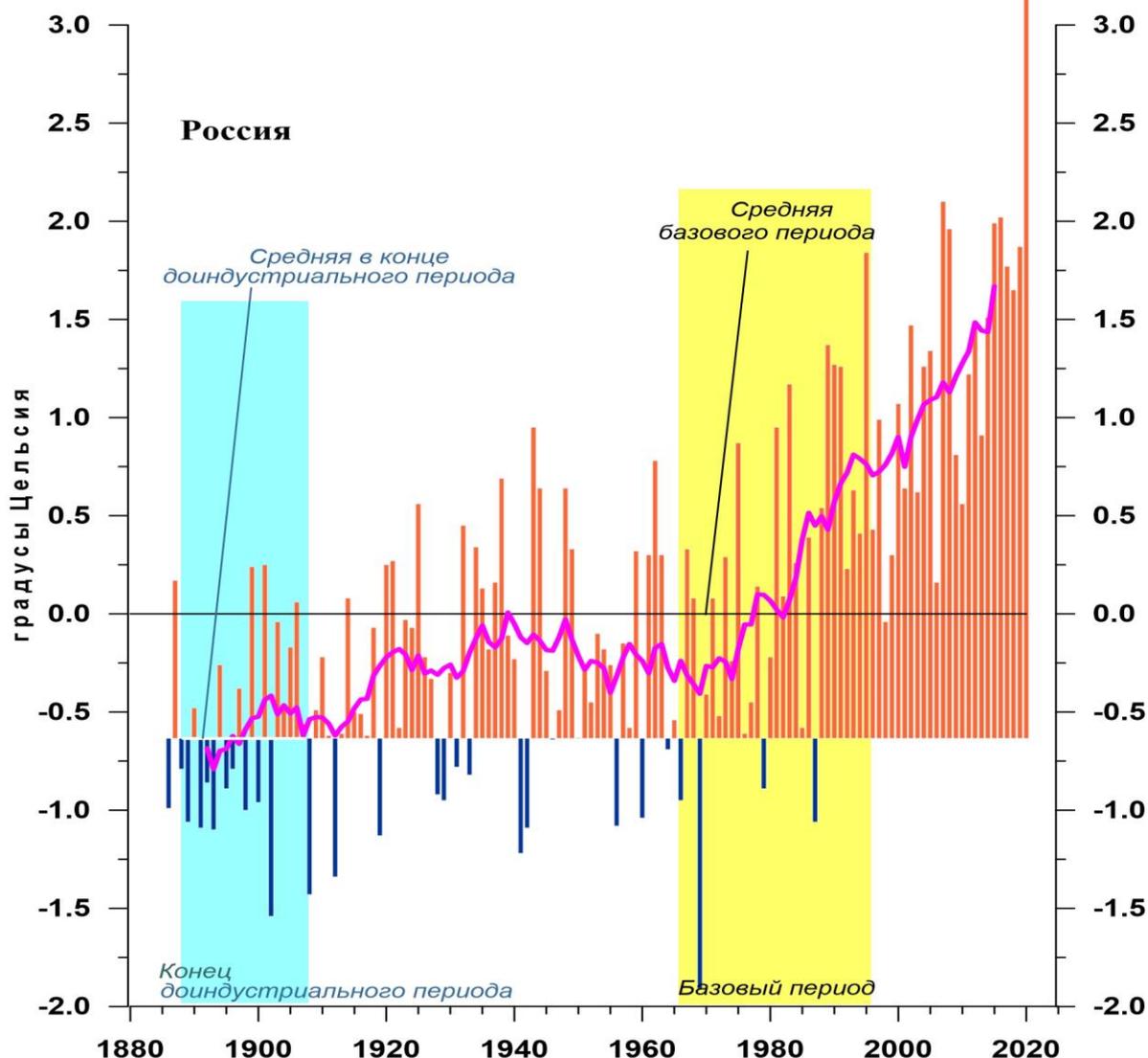


Федеральная служба
по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды
ФГБУ «Институт Глобального климата и экологии»



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2020
ГОД (ДЕКАБРЬ 2019 – НОЯБРЬ 2020)

Обзор состояния и тенденций изменения
климата России



Москва 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ¹

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ СРЕДНЕГОДОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ШАРА, СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ.....	6
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ 2020 ГОДА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	8
3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	19
4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ В РЕГИОНАХ РОССИИ, 1936-2020 гг.....	25
5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2020 гг.	31
ВЫВОДЫ	34
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности 2020 г. на территории Республики Беларусь	37

¹ На обложке приведен ход средней годовой аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2020 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 2019 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 неперевышения значения X_0 , как и обеспеченностью. Региональные индексы экстремальности определяются как доля площади региона, где вероятности неперевышения $F(X_0) \leq \alpha\%$ 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), Э.Я. Ранькова, Т.В. Платова, О.Ф. Самохина, У.И. Антипина.

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 2019 – ноябрь 2020 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 1976-2020 гг. составил для Земного шара $+0.18^{\circ}\text{C}/10$ лет (объясненная трендом доля дисперсии ряда - 87%), для Северного полушария: $+0.34^{\circ}\text{C}/10$ лет (86%).

Средние годовые аномалии температуры составили $+0.800^{\circ}\text{C}$ для Земного шара в целом и $+1.621^{\circ}\text{C}$ для Северного полушария: вторая и максимальная величины в соответствующих рядах наблюдений с 1850 года (рекордное значение аномалии для ЗШ зафиксировано в 2016: $+0.831^{\circ}\text{C}$, а в СП «побит» рекорд 2016 ($+1.610^{\circ}\text{C}$)). Для России в целом среднегодовая аномалия температуры составила $+3.47^{\circ}\text{C}$ – максимальная величина в ранжированном по убыванию ряду наблюдений (предыдущий рекорд 2007: $+2.20^{\circ}\text{C}$).

Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений годовых температур за период 1976-2020 гг. в среднем для Земного шара, СП и России, приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Годовые (декабрь 2019-ноябрь 2020 года) аномалии и оценки линейного тренда пространственно осредненной приповерхностной температуры Земного шара и температуры приземного воздуха СП и России за период 1976-2020г.

Регионы	vT_{2020}	$b, ^{\circ}\text{C}/10$ лет	D %
Земной шар	0.80	0.18	87
СП	1.62	0.34	86
Россия	3.47	0.51	53

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

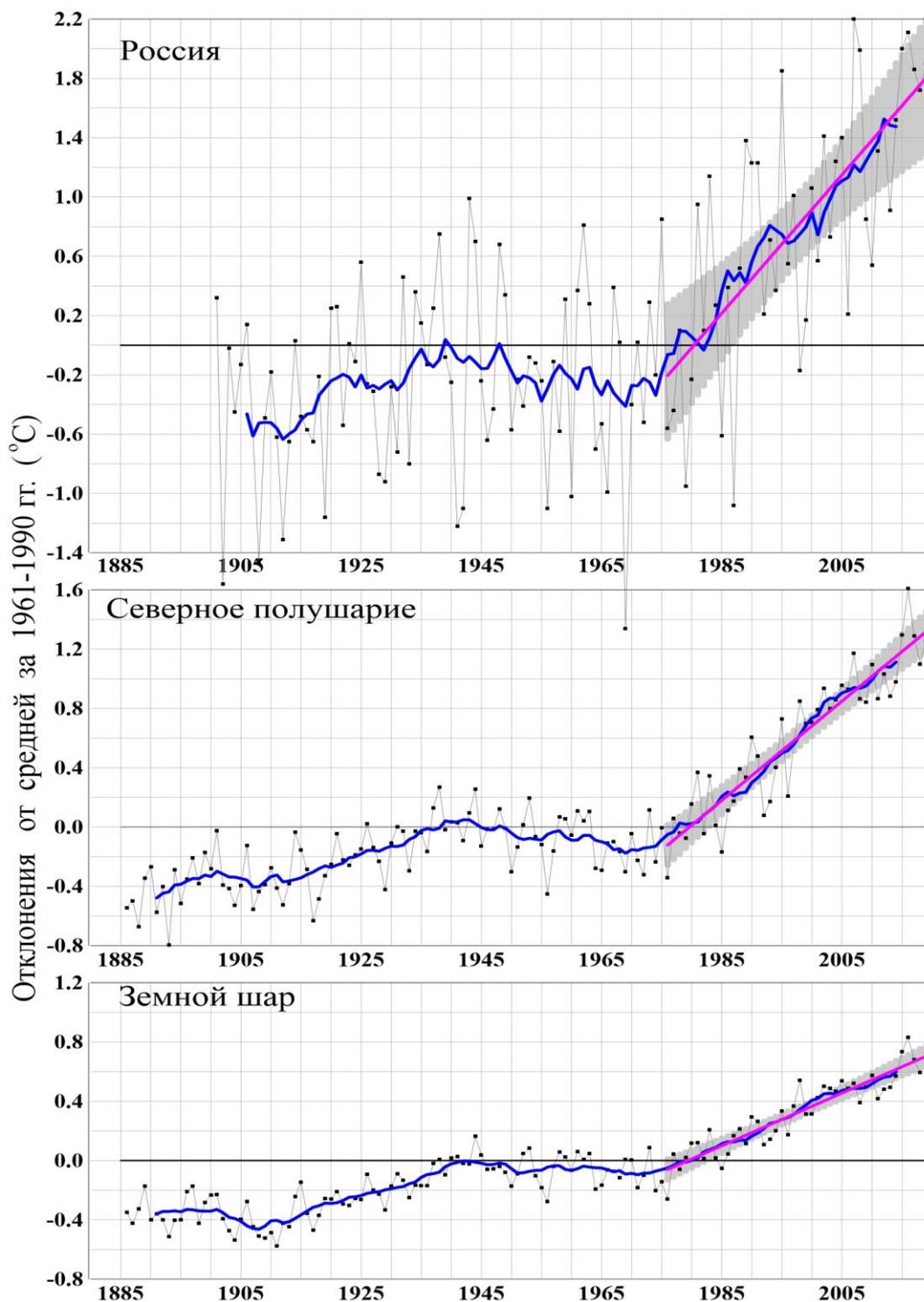


Рисунок 1.1 – Годовая аномалия (декабрь–ноябрь) приповерхностной температуры Земного шара, Северного полушария (суша) и России за 1886- 2020 гг.

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 2020 ГОДА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

На рис. 2.1 и 2.3 представлены карты годовых и сезонных аномалий температуры и осадков в 2020 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 1936-2019 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 2020 году:

νT - отклонения от средних за 1961-1990 гг.; $P(t \leq T_{2020})$ - вероятности неперевышения (в скобках в столбце νT) – рассчитаны по данным за 1936-2016 гг. и выражены в %; s – среднее квадратическое отклонение за 1961-1990 гг. (выделены значения, попавшие в 5% максимальных или минимальных).

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	$\nu T, ^\circ C$ (P)	s, °C								
Россия	3.47 (100)	0.76	5.00 (100)	1.81	3.94 (100)	1.19	1.34 (95)	0.33	3.29(100)	0.90
Физико-географические регионы России										
Европейская часть РФ	3.33 (100)	0.97	6.82 (100)	2.30	2.20 (91)	1.44	1.35 (81)	1.00	2.64 (99)	1.04
Азиатская часть РФ	3.53 (100)	0.78	4.30 (100)	1.89	4.61 (100)	1.25	1.34 (93)	0.35	3.53 (100)	1.10
Западная Сибирь	4.47 (100)	1.08	7.04 (100)	2.91	6.54 (100)	1.62	1.40 (93)	0.80	2.73 (98)	1.54
Средняя Сибирь	4.66 (100)	1.10	6.01 (100)	2.74	5.43 (100)	1.66	1.96 (98)	0.65	4.39 (100)	1.80
Прибайкалье и Забайкалье	2.96 (100)	0.73	3.37 (95)	1.90	4.02 (100)	1.39	1.25 (83)	0.57	2.52 (100)	1.23
Приамурье и Приморье	1.84 (99)	0.73	2.33 (89)	1.67	2.27 (94)	1.15	0.02 (38)	0.75	2.68 (100)	0.89
Восточная Сибирь	2.61 (96)	0.62	1.50 (82)	1.39	3.49 (98)	1.22	1.43 (94)	0.56	4.33 (100)	0.94
Федеральные Округа РФ										
Северо-Западный	3.70 (100)	1.14	7.30 (100)	2.88	2.60 (89)	1.54	1.37 (82)	1.17	3.37 (99)	1.24
Центральный	3.47 (100)	1.10	7.55 (100)	2.69	1.45 (81)	1.69	1.33 (76)	1.22	3.21 (100)	1.13
Приволжский	3.19 (100)	1.05	7.24 (100)	2.54	2.67 (95)	1.69	0.88 (71)	1.19	1.47 (76)	1.25
Южный	2.85 (100)	0.96	4.92 (100)	2.08	1.49 (85)	1.47	2.27 (93)	1.04	2.51 (98)	1.05
Северо-Кавказский	2.26 (100)	0.73	2.97 (96)	1.59	1.24 (81)	0.96	2.10 (95)	0.76	2.45 (98)	0.85
Уральский	4.82 (100)	1.18	7.41 (100)	3.12	6.69 (100)	1.75	1.78 (93)	1.02	3.20 (99)	1.64
Сибирский	3.98 (100)	0.93	5.47 (100)	2.57	5.48 (100)	1.47	1.37 (92)	0.47	2.93 (100)	1.49
Дальневосточный	2.84(100)	0.69	2.64 (96)	1.46	3.38 (98)	1.23	1.19 (87)	0.48	4.05 (100)	1.01

В таблице 2.2 приведены средние месячные аномалии температуры (°С) для физико-географических регионов России и федеральных округов РФ в 2020 г.

Таблица 2.2

Средние месячные аномалии температуры, осредненные по территории регионов РФ в 2020 г. *Красным цветом выделены месяцы с положительными аномалиями температуры, синим – с отрицательными.*

Регионы	Аномалии температуры (°С)											
	дек 19	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь
Российская Федерация	2.64	6.22	6.20	5.47	3.62	2.73	1.60	1.46	0.98	2.42	2.26	4.60
Физико-географические регионы России												
Европейская часть России	5.25	7.89	7.32	5.88	0.22	0.52	1.36	2.06	0.62	2.23	3.42	2.31
Азиатская часть России	1.63	5.58	5.77	5.31	4.95	3.59	1.69	1.23	1.12	2.49	2.70	5.44
Западная Сибирь	4.50	7.07	9.54	6.54	6.72	6.34	0.37	0.97	2.86	1.85	2.29	4.07
Средняя Сибирь	0.51	9.05	8.63	5.33	7.04	4.02	3.14	0.87	1.90	3.40	2.18	7.74
Прибайкалье и Забайкалье	0.78	4.05	5.49	4.96	4.86	2.22	0.75	1.87	1.13	2.33	1.14	3.96
Приамурье и Приморье	-0.29	4.00	3.36	3.77	1.63	1.42	-0.89	1.40	-0.45	2.51	2.22	3.30
Восточная Сибирь	1.44	2.29	0.78	5.10	3.00	2.31	3.35	1.43	-0.50	2.28	4.68	6.21
Федеральные Округа РФ												
Северо-Западный	6.27	7.77	7.86	5.15	1.21	1.45	1.53	1.72	0.83	2.58	2.84	4.66
Центральный	6.11	9.07	7.48	6.45	-0.61	-1.48	2.22	1.19	0.54	2.92	4.25	2.53
Приволжский	4.60	9.16	7.97	6.90	0.24	0.88	-0.23	2.60	0.28	1.04	3.06	0.37
Южный	3.29	5.82	5.64	6.16	-1.03	-0.66	2.98	2.99	1.00	2.79	4.79	0.00
Северо-Кавказский	2.39	3.04	3.47	4.52	-1.21	0.58	2.86	2.73	0.51	2.95	4.35	0.05
Уральский	4.54	7.46	10.25	7.29	6.13	6.64	0.83	1.52	2.99	2.45	2.70	4.45
Сибирский	2.87	6.65	7.67	5.48	6.74	4.28	1.03	0.80	2.32	2.26	1.66	4.82
Дальневосточный	0.33	4.31	3.22	4.63	3.30	2.19	2.35	1.48	-0.26	2.65	3.50	6.11

2020 год в целом (рис.2.1) был экстремально теплым: средняя годовая температура воздуха, осредненная по территории РФ превысила норму 1961-1990 гг. на 3.47°С – максимальная величина в ряду. Осредненные по регионам и федеральным округам аномалии температуры (кроме Приамурья и Приморья и Восточной Сибири) были рекордными (в Приамурье и Приморье – вторая, а в Восточной Сибири – четвертая величины в соответствующих рядах). Максимальные аномалии температуры наблюдались в районе Таймыра (более +6°С). Все сезоны 2020 года были экстремальными: зимой, весной и осенью осредненные по РФ аномалии температуры – максимальные, а летом – пятая величина в ряду.

Зимой 2019/20 гг. осредненная по территории РФ аномалия составила +5.00°С – максимальная величина в ряду. Экстремальные условия (осредненные по регионам аномалии температуры – максимальные в рядах) сложились: в ЕЧР (аномалии на станциях до +8.5°С), в Западной и Средней Сибири. На юге ДФО аномалии температуры небольшие (до +3°С). На Чукотке в некоторых регионах наблюдались температуры немного ниже климатической нормы (аномалии температуры до -1.9°С).

