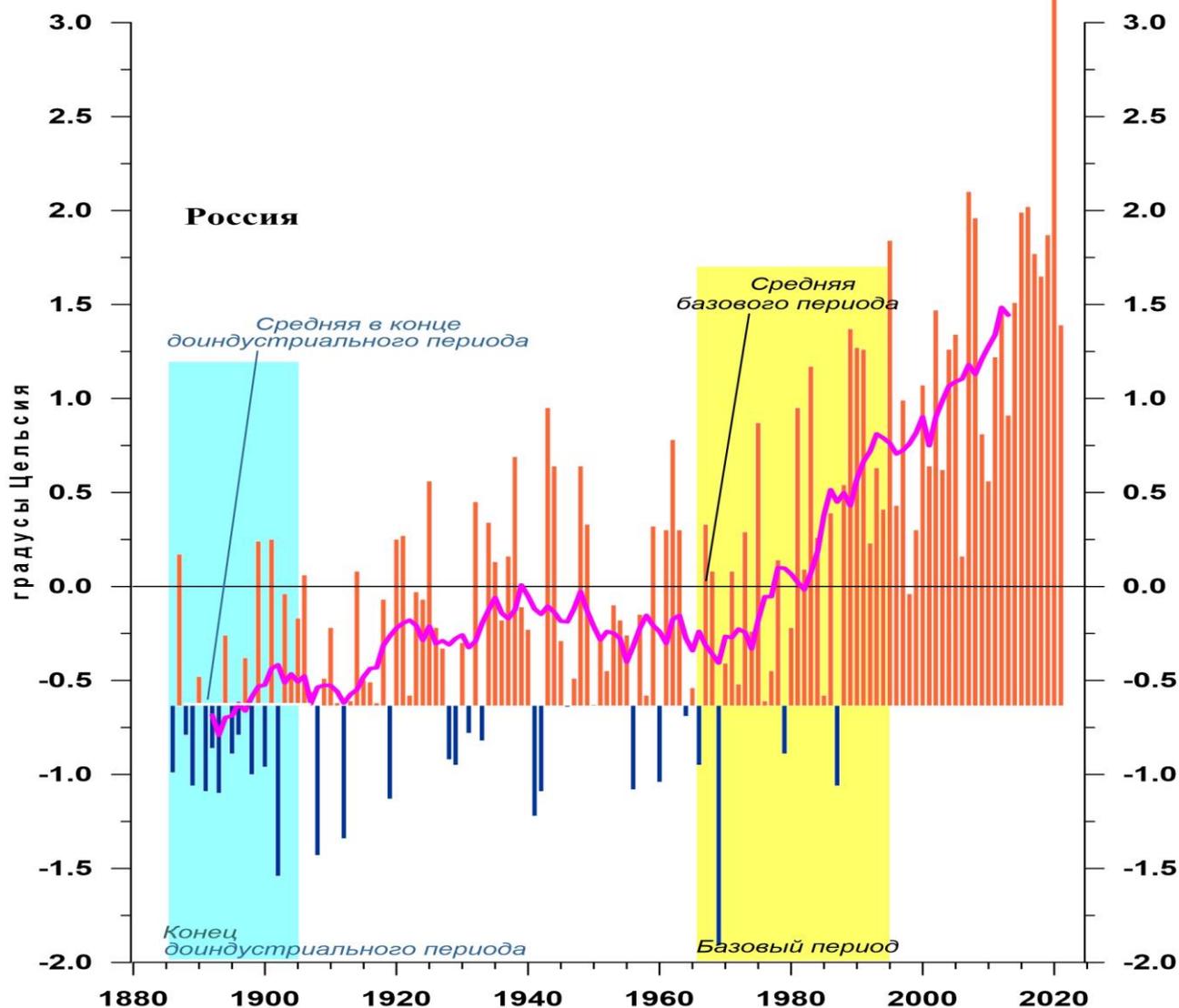


Федеральная служба
по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ФГБУ «Институт Глобального климата и экологии»



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2021

ГОД (ДЕКАБРЬ 2020 – НОЯБРЬ 2021)

Обзор состояния и тенденций изменения
климата России



Москва 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ¹

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ СРЕДНЕГОДОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ШАРА, СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ.....	6
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ 2021 ГОДА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	8
3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	19
4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ В РЕГИОНАХ РОССИИ, 1936-2021 гг.....	25
5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2021 гг.	31
ВЫВОДЫ	34
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности 2021 г. на территории Республики Беларусь	37

¹ На обложке приведен ход средней годовой аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2021 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 2020 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 2020 – ноябрь 2021 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 `hadcrut5gl.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 `crutem5nh.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 1976-2021 гг. составил для Земного шара $+0.20^{\circ}\text{C}/10$ лет (объясненная трендом доля дисперсии ряда - 87%), для Северного полушария: $+0.34^{\circ}\text{C}/10$ лет (86%).

Средние годовые аномалии температуры составили $+0.757^{\circ}\text{C}$ для Земного шара в целом и $+1.280^{\circ}\text{C}$ для Северного полушария: восьмая и шестая величины в соответствующих рядах наблюдений с 1850 года. Для России в целом среднегодовая аномалия температуры составила $+1.37^{\circ}\text{C}$ – 15-я величина в ранжированном по убыванию ряду наблюдений.

Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений годовых температур за период 1976-2021 гг. в среднем для Земного шара, СП и России, приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Годовые (декабрь 2020-ноябрь 2021 года) аномалии и оценки линейного тренда пространственно осредненной приповерхностной температуры Земного шара и температуры приземного воздуха СП и России за период 1976-2021г.

Регионы	vT_{2021}	b , $^{\circ}\text{C}/10$ лет	D %
Земной шар	0.76	0.20	87
СП	1.28	0.34	86
Россия	1.37	0.50	52

