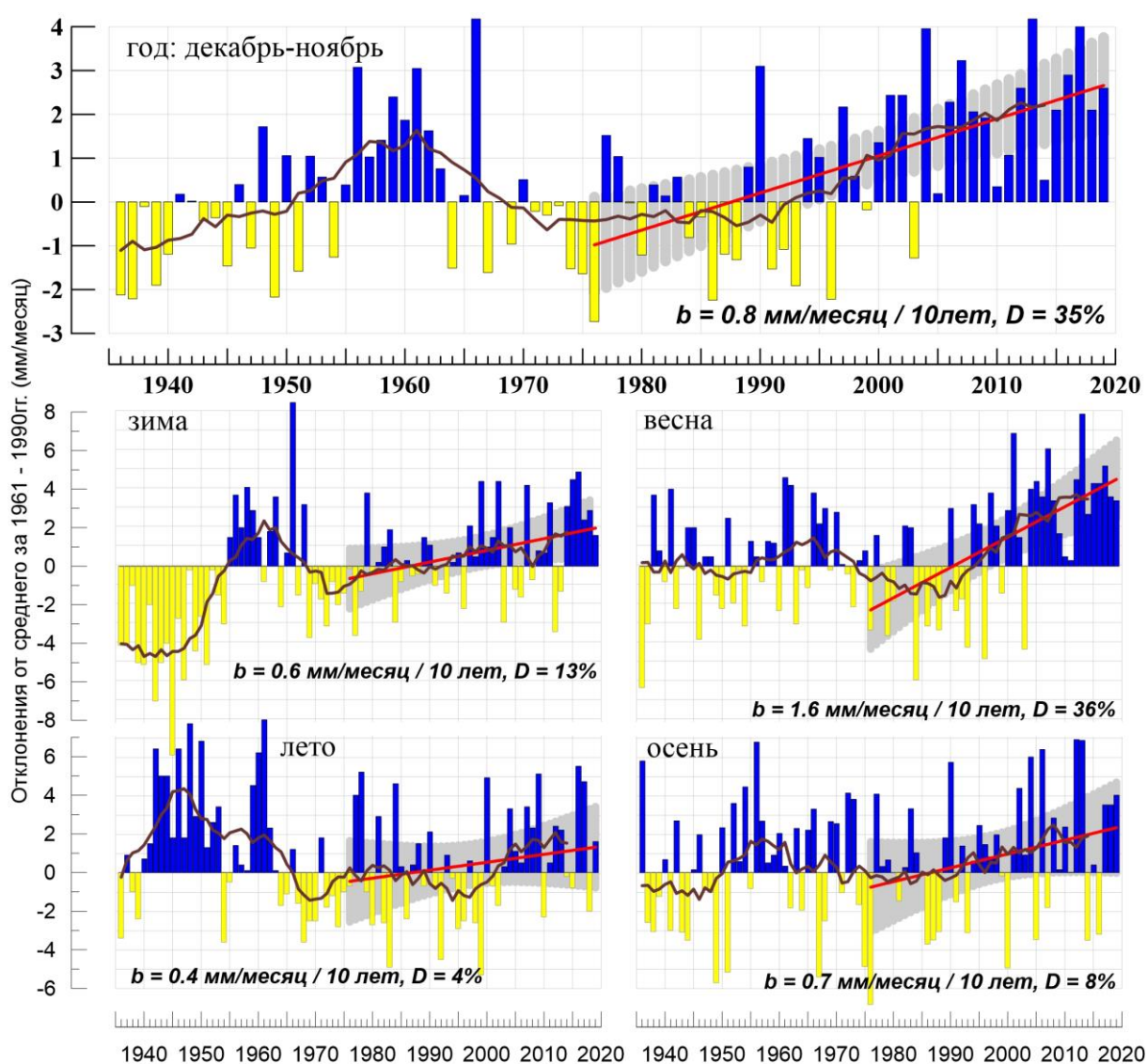


Рисунок 3.2 – Средние годовые и средние сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории РФ, 1936 – 2019 гг. (Условные обозначения на рис.3.1)

На рисунках 3.3 и 3.4 представлено географическое распределение коэффициентов линейных трендов температуры приземного воздуха и атмосферных осадков на территории России для 2019 года в целом и для сезонов года. Оценки получены по стационарным временным рядам сезонных аномалий за 1976-2019 гг. в точках расположения станций и затем картированы.

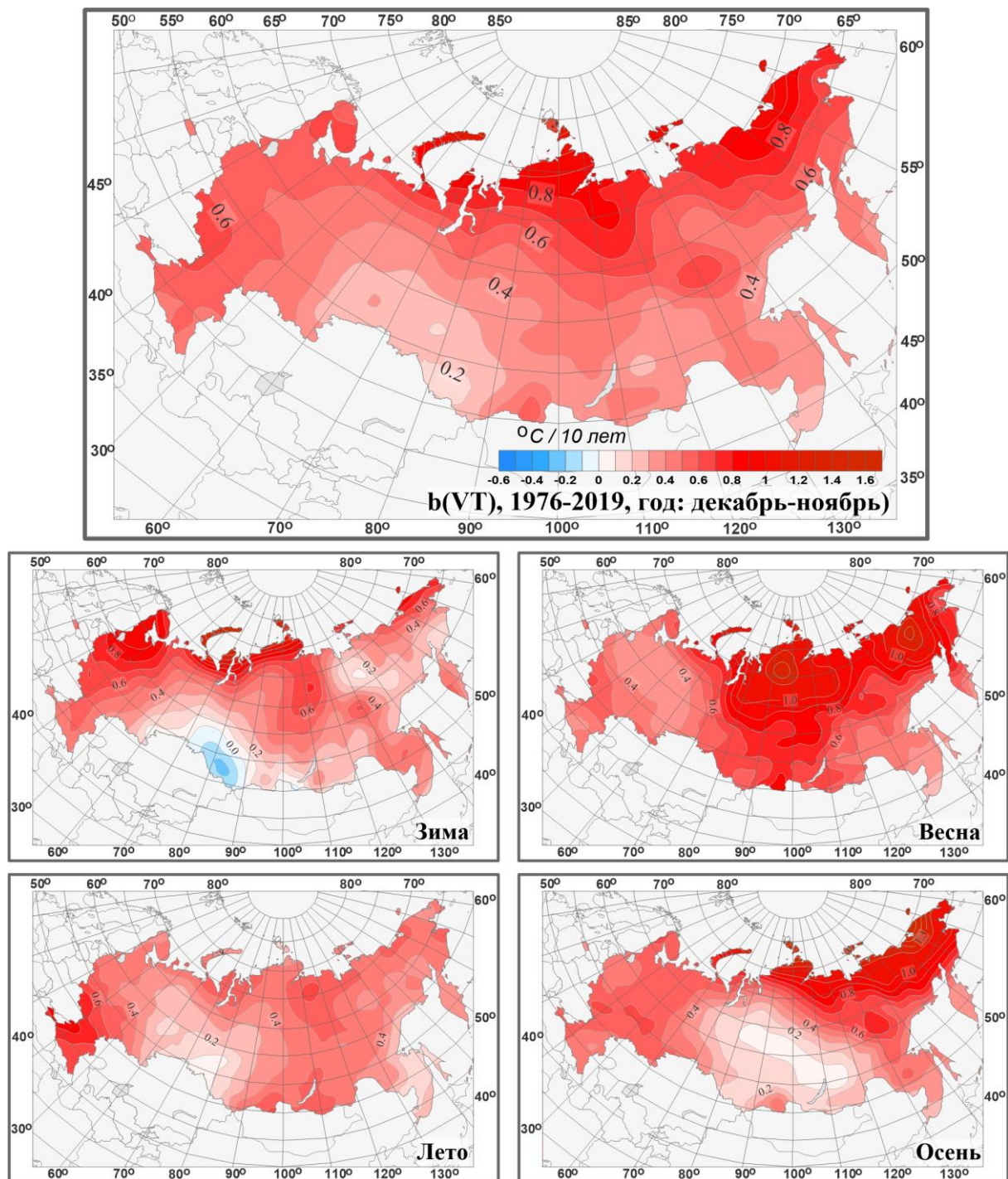


Рисунок 3.3 - Средняя скорость изменения среднегодовой и средних сезонных температур приземного воздуха на территории России по данным наблюдений за 1976-2019 гг. (в $^{\circ}\text{C}/10$ лет)