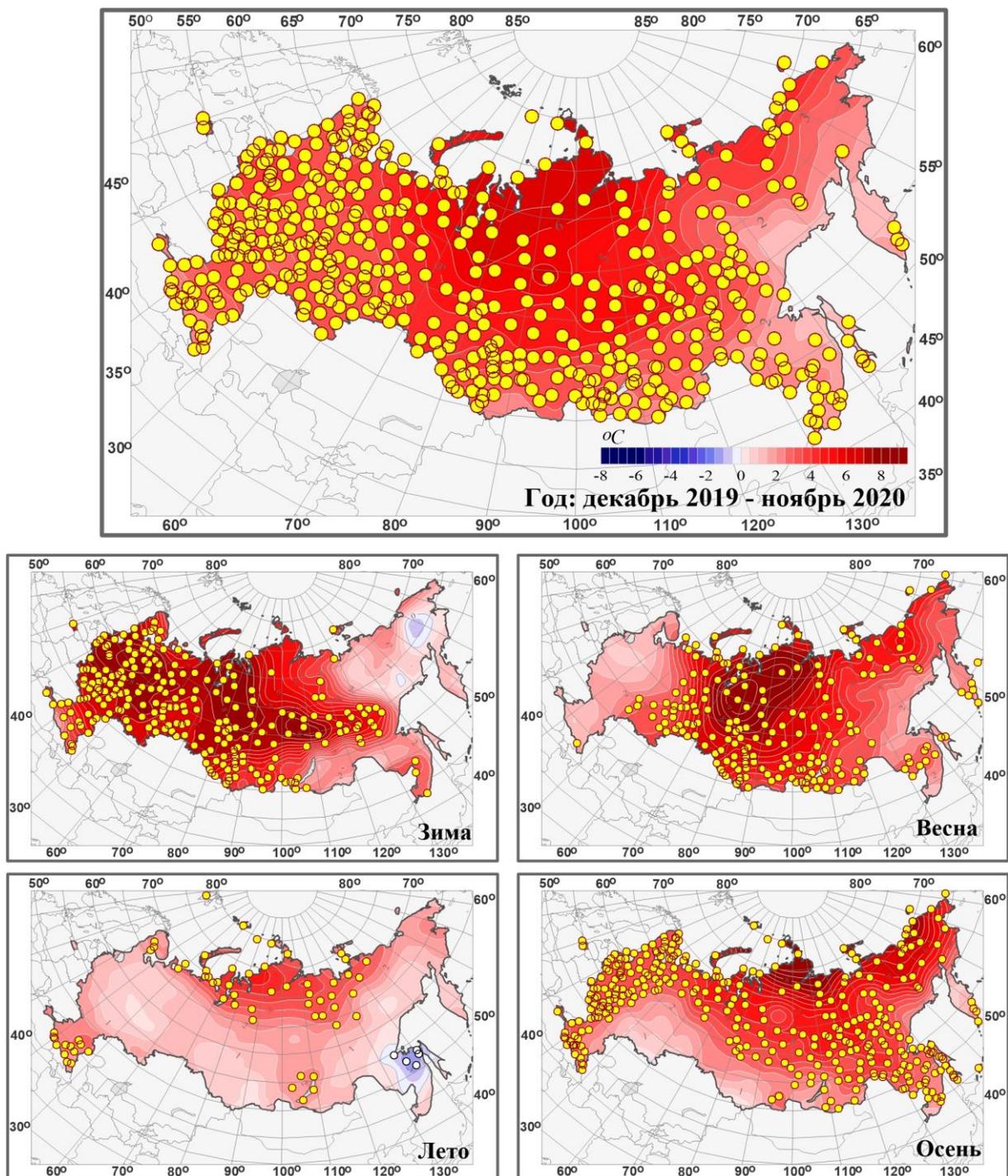


Рисунок 2.1 - Поля аномалий температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России в 2020 г., в среднем за год и по сезонам. Кругами белого цвета показано местоположение станционных экстремумов ниже 5-го перцентиля, желтого – выше 95-го перцентиля. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за базовый период 1961-1990 гг.

Декабрь 2019 г. Осредненная по территории РФ аномалия температуры составила $+2.64^{\circ}\text{C}$, а осредненная по ЕЧР: 5.25°C - ранг 2. Повсеместно в центре и на западе ЕЧР отмечались 95%-е экстремумы, аномалии на станциях до 8.3°C . Температуры ниже климатической нормы в декабре наблюдались на Среднесибирском плоскогорье (аномалии до -4.5°C), в Забайкалье, в Приамурье.

В **январе** осредненная в целом по России аномалия температуры составила 6.22°C – ранг 2, осредненная по ЕЧР: 7.89°C – рекордное значение в ряду, осредненная по АЧР: 5.58°C – ранг 2. Аномально высокие температуры (95%-е экстремумы, аномалии температуры $+4^{\circ}\text{C}$ – $+13^{\circ}\text{C}$) наблюдались почти всюду (кроме востока Якутии и Чукотки).

На востоке Якутии наблюдались температуры близкие к климатической норме (аномалии около 0°C – $+1^{\circ}\text{C}$), на Чукотке – ниже климатической нормы (аномалии до -1.5°C).

Февраль. Осредненная в целом по России аномалия температуры составила 6.20°C – вторая величина в ряду. Аномально высокие температуры (95%-е экстремумы) от западных границ до Якутии.

Температуры ниже климатической нормы наблюдались в Магаданской области, на Чукотке (аномалии до -7.3°C), на Камчатке.

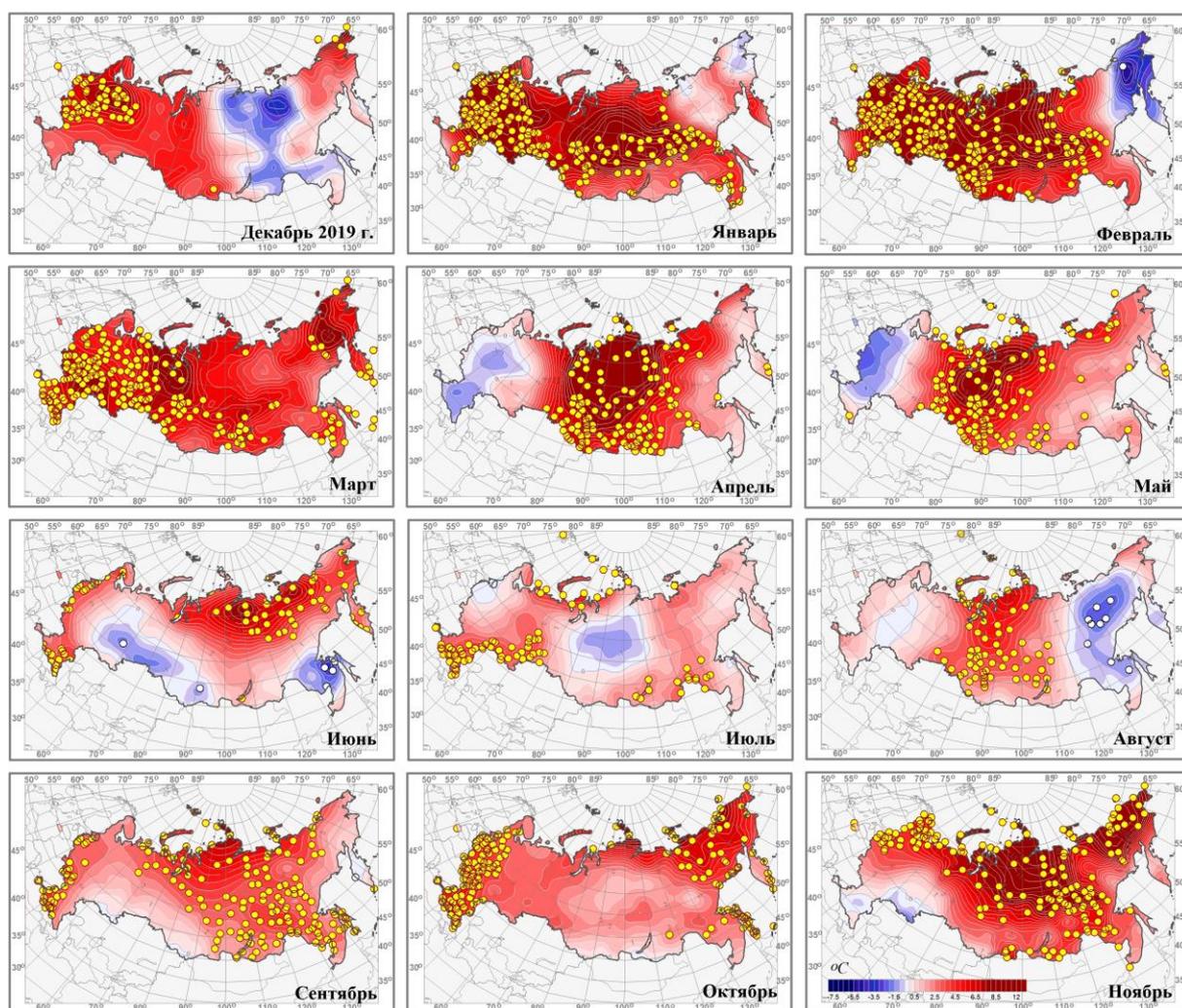


Рисунок 2.2 – Поля средних месячных аномалий температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России в 2020 г. Условные обозначения см. на рис.2.1

Весной 2020 года осредненная аномалия по РФ составила 3.94°C – рекордная величина в ряду с 1936 года. На всей территории страны температуры были выше климатической нормы. Аномально высокие температуры (95%-е экстремумы) наблюдались от востока ЕЧР до Хабаровского края и Корякского АО. Экстремальные погодные условия наблюдались в ПФО (аномалия 2.67°C – ранг 5), в УФО (аномалия 6.69°C – ранг 1), в СФО (5.48°C – ранг 1), в ДФО (3.38°C – ранг 3).

В **марте** осредненная аномалия температуры по РФ 5.47°C – третья величина в ряду. Температуры выше климатической нормы (более, чем на 3°C) наблюдались на всей территории страны.

Осредненная аномалия по ЕЧР: 5.88°C – рекордное значение в ряду, по АЧР: 5.31°C – третья величина в ряду. Повсеместно в ЕЧР, в Западной Сибири, в районе Байкала, в Приморье, на Камчатке фиксировались 95%-е экстремумы температуры.

Апрель. Осредненная по РФ аномалия температуры 3.62°C – вторая величина в ряду. Температуры выше климатической нормы наблюдались на востоке ЕЧР и далее на всей АЧР (осредненная по АЧР 4.95°C – вторая величина в ряду). Экстремальные условия фиксировались в Западной Сибири (6.72°C – ранг 2), в Средней Сибири (7.04°C – ранг 2), в Прибайкалье и Забайкалье (4.86°C – ранг 3).

Температуры ниже климатической нормы наблюдались в ЦФО (-0.61°C), в ЮФО (-1.03°C) и в СКФО (-1.21°C).

Май. Осредненная по РФ аномалия температуры составила 2.73°C – максимальная величина в ряду наблюдений с 1936 года. Температуры выше климатической нормы наблюдались на востоке ЕЧР и далее на всей АЧР (3.59°C – рекордная величина). Экстремально тепло (на большинстве станций фиксировались 95%-е экстремумы) от Урала до течения Лены и на побережье Восточно-Сибирского моря. Самые высокие аномалии зафиксированы в междуречье Оби и Енисея (более 9°C). Из регионов следует отметить Западную Сибирь (6.34°C – ранг 1), Среднюю Сибирь (4.02°C – ранг 1) и Прибайкалье и Забайкалье (2.22°C – ранг 5); а из федеральных округов – Уральский ФО (6.64°C – ранг 1), Сибирский ФО (4.28°C – ранг 1) и ДФО (2.19°C – ранг 5).

На западе и в центре ЕЧР температуры были ниже климатической нормы, осредненная по ЦФО аномалия составила -1.48°C (с 2001 года это второй по величине холодный май), а по ЮФО - -0.66°C.

Лето. Осредненная по РФ аномалия температуры 1.34°C – ранг 5. Почти на всей территории страны температуры были выше климатической нормы, экстремально тепло (на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы) на юге ЕЧР: на юге ЮФО и в СКФО (2.10°C – ранг 5) и в северных районах страны, особенно в северных районах АЧР (осредненная по Средней Сибири аномалия температуры составила 1.96°C (ранг 3). Температуры ниже климатической нормы наблюдались в нижнем течении Амура и на севере Сахалина (аномалии до -1.9°C (в Николаевске-на-Амуре)) – в основном за счет холодного июня.

Июнь. Осредненная по РФ аномалия температуры составила 1.60°C (ранг 8-9). Температуры намного выше климатической нормы (на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы) на западе и юге ЕЧР (осредненная аномалия температуры по СКФО 2.86°C – ранг 4), на севере и в центре АЧР (осредненная по Средней Сибири аномалия 3.14°C – ранг 5, а по Восточной Сибири - +3.35°C (рекордная величина в ряду).

Температуры ниже климатической нормы наблюдались в Приамурье и Приморье (аномалия -0.89°C – среди четырнадцати «самых наименьших» значений в ряду, но это самое наименьшее значение в XXI веке); а также на юго-востоке ЕЧР и на юге Западной Сибири.

В **июле** осредненная по РФ аномалия температуры составила 1.46°C – пятая величина в ряду. Температуры, превышающие нормы (более, чем на 3°C, повсеместно отмечались 95%-е экстремумы) наблюдались на юге ЕЧР (в ЮФО (осредненная по федеральному округу аномалия составила 2.99°C (ранг 5), в СКФО (2.73°C (ранг 4), в ПФО (2.60°C) и на Южном Урале; а также вдоль побережья Северного Ледовитого океана и на юге ДФО.

Температуры ниже климатической нормы наблюдались на западе ЕЧР (аномалии не ниже -0.5°C, Ленинградская, Новгородская, Псковская области); в центре АЧР (аномалии до -1.5°C, восток Западной Сибири и запад Средней Сибири).

Август. Осредненная по РФ аномалия температуры 0.98°C. Температуры превышающие нормы (более, чем на 2°C) наблюдались на Урале, в Западной Сибири (аномалия 2.86°C – ранг 4) и на западе Средней Сибири (1.90°C – ранг 3) (или в федеральных округах: в УФО (2.99°C – ранг 4) и в СФО (2.32°C – ранг 3)). Температуры в августе ниже климатической нормы наблюдались на большей части ДФО (аномалии до -2.4°C (на станциях Лема и Восточная)) и в центральных районах ЕЧР (аномалии до -0.5°C).

Осень. Осредненная по РФ аномалия температуры 3.29°C – рекордная величина в ряду. Экстремальные условия (аномалии выше 3°C, на станциях фиксировались 95%-е экстремумы) наблюдались почти всюду, кроме Среднего Поволжья, Южного Урала, юга Западной Сибири. Осредненные по всем регионам и федеральным округам (кроме ПФО) аномалии температуры среди трех наибольших в соответствующих рядах.

Сентябрь. Осредненная по РФ аномалия температуры +2.42°C – максимальная величина в ряду, по АЧР - +2.49°C – также рекордная величина в ряду. Тепло практически всюду (кроме южных районов ПФО и южных районов Алтая), экстремально тепло (95%-е экстремумы) на западе ЕЧР, на большей части АЧР (кроме юга Западной и Средней Сибири, Чукотки и Камчатки), во всех федеральных округах АЧР аномалии температуры среди пяти «самых теплых».

Температуры ниже нормы наблюдались в южных районах ПФО и южных районах Алтая (аномалии температуры на станциях до -0.9°C).

Октябрь. Осредненная по РФ аномалия температуры 2.89°C – пятая величина в ряду, экстремальные условия наблюдались в ЕЧР (+3.41°C – ранг 1), в Восточной Сибири (+4.68°C – ранг 1), на остальной территории страны аномалии температуры также были положительными, но не превышали +3°C.

Ноябрь. Осредненная по РФ ноябрьская аномалия температуры +4.60°C – вторая величина в ряду (после рекордного ноября 2013 года с аномалией +5.14°C). Экстремально тепло на севере ЕЧР (в СЗФО аномалия температуры составила +4.66°C – ранг 5), в АЧР (+5.44°C – ранг 1).

Температуры ниже климатической нормы наблюдались в ЮФО и ПФО с аномалиями до -2°C (на границе с Казахстаном).

Атмосферные осадки

Все приводимые в данном разделе оценки, как и для температуры, получены по данным стационарных наблюдений месячного разрешения. Данные осреднены сначала внутри календарных сезонов каждого года и за год в целом, а затем – по территории регионов. Зимний сезон и год включают декабрь 2019 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 2020 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 2020 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 2020 г. в рассматриваемых регионах России.

В целом по РФ за год количество выпавших осадков составило 108% нормы. Значительный избыток осадков (более 120% нормы, на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы) наблюдался на западе и в центре АЧР (в среднем за год выпало 110% нормы – пятая величина в ряду, экстремальный избыток осадков наблюдался зимой и весной); на северо-западе ЕЧР (в СЗФО выпало 117% нормы – пятая величина в ряду, избыток осадков наблюдался зимой и весной).

В среднем за год дефицит осадков отмечался на юге ЕЧР: в ЮФО (71% нормы – минимальная величина в ряду), в СКФО и в ПФО. В Южном и Северо-Кавказском ФО дефицит осадков наблюдался во все сезоны (особенно в ЮФО осенью (54% нормы – среди трех «самых сухих» осенних сезонов), в Приволжском - летом и осенью.