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

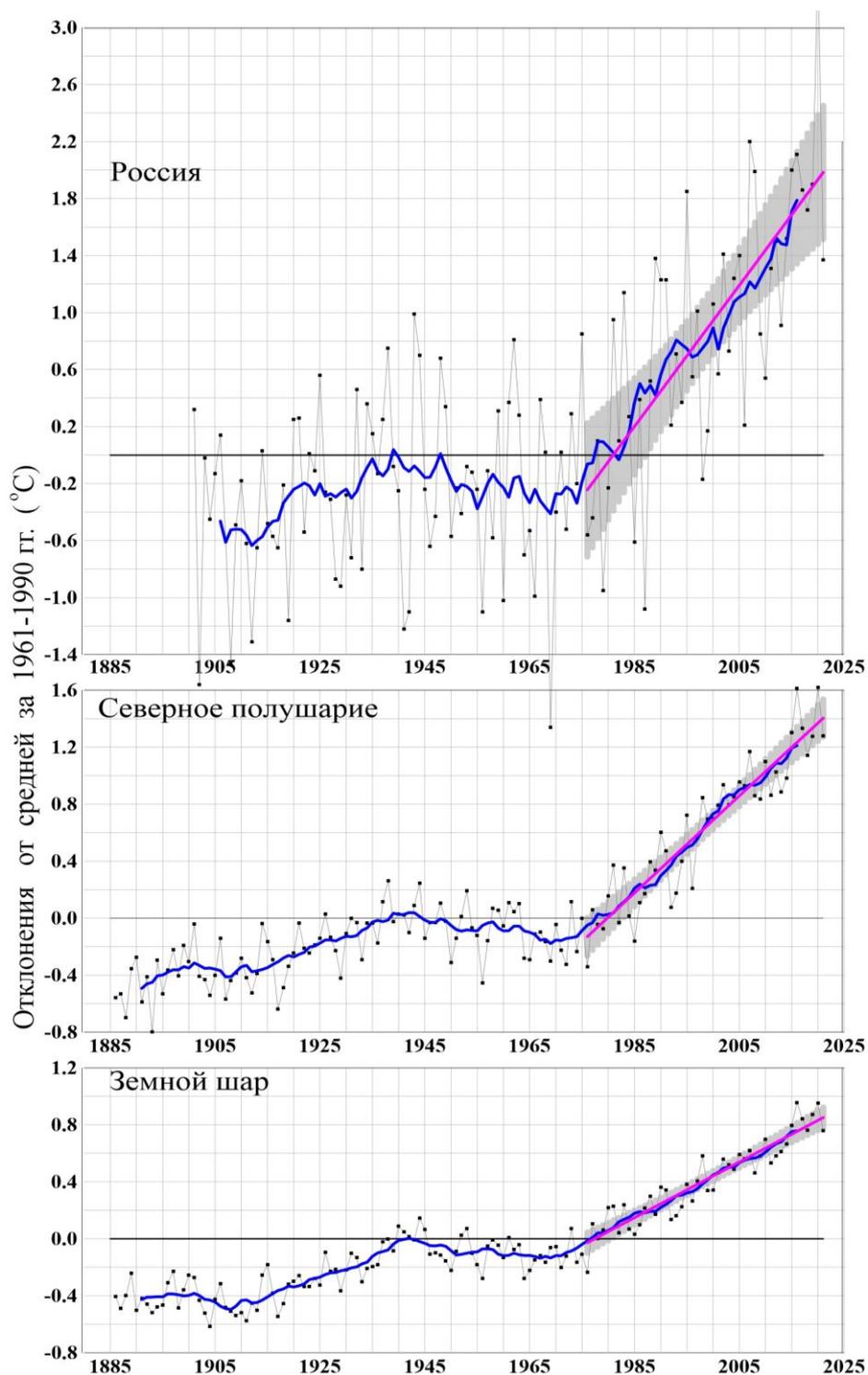


Рисунок 1.1 – Годовая аномалия (декабрь–ноябрь) приповерхностной температуры Земного шара, Северного полушария (суша) и России за 1886- 2021 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от средней за базовый период 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Используются данные Университета Восточной Англии (Земной шар - массив hadcrut5gl.txt, СП – crutem5nh.txt) и данные ФГБУ «ИГКЭ» (Россия - данные на станциях).

2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ 2021 ГОДА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

На рис. 2.1 и 2.3 представлены карты годовых и сезонных аномалий температуры и осадков в 2021 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 1936-2020 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 2021 году:

νT - отклонения от средних за 1961-1990 гг.; $P(t \leq T_{2021})$ - вероятности неперевышения (в скобках в столбце νT) – рассчитаны по данным за 1936-2020 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	1.37 (86)	0.76	-0.46 (33)	1.80	2.00 (86)	1.17	2.00 (100)	0.33	1.94(93)	0.90
Физико-географические регионы России										
Европейская часть РФ	1.40 (86)	0.97	-0.16 (41)	2.35	1.95 (89)	1.08	2.92 (99)	1.00	0.88 (68)	1.04
Азиатская часть РФ	1.36 (86)	0.78	-0.57 (34)	1.86	2.01 (84)	1.24	1.66 (100)	0.35	2.33 (94)	1.10
Западная Сибирь	0.75 (71)	1.08	-2.38 (14)	2.91	2.97 (91)	1.93	1.04 (82)	0.80	1.35 (77)	1.54
Средняя Сибирь	1.41 (77)	1.10	-1.62 (22)	2.81	1.77 (78)	1.69	2.10 (98)	0.65	3.35 (98)	1.80
Прибайкалье и Забайкалье	1.57 (89)	0.73	1.32 (72)	1.80	1.48 (72)	1.31	1.34 (85)	0.57	2.12 (92)	1.23
Приамурье и Приморье	1.74 (95)	0.73	0.64 (61)	1.50	1.70 (86)	1.10	1.98 (100)	0.75	2.63 (99)	0.89
Восточная Сибирь	1.58 (87)	0.62	0.54 (61)	1.37	1.80 (77)	1.45	1.81 (98)	0.56	2.16 (84)	0.94
Федеральные Округа РФ										
Северо-Западный	1.24 (72)	1.14	-0.91 (26)	2.82	2.48 (88)	1.54	2.41 (98)	1.17	0.98 (68)	1.24
Центральный	1.62 (82)	1.10	0.77 (47)	2.72	1.18 (74)	1.68	3.42 (98)	1.22	1.09 (77)	1.13
Приволжский	1.46 (82)	1.05	-0.69 (32)	2.57	2.16 (89)	1.70	3.33 (99)	1.19	1.02 (69)	1.25
Южный	1.50 (86)	0.96	1.44 (69)	2.08	1.05 (74)	1.47	3.12 (99)	1.04	0.39 (55)	1.05
Северо-Кавказский	1.53 (93)	0.73	1.83 (80)	1.64	1.32 (82)	0.96	2.84 (99)	0.11	2.457 (47)	0.85
Уральский	0.88 (64)	1.18	-2.85 (11)	3.09	3.34 (91)	1.75	1.47 (87)	1.56	3.20 (75)	1.64
Сибирский	0.96 (75)	0.93	-0.67 (35)	2.53	1.99 (80)	1.53	1.02 (84)	0.47	2.05 (86)	1.49
Дальневосточный	1.68(89)	0.69	0.18 (51)	1.43	1.70 (82)	0.99	2.05 (100)	0.48	2.65 (98)	1.01

В таблице 2.2 приведены средние месячные аномалии температуры (°С) для физико-географических регионов России и федеральных округов РФ в 2021 г.

Таблица 2.2

Средние месячные аномалии температуры, осредненные по территории регионов РФ в 2021 г. *Красным цветом выделены месяцы с положительными аномалиями температуры, синим – с отрицательными.*