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

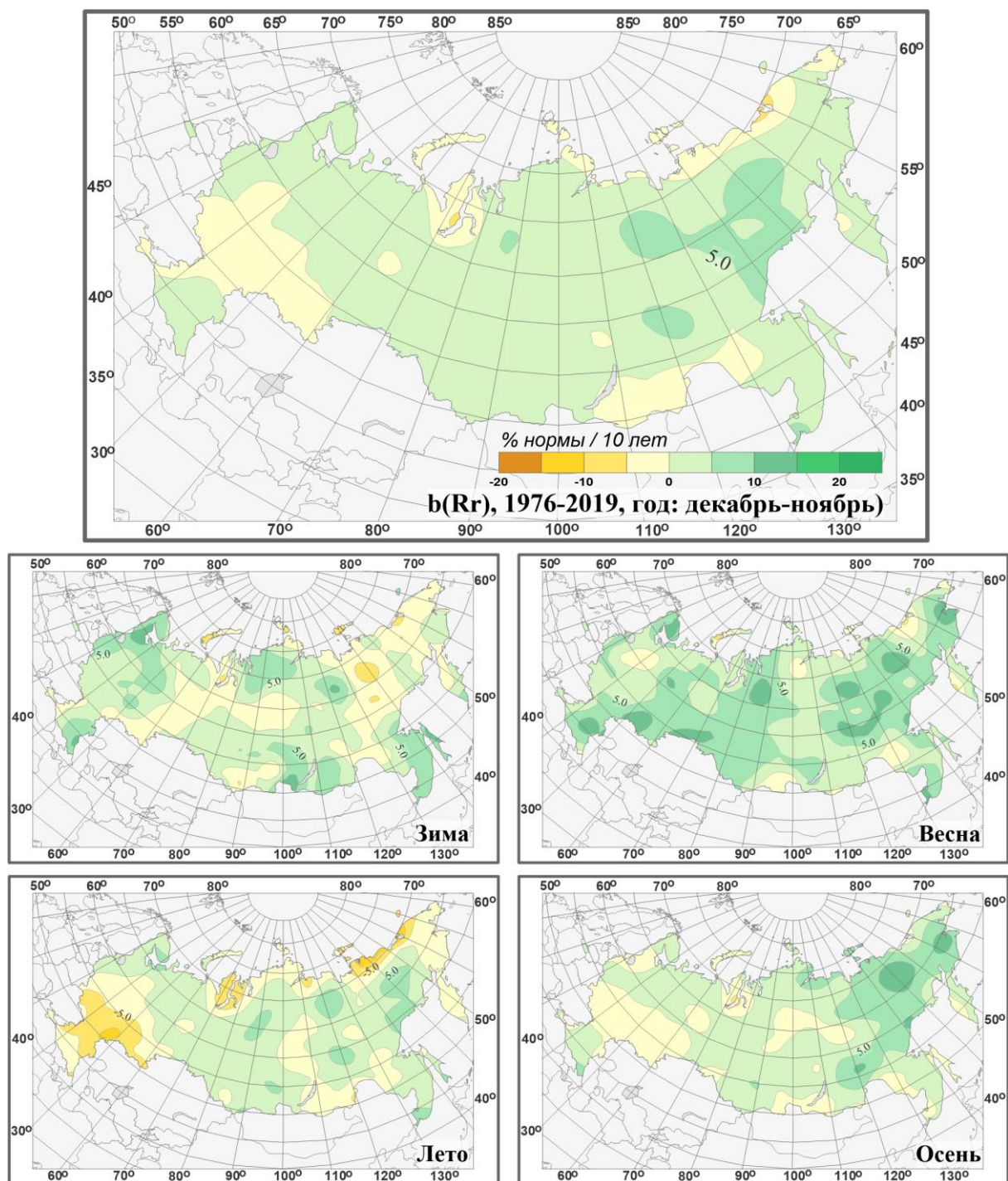


Рисунок 3.4 - Пространственные распределения локальных коэффициентов линейного тренда атмосферных осадков за 1976-2019 гг. на территории России (% / 10 лет), в среднем за год и по сезонам.

В среднем по территории России, тренд средних годовых температур составляет $+0.47^{\circ}\text{C}/10$ лет, вклад тренда в дисперсию составляет 50%.

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 (до $+1.0^{\circ}\text{C}/10$ лет – зимой, около $+0.8^{\circ}\text{C}/10$ лет - летом).

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

Тенденция к похолоданию (до $-0.4^{\circ}\text{C}/10$ лет) по-прежнему отмечается зимой в южной части Сибири, а область очень слабого потепления (до $0.2^{\circ}\text{C}/10$ лет) наблюдается на востоке Восточной Сибири и на севере Корякского АО. Тренды незначимы ни для одного региона.

Следует отметить, что с середины 1990-х гг. зимние температуры убывали (хотя приблизительно с 2007 года наметилась тенденция к их росту) (рис. 3.1). Линейный тренд за 1976-2019 гг. положительный, однако он резко уменьшился ($0.39^{\circ}\text{C}/10$ лет против $0.83^{\circ}\text{C}/10$ лет за период 1976-2000 гг.) и стал статистически незначим, т.е. гипотеза о линейном росте для зимних температур не подтверждается – это очевидно из формы сглаженной кривой на рис. 3.1. Это повлияло также и на скорость роста среднегодовой температуры, хотя и не столь значительно ($0.47^{\circ}\text{C}/10$ лет за 1976-2019 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%.

В целом за год по России осадки растут. Тренд среднегодовых осадков за 1976-2019 гг., в среднем по России, составляет $2.1\%/10$ лет и описывает 35% межгодовой изменчивости. 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 ($5.7\%/10$ лет, вклад в дисперсию ряда 36%) и зимы ($2.5\%/10$ лет, вклад в дисперсию 13%), однако тренды значительно менее выражены, чем для температуры. Летом и осенью тренд осадков в целом по России незначим.

Пространственные распределения тренда за период 1976 – 2019 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 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 незначительное убывание: менее $-5\%/10$ лет).

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

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, 1936-2019 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 – 2019 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2019 гг., рассчитанные методом наименьших квадратов. В таблицах 4.1 - 4.3 приведены оценки линейных трендов регионально осредненных значений температуры и осадков за 1976-2019 гг. для физико-географических регионов и федеральных округов РФ.

Температура воздуха.

В среднем по территории России, тренд средних годовых температур составляет +0.47°C/10 лет, вклад тренда в дисперсию составляет 50%. Наиболее интенсивное потепление наблюдается в регионе в регионе Восточная Сибирь (+0.59°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 в Средней Сибири (+0.51°C/10 лет, в основном, за счет весны), а из федеральных округов: зимой – в Центральном ФО (0.68°C/10 лет), весной - в Уральском ФО (0.65°C/10 лет), в Сибирском ФО (0.76°C/10 лет), в Дальневосточном ФО (0.68°C/10 лет), летом - в Центральном ФО (0.64°C/10 лет), и осенью - в Дальневосточном ФО (0.59°C/10 лет) и в Приволжском (0.56°C/10 лет).

Наиболее быстрый рост наблюдается весной (0.63°C/10 лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд больше всего выделяется летом (63% суммарной дисперсии). Зимой рост температуры наблюдался до середины 1990-х гг. и наметилась тенденция к увеличению роста в последние семь лет.

Температура за 1976-2019 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 (в Западной Сибири и Прибайкалье и Забайкалье потепление возобновилось лишь после 2010 г.).