В среднем за год дефицит осадков отмечался также на востоке Якутии и в Хабаровском крае, в основном, за счет летнего сезона (в среднем по региону Восточная Сибирь выпало 75% нормы – вторая величина в ранжированном по возрастанью ряду).

Зимой 2019/20 гг. осредненные осадки составили 120% нормы – третья величина в ряду с 1936 года, а по АЧР – 119% нормы – четвертая величина. Значительный избыток осадков (более 120% нормы, на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы) наблюдался в СЗФО (149% нормы – максимальная величина в ряду), на большей части Западной Сибири (140% нормы – четвертая величина) и Средней Сибири (136% - рекордное значение в ряду).

Дефицит осадков (60%-80%) наблюдался в ЮФО и СКФО, в Забайкалье, в Приамурье и Приморье, на северо-востоке страны.

Декабрь 2019 г. Осредненные по РФ осадки 110% нормы. Значительный избыток осадков (120%-160%) наблюдался в СЗФО (147% - максимальная величина в ряду). Значительный избыток осадков наблюдался также в бассейне Енисея, на Алтае, на северо-востоке страны, на юге Хабаровского края, в Приморье.

Сильный дефицит осадков (40%-80% нормы) наблюдался на юге ЕЧР, в Якутии, в Забайкалье.

Январь. Осредненные по РФ осадки: 117% нормы. Избыток осадков наблюдался на большей части ЕЧР (в среднем по региону выпало 118% нормы), на ряде станций Приволжского ФО отмечались 95%-е экстремумы. В АЧР значительный избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался в центральных районах. Сильный дефицит осадков (40%-80%) наблюдался в районе Байкала, в Приамурье и Приморье, на востоке Якутии, на Чукотке.

Февраль. Осредненные по РФ осадки 138% нормы – четвертая величина в ряду. Значительный избыток осадков наблюдался на большей части страны, кроме СКФО, района Байкала, Восточной Сибири. Экстремальный избыток осадков наблюдался в СЗФО (166% - ранг 4), в Западной Сибири (176% нормы – ранг 2), в Средней Сибири (156% - ранг 4).

Сильный дефицит осадков (40-80% нормы) наблюдался на большей части Восточной Сибири: выпало 59% нормы (среди десяти «самых сухих» февралей в ряду).

Весна. В целом за сезон осредненные по территории РФ осадки составили 121% нормы - четвертая величина в ряду. В ЕЧР (123%) следует отметить СЗФО (выпало 129% - ранг 4) и ЦФО (144% нормы – ранг 3); а в АЧР (119% - ранг 3) – Западную Сибирь (132% нормы – ранг 5) и Среднюю Сибирь (126% - ранг 4) и УФО (152% - рекордная величина в ряду). Дефицит осадков (менее 80%) наблюдался на западе ЮФО, на Алтае, в Амурской области и в Хабаровском крае, на северо-востоке Якутии, на Чукотке.

Март. Осредненные по РФ осадки 144% нормы (ранг 8). Избыток осадков н наблюдался на большей части страны, кроме юга ЕЧР, Приамурья, бассейна Индигирки. Осредненные в целом по АЧР осадки составили 169% нормы (ранг2), а по СФО -189% (ранг 2), по ДФО – 157% (ранг 5), на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы.

Сильный дефицит осадков наблюдался на юге ЕЧР: в ЮФО (51% нормы- среди шести «самых сухих» в ряду) и в СКФО (58% - среди четырех «самых сухих»)

Таблица 2.3

Средние годовые (декабрь - ноябрь.) и сезонные аномалии осадков для физико-географических регионов России и федеральных округов РФ в 2020 году:
 νR (мм/месяц)- отклонения от средних за 1961-1990 гг; RR – отношение R_{2017} к норме, выраженное в %; $P(r \leq R_{2020})$ Вероятности неперевышения (в скобках в столбце νR)– рассчитаны по данным за 1936-2019 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	3.0 (92)	108	4.7 (98)	120	5.9 (96)	121	1.3 (60)	102	0.0 (43)	100
Физико-географические регионы России										
Европейская часть РФ	1.4 (64)	103	7.6 (92)	120	8.6 (93)	123	-2.2 (40)	97	-8.1 (16)	84
Азиатская часть РФ	3.6 (95)	110	3.5 (96)	119	4.7 (98)	119	2.7 (66)	104	3.4 (80)	109
Западная Сибирь	4.6 (93)	112	9.1 (96)	140	8.9 (95)	132	1.7 (45)	103	-1.1 (45)	97
Средняя Сибирь	4.1 (95)	113	6.3 (100)	136	3584(96)	126	0.4 (37)	101	4.2(81)	113
Прибайкалье и Забайкалье	6.5 (94)	119	0.4 (52)	104	1.4 (63)	107	16.4 (95)	121	7.8 (94)	128
Приамурье и Приморье	6.7 (92)	113	-2.4 (34)	85	3.1 (61)	108	20.5 (88)	120	5.5 (75)	110
Восточная Сибирь	-2.1 (24)	94	-1.1 (60)	95	2.0 (73)	110	-12.9 (1)	75	3.7 (69)	110
Федеральные Округа РФ										
Северо-Западный	8.4 (95)	117	17.2 (100)	149	10.0 (96)	129	2.5 (56)	104	4.1 (69)	107
Центральный	3.7 (76)	107	3.6 (58)	108	17.2 (98)	144	4.8 (67)	107	-9.4 (24)	82
Приволжский	-1.0 (39)	98	7.8 (86)	123	12.9 (89)	139	-6.7 (30)	89	-18.1 (8)	63
Южный	-12.2 (0)	71	-5.9 (29)	86	-8.0 (17)	79	-15.7 (7)	68	-19.0 (2)	54
Северо-Кавказский	-5.4 (13)	90	-10.6 (14)	78	-4.9 (29)	91	-4.7 (43)	92	-1.4 (40)	97
Уральский	4.8 (84)	112	7.3 (94)	130	15.0 (100)	152	4.0 (67)	106	-7.2 (11)	84
Сибирский	6.4 (100)	118	5.9 (98)	133	3.6 (88)	115	8.0 (81)	112	8.1 (100)	123
Дальневосточный	0.8 (57)	102	0.5 (68)	103	2.5 (79)	111	-2.1 (41)	97	2.2 (64)	105

Апрель. Осредненные по РФ осадки: 93% нормы.

Сильный дефицит осадков (40%- 60% нормы, на многих станциях фиксировались 5%-е экстремумы осадков) наблюдался на большей части СФО (выпало 58% нормы – среди двух «самых сухих» апрелей в ряду, особенно «сухо» в Прибайкалье и Забайкалье (35% нормы – наименьшее значение в ряду)) и в Восточной Сибири (61% нормы). Сильный дефицит осадков наблюдался также на западе ЕЧР, в Южном (47%) и СКФО (62%).

Значительный избыток осадков (более 120% нормы, на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы) на востоке ЕЧР (в ПФО выпало 158% нормы – ранг 5) и УФО (166% - рекордная величина в ряду).

Избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался также на Таймыре, в бассейне Индигирки.

Май. Осредненные по РФ осадки: 129% нормы – вторая величина в ряду, а по ЕЧР осредненные осадки составили 145% - третья величина в ряду. Избыток осадков преобладал на большей части страны. Следует отметить ЦФО, где выпало 212% нормы (рекордная величина в ряду) и на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы. Сильный дефицит осадков (20-40% нормы, на многих станциях фиксировались 5%-е экстремумы) наблюдался в мае на северо-востоке Якутии и на Чукотке; а также на Алтае.

Летом осредненные по РФ осадки 102% нормы. Сильный дефицит осадков (менее 80% нормы, на многих станциях отмечались 5%-е экстремумы) наблюдался на востоке Якутии, на Чукотке (осредненные осадки по региону Восточная Сибирь составили 75% нормы – вторая минимальная величина в ряду; рекордная

минимальная величина зафиксирована летом 1991 года: 73% нормы). Дефицит осадков (менее 80%) наблюдался также на юге ЕЧР в ЮФО (68%), СКФО (92%), ПФО (89%).

Значительный избыток осадков более 120% нормы, на отдельных станциях фиксировались 95%-е экстремумы) наблюдался в центре Западной Сибири, на юге СФО и ДФО (в регионе Прибайкалье и Забайкалье выпало 121% сезонной нормы – ранг 5).

Летом атмосферные засухи наблюдались во многих областях ЮФО и в ряде областей ПФО и УФО. Этому способствовал сильный дефицит осадков и экстремальные температурные аномалии, наблюдавшиеся в течение всех трех месяцев сезона.

Таблица 2.4

Месячные относительные аномалии осадков в регионах РФ в 2020 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	110	117	138	144	93	129	104	103	99	98	103	99
Физико-географические регионы России												
Европейская часть России	100	118	153	111	106	145	91	104	93	87	82	83
Азиатская часть России	117	116	125	169	85	121	110	103	101	102	115	110
Западная Сибирь	125	130	176	155	130	122	111	95	104	105	108	70
Средняя Сибирь	120	142	156	206	67	125	106	142	55	97	120	127
Прибайкалье и Забайкалье	108	83	118	184	35	127	124	112	128	146	117	95
Приамурье и Приморье	98	60	88	109	93	118	152	79	137	107	120	101
Восточная Сибирь	116	100	59	181	61	104	53	81	88	74	114	157
Федеральные округа РФ												
Северо-Западный	147	134	166	141	113	133	80	130	97	118	109	92
Центральный	81	110	152	104	92	212	124	120	66	72	92	83
Приволжский	97	122	162	130	158	128	78	73	121	76	62	48
Южный	50	92	141	51	47	125	89	61	48	36	48	74
Северо-Кавказский	60	103	78	58	62	137	104	106	65	58	38	198
Уральский	115	114	174	158	166	140	118	79	126	84	98	66
Сибирский	130	132	146	189	58	120	117	123	97	138	119	100
Дальневосточный	108	104	91	157	78	113	100	93	99	83	117	135

Июнь. Области с дефицитом и с избытком осадков практически равны, в целом по РФ выпало 104% нормы осадков. В ЕЧР преобладал дефицит осадков, в целом по ЕЧР выпало 91% нормы (наибольший дефицит осадков наблюдался в ПФО (78%), избыток – в ЦФО (124%). В АЧР сильный дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался в центральных и северных районах, восточнее Таймыра (в регионе Восточная Сибирь выпало 53% нормы (вторая наименьшая величина в ряду), меньше всего осадков в этом регионе выпало в июне 1983 года (44% нормы)). Значительный дефицит осадков (более 120%, на ряде станций фиксировались 95%-е экстремумы) наблюдался в междуречье Оби и Енисея (в среднем и нижнем течениях), в Саянах, в Приамурье и Приморье (152% нормы – ранг 4).

Июль. Осредненные осадки по РФ – 103% нормы. Значительный избыток осадков (на ряде станций отмечались 95% экстремумы) наблюдался в центре и на северо-западе ЕЧР; а в АЧР - от течения Пура и Оби (на западе) до Лены и Алдана (на востоке) (осредненные по Средней Сибири осадки составили 142% нормы (вторая величина в ряду); а также восточнее течения Колымы.

Сильный дефицит осадков (менее 40%) наблюдался на юге и юго-востоке ЕЧР (в ЮФО осредненные осадки составили 61%, в ПФО – 73%), на юге Западной Сибири (на многих станциях отмечались 5%-е экстремумы); а также в междуречье Лены (на севере) и Алдана (на юге) и Колымы.

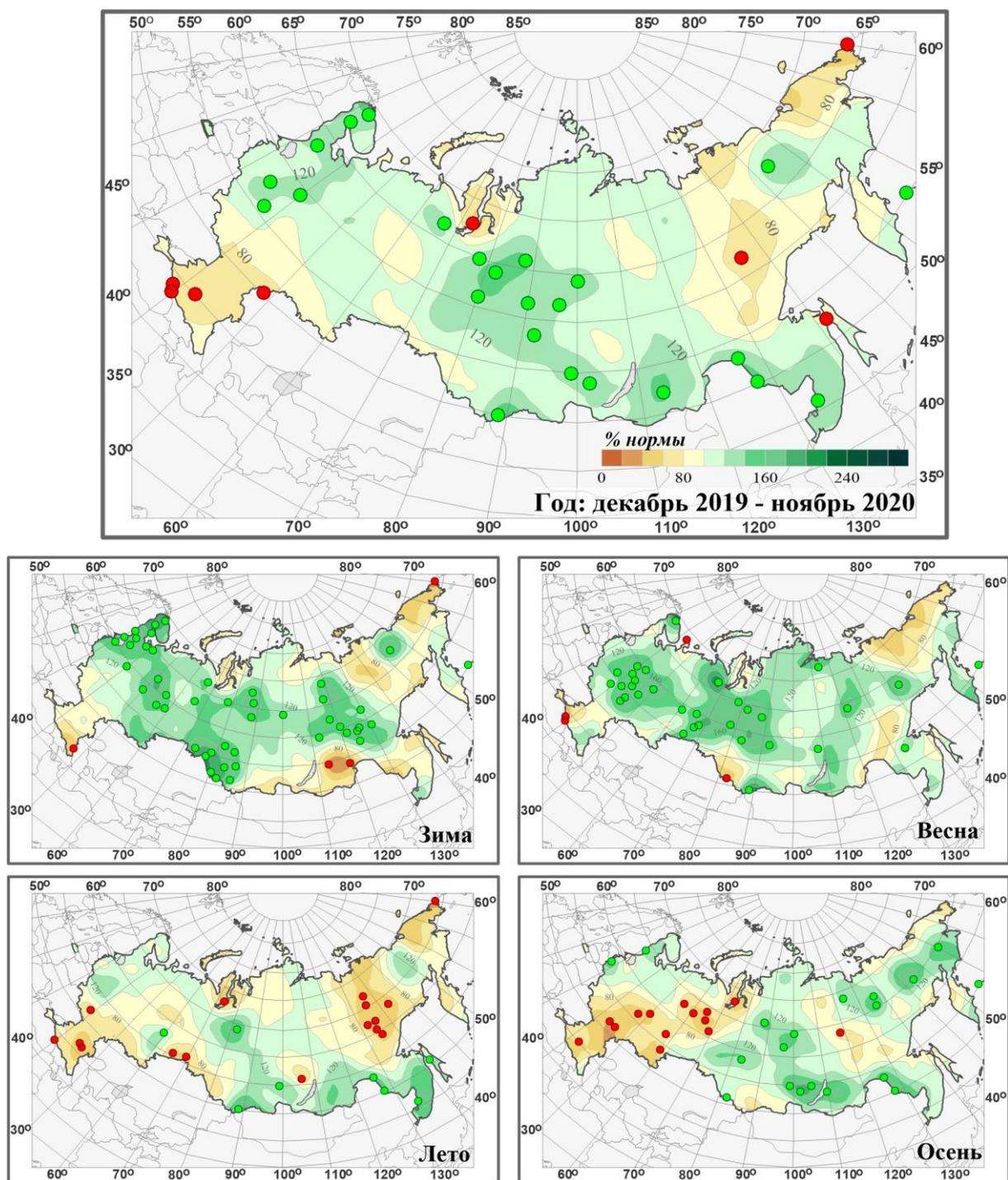


Рисунок 2.3 - Поля аномалий средних годовых (декабрь – ноябрь) и сезонных сумм осадков (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.) на территории России в 2020 г. Кружками красного цвета показаны стационарные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го перцентиля.