Регионы	Аномалии температуры (°С)											
	дек 20	январь	фев	мар	апр	май	июнь	июль	авг	сен	окт	ноя
Российская Федерация	0.51	-1.28	-0.62	1.25	2.29	2.44	2.32	1.57	2.11	0.42	2.27	3.33
Физико-географические регионы России												
Европейская часть России	0.48	2.22	-3.20	0.38	2.51	2.98	1.50	2.13	3.03	-1.02	1.65	2.01
Азиатская часть России	0.52	-2.57	0.33	1.57	2.21	2.24	0.62	1.36	1.76	0.67	2.50	3.81
Западная Сибирь	-0.59	-4.22	-2.32	0.35	3.79	4.76	1.41	-0.24	2.77	-0.41	2.84	1.61
Средняя Сибирь	0.47	-4.00	-1.31	1.31	1.70	2.31	1.19	1.67	2.02	1.14	4.43	4.44
Прибайкалье и Забайкалье	1.28	0.08	2.60	3.43	1.40	-0.39	1.09	1.61	1.29	0.79	1.99	3.56
Приамурье и Приморье	1.09	-1.28	2.02	3.62	1.34	0.14	1.20	3.32	0.94	1.99	1.13	4.76
Восточная Сибирь	0.96	-1.68	2.34	0.97	2.13	2.26	0.97	1.41	1.24	0.48	1.14	4.87
Федеральные Округа РФ												
Северо-Западный	2.64	0.32	-5.69	0.37	4.07	3.00	1.78	1.40	1.63	-0.78	2.15	1.56
Центральный	0.91	3.87	-2.46	1.06	1.32	1.18	1.81	3.65	3.16	-1.11	1.18	3.18
Приволжский	-1.97	2.92	-3.01	-0.07	1.99	4.58	1.81	1.78	4.46	-1.36	2.22	2.22
Южный	-1.62	4.26	1.67	0.59	0.69	1.86	1.45	3.33	4.01	-0.86	0.17	1.85
Северо-Кавказский	0.17	3.77	1.56	0.18	1.68	2.11	1.11	2.19	3.91	-0.55	-0.32	1.19
Уральский	-0.05	-3.95	-4.54	-0.80	5.07	5.77	1.64	-0.62	3.42	-0.35	3.47	1.55
Сибирский	-0.16	-2.51	0.66	1.86	2.13	1.96	1.10	1.03	1.75	0.07	2.93	3.13
Дальневосточный	1.20	-2.12	1.44	1.94	1.55	1.58	0.80	1.99	1.42	1.21	2.06	4.70

2021 год в целом (рис.2.1) был: средняя годовая температура воздуха, осредненная по территории РФ превысила норму 1961-1990 гг. на 1.37°С – пятнадцатая величина в ряду. Температуры выше климатической нормы наблюдались всюду на территории страны. Экстремальные условия (аномалии температуры выше 2°С, на станциях фиксировались 95%-е экстремумы) сложились в Приамурье и Приморье (1.74°С – ранг 5), в Якутии, в районе Кавказа.

Экстремальным сезоном было лето: осредненная по РФ аномалия температуры составила 2.00°С – максимальная величина в ряду (95%-е экстремумы отмечались на ЕЧР (2.92°С – ранг 2), в ДФО (2.05°С – ранг 3). Осенью экстремально тепло в ДФО (2.65°С – ранг 2); весной – на Южном Урале.

Зимой 2020/21 гг. осредненная по территории РФ сезонная аномалия -0.46°С. Температуры ниже наблюдались в центре и на востоке ЕЧР, в центральных районах АЧР, наиболее холодные условия сложились в Западной Сибири (осредненная по региону аномалия составила -2.38°С).

Температуры выше климатической нормы наблюдались на западе и юге ЕЧР, в Саянах, на юге ДФО, на азиатском побережье Северного ледовитого океана, на северо-востоке страны.

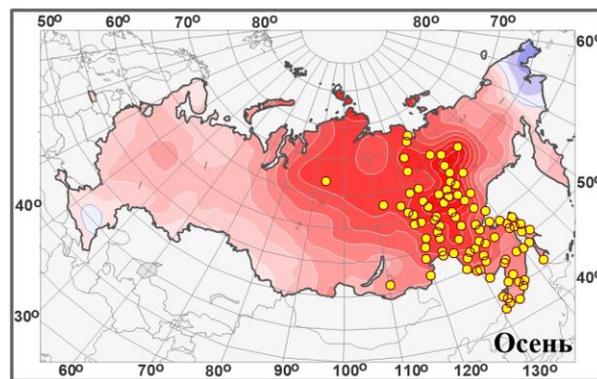
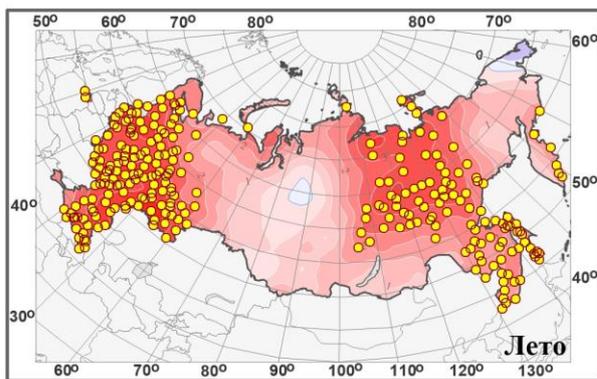
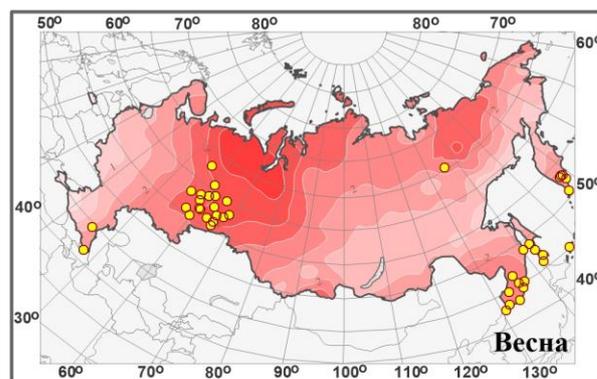
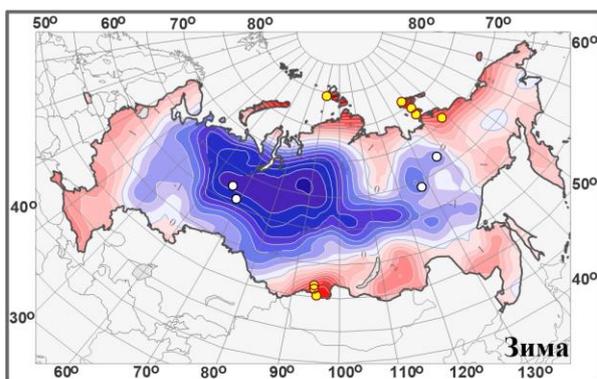
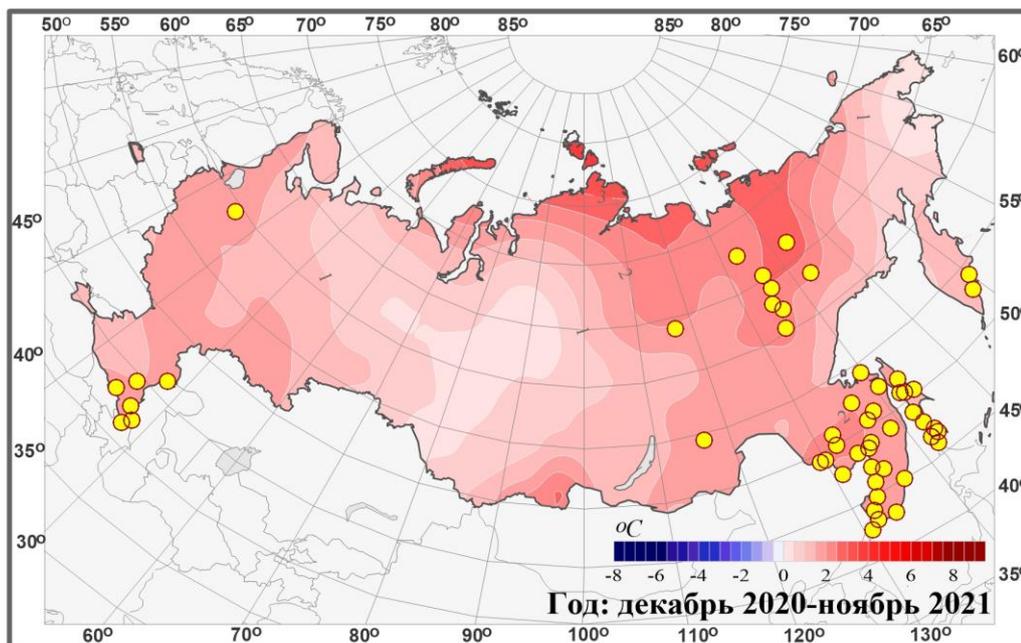


Рисунок 2.1 - Поля аномалий температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России в 2021 г., в среднем за год и по сезонам. Кругками белого цвета показано местоположение станционных экстремумов ниже 5-го перцентиля, желтого – выше 95-го перцентиля. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за базовый период 1961-1990 гг.