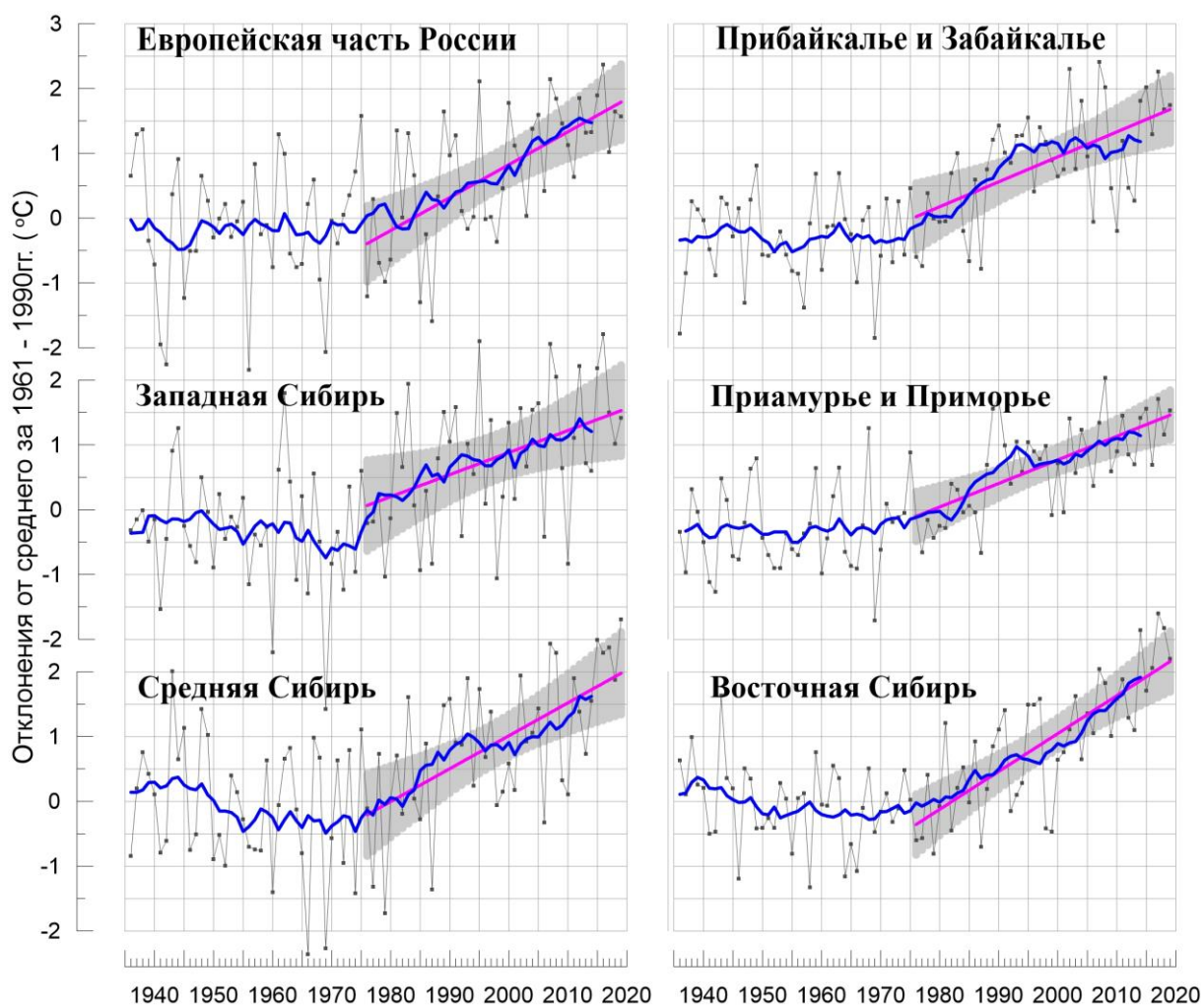


Рисунок 4.1. - Годовые аномалии температуры приземного воздуха (°C) для регионов России за 1936-2019 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Показаны также 11- летнее скользящее среднее, линейный тренд за 1976-2019 гг. с 95%-й доверительной полосой.

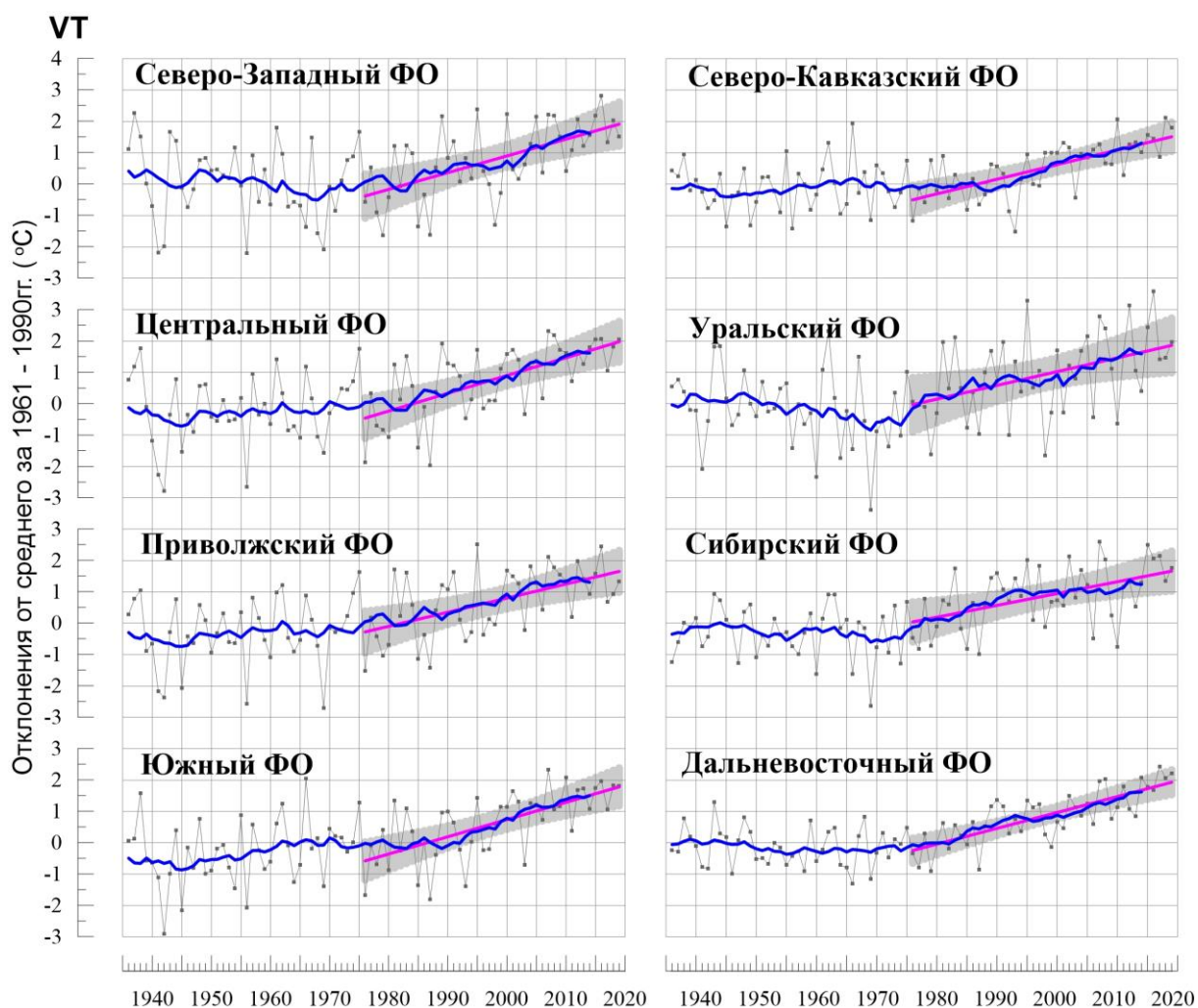


Рисунок 4.2. - Годовые аномалии температуры приземного воздуха (°C) для федеральных округов РФ за 1936-2019 гг. Условные обозначения на рис.4.1

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 1976-2019 гг. значимы лишь для Западной, Средней и Восточной Сибири и для Азиатской части в целом, а также Северо-Западного, Сибирского и Дальневосточного ФО. Наиболее заметен рост годовых сумм осадков в регионах Средняя Сибирь и Восточная Сибирь (тренды 3.2% / 10 лет и 3.4% / 10 лет описывают 28% и 21% 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; в Восточной Сибири – весной и осенью (значимо).

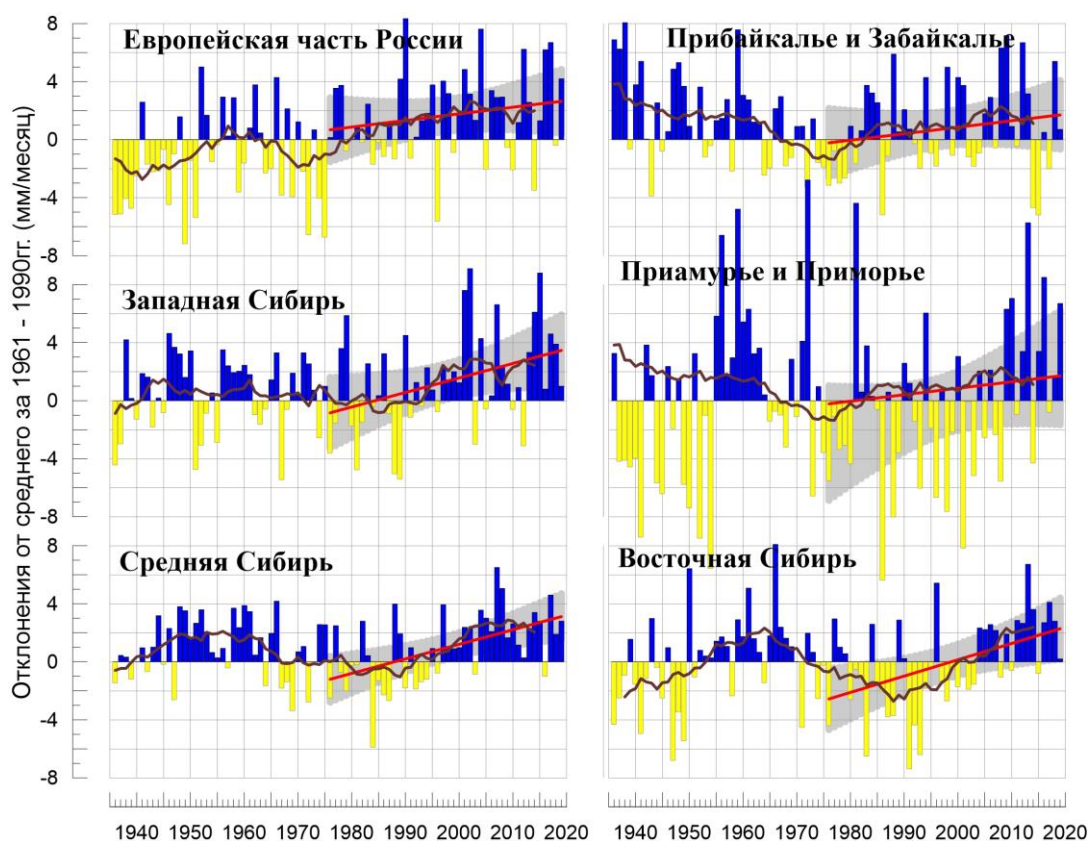


Рисунок 4.4. - Годовые аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), для регионов России за 1936-2019 гг. Условные обозначения на рис.4.1