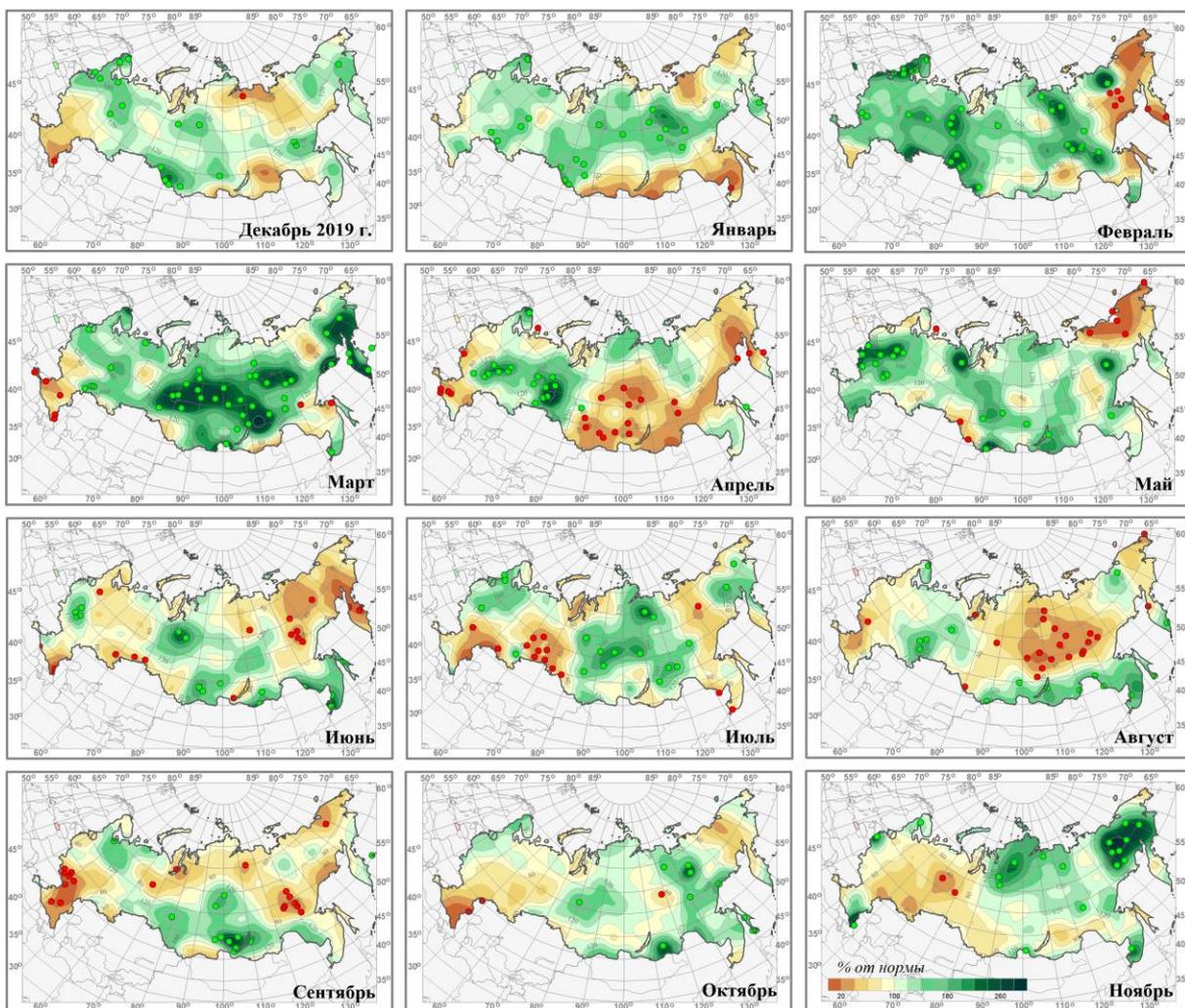


Рисунок 2.4 – Поля средних месячных аномалий осадков (% нормы) на территории России в 2020 г. Условные обозначения см. на рис.2.3

Август. Осредненные по РФ осадки составили 99% нормы. Особенность месяца – сильный дефицит осадков (на многих станциях фиксировались 5%-е экстремумы) от междуречья Оби и Енисея (на западе) до Индигирки (на востоке) (кроме южных районов СФО и ДФО), осредненные по Средней Сибири осадки составили 55% нормы – минимальное значение в ряду. Дефицит осадков наблюдался на большей части ЕЧР (кроме ПФО, Кольского полуострова и побережья Белого и Карского морей), на Чукотке.

Значительный избыток осадков (на ряде станций отмечались 95%-е экстремумы) наблюдался в ПФО, на западе Западной Сибири, на юге СФО и ДФО (особенно в Приамурье и Приморье (137% нормы – ранг 4), в междуречье Индигирки и Колымы), на юге Камчатки.

Следует заметить, что исключительно влажным оказался период с мая по июль в центральных областях ЕЧР, и в особенности в московском регионе (рисунок 2.5). Для Центрального Федерального округа и для Москвы это был самый влажный из таких периодов за все время наблюдений. Особенно влажным был май: в среднем по ЦФО выпало 212% нормы осадков, а в Москве – 305%. Июнь и июль в московском регионе также были исключительно влажными: вторыми в рядах наблюдений. На станциях московского региона и соседних областей в течение всего периода наблюдались сильнейшие ливни. В Смоленске 5 мая выпало 24 мм осадков, а 12 мая - 43 мм. В Московской области ливни прошли в последние три дня мая: в Наро-Фоминске и Москве при месячной норме 51 мм выпало более 90 мм, а в

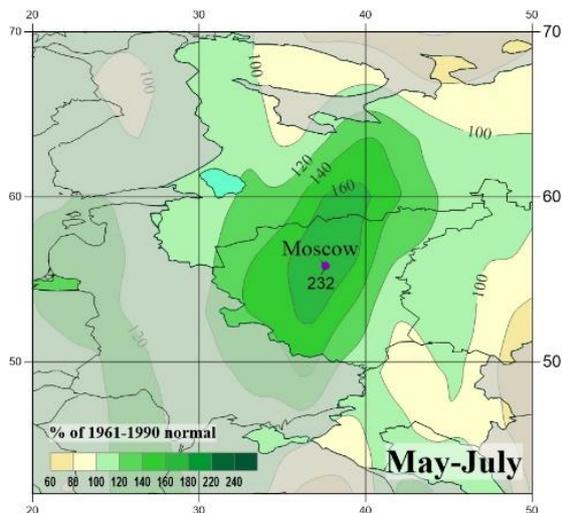


Рисунок 2.5 – Средняя за период май-июль 2020 г. месячная сумма осадков (в % от нормы 1961-1990г.) на территории ЕЧР

Лены наблюдался дефицит осадков (так в ЮФО выпало 54% нормы осадков – третья величина в ранжированном по возрастанию ряду). Значительный избыток осадков наблюдался в СФО (выпало 123% нормы – максимальная величина в ряду), в Восточной Сибири, на северо-западе ЕЧР.

В сентябре осредненные по РФ осадки составили 98% нормы. Дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался в центре и на юге ЕЧР (особенно «сухо» в ЮФО: 36% нормы – минимальная величина в ряду), на севере и востоке АЧР (в Восточной Сибири выпало 74% нормы – среди девяти «самых сухих»). Избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался на юге и в центре Сибири (в СФО выпало 138% нормы – максимальная величина в ряду), в СЗФО (118%).

Октябрь. Осредненные по РФ осадки 103% нормы. Дефицит осадков наблюдался в центре и на юге ЕЧР и на западе Западной Сибири (так в ЮФО выпало 48% нормы – среди трех «самых сухих» октябрей), а в СКФО – 38% - среди двух «самых сухих» октябрей), на северо-востоке страны.

Значительный избыток осадков (на ряде станций 95%-е экстремумы) наблюдался на Среднесибирском плоскогорье, в Забайкалье, в Якутии, в Хабаровском и Приморском краях, на Сахалине.

Ноябрь. Осредненные по РФ осадки 99% нормы. Избыток осадков (более 120% нормы, на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы) наблюдался на юге ЕЧР (в СКФО выпало 198% нормы – ранг 2), в центре и на севере АЧР восточнее дельты Оби. Дефицит осадков (40-80%) наблюдался на большей части ЕЧР, в Западной Сибири, на юге Средней Сибири.

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 2020 гг. На всех временных рядах показан линейный тренд,

Малоярославце более 100 мм; на большинстве станций выпало более 70 мм; хотя бы в один из дней наблюдались осадки более 20 мм за 12 часов (в Малоярославце 54 мм 30 мая).

Ливни продолжались в июне и июле. В июне 3-4 числа сильные осадки выпали в Московской, Тульской, Рязанской области (на станции Узловая 144 мм за сутки), 11-12 числа в Смоленской, Московской областях, в конце месяца в Брянской и Смоленской областях; 21 июня в Москве выпало 41 мм осадков. В течение июля ливни наблюдались в Московской, Калужской, Смоленской, Владимирской, Брянской областях; в Москве 27 июля выпало 48 мм осадков.

Осень. Осредненные по РФ осадки составили 100% нормы. На юге и в центре ЕЧР и на севере Западной Сибири, а также в среднем течении

характеризующий тенденцию (среднюю скорость) изменений температуры и осадков на интервале 1976 - 2020 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 1976-2020 гг. Тренды осадков выражены либо в мм / мес / 10 лет, либо в % нормы / 10 лет: для краткости в дальнейшем будем писать % / 10 лет.

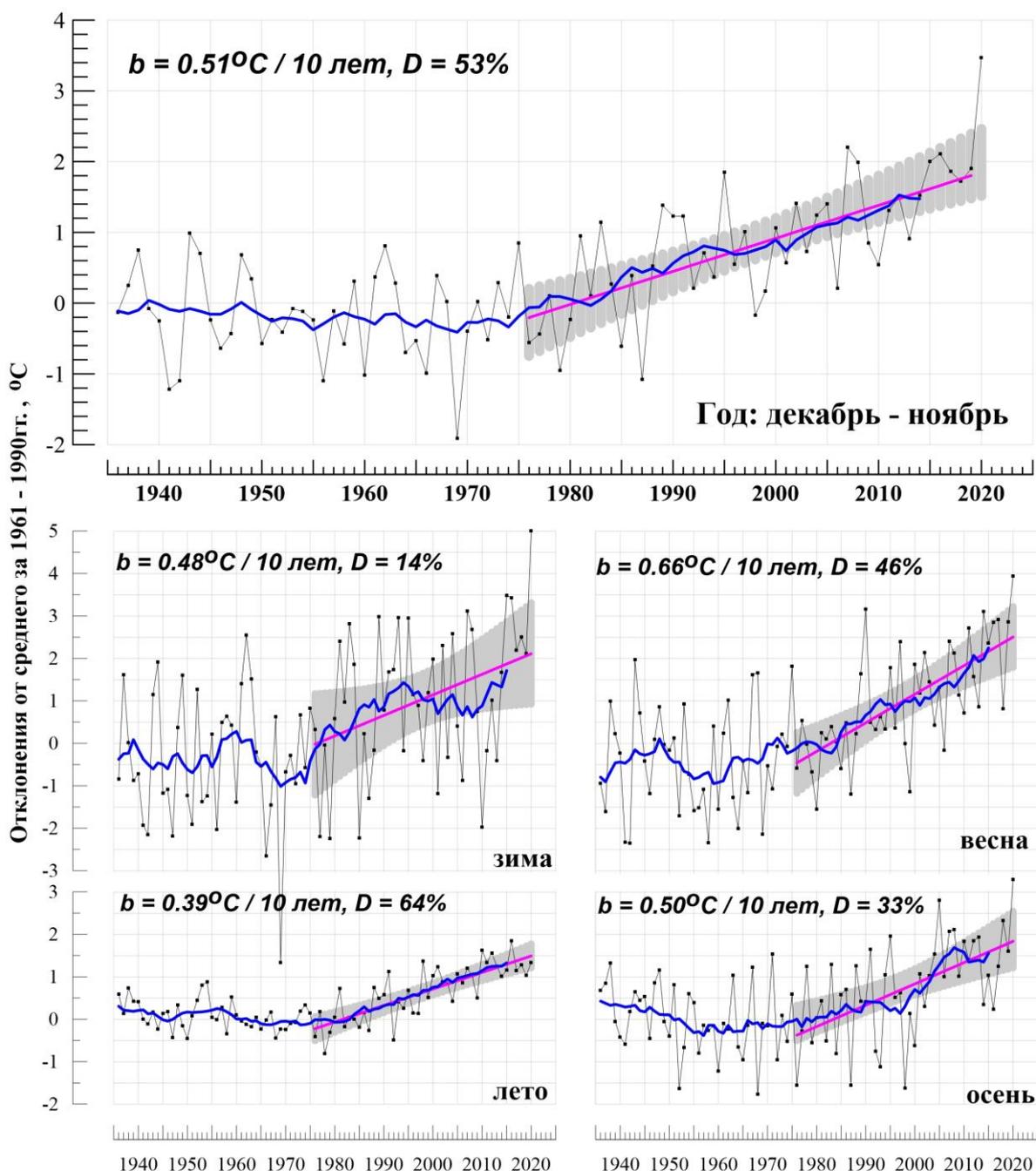


Рисунок 3.1 - Средние годовые и сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории РФ, 1936-2020 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Показаны также 11-летнее скользящее среднее, линейный тренд за 1976-2020 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 1976-2020 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	0.51	53	0.9	2.2	37
Зима	0.48	14	0.7	2.9	16
Весна	0.66	46	1.6	5.8	39
Лето	0.39	64	0.4	0.7	4
Осень	0.50	33	0.6	1.5	7

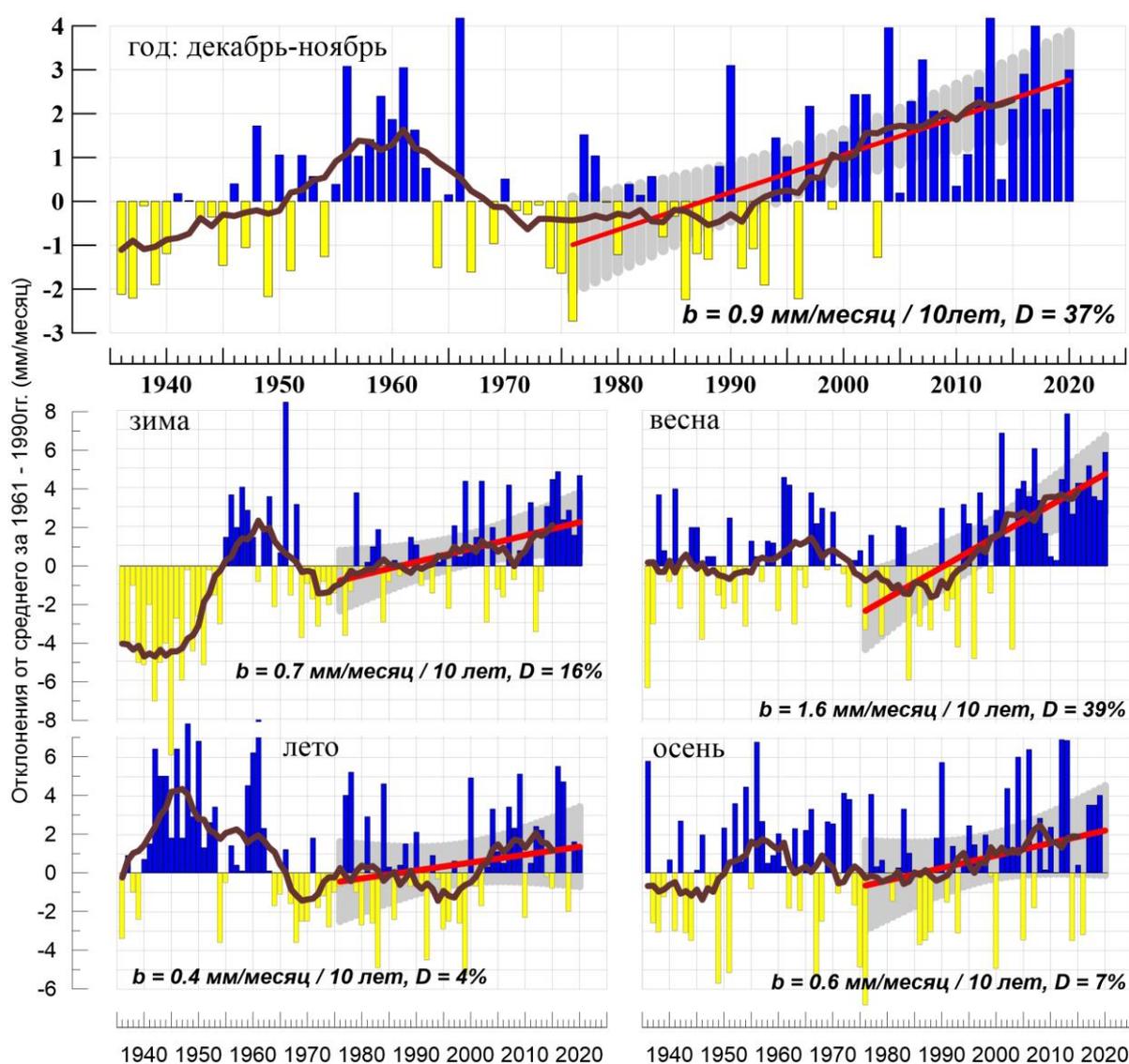


Рисунок 3.2 – Средние годовые и средние сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории РФ, 1936 – 2020 гг.

(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 2020 года в целом и для сезонов года. Оценки получены по стационарным временным рядам сезонных аномалий за 1976-2020 гг. в точках расположения станций и затем картированы.