Декабрь 2020 г. Осредненная по территории РФ аномалия температуры $+0.51^{\circ}\text{C}$. Температуры выше климатической нормы наблюдались в северных районах страны, на западе Якутии, в Забайкалье и в Приамурье. Крупные области температур ниже климатической нормы сформировались на юге ЕЧР (аномалии до -5.8°C) кроме СКФО, на востоке Западной и западе Средней Сибири (аномалии до -3°C), на востоке Якутии и в Хабаровском крае (аномалии до -3.2°C).

Январь. Осредненная в целом по России аномалия температуры составила -1.28°C – самый холодный январь последнего десятилетия, а осредненная по АЧР аномалия: -2.57°C – среди девяти самых холодных январей в ряду с 1936 года. На большей части АЧР (кроме Таймыра, Саян и Забайкалья) и на северо-востоке ЕЧР наблюдались температуры ниже климатической нормы, при этом на многих станциях Среднего и Северного Урала, центра и юга Якутии, Хабаровского края температуры были ниже 5%-го перцентиля. Осредненные по Средней Сибири (-4.00°C) и УФО (-3.95°C) аномалии – среди девяти самых холодных в ряду.

На большей части ЕЧР аномалии температуры были положительными, на станциях юга ЮФО и СКФО отмечались 95% экстремумы температуры, аномалии до 5.8°C (во Владикавказе).

Февраль. Осредненная в целом по России аномалия температуры составила -0.62°C , по ЕЧР -3.20°C (последний раз почти также холодно было в феврале 2012 года (с аномалией -3.18°C)). Температуры ниже нормы наблюдались от западных границ (не захватывая южные округа ЕЧР) до течения Лены (не захватывая юг Сибири).

На многих станциях севере ЕЧР фиксировались 5%-е экстремумы холода, осредненная по СЗФО аномалия температуры -5.69°C – среди пяти самых холодных февралей в ряду.

Температуры выше нормы наблюдались на юге ЕЧР, на юге СФО и большей части ДФО.

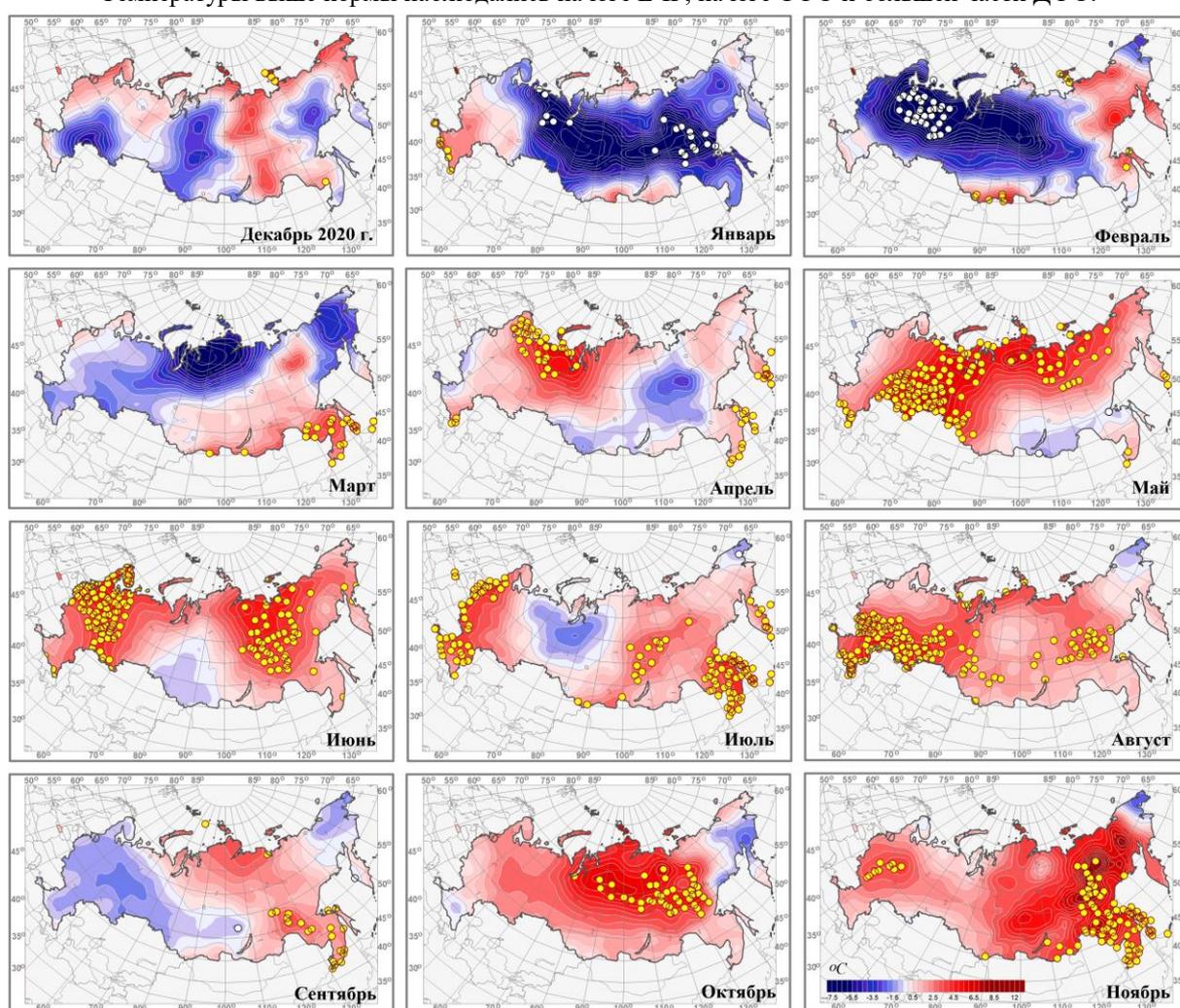


Рисунок 2.2 – Поля средних месячных аномалий температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России в 2021 г. Условные обозначения см. на рис.2.1

Весной 2021 года осредненная аномалия по РФ составила 2.00°C – тринадцатая величина в ряду с 1936 года. На всей территории страны температуры были выше климатической нормы. Экстремально тепло (аномалии температуры выше 3°C , на

большинстве станций отмечались 95%-е экстремумы) на Южном Урале, в Приморье, на юге Камчатки.