Таблица 4.1

Оценки линейного тренда среднегодовой (декабрь - ноябрь) температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, ее физико-географических регионов и Федеральных округов за 1976-2019 гг., b , °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	0.47	50	0.39	6	0.63	42	0.39	63	0.43	26
Физико-географические регионы России										
Европейская часть РФ	0.51	41	0.59	12	0.44	23	0.47	33	0.52	27
Азиатская часть РФ	0.45	47	0.32	6	0.70	41	0.37	64	0.43	23
Западная Сибирь	0.34	18	0.19	1	0.67	25	0.25	12	0.25	4
Средняя Сибирь	0.51	37	0.42	5	0.82	36	0.44	44	0.36	8
Прибайкалье и Забайкалье	0.39	34	0.24	3	0.63	31	0.48	50	0.16	3
Приамурье и Приморье	0.36	46	0.41	12	0.40	21	0.26	23	0.39	24
Восточная Сибирь	0.59	59	0.35	11	0.78	40	0.40	49	0.77	49
Федеральные округа РФ										
Северо-Западный	0.53	35	0.76	12	0.46	16	33	24	0.53	22
Центральный	0.57	42	0.68	14	0.47	21	64	31	0.54	27
Приволжский	0.45	30	0.41	5	0.42	16	12	16	0.56	23
Южный	0.55	44	0.49	12	0.49	25	44	48	0.49	22
Северно-Кавказский	0.47	49	0.45	17	0.40	27	50	50	0.42	21
Уральский	0.40	19	0.34	2	0.65	20	23	11	0.33	6
Сибирский	0.38	25	0.22	1	0.76	36	49	38	0.19	3
Дальневосточный	0.51	61	0.37	15	0.68	40	33	60	0.59	43

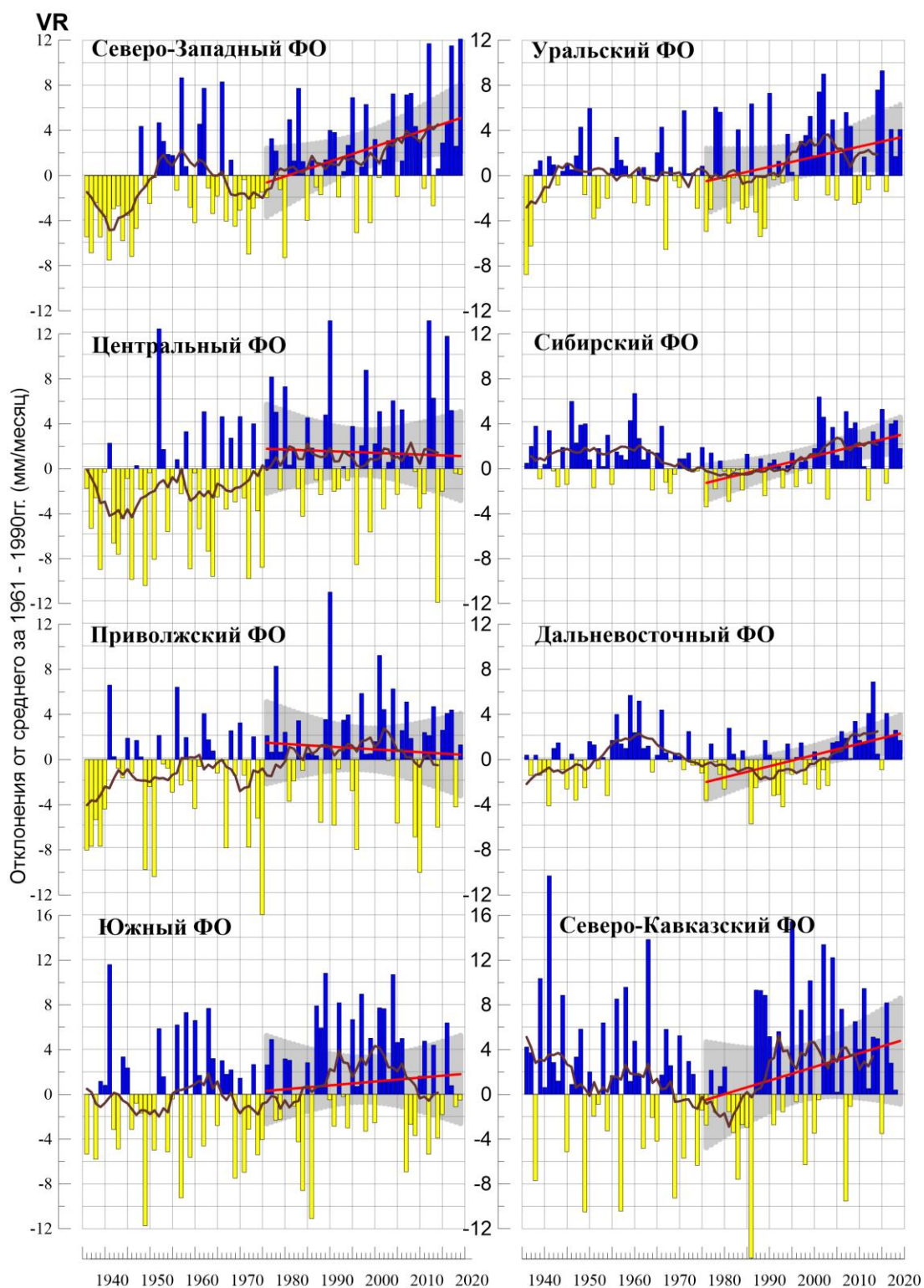


Рисунок 4.5. - Годовые аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц) для федеральных округов РФ за 1936-2019 гг. Условные обозначения на рис.4.1

Таблица 4.2

Оценки линейного тренда осредненных за год (декабрь-ноябрь) и по сезонам регионально осредненных месячных сумм атмосферных осадков для регионов России за 1976-2019 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	35	2.5	13	5.7	36	0.7	4	1.7	8
Физико-географические регионы России										
Европейская часть России	0.9	4	2.7	8	4.7	18	-1.6	3	0.0	0
Азиатская часть России	2.6	46	2.3	9	6.2	38	1.4	11	2.6	18
Западная Сибирь	2.6	14	0.6	0	8.1	31	1.5	2	1.2	2
Средняя Сибирь	3.2	28	2.3	4	6.4	35	2.8	9	2.2	6
Прибайкалье и Забайкалье	1.3	3	4.2	10	2.9	4	0.2	0	2.7	5
Приамурье и Приморье	2.3	8	6.1	8	4.6	7	1.9	2	0.4	0
Восточная Сибирь	3.4	21	1.9	2	6.3	25	0.5	0	6.1	26
Федеральные округа РФ										
Северо-Западный	2.7	15	5.1	16	3.7	10	2.2	3	1.3	1
Центральный	-0.3	0	3.2	4	3.9	6	-4.2	7	-0.7	0
Приволжский	-0.6	0	0.9	0	5.5	9	-3.8	6	-1.8	1
Южный	-0.1	0	0.2	0	5.7	11	-4.8	6	-0.2	0
Северо-Кавказский	1.7	3	2.7	3	4.8	9	-2.4	1	1.9	1
Уральский	2.2	8	0.4	0	7.7	25	1.2	1	0.6	1
Сибирский	2.7	27	2.1	4	6.2	22	2.2	8	0.9	5
Дальневосточный	2.8	27	2.9	8	5.7	31	1.1	2	1.6	22

5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2019 гг.

В разделе приведены временные ряды индексов экстремальности и аномальности для года в целом по территории России за период 1936 -2019 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 2019 г. доля площади под крупными положительными аномалиями температуры составила 71% (ранг 6). Тренд площади под крупными положительными аномалиями с 1976 г. составил 7.4% /10 лет, объясняет 45% 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).