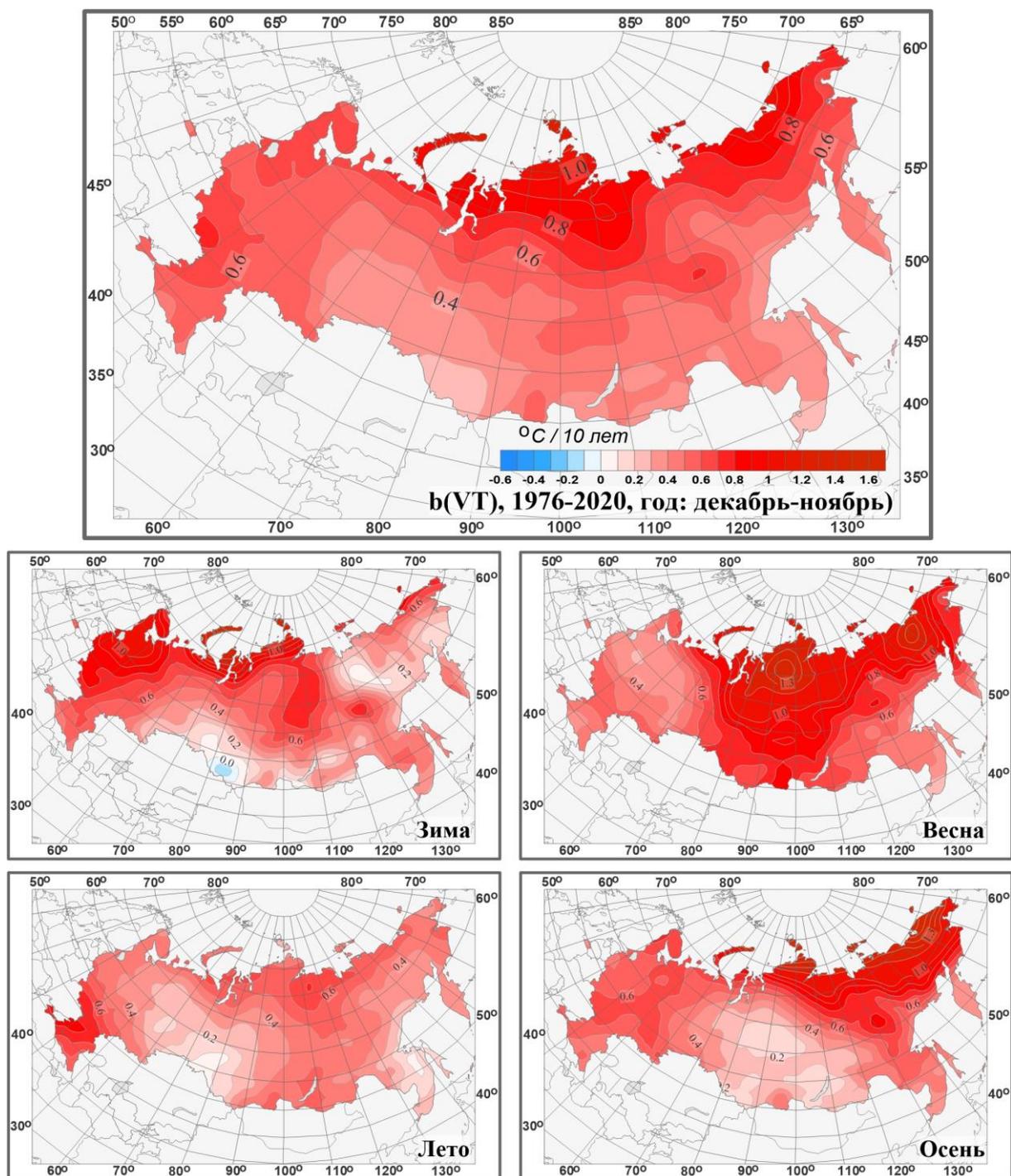


Рисунок 3.3 - Средняя скорость изменения среднегодовой и средних сезонных температур приземного воздуха на территории России по данным наблюдений за 1976-2020 гг. (в °C/10 лет)

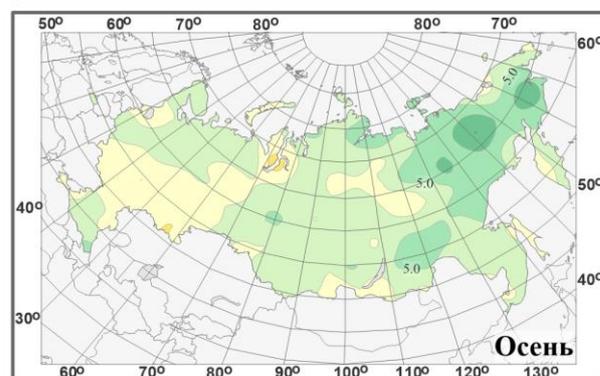
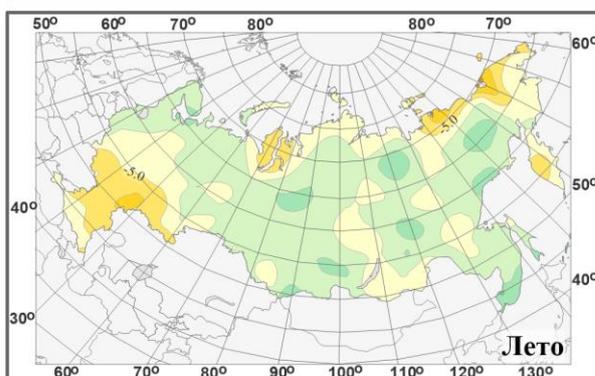
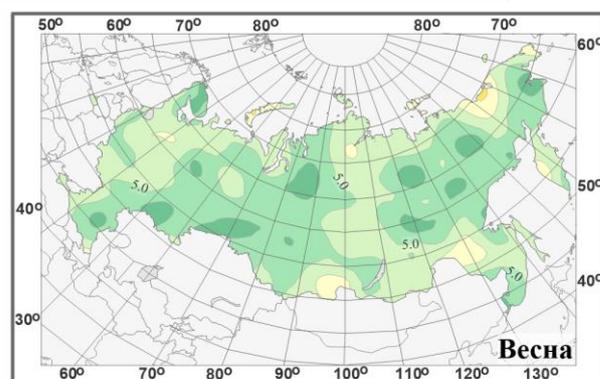
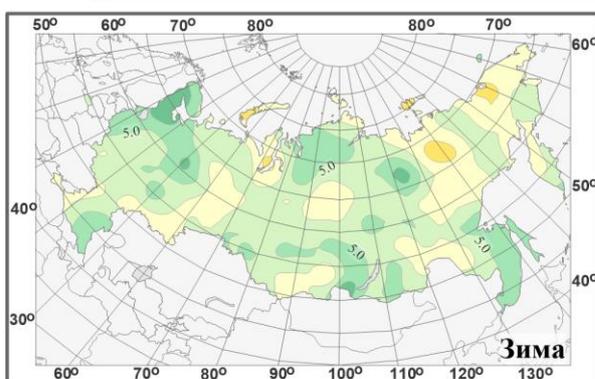
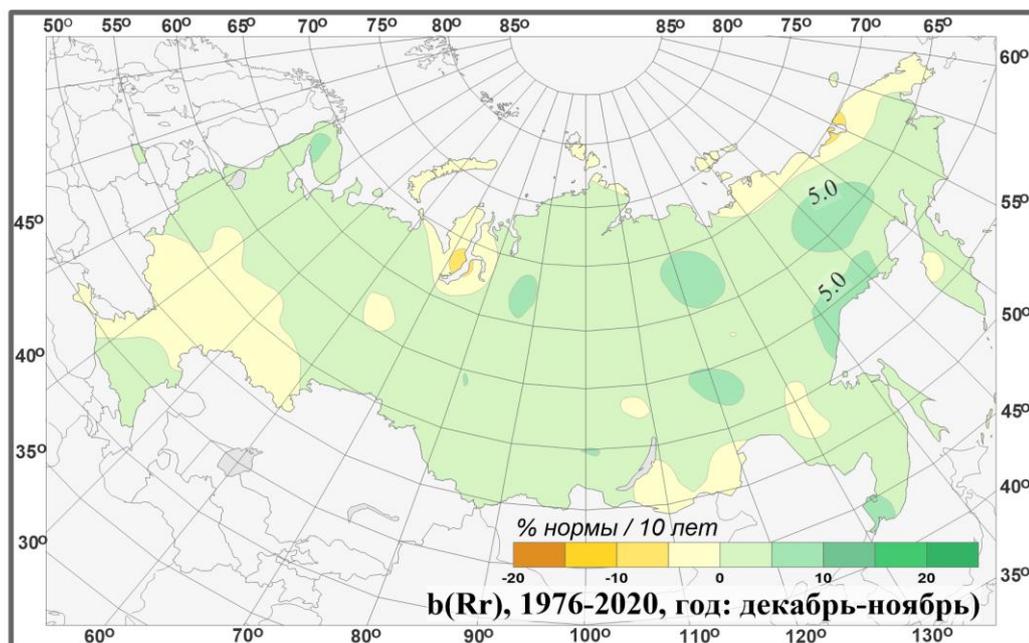


Рисунок 3.4 - Пространственные распределения локальных коэффициентов линейного тренда атмосферных осадков за 1976-2020 гг. на территории России (% / 10 лет), в среднем за год и по сезонам.

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 $+0.51^{\circ}\text{C}/10$ лет, вклад тренда в дисперсию составляет 53%.

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

Восточной Сибири (+1.7°C/10 лет). Зимой и летом наибольшая скорость потепления прослеживается на ЕЧР (до +1.2°C/10 лет – зимой, около +0.8°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 -0.2°C/10 лет) по-прежнему отмечается зимой в южной части Сибири, а область очень слабого потепления (до 0.2°C/10 лет - 0.3°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 видна тенденция к их росту) (рис. 3.1). Линейный тренд за 1976-2020 гг. положительный, однако он резко уменьшился (0.39°C/10 лет против 0.83°C/10 лет за период 1976-2000 гг.) и из формы сглаженной кривой на рис. 3.1 очевидно, что гипотеза о линейном росте для зимних температур не подтверждается. 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 1976-2020 гг., в среднем по России, составляет 2.2%/10лет и описывает 37% 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 (5.8%/10лет, вклад в дисперсию ряда 39%) и зимы (2.9%/10 лет, вклад в дисперсию 16%), однако тренды значительно менее выражены, чем для температуры. Летом и осенью тренд осадков в целом по России незначим.

Пространственные распределения тренда за период 1976 – 2020 гг. указывают на наличие слабой тенденции к увеличению годовых сумм осадков на территории РФ (кроме центра ЕЧР, Забайкалья, района Обской губы, побережья Восточно-Сибирского и Чукотского морей). 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 районе Обской губы, вдоль побережья Восточно-Сибирского и Чукотского морей (в основном незначительное убывание: менее -5% /10 лет).

Наиболее заметна тенденция к росту осадков **весной** в Северном Прикаспии, в Среднем Поволжье, на юге Западной Сибири, в дельте Енисея, в дальневосточных регионах России (со скоростью более 10% нормы за 10 лет); **зимой** - на севере ЕЧР, в Прикаспии, на севере Средней Сибири, в южных районах АЧР; **летом и осенью** – , в дальневосточных регионах России (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, 1936-2020 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 ($^{\circ}\text{C}$) и месячных сумм осадков (мм/месяц) за 1936 – 2020 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2020 гг., рассчитанные методом наименьших квадратов. В таблицах 4.1 - 4.3 приведены оценки линейных трендов регионально осредненных значений температуры и осадков за 1976-2020 гг. для физико-географических регионов и федеральных округов РФ.

Температура воздуха.

В среднем по территории России, тренд средних годовых температур составляет $+0.51^{\circ}\text{C}/10$ лет, вклад тренда в дисперсию составляет 53%. Наиболее интенсивное потепление наблюдается в регионе в регионе Восточная Сибирь ($+0.60^{\circ}\text{C}/10$ лет, в основном, за счет весны и осени), регионе Средняя Сибирь ($+0.58^{\circ}\text{C}/10$ лет, в основном, за счет весны), в Европейской части России ($+0.55^{\circ}\text{C}/10$ лет, за счет всех сезонов); а из федеральных округов: зимой – в Северо-Западном ФО ($0.88^{\circ}\text{C}/10$ лет) и в Центральном ФО ($0.82^{\circ}\text{C}/10$ лет), весной - в Уральском ФО ($0.74^{\circ}\text{C}/10$ лет), в Сибирском ФО ($0.79^{\circ}\text{C}/10$ лет), в Дальневосточном ФО ($0.71^{\circ}\text{C}/10$ лет), летом - в Южном ФО ($0.72^{\circ}\text{C}/10$ лет) и в Северо-Кавказском ФО ($0.61^{\circ}\text{C}/10$ лет), и осенью - в Дальневосточном ФО ($0.69^{\circ}\text{C}/10$ лет) и в Центральном ФО ($0.59^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Наиболее быстрый рост наблюдается весной ($0.66^{\circ}\text{C}/10$ лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд больше всего выделяется летом (64% суммарной дисперсии). Зимой рост температуры наблюдался до середины 1990-х гг. и видна тенденция к увеличению роста в последние семь-восемь лет.

Температура за 1976-2020 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 Прибайкалье и Забайкалье потепление возобновилось лишь после 2010 г.).

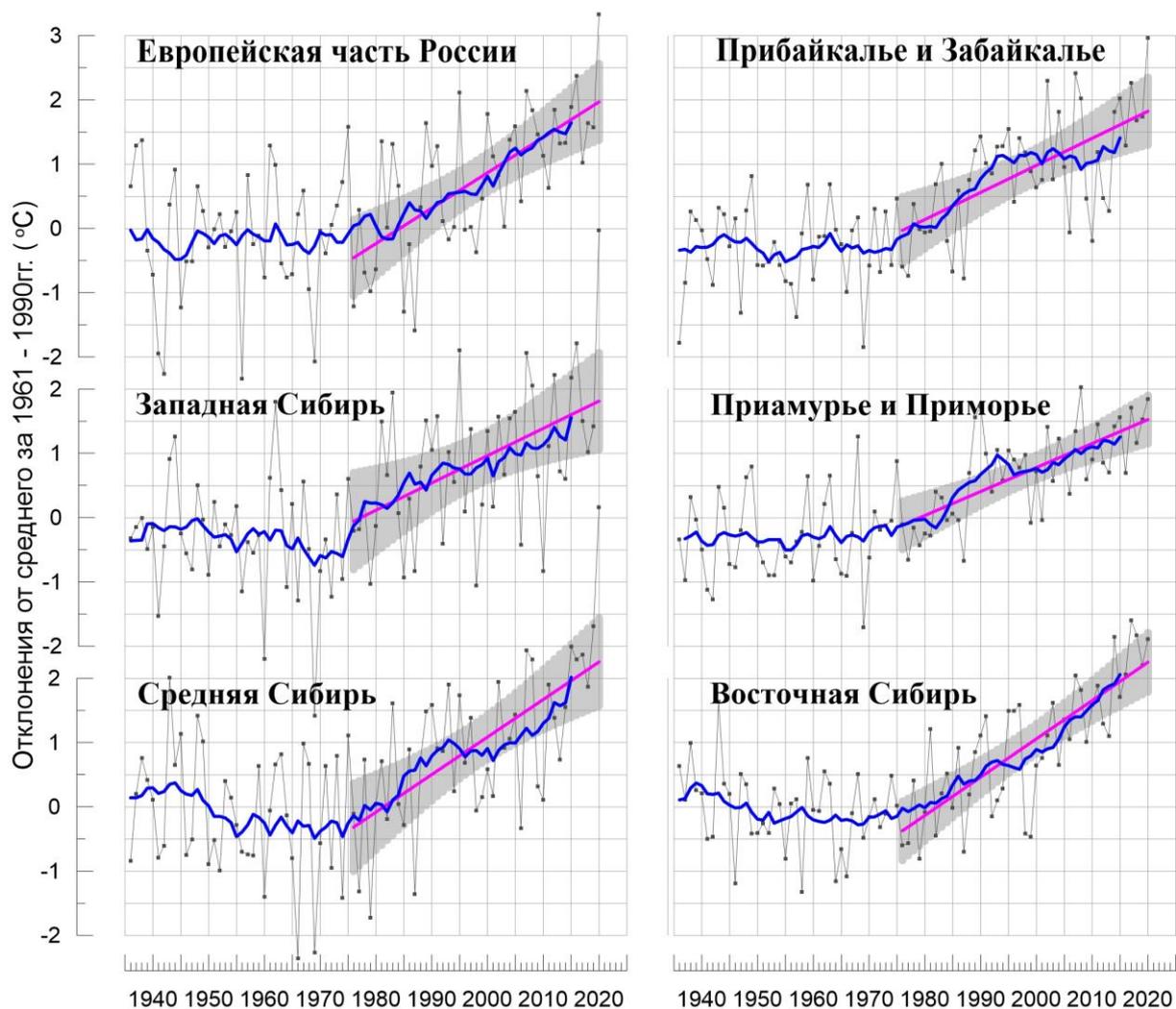


Рисунок 4.1. - Годовые аномалии температуры приземного воздуха (°C) для регионов России за 1936-2020 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Показаны также 11- летнее скользящее среднее, линейный тренд за 1976-2020 гг. с 95%-й доверительной полосой.