Распределение средних сезонных температур на рис. 2.2 позволяет проследить рассмотренные особенности несколько под другим углом. Сезонные изотермы на большей части страны смещены к северу на $\sim 3-7^\circ$ с.ш. относительно своего климатического положения, особенно изотермы 0°C и -5°C .

В марте осредненная аномалия температуры по РФ 1.25°C . Температуры ниже климатической нормы наблюдались на востоке ЕЧР и, далее, на севере Западной Сибири и на севере Средней Сибири, на Чукотке (на Таймыре аномалии достигали -4.5°C).

Температуры выше климатической нормы наблюдались на западе и в центре ЕЧР, в центре и на юге АЧР. Экстремально теплые условия сложились в Приамурье и Приморье, где на большинстве станций фиксировались 95%-е экстремумы, аномалии на станциях до $+5.6^\circ\text{C}$.

Апрель. Осредненная по РФ аномалия температуры 2.29°C . На всей территории страны (кроме юга Якутии и некоторых районов Приамурья температуры были выше климатической нормы. Экстремальные условия (на большинстве станций фиксировались 95%-е экстремумы) наблюдались на севере ЕЧР и севере Западной Сибири, а также в Приморье, на Сахалине, на Камчатке. Осредненная по СЗФО аномалия составила 4.07°C – пятая величина в ряду.

Май. Осредненная по РФ аномалия температуры составила 2.44°C – вторая величина в ряду (рекордное значение наблюдалось весной 2020 года: 2.73°C). Осредненная по ЕЧР аномалия **температуры** составила 2.98°C (ранг 2), по АЧР: 2.24°C (ранг 5). Температуры выше климатической нормы наблюдались на большей части страны (кроме района Байкала и бассейна Амура). 95%-е экстремумы наблюдались в районе предгорий Кавказа, востоке ЕЧР и, далее, до течения Енисея и на севере АЧР.

Температуры ниже климатической нормы наблюдались в районе Байкала и в бассейне Амура (аномалии до -2°C).

Лето. Лето - очень теплый сезон в году, осредненные по РФ в целом, ЕЧР и АЧР аномалии температуры составили 2.00°C , 2.92°C , 1.66°C – рекордная, вторая и рекордная величины в соответствующих рядах. 95%-е экстремумы отмечались на большей части ЕЧР (кроме северо-востока), на юге Западной Сибири, в западных областях ДФО (2.05°C – ранг 3). Температуры ниже климатической нормы наблюдались на Среднесибирском плоскогорье (аномалии до -0.2°C), на Чукотке (аномалии на станциях до -0.9°C).

Во все месяцы сезона наблюдались обширные области с экстремальными температурами (в ЕЧР и в ДФО во все месяцы сезона, в Западной Сибири – в августе).

Июнь. Осредненная по РФ аномалия температуры составила 2.32°C – вторая величина в ряду (рекордное значение наблюдалось в июне 2012 года: 2.73°C).

Температуры намного выше климатической нормы (аномалии температуры выше $2-3^\circ\text{C}$, повсеместно на станциях отмечались 95%-е экстремумы) наблюдались в ЕЧР (3.59°C – рекордная величина в ряду, температуры в СЗФО, ЦФО, ПФО – среди четырех самых крупных в соответствующих рядах), и к востоку от течения Енисея (осредненная аномалия температуры по ДФО: 2.71°C – рекордная величина в ряду).

Температуры ниже климатической нормы наблюдались в среднем и верхнем течении Ишима, Иртыша, Оби и Енисея (аномалии до -1.3°C на Алтае и в предгорьях Саян).

В **июле** осредненная по РФ аномалия температуры составила 1.57°C – третья величина в ряду. Экстремальные температуры (отмечались 95%-е экстремумы) на западе и юге ЕЧР (в ЮФО аномалия температуры составила 3.33°C (ранг 4)), а в АЧР (1.36°C – ранг 4) всюду восточнее 90° в.д. (кроме части Чукотки), в среднем по ДФО аномалия температуры составила 1.99°C – ранг 4. Температуры ниже климатической нормы наблюдались на северо-востоке ЕЧР и, далее, в нижнем и среднем течении Оби и Енисея.

Август. Осредненные по РФ в целом, ЕЧР и АЧР аномалии температуры составили 2.11°C, 3.03°C, 1.76°C – рекордная, пятая и рекордная величины в соответствующих рядах. Экстремальные температуры (95%-е экстремумы) отмечались в центре и на юге ЕЧР (во всех федеральных округах ЕЧР (кроме СЗФО) аномалии температуры среди пяти самых крупных), в Западной Сибири (2.77°C – ранг 5), в центральных районах СФО и ДФО. Температуры ниже климатической нормы наблюдались на северо-востоке страны (аномалии до -1.8°C).

Осень. Осредненная по РФ аномалия температуры 1.94°C – 7-8 величина в ряду. Положительные аномалии наблюдались всюду на территории страны. Экстремальные условия (аномалии выше 2°C, на станциях фиксировались 95%-е экстремумы) наблюдались в восточной части ДФО (аномалия 2.65°C – ранг 3); 95%-е экстремумы фиксировались также в центре ЕЧР (аномалии здесь около 2°C).

Сентябрь. Осредненная по РФ аномалия температуры +0.42°C. Отрицательные аномалии температуры наблюдались на ЕЧР, на юге Западной и Средней Сибири, на северо-востоке страны. Температуры выше климатической нормы наблюдались на севере Западной и Средней Сибири, в течении Лены, в Приамурье и Приморье (аномалия 1.99°C – ранг 5, на многих станциях зафиксированы 95%-е экстремумы температуры).

Октябрь. Осредненная по РФ аномалия температуры +2.27°C. Температуры выше климатической нормы наблюдались на большей части страны (кроме юга ЕЧР и северо-востока страны). На многих станциях центра АЧР фиксировались 95%-е экстремумы, осредненная по Средней Сибири аномалия составила 4.43°C – пятая величина в ряду.

Ноябрь. Осредненная по РФ ноябрьская аномалия температуры +3.33°C – шестая величина в ряду. Экстремально тепло (аномалии до 9°C, повсеместно фиксировались 95%-е экстремумы) в ДФО (4.70°C – ранг 2). Очень теплые условия (аномалии выше 2°C) наблюдались также в СФО и в центре ЕЧР. Температуры ниже климатической нормы наблюдались лишь на Чукотке и в Мурманской области.

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 2020 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 2021 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 2021 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 2021 г. в рассматриваемых регионах России.

В целом по РФ за год количество выпавших осадков составило 105% нормы. Значительный избыток осадков (на ряде станций фиксировались 95%-е экстремумы) наблюдался в ЮФО (121% нормы – ранг 5), в Забайкалье (в Прибайкалье и Забайкалье выпало 119% нормы – ранг 2). Дефицит осадков наблюдался в ПФО и на Южном Урале.

Из сезонов выделяется «влажная» весна: в целом по РФ выпало 112% нормы – третья величина в ряду (особенно «влажно» в АЧР (112% - ранг 2)); «сухое» лето: в целом по РФ выпало 93% нормы – среди трех-четырех самых «сухих» летних сезонов с 1936 года (особенно «сухие» условия сложились в Восточной Сибири (79%), в ПФО (71%)). Кроме того, зимой экстремально «снежно» было в Прибайкалье и Забайкалье (159% - ранг 2).