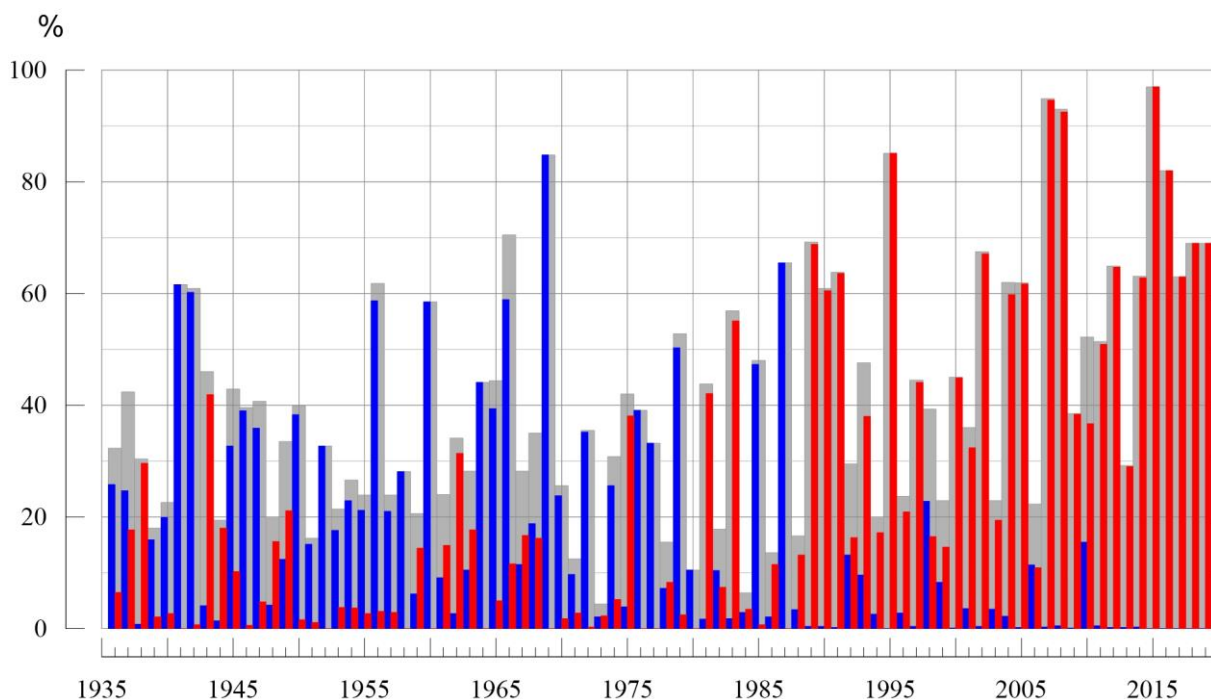


Рисунок 5.1 - Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями температуры, 1936-2019 гг. (год: декабрь 2018 – ноябрь 2019):
█ ниже 20-го роцентия, █ выше 80-го процентиля,
█ суммарная площадь с крупными аномалиями обоих знаков.

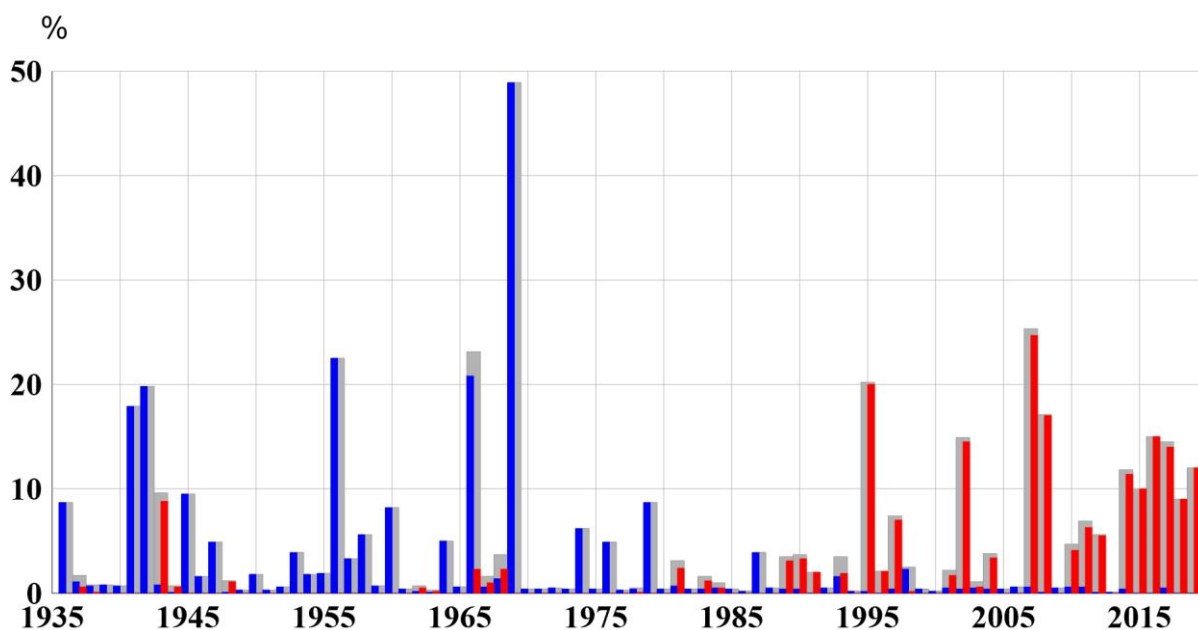


Рисунок 5.2 - Доля площади с экстремальными (годовая нормированная аномалия меньше -2 : синие столбики, больше $+2$: красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры для года в целом для России, 1936-2019 гг. Базовый период для расчета статистик: 1961-1990 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 2019 году доля площади, занятая крупными положительными экстремумами составила 12% (ранг 7), тренд за период 1976-2019 составляет 2.6% (доля объясненной трендом дисперсии ряда 29%). 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 49% общей дисперсии ряда. Значение КА в 2019 году (2.00) – 7-ое значение в ранжированном по убыванию ряду (максимальное значения КА принимал в 2007 г. – 2.18).

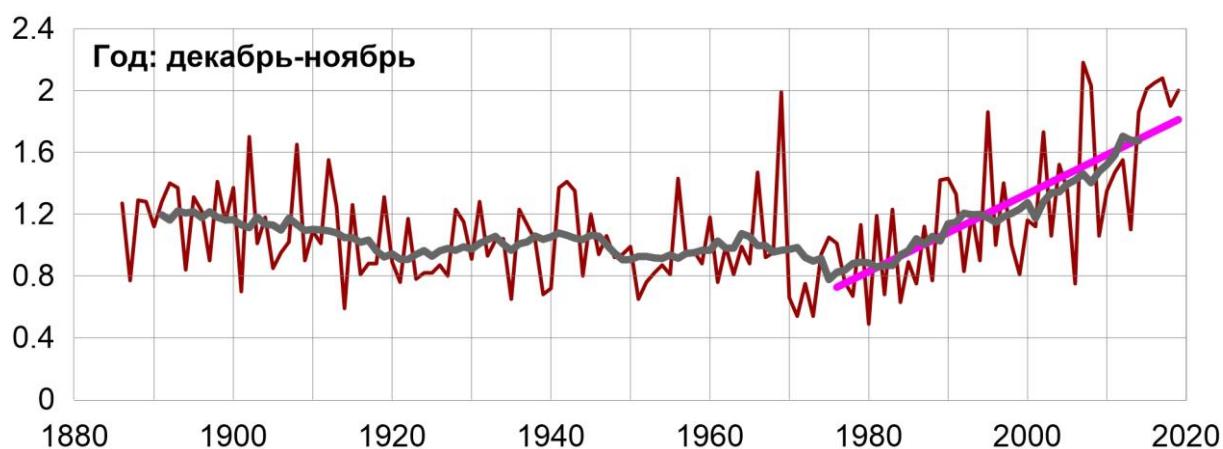


Рисунок 5.3 - Индекс аномальности Багрова (КА) для года в целом для России для температуры, 1886-2019 гг. Показана 11-летняя скользящая средняя и тренд за период 1976-2019 гг.

Осадки. В 2019 г. доля площади с избытком осадков (выше 80-го перцентиля) составила 25% площади страны (ранг 19), площади с дефицитом осадков (ниже 20-го перцентиля) 12% (рис. 5.4).

С начала 1990-х гг. наблюдается рост доли площади под аномалиями среднегодовых осадков выше 80 перцентиля (тренд за период 1976-2019 составляет +3.2%/10 лет, доля объясненной трендом дисперсии ряда 31%). Однако, после 2005 г. наблюдается рост площади с дефицитом осадков (осадков ниже 20 перцентиля).