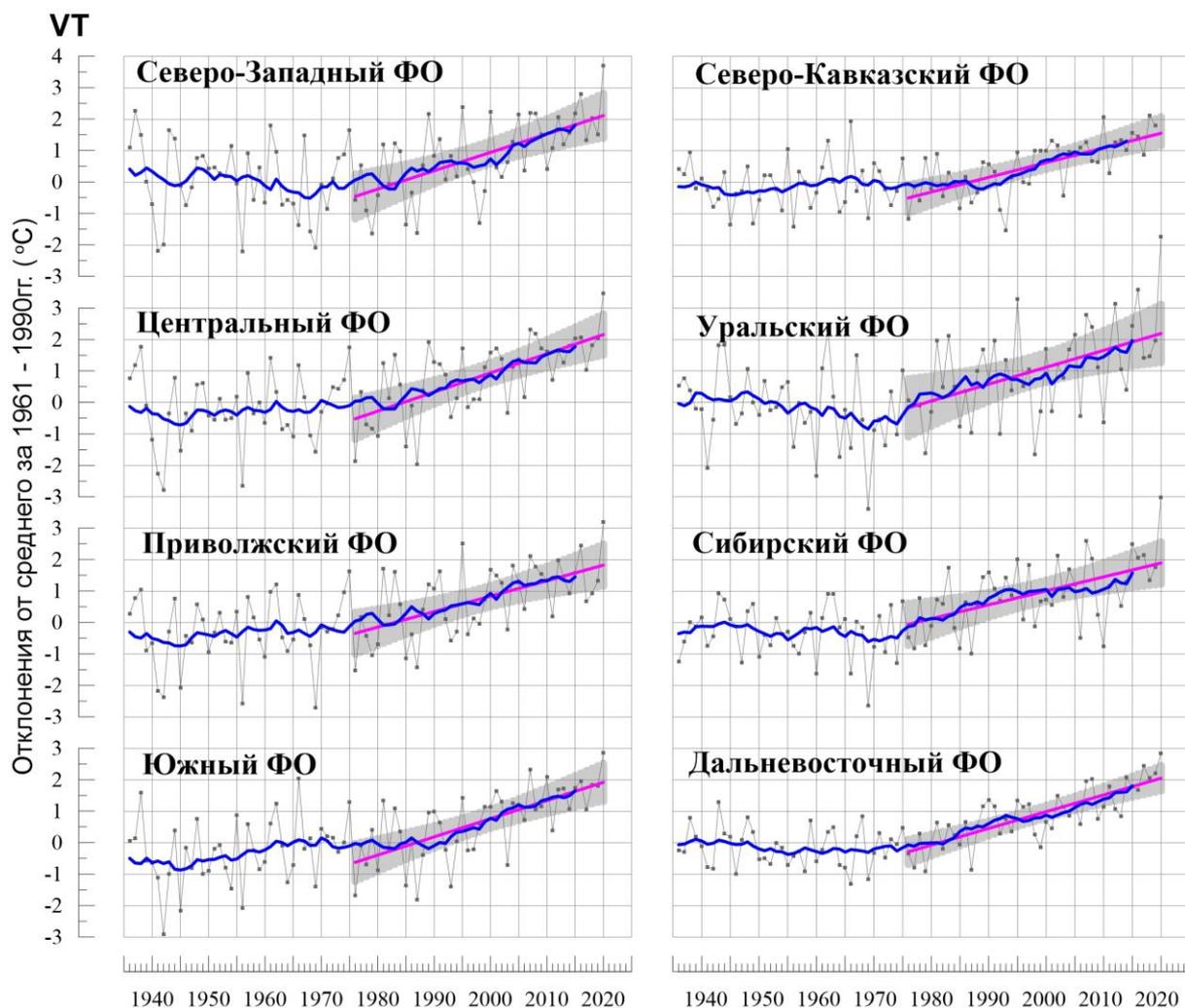


Рисунок 4.2. - Годовые аномалии температуры приземного воздуха (°С) для федеральных округов РФ за 1936-2020 гг. Условные обозначения на рис.4.1

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, в Приволжском и в Южном ФО. Однако тренды годовых осадков за 1976-2020 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 3.3% / 10 лет и 3.0% / 10 лет описывают 30% и 18% межгодовой изменчивости).

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

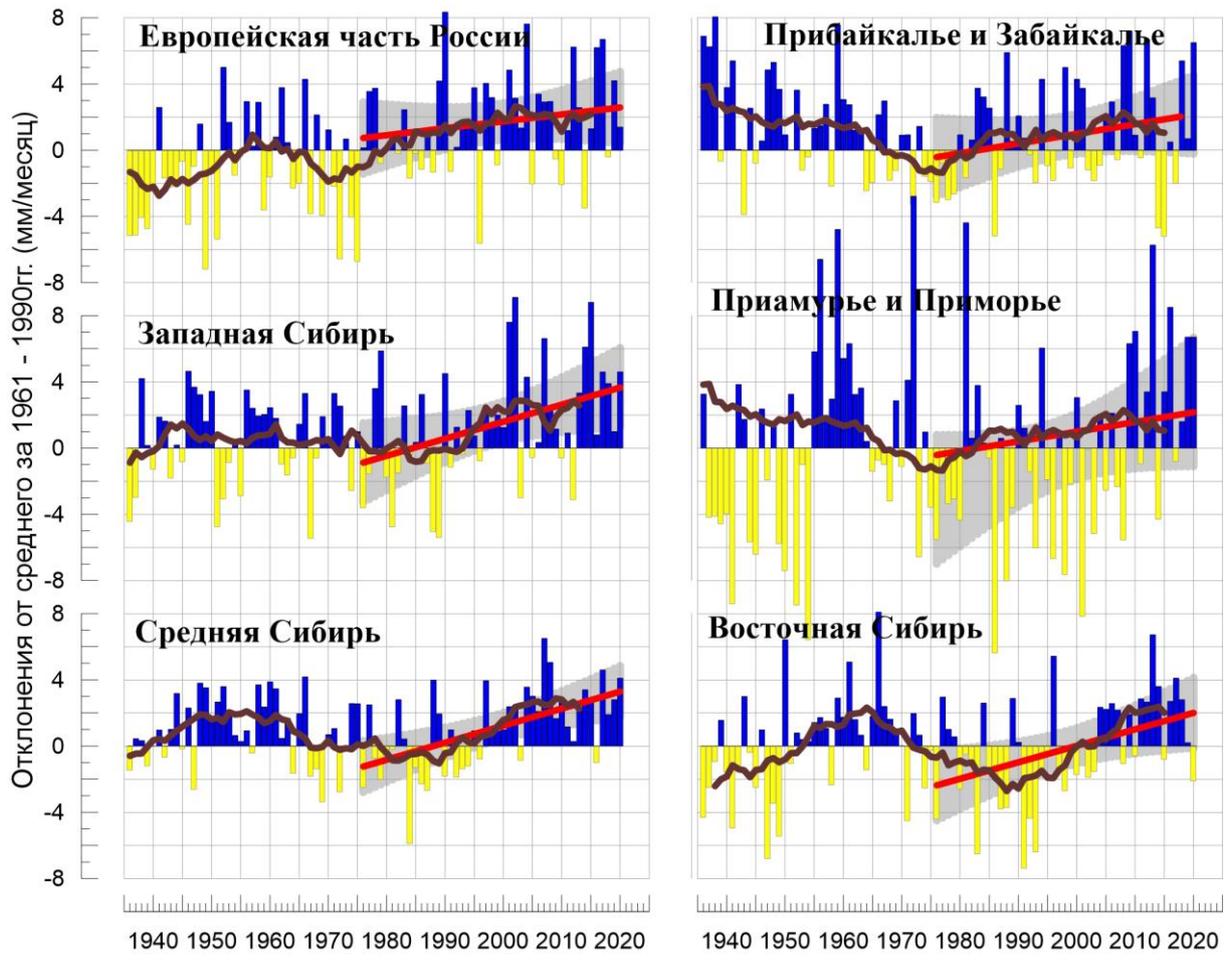


Рисунок 4.4. - Годовые аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), для регионов России за 1936-2020 гг. Условные обозначения на рис.4.1

Таблица 4.1

Оценки линейного тренда среднегодовой (декабрь - ноябрь) температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, ее физико-географических регионов и Федеральных округов за 1976-2020 гг.
b, °C/10 лет – коэффициент линейного тренда, D% - вклад тренда в дисперсию

Регион	Год (д-н)		Зима		Весна		Лето		Осень	
	<i>b</i>	<i>D%</i>	<i>b</i>	<i>D%</i>	<i>b</i>	<i>D%</i>	<i>b</i>	<i>D%</i>	<i>b</i>	<i>D%</i>
Россия	0.51	53	0.48	14	0.66	46	0.39	64	0.50	33
Физико-географические регионы России										
Европейская часть РФ	0.55	45	0.72	17	0.44	24	0.46	34	0.55	31
Азиатская часть РФ	0.50	50	0.40	10	0.75	45	0.37	65	0.49	27
Западная Сибирь	0.43	23	0.35	3	0.75	29	0.26	13	0.31	7
Средняя Сибирь	0.58	41	0.54	7	0.87	40	0.45	47	0.44	11
Прибайкалье и Забайкалье	0.42	38	0.29	4	0.66	33	0.46	49	0.24	7
Приамурье и Приморье	0.37	49	0.42	14	0.41	24	0.22	19	0.42	27
Восточная Сибирь	0.60	62	0.35	11	0.81	44	0.40	51	0.85	53
Федеральные округа РФ										
Северо-Западный	0.58	39	0.88	16	0.44	17	0.39	26	0.57	25
Центральный	0.61	46	0.82	18	0.46	21	0.55	31	0.59	23
Приволжский	0.49	34	0.56	9	0.44	17	0.39	16	0.55	25
Южный	0.58	47	0.58	16	0.48	25	0.72	50	0.52	24
Северно-Кавказский	0.49	52	0.49	21	0.37	26	0.61	52	0.45	21
Уральский	0.49	24	0.50	5	0.74	24	0.31	13	0.38	8
Сибирский	0.44	32	0.34	3	0.79	39	0.36	47	0.25	5
Дальневосточный	0.55	63	0.37	15	0.71	44	0.38	58	0.69	50

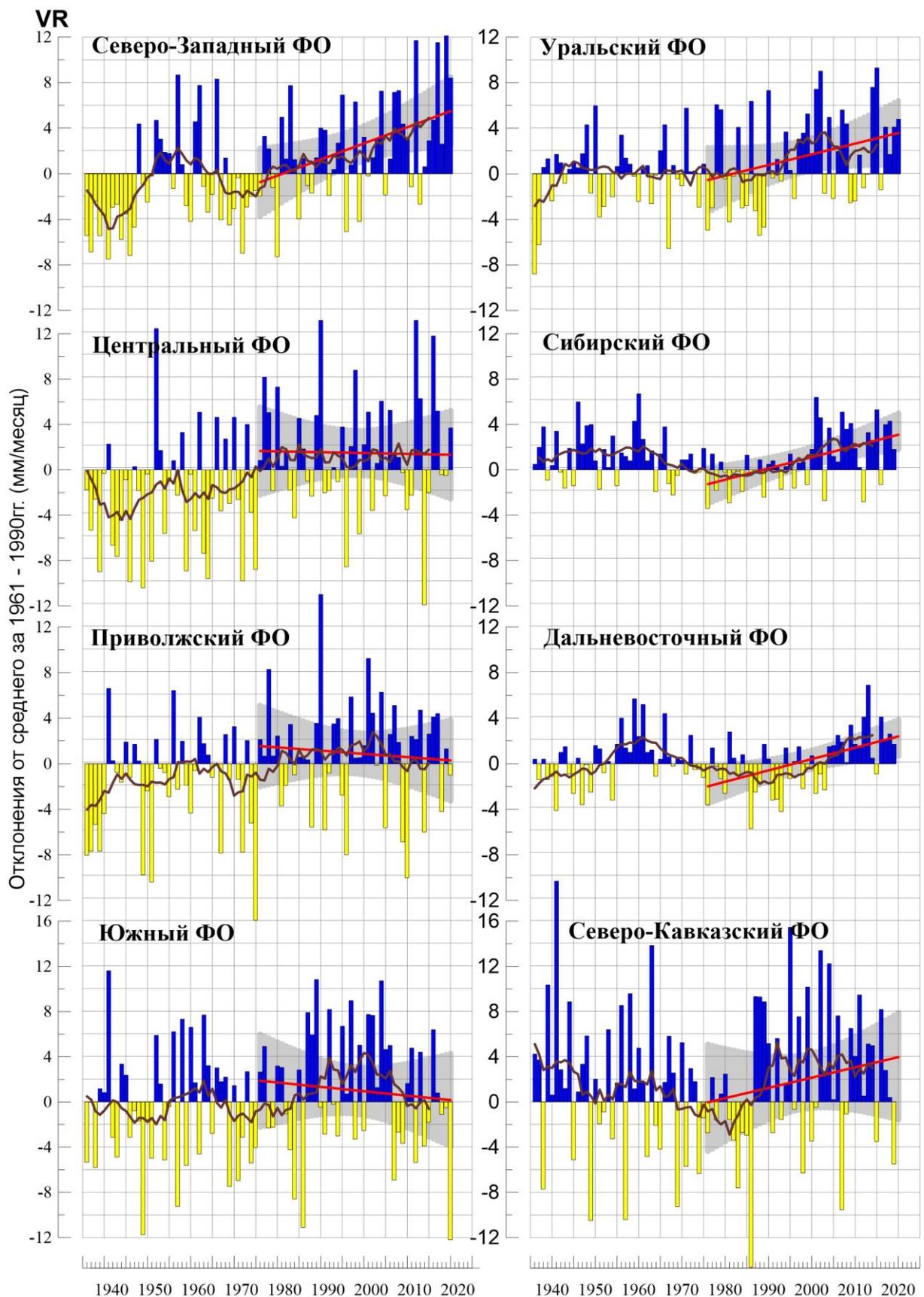


Рисунок 4.5. - Годовые аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц) для федеральных округов РФ за 1936-2020 гг. Условные обозначения на рис.4.1

Таблица 4.2

Оценки линейного тренда осредненных за год (декабрь-ноябрь) и по сезонам регионально осредненных месячных сумм атмосферных осадков для регионов России за 1976-2020 гг:

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

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	b	$D\%$	b	$D\%$	b	$D\%$	b	$D\%$	b	$D\%$
Россия	2.2	37	2.9	16	5.8	39	0.7	4	1.5	7
Физико-географические регионы России										
Европейская часть России	0.9	3	3.0	10	5.0	20	-1.7	3	-0.5	0
Азиатская часть России	2.7	49	2.7	12	6.2	40	1.4	12	2.6	19
Западная Сибирь	2.7	15	1.5	1	8.3	34	1.4	2	1.0	2
Средняя Сибирь	3.3	30	3.2	7	6.7	38	2.6	8	2.3	7
Прибайкалье и Забайкалье	1.7	5	4.0	10	2.8	4	0.8	1	3.2	7
Приамурье и Приморье	2.5	10	5.1	6	4.4	7	2.4	4	0.7	0
Восточная Сибирь	3.0	18	1.9	2	6.2	26	-0.3	0	5.8	26
Федеральные округа РФ										
Северо-Западный	2.9	17	5.9	20	4.2	13	2.0	2	1.4	1
Центральный	-0.1	0	3.1	4	4.8	9	-3.8	6	-1.3	1
Приволжский	-0.7	1	1.3	1	6.1	12	-3.9	7	-2.7	3
Южный	-1.0	1	-0.2	0	4.6	7	-5.4	9	-1.7	1
Северо-Кавказский	1.2	2	1.9	2	4.1	7	-2.4	2	1.6	1
Уральский	2.3	9	1.0	1	8.4	29	1.3	1	0.4	0
Сибирский	2.6	29	3.0	8	5.7	22	1.5	7	2.3	8
Дальневосточный	2.9	27	2.9	8	5.8	32	1.4	3	3.4	21

5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2020 гг.

В разделе приведены временные ряды индексов экстремальности и аномальности для года в целом по территории России за период 1936 -2020 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 2020 г. доля площади под крупными положительными аномалиями температуры составила 99% - максимальная величина в ряду (прежний рекорд 2015 года составил 97% площади). Тренд площади под крупными положительными аномалиями с 1976 г. составил 7.8% /10 лет, объясняет 47% 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).

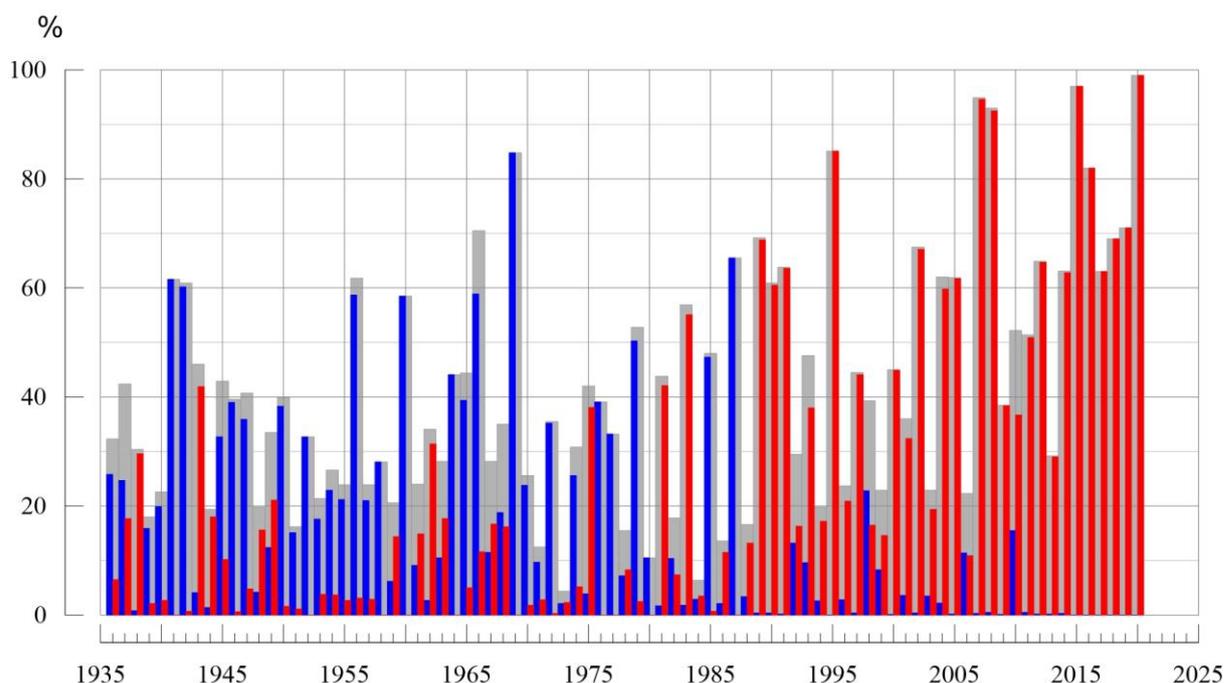


Рисунок 5.1 - Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями температуры, 1936-2020 гг. (год: декабрь 2019 – ноябрь 2020):