Зимой 2020/21 гг. осредненные осадки за зимний сезон в целом по РФ составили 114% нормы (ранг 12-13), по ЕЧР – 115% нормы (ранг 15-16), по АЧР – 112% (ранг 13)). Значительный избыток осадков (на ряде станций фиксировались 95%-е экстремумы) в центре и на юге страны, дефицит осадков – на севере. Осредненные осадки по Прибайкалью и Забайкалью составили 159% нормы (ранг 2), по СФО – 148 (ранг 4).

Декабрь 2020 г. характеризовался преимущественно дефицитом осадков: осредненные по РФ осадки 88% нормы. Сильный дефицит осадков (менее 60% нормы) наблюдался в центральных и южных районах ЕЧР (в ПФО и ЮФО выпало лишь 46% нормы), на севере Урала и Западной Сибири, на юге СФО и ДФО, в Восточной Сибири. В Бурятии и Читинской области, на юге Приморского края количество выпавших осадков составило около 20% нормы и ниже.

Значительный избыток осадков (более 120%) наблюдался в центральных районах АЧР, в предгорьях Кавказа (в СКФО выпало 170% - ранг 2).

Январь. Осредненные по РФ осадки: 113% нормы, а по ЕЧР – 129%. Избыток осадков наблюдался на большей части ЕЧР: на многих станциях северо-запада и центра, а также на Урале фиксировались 95%-е экстремумы. Значительный избыток осадков наблюдался также в Саянах и в Забайкалье, осредненные осадки по региону Прибайкалье и Забайкалье составили 198% нормы – максимальная величина в ряду.

Дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался в районе Обской губы, на Среднесибирском плоскогорье, на Дальнем востоке страны (особенно сильный в Хабаровском крае – на ряде станций выпало менее 40% нормы).

Февраль. Осредненные по РФ осадки 157% нормы – вторая величина в ряду (рекордное значение осадков зафиксировано в феврале 1966 года (166% нормы), а по АЧР – 154% - также вторая величина в ряду (после рекордного февраля 1966 г., когда выпало 169%).

Значительный избыток осадков наблюдался в центральных и южных областях страны, на многих станциях центра и юга ЕЧР, на юге АЧР фиксировались 95%-е экстремумы, осредненные по Западной Сибири осадки составили 174% (ранг 3), по Прибайкалью и Забайкалью – 242% (ранг 2), по Приамурью и Приморью – 175 (ранг 5), по ПФО – 177% (ранг 5), по СФО – 187% (ранг 1).

Дефицит осадков (40-80% нормы) наблюдался на севере страны, наиболее значительный на Новой Земле и в районе Обской губы.

Весна 2021. В целом за сезон осредненные по территории РФ осадки составили 122% нормы третья величина в ряду. В ЕЧР выпало 122% (ранг 12), а в АЧР (121% - ранг 3), особенно много осадков выпало в Прибайкалье и Забайкалье (140% нормы – ранг 3) и в ДФО (118% нормы – ранг 3). Дефицит осадков наблюдался на юго-востоке ЕЧР (в ПФО выпало 87% сезонной нормы), на юге Западной Сибири, на Алтае, на востоке Среднесибирского плоскогорья.

Март. Осредненные по РФ осадки 135% нормы. Избыток осадков (более 120% нормы, на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы) наблюдался на юге ЕЧР (в СКФО выпало 177% - ранг 3), на юге Западной Сибири и Средней Сибири (в СФО выпало 166% нормы – ранг 5), на востоке ДФО.

Дефицит осадков (менее 80% нормы, местами 40-60%) наблюдался в центре ЕЧР, в районе Байкала, на севере АЧР от полуострова Ямал

Таблица 2.3

Средние годовые (декабрь - ноябрь.) и сезонные аномалии осадков для физико-географических регионов России и федеральных округов РФ в 2021 году:
 νR (мм/месяц)- отклонения от средних за 1961-1990 гг; RR – отношение R_{2021} к норме, выраженное в %; $P(r \leq R_{2021})$ Вероятности неперевышения (в скобках в столбце νR)– рассчитаны по данным за 1936-2020 гг. и выражены в %, (выделены значения, попавшие в 5% максимальных).

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	νR (P)	RR	νR (P)	RR	νR (P)	RR	νR (P)	RR	νR (P)	RR
Россия	2.1 (73)	105	3.3 (87)	114	3.5 (97)	112	-4.7 (2)	93	3.6 (85)	109
Физико-географические регионы России										
Европейская часть РФ	3.3 (72)	107	5.8 (84)	115	4.6 (88)	112	-5.5 (22)	91	4.8 (75)	109
Азиатская часть РФ	1.6 (68)	104	2.3 (86)	112	3.1 (98)	112	-4.4 (9)	93	3.1 (74)	108
Западная Сибирь	0.4 (36)	101	4.6 (86)	120	-1.5 (54)	95	-5.8 (14)	91	0.5 (48)	101
Средняя Сибирь	1.6 (59)	105	2.1 (80)	112	0.7 (75)	103	-5.4 (8)	90	6.5 (92)	119
Прибайкалье и Забайкалье	6.5 (99)	119	6.2 (99)	159	6.7 (99)	133	5.8 (71)	107	6.2 (82)	122
Приамурье и Приморье	3.7 (57)	107	1.2 (69)	109	10.6 (94)	126	-0.6 (53)	99	1.0 (61)	102
Восточная Сибирь	-1.7 (28)	95	-2.0 (52)	91	4.6 (97)	125	-10.8 (5)	79	0.8 (48)	102
Федеральные Округа РФ										
Северо-Западный	4.2 (78)	109	2.3 (60)	106	5.7 (91)	115	-3.0 (56)	96	8.7 (91)	116
Центральный	3.1 (74)	106	10.3 (86)	125	12.3 (92)	129	-17.2 (76)	76	4.8 (65)	109
Приволжский	-4.4 (21)	90	4.1 (74)	112	-4.4 (33)	87	-17.3 (8)	71	-3.3 (41)	93
Южный	9.1 (95)	121	3.2 (69)	108	8.7 (87)	123	17.3 (94)	136	3.3 (61)	108
Северо-Кавказский	22.3 (100)	140	23.0 (97)	148	12.9 (93)	132	26.1 (97)	142	21.8 (88)	140
Уральский	-1.4 (29)	97	3.2 (71)	113	-3.8 (47)	89	-10.1 (11)	85	0.4 (59)	101
Сибирский	2.3 (74)	106	5.0 (94)	128	2.7 (88)	110	-3.8 (12)	94	3.0 (71)	108
Дальневосточный	1.7 (81)	105	-0.3 (58)	99	4.9 (98)	121	-3.6 (27)	95	3.7 (78)	110

Апрель. Осредненные по РФ осадки 116% нормы.

Значительный избыток осадков (более 120% нормы, на ряде станций фиксировались 95%-е экстремумы) в центре ЕЧР (в ЦФО выпало 145% нормы – ранг 8), на Алтае, в ДФО (133%- ранг 6).