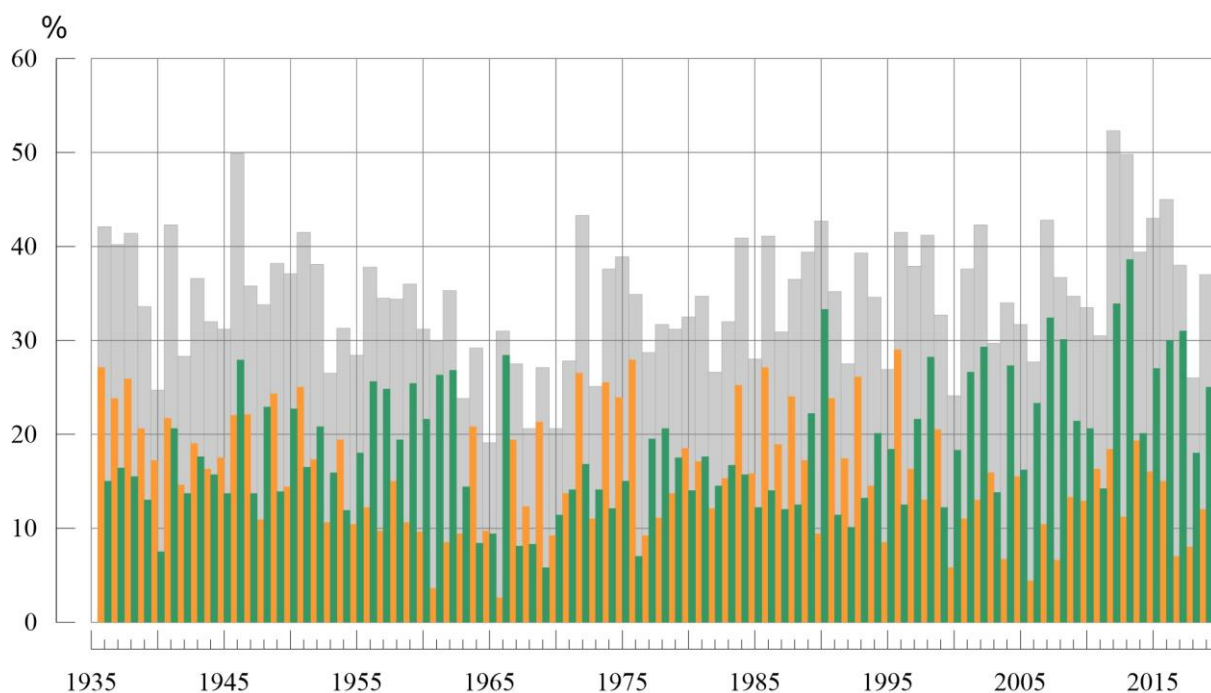


Рисунок 5.4 - Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями осадков, 1936-2019 гг. (год: декабрь 2018 – ноябрь 2019):
█ ниже 20-го перцентиля, █ выше 80-го перцентиля,
█ суммарная площадь с крупными аномалиями обоих знаков.

ВЫВОДЫ

1. В целом для Земного шара и для Северного полушария средние годовые аномалии составили: 0.716°C и $+1.260^{\circ}\text{C}$ – третья и четвертая величины в рядах наблюдений с 1850 года (рекордным был 2016 ($+0.831^{\circ}\text{C}$ и $+1.610^{\circ}\text{C}$), затем 2015 ($+0.733^{\circ}\text{C}$ и $+1.294^{\circ}\text{C}$), и для СП третьим был 2017 ($+1.290^{\circ}\text{C}$)).

2. В целом для РФ 2019 год был очень теплым (осредненная аномалия составила $+1.90^{\circ}\text{C}$ – пятая положительная величина в ряду с 1936 г.), значение немного выше ожидаемому при потеплении: отклонение от линейного тренда $+0.097^{\circ}\text{C}$. Тепло всюду; осредненная по АЧР аномалия температуры 2.03°C – ранг 5 (особенно тепло в Средней Сибири (2.81°C – максимальная величина в ряду) и в Восточной Сибири (2.20°C – ранг 4). В ЕЧР очень тепло в центре (в ЦФО аномалия составила 2.04°C – ранг 4) и на юге (в СКФО: 1.79°C – ранг 4).

3. В 2019 г. доля площади под крупными положительными аномалиями температуры (выше 80 перцентиля) составила 71% - ранг 6; а доля площади, занятая положительными экстремумами (больше двух стандартных отклонений) составила 12% (ранг 7). Аномальность температурного режима в 2019 г. (величина индекса аномальности Багрова): $\text{КА} = 2.0$ – седьмое из наибольших величин в ряду.

4. Особенно выделяется *весна*, осредненная по РФ аномалия температуры составила $+2.86^{\circ}\text{C}$ (ранг 4), тепло всюду, особенно тепло в центре ЕЧР (в ЦФО 2.59°C – ранг 5), на юге Сибирского ФО и в Дальневосточном ФО (2.93°C – ранг 4).

Зимой экстремально тепло на юге Дальневосточного ФО (в Приамурье и Приморье (2.89°C – ранг 5); холодно на юге Средней Сибири (до -4.1°C), на востоке Якутии (до -0.6°C).

Летом экстремально тепло в Средней Сибири (2.34°C – ранг 2), в Прибайкалье и Забайкалье; холодно на северо-востоке ЕЧР (аномалии до -1.6°C), на юге Хабаровского края, в Приморье, на Сахалине (аномалии до -1.2°C).

Осенью осредненная по РФ аномалия температуры 1.60°C – десятая величина в ряду, тепло практически всюду, особенно в Дальневосточном ФО (2.33°C – ранг 5). Отрицательные сезонные аномалии (не ниже -1°C) наблюдались на западе Мурманской области, на юго-востоке ПФО, района среднего течения Витима.

5. Из месяцев года выделяется **март** – тепло всюду, осредненная по РФ аномалия температуры 4.3°C – четвертая величина в ряду. Особенно тепло (всюду отмечались 95%-е экстремумы температуры) в Западной Сибири (6.30°C – исторический максимум в ряду) и в Средней Сибири (6.34°C – ранг 4).

Очень теплым был **октябрь** - осредненная по РФ аномалия температуры 2.66°C – шестая величина в ряду. Тепло практически всюду. Экстремально тепло в центре и на юге ЕЧР, особенно в ЦФО (3.36°C – ранг 4) и в ПФО (3.89°C – ранг 3); на юге ДФО (2.52°C – ранг 5).

Также очень теплым был **июнь** - осредненная по РФ аномалия температуры составила 1.67°C (ранг 6). Экстремально тепло (максимальные аномалии в соответствующих рядах): в ЮФО (4.29°C), в СКФО (4.26°C), в Средней Сибири (3.65°C), в Восточной Сибири (2.28°C). Холодно (аномалии до -2.5°C - -2.8°C) на северо-востоке ЕЧР, на Урале, в центре и юге Западной Сибири, в Приамурье и Приморье.

Контрастными месяцами были **декабрь 2018** (экстремально тепло на севере страны и в Приамурье и Приморье, экстремально холодно – на юге УФО, в центре и на юге СФО), **июль** (экстремально тепло в центре АЧР, экстремально холодно на ЕЧР), август (экстремально тепло в АЧР, экстремально холодно – на севере ЕЧР), **ноябрь** (экстремально тепло в Восточной Сибири, экстремально холодно в центре и на юге АЧР).

7. В целом по РФ за 2019 год в целом количество выпавших осадков составило 107% нормы. Значительный избыток осадков наблюдался на севере ЕЧР (в СЗФО выпало 125% нормы – максимальная величина в ряду), в дельте Енисея, в Саянах, в Хабаровском крае, в Приамурье и Приморье.

6. В 2019 г. доля площади с избытком осадков (выше 80-го перцентиля) составила 25%, с дефицитом осадков – 12%.

7. Из сезонов выделяется, прежде всего, **осень**: экстремальный избыток осадков в АЧР (114% - ранг 5) и на севере ЕЧР (в СЗФО выпало 127% - ранг 4); сильный дефицит – на юге ЕЧР (в ЮФО выпало 61% нормы - среди четырех «самых сухих» осенних сезонов в этом федеральном округе).

Не менее интересным было **лето**: сильный дефицит осадков на большей части ДФО (особенно в Восточной Сибири – выпало 79% нормы (среди четырех «самых

сухих»)); а значительный избыток осадков – на северо-востоке ЕЧР, в Саянах, в Приморье.

Зимой контраст выпадения осадков наблюдался в АЧР: значительный избыток осадков – на юге Якутии и в Хабаровском крае; а сильный дефицит осадков – в Саянах, в Забайкалье, в Приморье и на востоке Якутии.

Весной значительный избыток осадков наблюдался на юге ЕЧР (в ЮФО выпало 138% нормы – ранг 5), в нижнем и среднем течении Енисея, в Хабаровском крае.

8. Из месяцев года следует отметить: **октябрь**: в среднем по РФ выпало 124% (ранг 4) – избыток осадков на большей части страны; сильный дефицит осадков наблюдался в ЮФО (58% нормы – среди пяти «самых сухих»).

Очень контрастным был **февраль** – значительный избыток осадков в центре и на севере ЕЧР, на юге Якутии, на Чукотке; сильный дефицит осадков – в Саянах, в Забайкалье, в Приморье.

В целом в ЕЧР значительный избыток осадков наблюдался в **январе** (132% - ранг 5), в **марте** (161% - ранг 2, в **июле** (127% - ранг 4), кроме того, на севере ЕЧР (в основном, СЗФО) значительный избыток осадков наблюдался еще и в **феврале** (185% - ранг 3) и в **октябре** (172%).

Сильный дефицит осадков на территории ЕЧР наблюдался в **апреле** (в ЦФО: 46% - среди четырех самых «сухих»), в **октябре** и в **ноябре** (в ЮФО: 58% (среди пяти «самых сухих») и 32% (среди трех «самых сухих») соответственно).

В АЧР выделяется экстремально «влажный» **май** в ДФО (146% - ранг 3) и экстремально «сухой» **август** в Восточной Сибири (68% - среди четырех «самых сухих»).