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

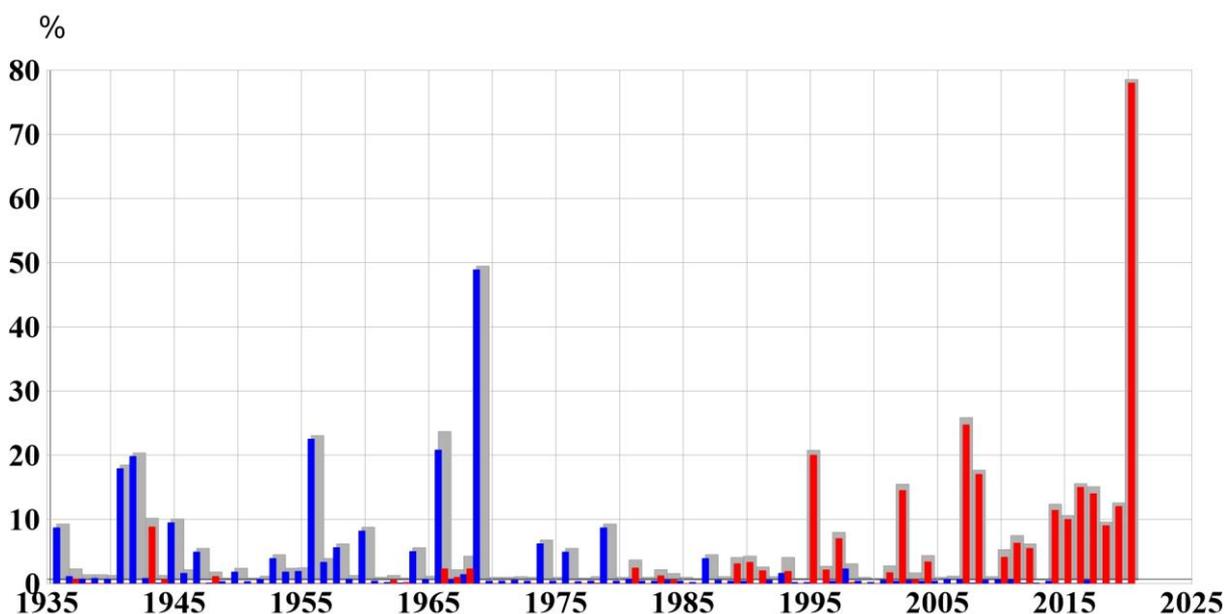


Рисунок 5.2 - Доля площади с экстремальными (годовая нормированная аномалия меньше -2 : синие столбики, больше $+2$: красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры для года в целом для России, 1936-2020 гг. Базовый период для расчета статистик: 1961-1990 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 2020 году доля площади, занятая крупными положительными экстремумами составила 78% - максимальная величина в ряду, тренд за период 1976-2020 составляет 4.6% (доля объясненной трендом дисперсии ряда 23%). В 1969 году – 48.9% площади было занято отрицательными экстремумами, а в 2007 – 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 2020 году (3.20) – максимальное значение в ранжированном по убыванию ряду (предыдущий рекорд 2007 года: 2.18).

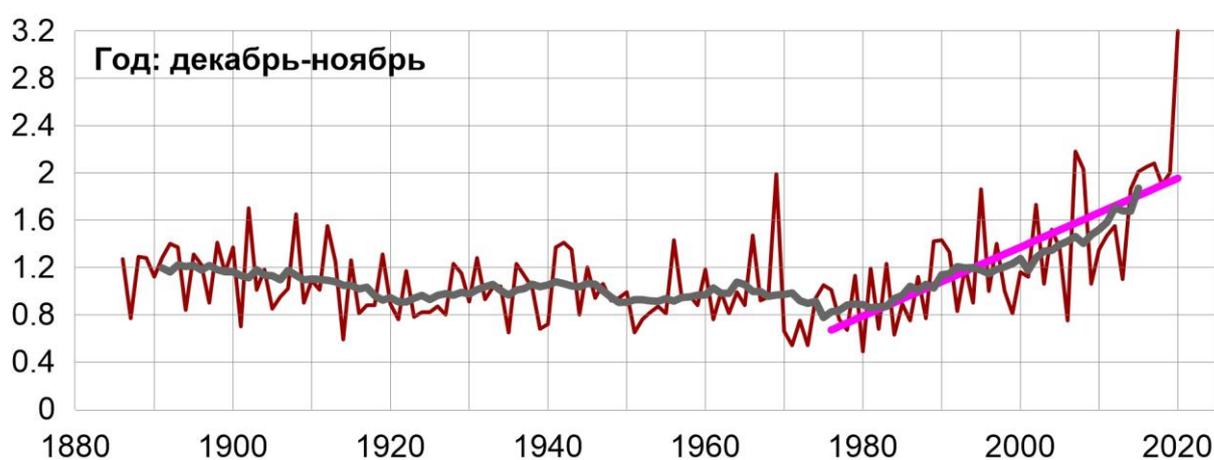


Рисунок 5.3 - Индекс аномальности Багрова (КА) для года в целом для России для температуры, 1886-2020 гг. Показана 11-летняя скользящая средняя и тренд за период 1976-2020 гг.

Осадки. В 2020 г. доля площади с избытком осадков (выше 80-го перцентиля) составила 27% площади страны (ранг 19), площади с дефицитом осадков (ниже 20-го перцентиля) 14% (рис. 5.4).

С начала 1990-х гг. наблюдается рост доли площади под аномалиями среднегодовых осадков выше 80 перцентиля (тренд за период 1976-2020 составляет +3.3%/10 лет, доля объясненной трендом дисперсии ряда 32%).

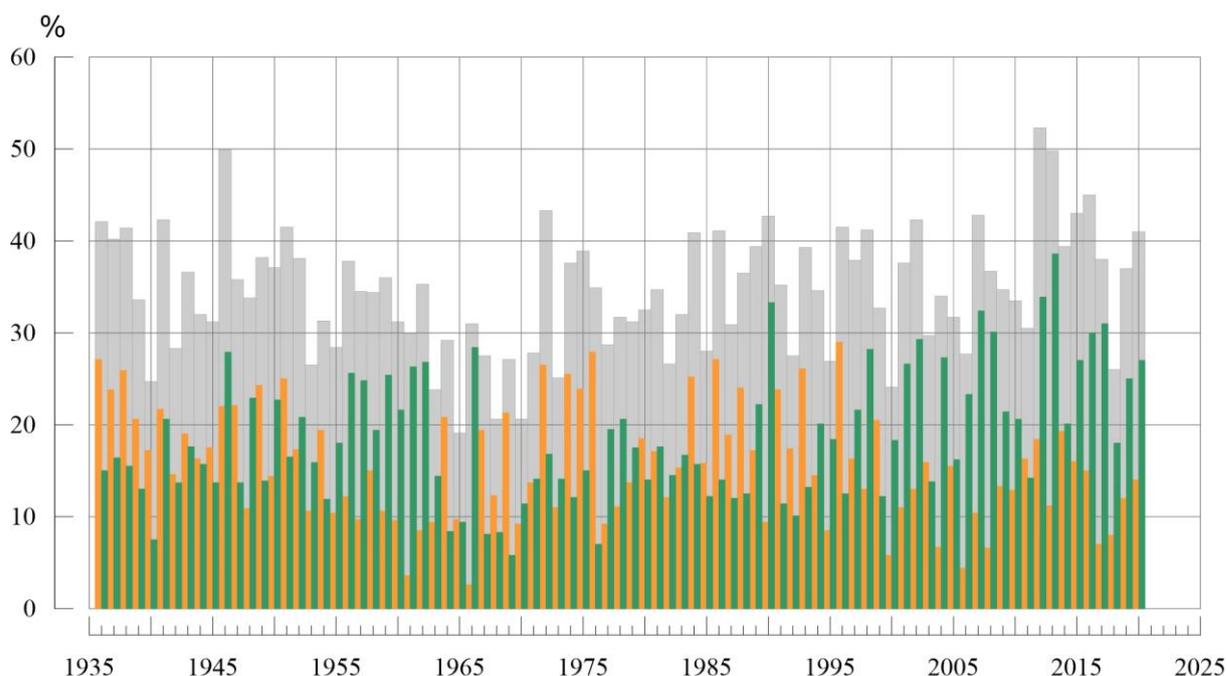


Рисунок 5.4 - Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями осадков, 1936-2020 гг. (год: декабрь 2019 – ноябрь 2020):
█ ниже 20-го перцентиля, █ выше 80-го перцентиля,
█ суммарная площадь с крупными аномалиями обоих знаков.

ВЫВОДЫ

1. В целом для Земного шара и для Северного полушария средние годовые аномалии составили: 0.800°C и $+1.621^{\circ}\text{C}$ – вторая и максимальная величины в рядах наблюдений с 1850 года (рекордным для ЗШ был 2016: $+0.831^{\circ}\text{C}$, а в СП «побит» рекорд 2016 ($+1.610^{\circ}\text{C}$)). Разности между рекордными и вторыми величинами в рядах составляют лишь 0.03°C и 0.02°C .

2. Для России в целом среднегодовая аномалия температуры составила $+3.47^{\circ}\text{C}$ – максимальная величина в ранжированном по убыванию ряду наблюдений (предыдущий рекорд 2007 года: $+2.20^{\circ}\text{C}$). Разность между рекордной (2020 год) и второй (2007 год) величинами составляет $+1.27^{\circ}\text{C}$!

Осредненные по регионам и федеральным округам аномалии температуры (кроме Приамурья и Приморья и Восточной Сибири) были рекордными (в Приамурье и Приморье – вторая, а в Восточной Сибири – четвертая величины в соответствующих рядах).

3. В 2020 г. доля площади под крупными положительными аномалиями температуры (выше 80 перцентиля) составила 99%; а доля площади, занятая положительными экстремумами (больше двух стандартных отклонений) - 78% -

максимальные величины в рядах, величина индекса аномальности Багрова (КА) составила 3.2 – также максимальное значение.

3. Все сезоны 2020 года были экстремальными: зимой (5.00°C), весной (3.94°C) и осенью (3.29°C) осредненные по РФ аномалии температуры – максимальные, а летом (1.34°C) – пятая величина в ряду.

4. Разность между зимней аномалией температуры 2020 и бывшим рекордом (зима 2015, аномалия 3.48°C) составила $+1.52^{\circ}\text{C}$. Весной предыдущим рекордом был 1990 (аномалия 3.16°C), разность составила $+0.78^{\circ}\text{C}$. Осенью прежний рекорд был зафиксирован в 2005 (2.8°C), разность - $+0.49^{\circ}\text{C}$.

5. *Зимой* экстремально тепло от западных границ до течения Лены (на Чукотке в некоторых регионах наблюдались температуры немного ниже климатической нормы).

6. *Весной* экстремально тепло от востока ЕЧР до Хабаровского края и Корякского АО.

7. *Летом* экстремально тепло на юге ЕЧР и в северных районах страны, особенно в северных районах АЧР.

8. *Осенью* экстремально тепло всюду, кроме Среднего Поволжья, Южного Урала, юга Западной Сибири.

9. Из месяцев года выделяются: январь ($+6.22^{\circ}\text{C}$ – ранг 2), февраль ($+6.20^{\circ}\text{C}$ – ранг 2), март ($+5.47^{\circ}\text{C}$ – ранг 3), апрель ($+3.62^{\circ}\text{C}$ – ранг 2), май ($+2.73^{\circ}\text{C}$ – ранг 1), сентябрь ($+2.42^{\circ}\text{C}$ – ранг 1), ноябрь ($+4.60^{\circ}\text{C}$ – ранг 2); а также июль ($+1.46^{\circ}\text{C}$ – ранг 5) и октябрь ($+2.26^{\circ}\text{C}$ – ранг 5).

В отдельные месяцы в ряде районов страны наблюдались температуры ниже климатической нормы: в декабре - на Среднесибирском плоскогорье, в Забайкалье, в Приамурье; в январе - на Чукотке; в апреле и в мае – на ЕЧР; в июне - в Приамурье и Приморье, на юго-востоке ЕЧР и на юге Западной Сибири; в июле - на западе ЕЧР, в центре АЧР; в августе - на большей части ДФО и в центральных районах ЕЧР; в сентябре - в южных районах ПФО и южных районах Алтая, в ноябре - в ЮФО и ПФО.

10. В целом по РФ за 2020 год в целом количество выпавших осадков составило 108% нормы. Значительный избыток осадков наблюдался на западе и в центре АЧР (110%) и в СЗФО (117% нормы) – пятые величины в рядах. Дефицит осадков наблюдался в ЮФО (выпало 71% нормы – минимальная величина в ряду), в Якутии и в Хабаровском крае.

11. В 2020 г. доля площади с избытком осадков (выше 80-го перцентиля) составила 27%, с дефицитом осадков – 14%.

12. Из сезонов выделяется зима (в целом по РФ выпало 120% - ранг 3) и весна (121% - ранг 4) – избыток осадков наблюдался в эти сезоны на большей части страны.

Особенность лета – дефицит осадков на северо-востоке (в Восточной Сибири выпало 75% нормы – среди двух «самых сухих» летних сезонов и избыток осадков в Прибайкалье и Забайкалье (121% - ранг5). Период с мая по июль в центральных областях ЕЧР, и в особенности в московском регионе оказался исключительно влажным - для ЦФО и для Москвы это был самый влажный из таких периодов за все время наблюдений.

Особенность осени - дефицит осадков на юге и в центре ЕЧР и на севере Западной Сибири (в ЮФО выпало 54%— третья величина в ранжированном по возрастанию ряду), а избыток осадков - в СФО (123% – ранг 1).

13. Из месяцев 2020 года выделяется февраль (138% - ранг 5), когда значительный избыток осадков наблюдался всюду, кроме востока России. В марте значительный избыток осадков наблюдался в АЧР (169% - ранг 2). Апрель – контрастный месяц в сезоне: избыток осадков в ПФО (158% нормы – ранг 5) и УФО (166% - ранг 1), дефицит – в СФО (58% нормы – среди двух «самых сухих» апрелей в ряду) и на большей части ДФО. В августе сильный дефицит осадков (на станциях фиксировались 5%-е экстремумы) наблюдался от междуречья Оби и Енисея (на западе) до Индигирки (на востоке) (кроме южных районов СФО и ДФО), осредненные по Средней Сибири осадки составили 55% нормы – минимальное значение в ряду.

14. 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 1976-2020 гг. составил в целом по России $0.51^{\circ}\text{C}/10$ лет (вклад в общую изменчивость 53%). Наиболее быстрый рост наблюдается весной ($0.66^{\circ}\text{C}/10$ лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд больше всего выделяется летом (64% суммарной дисперсии).

Географически наиболее интенсивное потепление наблюдается весной, особенно, в Западной Сибири и на Чукотке, (до $+1.4^{\circ}\text{C}/10$ лет - $+1.6^{\circ}\text{C}/10$ лет), а также осенью, особенно, в Восточной Сибири ($+1.7^{\circ}\text{C}/10$ лет). Зимой и летом наибольшая скорость потепления прослеживается на ЕЧР (до $+1.2^{\circ}\text{C}/10$ лет – зимой, около $+0.8^{\circ}\text{C}/10$ лет - летом).

Тенденция к похолоданию (до $-0.2^{\circ}\text{C}/10$ лет) по-прежнему отмечается зимой в южной части Сибири, а область очень слабого потепления (до $0.2^{\circ}\text{C}/10$ лет - $0.3^{\circ}\text{C}/10$ лет) на северо-востоке России.

15. В целом за год по территории РФ наблюдается рост осадков: тренд годовых сумм осадков за 1976-2020 гг. в среднем по России составляет $2.2\% / 10$ лет и описывает 37% межгодовой изменчивости. Географическое распределение значений тренда за период 1976 – 2020 г. подтверждает основной вывод о наличии тенденции к увеличению годовых сумм осадков (кроме центра ЕЧР, Забайкалья, района Обской губы, побережья Восточно-Сибирского и Чукотского морей).

Рост осадков за период с 1976 г. наблюдается во все сезоны и наиболее выражен весной, когда тренд $5.8\% / 10$ лет объясняет 39% 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

2020 год (декабрь 2019-ноябрь 2020)



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	Брест	33008	52.10	23.70	144
4	Пинск	33019	52.10	26.10	144
5	Василевичи	33038	52.30	29.80	140
6	Гомель	33041	52.40	31.00	138

Под аномалиями температуры в бюллетене понимаются отклонения наблюденного 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 2019 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 рассчитывается «ячеечное» среднее (среднее арифметическое из значений аномалий

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

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 2020 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 2020г.