Дефицит осадков (60-80% нормы) наблюдался на северо-востоке ЕЧР, на юге Западной Сибири, на Алтае.

Май. Осредненные по РФ осадки: 119% нормы – десятая величина в ряду. Избыток осадков наблюдался на большей части ЕЧР (кроме ПФО, в СЗФО выпало 167% месячной нормы – ранг 2, в ЦФО – 162% - ранг 5)) и, далее, на севере Западной Сибири, на западе Средней Сибири, в Прибайкалье и Забайкалье (в среднем по региону выпало 167% нормы – ранг 3), в Приамурье и Приморье, на востоке Якутии.

Сильный дефицит осадков (40-80% нормы, на многих станциях фиксировались 5%-е экстремумы) наблюдался в ПФО (за месяц выпало лишь 87% нормы), на юге Западной Сибири, на Алтае, на западе и юге Якутии, на Чукотке и Камчатке

Летом осредненные по территории РФ осадки составили 93% (ранг 3-4 в ранжированном по возрастанию ряду), рекордный минимум осадков наблюдался летом 1983 и 1999 годов (92%), а в 1992 году выпало 93% нормы (как и летом нынешнего года).

Сильный дефицит осадков наблюдался в центре и на юго-востоке ЕЧР (в ПФО выпало лишь 71% нормы), а также в центральных областях СФО и ДФО (в Восточной Сибири выпало 79% нормы – пятое самое «сухое» лето здесь). Избыток осадков наблюдался на юге ЕЧР (в ЮФО (136%) и СКФО (142% - ранг 4)), в Саянах, в Забайкалье и в бассейне Амура. Во все месяцы сезона наблюдались большие области с сильным дефицитом осадков, особенно сильный дефицит наблюдался в июле и в августе – в целом по РФ в эти месяцы выпало 89% (ранг 4-5 в упорядоченном по возрастанию ряду) и 91% (ранг 5-8 в упорядоченном по возрастанию ряду).

Летом атмосферные засухи наблюдались во многих областях ЮФО, ПФО и УФО, в ряде областей ЦФО. Этому способствовал сильный дефицит осадков и экстремальные температурные аномалии, наблюдавшиеся в течение всех трех месяцев сезона. В июле атмосферные засухи фиксировались на западе СЗФО, в июле и в августе - в ряде областей ДФО (особенно в Якутии).

Таблица 2.4

Месячные относительные аномалии осадков в регионах РФ в 2021 г. *Зеленым цветом показаны месяцы, когда осадков выпало выше нормы, желтым – ниже нормы.*

Регионы	Аномалии осадков (% нормы)											
	дек20	январь	фев	мар	апр	май	июнь	июль	авг	сентябрь	октябрь	ноябрь
Российская Федерация	85	113	157	135	116	119	100	89	91	115	88	124
Физико-географические регионы России												
Европейская часть России	70	129	159	115	116	130	87	81	108	124	80	123
Азиатская часть России	96	100	154	149	116	113	106	92	85	111	93	123
Западная Сибирь	98	106	174	161	90	94	93	109	71	110	83	112
Средняя Сибирь	113	89	140	134	126	95	102	83	89	117	121	120
Прибайкалье и Забайкалье	93	198	242	102	111	167	133	91	106	156	66	104
Приамурье и Приморье	61	113	175	148	111	147	131	76	101	86	80	198
Восточная Сибирь	92	75	115	167	156	88	77	100	61	100	97	112
Федеральные округа РФ												
Северо-Западный	88	117	122	110	94	162	85	75	123	101	108	142
Центральный	64	161	176	86	145	162	78	46	113	146	54	122
Приволжский	46	132	177	96	110	87	73	93	41	103	51	127
Южный	46	121	168	156	145	108	134	106	175	183	53	85
Северо-Кавказский	170	96	174	177	117	116	99	149	212	195	133	92
Уральский	85	111	155	119	89	107	76	121	56	105	92	107
Сибирский	119	117	187	166	101	106	120	81	86	113	92	120
Дальневосточный	94	82	128	147	133	118	106	90	91	111	94	132

Июнь. Осредненные осадки по РФ – 100% нормы. Избыток осадков наблюдался на большей части СФО и на юге ДФО. Дефицит осадков наблюдался в ЕЧР (кроме ЮФО, в целом по ЕЧР выпало 87% месячной нормы), в Западной Сибири (93%), в Восточной Сибири (выпало 77% - среди шести самых «сухих» июней, июнь прошлого 2020 года (53% - ранг 2) был также «сухим»).

В июне во многих областях ПФО, УФО и ряде областей ЦФО и ДФО дефицит осадков (менее 60%, местами менее 40%) и экстремальные температурные аномалии (выше 95-го перцентиля) способствовали образованию атмосферных засух средней и сильной интенсивности (при этом засухи фиксировались в течение 2-3 недель месяца). В некоторых областях ЮФО и СКФО образованию атмосферных засух способствовали, в основном, экстремальные температурные аномалии.