9. Тенденции изменения температуры сохраняются; в целом для России наблюдается положительный тренд среднегодовой и средних сезонных температур, значимые во все сезоны, кроме зимы (почти во всех регионах) и осенью в ряде регионов АЧР. Рост среднегодовой температуры (линейный тренд) за 1976-2017 гг. составил в целом по России 0.47°C/10 лет (вклад в общую изменчивость 50%). Наиболее быстрый рост наблюдается весной (0.63°C/10 лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд больше всего выделяется летом (63% суммарной дисперсии).

Географически наиболее интенсивное потепление наблюдается весной, особенно, в Западной Сибири и на Чукотке, (до +1.4°C/ 10 лет - +1.5°C / 10 лет), а также осенью, особенно, в Восточной Сибири (+1.6°C/10 лет). Зимой и летом наибольшая скорость потепления прослеживается на ЕЧР (до +1.0°C/10 лет – зимой, около +0.8°C/10 лет - летом).

Тенденция к похолоданию (до -0.4°C/10 лет) по-прежнему отмечается зимой в южной части Сибири, а область очень слабого потепления (до 0.2°C/10 лет) на северо-востоке России.

10. В целом за год по территории РФ наблюдается рост осадков: тренд годовых сумм осадков за 1976-2019 гг. в среднем по России составляет 2.1% / 10 лет и описывает 35% межгодовой изменчивости. Географическое распределение значений тренда за период 1976 – 2019 г. подтверждает основной вывод о наличии тенденции к

увеличению годовых сумм осадков (кроме центра ЕЧР, Забайкалья, Приамурья и Чукотки).

Рост осадков за период с 1976 г. наблюдается во все сезоны и наиболее выражен весной, когда тренд 5.7% / 10 лет объясняет 36% суммарной изменчивости (дисперсии) осадков в этот период. Летний и осенний тренды в целом по России незначимы.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Федеральная служба
по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ФГБУ «Институт Глобального климата и экологии»

Обзор состояния и тенденций изменения климата на территории Республики Беларусь

2019 год (декабрь 2018-ноябрь 2019)



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 непревышения» текущего значения во временном ряду рассматриваемой переменной за некоторый период с 1936 по 2018 гг. (доля значений временного ряда, меньших либо равных текущему значению).

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

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

рассчитывается «ячеечное» среднее (среднее арифметическое из значений аномалий на попавших в эту ячейку станциях). На втором этапе выполняется взвешенное осреднение «ячеечных» средних с весами, пропорциональными площади пересечения ячейки с территорией региона. Все расчеты, включая определение принадлежности ячейки к региону, площади их пересечения и ячейчных весовых множителей, выполняются автоматически, на основании заданной замкнутой ломаной, ограничивающей территорию региона.

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

ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В 2019 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 2019г.

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>Зима2018/2019</i>	3.54	3.21	2.93	3.11	3.33	2.97	3.03
Декабрь 2018	1.80	1.72	0.98	2.00	1.98	1.43	1.10
Январь	2.57	2.22	2.18	1.65	2.03	2.15	2.42
Февраль	6.24	5.69	5.64	5.69	5.98	5.32	5.56
<i>Весна</i>	2.95	2.32	2.68	2.42	2.84	2.19	3.14
Март	4.46	4.38	4.31	4.10	4.64	4.06	4.59
Апрель	2.65	1.71	2.39	2.56	2.74	1.56	2.71
Май	1.73	0.87	1.34	0.61	1.14	0.94	2.11
<i>Лето</i>	1.64	1.28		1.76	1.60	0.98	0.33
Июнь	4.85	4.14	4.00	5.95	5.67	3.96	5.66
Июль	-0.95	-0.81		0.88	0.79	-1.06	-0.33
Август	1.02	0.50		2.64	2.41	0.05	0.98
<i>Осень</i>	2.66	2.21		2.73	2.85	2.00	2.47
Сентябрь	1.13	0.47		1.52	1.54	0.66	1.24
Октябрь	3.39	2.92		3.06	3.35	2.86	3.43
Ноябрь	3.46	2.26		3.60	3.67	2.48	2.75
<i>Год: дек2018- ноя2019</i>	2.70	2.26		2.51	2.66	2.04	2.24

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 2019 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>Зима2018/2019</i>	50.7	37.0	39.0	48.0	28.7	40.3	35.7
Декабрь 2018	55	56	59	94	59	56	54
Январь	70	39	43	41	15	54	44
Февраль	27	16	15	9	12	11	9
<i>Весна</i>	66.3	60.7	59.0	61.7	59.0	62.7	68.7
Март	54	40	32	33	20	26	26
Апрель	1	4	2	9	9	11	16
Май	144	138	143	143	148	151	164
<i>Лето</i>	104.7	86.0	55.0	67.0	73.0	77.7	66.0
Июнь	38	47	55	49	76	88	44
Июль	183	120		83	91	94	119
Август	93	91		69	52	51	35
<i>Осень</i>	67.7	49.3		33.3	40.3	25.3	34.3
Сентябрь	59	49		37	39	46	53
Октябрь	77	31		26	24	12	19
Ноябрь	67	68		37	58	18	31
<i>Год: декабрь2018- ноябрь2019</i>	72.4	58.3		52.5	50.3	51.5	51.2
б) Аномалия сумм осадков за месяц /сезон / год (мм/месяц)							
<i>Зима2018/2019</i>	11.1	-5.2	3.4	10.2	-5.2	1.3	0.2
Декабрь 2018	3.5	3.4	15.1	50.1	18.9	9.6	10.5
Январь	32.3	-1	7.6	4	-18.9	15.3	8.2
Февраль	-2.5	-18.1	-12.6	-23.5	-15.7	-21.1	-18.1
<i>Весна</i>	4.3	-11.5	-8.7	4.9	17.6	-5.4	-13.5
Март	15	-1.8	-2.6	2.4	-9.6	-7.7	-6.4
Апрель	-37.8	-38.2	-38.3	-30.3	-28.3	-34.2	-21.2
Май	35.8	5.4	14.8	42.5	90.7	25.7	-13
<i>Лето</i>	23	4.9		-9	0.5	-2.9	-9.2
Июнь	-40.4	-35.7	-25.6	-22.5	-3.2	8.6	-40.4
Июль	89.5	31.9		2.8	16.7	5.3	36.9
Август	19.9	18.6		-7.2	-12.1	-22.6	-24.2

<i>Осень</i>	3.7	-14.2		-10.9	-6.9	-20.9	-10.6
Сентябрь	91	81		72	74	93	111
Октябрь	160	66		75	52	30	44
Ноябрь	-12.1	-15.6		-9.8	15.6	-30.5	-12.9
<i>Год: декабрь2018- ноябрь2019</i>	10.5	-6.5		-1.2	1.5	-7.0	-8.3

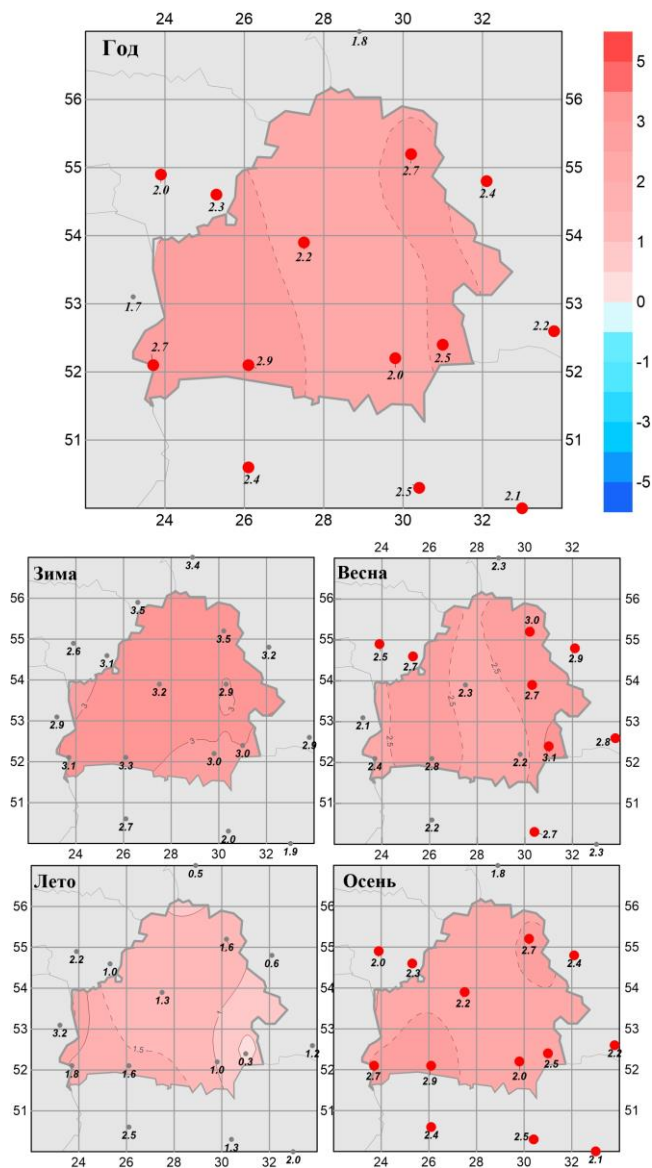


Рисунок 1 - Средняя годовая (декабрь 2018 – ноябрь 2019) и средние сезонные аномалии температуры приземного воздуха (°C) на территории Республики Беларусь.