Период	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	26666	26850	33008	33019	33038	33041
<i>Зима2019/2020</i>	7.84	6.98	5.65	6.26	6.53	6.99
Декабрь 2019	6.40	5.52	4.60	4.98	5.13	5.70
Январь	9.27	8.12	6.15	6.93	7.25	7.92
Февраль	7.84	7.29	6.19	6.88	7.22	7.36
<i>Весна</i>	1.38	0.69	0.92	1.17	0.75	1.4
Март	5.26	4.48	3.6	4.54	4.76	5.89
Апрель	0.45	0.11	0.96	0.64	0.26	0.71
Май	-1.57	-2.53	-1.79	-1.66	-2.76	-2.39
<i>Лето</i>	2.14	1.48	2.62	2.72	2.12	2.80
Июнь	3.85	3.04	3.05	3.37	3.46	4.16
Июль	0.75	0.09	1.58	1.89	1.04	1.77
Август	1.82	1.30	3.24	2.91	1.85	2.48
<i>Осень</i>	3.63	3.08	2.93	3.15	3.17	3.61
Сентябрь	3.43	2.17	2.72	2.94	3.06	3.64
Октябрь	4.49	4.22	3.16	3.85	4.16	4.53
Ноябрь	2.96	2.84	2.9	2.67	2.28	2.65
<i>Год: дек2019- ноя2020</i>	3.75	3.06	3.03	3.33	3.14	3.70

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.

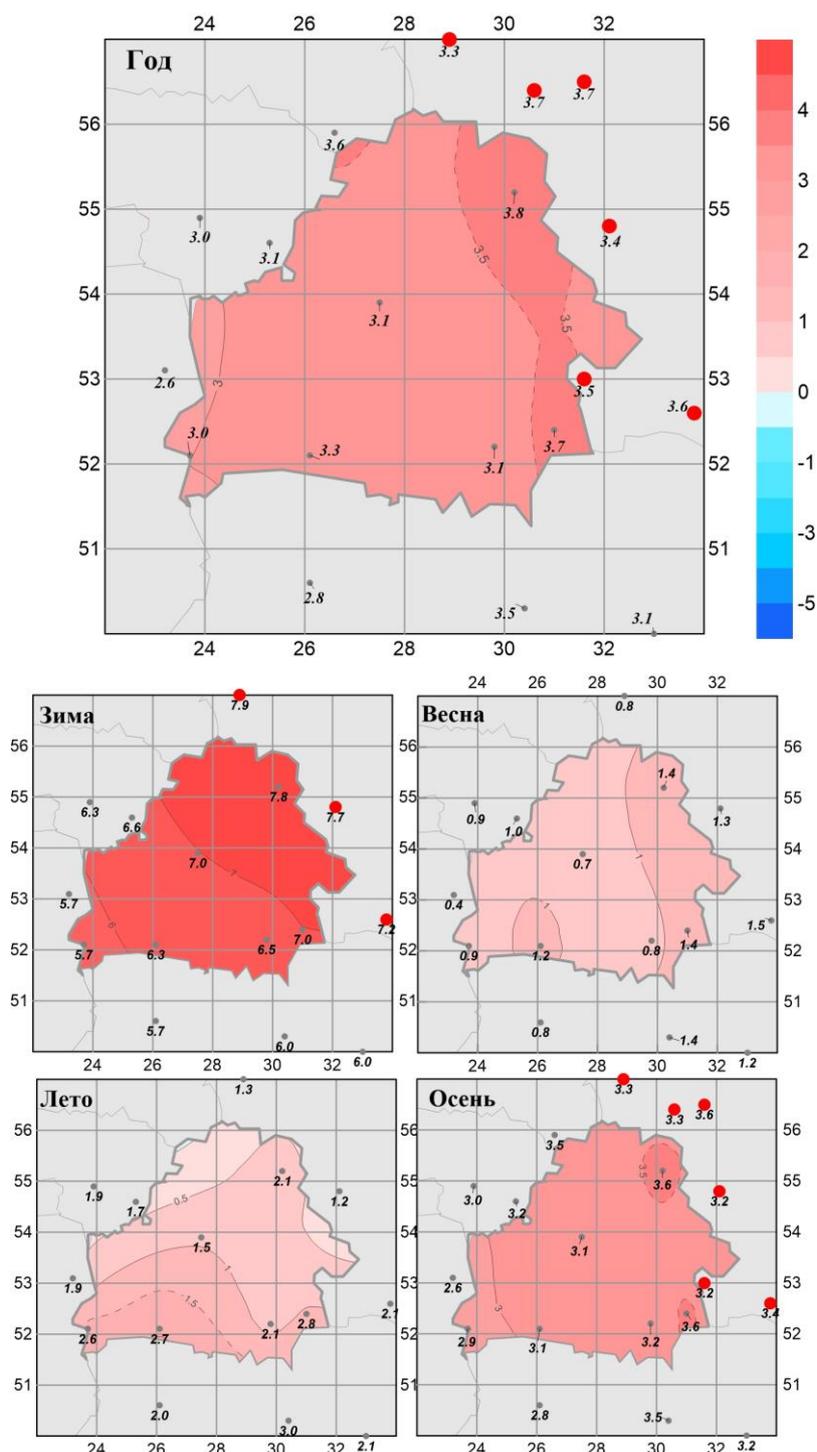


Рисунок 1 - Средняя годовая (декабрь 2019 – ноябрь 2020) и средние сезонные аномалии температуры приземного воздуха (°C) на территории Республики Беларусь.

Таблица 2

Количество осадков, выпавших на станциях Беларуси в 2020 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>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	26666	26850	33008	33019	33038	33041
а) Сумма осадков за месяц /сезон / год (мм/месяц)						
<i>Зима2019/2020</i>	57.0	44.3	37.3	25.0	43.3	38.3
Декабрь 2019	70	39	41	15	54	44
Январь	48	45	31	23	36	31
Февраль	53	49	40	37	40	40
<i>Весна</i>	37.7	28.3	38.3	35.3	41.7	60.0
Март	41	22	22	14	30	31
Апрель	29	11	18	11	8	8
Май	43	52	75	81	87	141
<i>Лето</i>	90.7	87.3	74.0	81.0	71.7	53.3
Июнь	87	134	151	89	82	55
Июль	142	68	35	82	79	53
Август	43	60	36	72	54	52
<i>Осень</i>	66.3	41.3	40.7	42.0	33.3	52.0
Сентябрь	76	31	47	48	12	35
Октябрь	63	42	48	45	65	90
Ноябрь	60	51	27	33	23	31
<i>Год: декабрь2019- ноябрь2020</i>	62.9	50.3	47.6	45.8	47.5	50.9
б) Аномалия сумм осадков за месяц /сезон / год (мм/месяц)						
<i>Зима2019/2020</i>	21.1	11.1	-1.8	-2.6	0.6	3.2
Декабрь 2019	29.5	13.4	-6.9	-6.1	-3.4	1.5
Январь	10.3	5.0	-6.0	-10.9	-2.7	-4.8
Февраль	23.5	14.9	7.5	9.3	7.9	11.9
<i>Весна</i>	-4.67	-20.20	-4.47	-5.07	-2.40	20.80
Март	2.0	-19.8	-8.6	-15.6	-3.7	-1.4
Апрель	-9.8	-31.2	-21.3	-26.3	-37.2	-29.2
Май	-6.2	-9.6	-4.47	-5.07	-2.40	20.80
<i>Лето</i>	9.0	6.3	-2	8.5	-8.9	-21.9
Июнь	8.6	51.3	79.5	9.8	2.6	-29.4
Июль	48.5	-20.1	-45.2	7.7	-9.7	-29.1
Август	-30.1	-12.4	-40.2	7.9	-19.6	-7.2
<i>Осень</i>	10.4	-11.8	-3.6	-5.3	-12.9	7.1
Сентябрь	11.2	-29.2	-4.2	-4.8	-37.7	-12.9
Октябрь	14.9	-4.9	13.2	-1.6	24.6	47.1
Ноябрь	5.1	-1.4	-19.8	-9.4	-25.5	-12.9
<i>Год: декабрь2019- ноябрь2020</i>	9.0	-3.7	-3.0	-1.1	-5.9	2.3

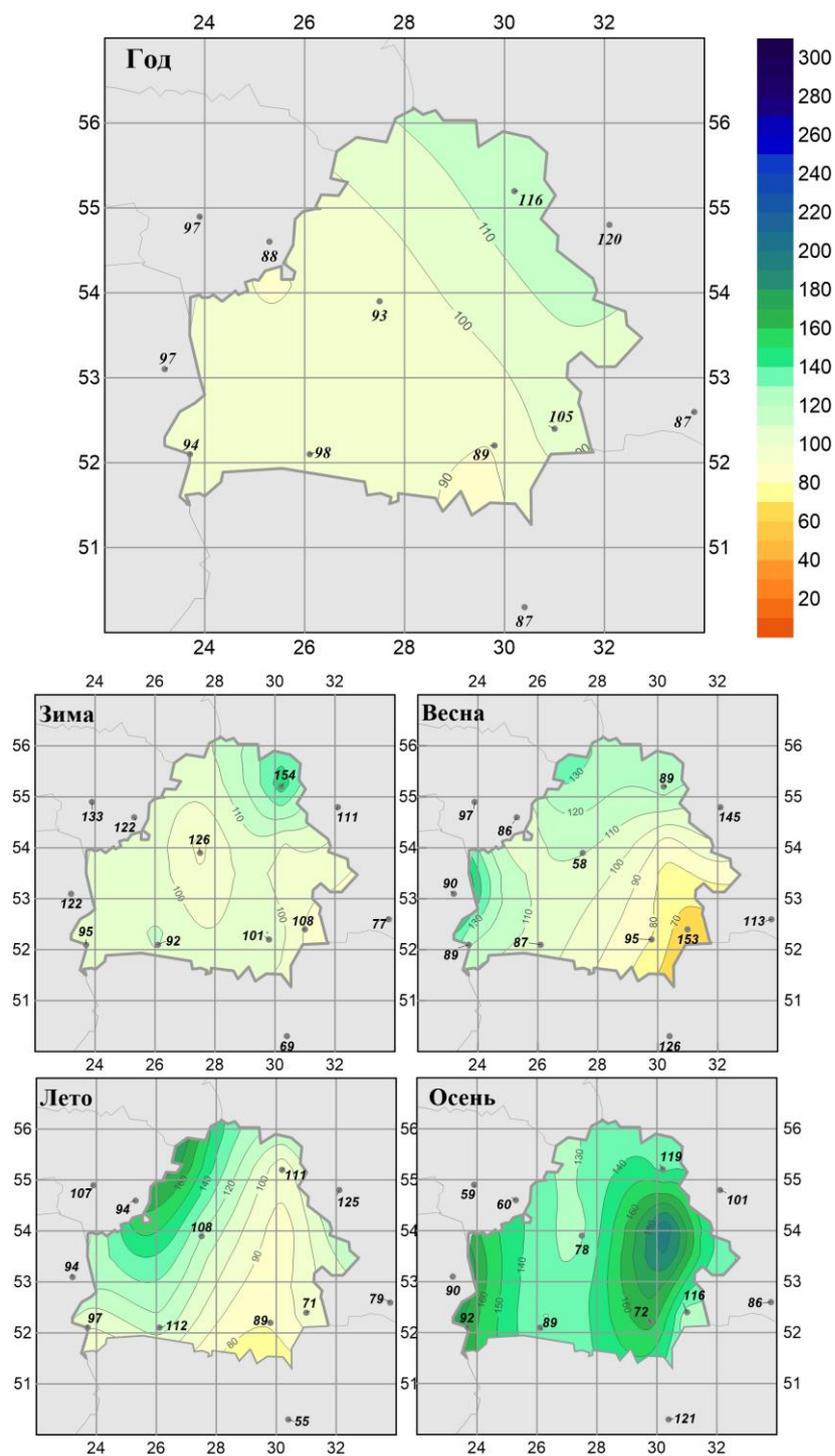


Рисунок 2 - Аномалии годовых (декабрь 2019 – ноябрь 2020) и сезонных сумм осадков (в процентах от нормы) на территории республики Беларусь. Синими кружками показаны станции, осуществились 95% экстремумы выпадения осадков. Цифрами приведены значения аномалий осадков в процентах от нормы на станциях.

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

Таблица 3.

Средние сезонные аномалии температуры, осредненные по территории Беларуси в 2020 году.

νT (°C)- отклонения от средних за 1961-1990 гг.; R – ранг текущих значений в ряду убывающих осадков за 1936-2020гг.

Сезоны	νT	s	R	Рекордный год и его аномалия (νt , °C)
Зима	6.76	2.71	12	1990 (+5.33°C)
Весна	1.02	1.58	4-5	2014(+3.41°C)
Лето	2.10	0.91	15-16	2010 (+4.08°C)
Осень	3.21	0.92	1	2020 (+3.21°C)
Год	3.29	1.05	1	2020 (+3.29°C)

На рисунке 3 приведены временные ряды пространственно осредненных аномалий средней месячной температуры приземного воздуха (°C) и месячных сумм осадков (мм/месяц) за 1936 – 2020 гг. Показаны линейные тренды за 1976-2020 гг., рассчитанные методом наименьших квадратов.

Таблица 4.

Средние сезонные аномалии месячных сумм осадков, осредненные по территории Беларуси в 2020 году.

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

R – ранг текущих значений в ряду убывающих осадков за 1936-2020гг.

Сезоны	νR	s	R
Зима	5.9	8.1	33
Весна	0.5	10.6	60-61
Лето	-1.0	15.9	43
Осень	-4.2	12.7	56-58
Год	0.3	5.4	43-45

Таблица 5.

Оценки линейного тренда регионально осредненной температуры и осадков для республики Беларусь за 1976-2020гг.

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

Сезоны	Температура		Осадки	
	$b_{1976-2020}$ °C/10 лет	$D_{1976-2020}$ %	$b_{1976-2020}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2020}$ 2020%
Зима	0.72	15	2.1	13
Весна	0.52	27	1.6	5
Лето	0.67	50	0.3	0
Осень	0.51	31	0.5	0
Год	0.61	49	1.2	7

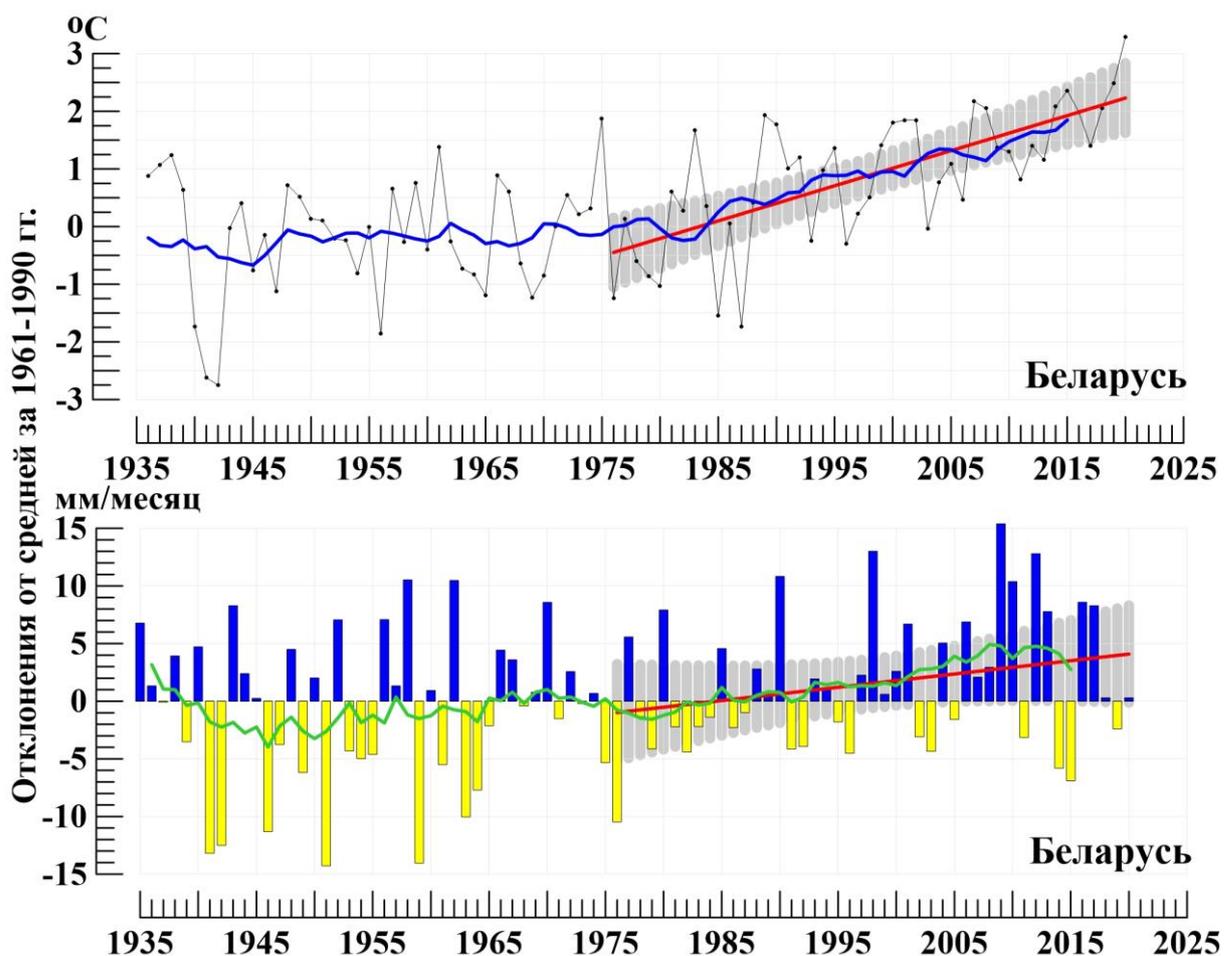


Рисунок 3 - Годовые аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) и месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории республики Беларусь.

Показаны 11-летняя скользящая средняя и линейный тренд за период 1976 – 2020 гг. и 95% -я доверительная область для линии тренда.