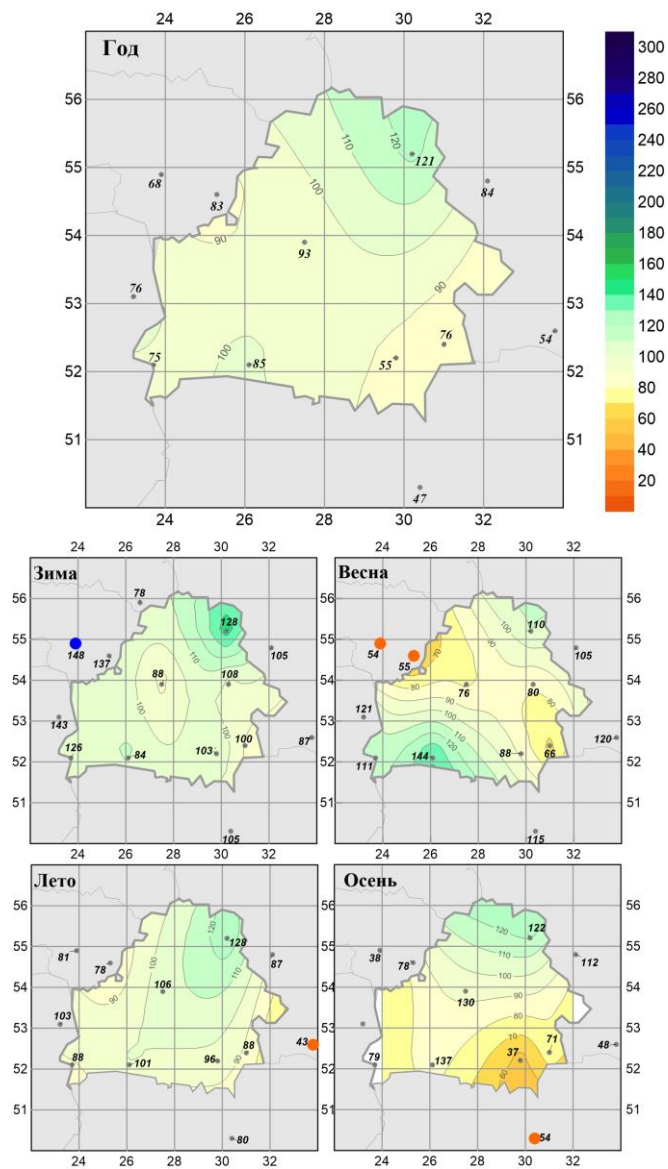


Рисунок 2 - Аномалии годовых (декабрь 2018 – ноябрь 2019) и сезонных сумм осадков (в процентах от нормы) на территории республики Беларусь. Синими кружками показаны станции, осуществились 95% экстремумы выпадения осадков. Цифрами приведены значения аномалий осадков в процентах от нормы на станциях.

В таблице 4 представлены годовые и сезонные аномалии месячных сумм осадков.

Таблица 3.

Средние сезонные аномалии температуры, осредненные по территории Беларуси в 2019 году.

νT (°C)- отклонения от средних за 1961-1990 гг.; R – ранг текущих значений в ряду убывающих осадков за 1936-2019гг.

Сезоны	νT	s	R	Рекордный год и его аномалия (νt , °C)
Зима	3.10	2.71	12	1990 (+5.33°C)
Весна	2.61	1.58	4-5	2014(+3.41°C)
Лето	1.86	0.91	15-16	2010 (+4.08°C)
Осень	2.33	0.92	4	1967 (+2.48°C)
Год	2.49	1.05	1	2019 (+2.49°C)

На рисунке 3 приведены временные ряды пространственно осредненных аномалий средней месячной температуры приземного воздуха (°C) и месячных сумм осадков (мм/месяц) за 1936 – 2019 гг. Показаны линейные тренды за 1976-2019 гг., рассчитанные методом наименьших квадратов.

Таблица 4.

Средние сезонные аномалии месячных сумм осадков, осредненные по территории Беларуси в 2019 году.

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

R – ранг текущих значений в ряду убывающих осадков за 1936-2019гг.

Сезоны	νR	s	R
Зима	3.3	8.1	33
Весна	-3.5	10.6	60-61
Лето	-1.7	15.9	43
Осень	-8.9	12.7	64
Год	-2.4	5.4	58

Таблица 5.

Оценки линейного тренда регионально осредненной температуры и осадков для республики Беларусь за 1976-2019гг.

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

Сезоны	Температура		Осадки	
	$b_{1976-2019}$ °C/10 лет	$D_{1976-2019}$ %	$b_{1976-2019}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2019}$ %
Зима	0.61	11	5.5	13
Весна	0.56	28	1.8	6
Лето	0.67	49	0.4	0
Осень	0.46	26	0.7	0
Год	0.57	46	1.2	8

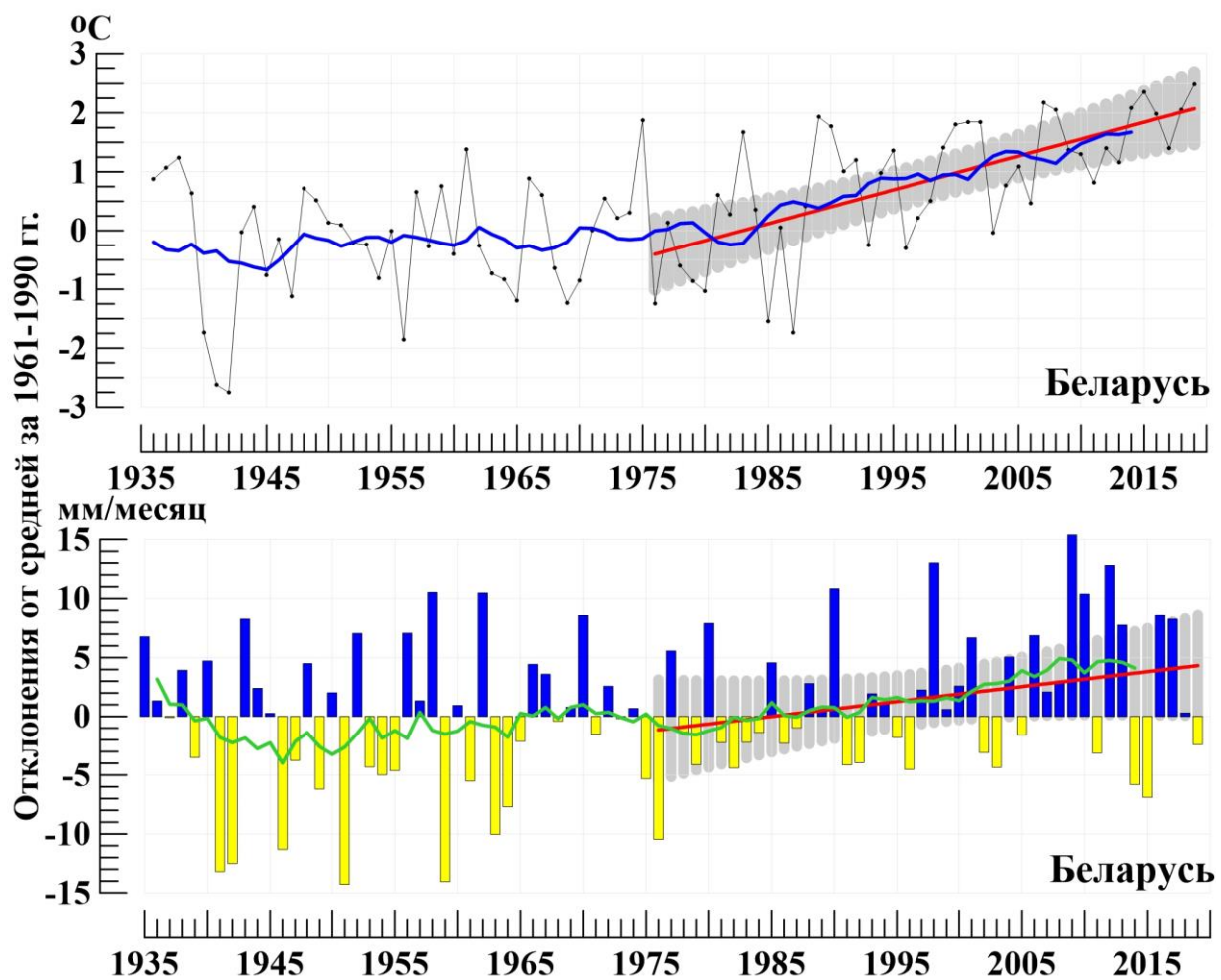


Рисунок 3 - Годовые аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) и месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории республики Беларусь.

Показаны 11-летняя скользящая средняя и линейный тренд за период 1976 – 2019 гг. и 95% -я доверительная область для линии тренда.