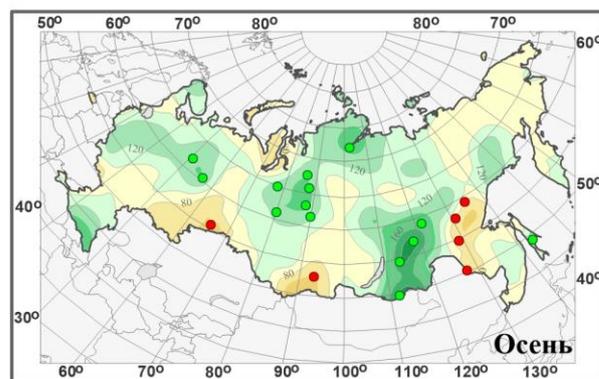
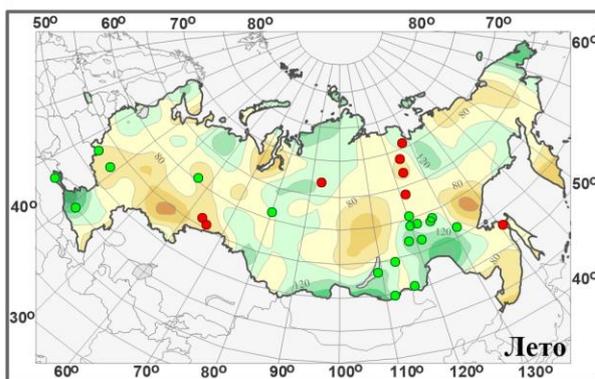
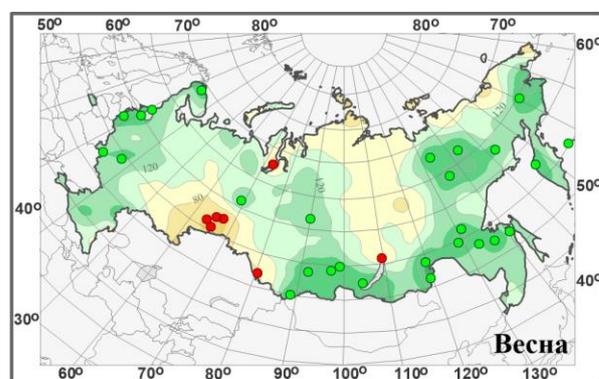
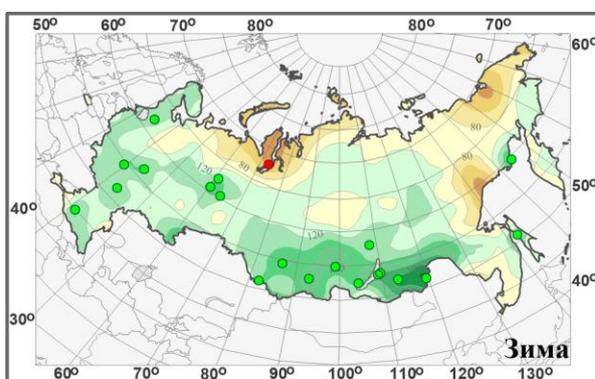
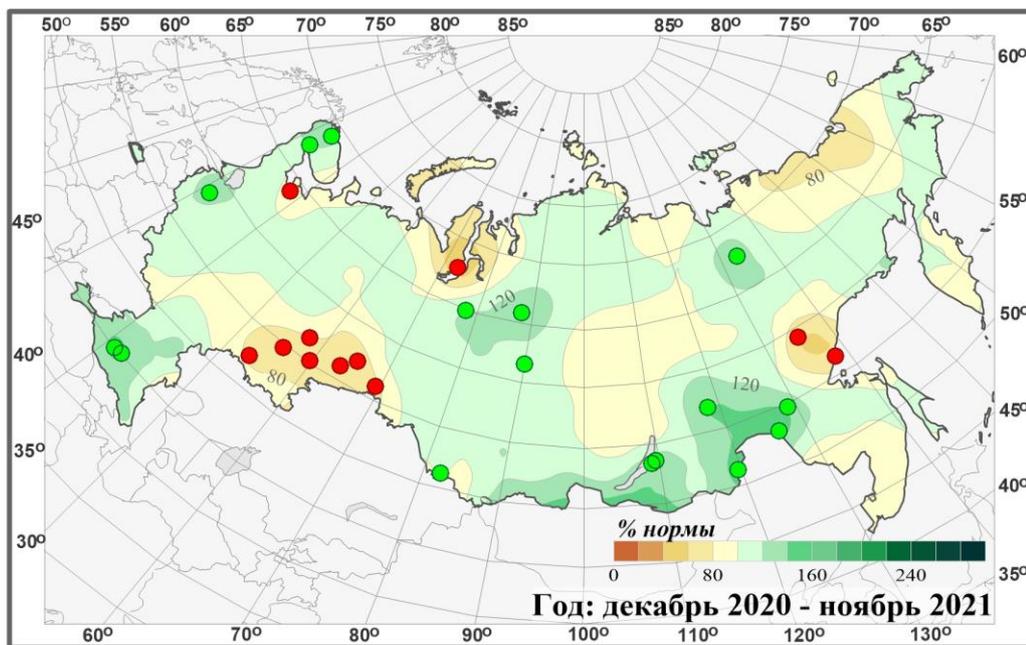


Рисунок 2.3 - Поля аномалий средних годовых (декабрь – ноябрь) и сезонных сумм осадков (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.) на территории России в 2021 г. Кружками красного цвета показаны стационарные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го перцентиля.

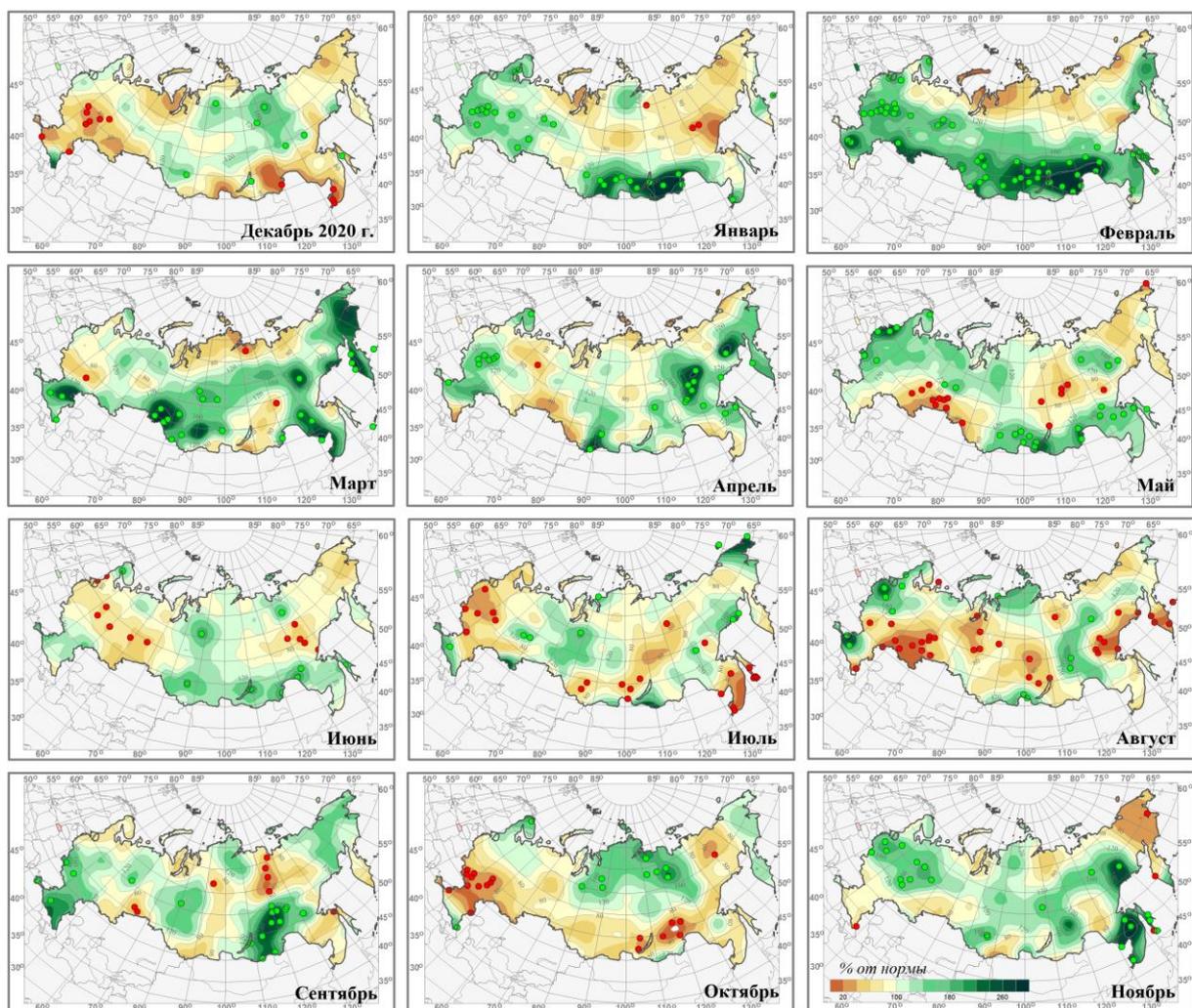


Рисунок 2.4 – Поля средних месячных аномалий осадков (% нормы) на территории России в 2021 г. *Условные обозначения см. на рис.2.3*

Июль. Осредненные осадки по РФ – 89% нормы – среди 4-5-ти самых «сухих» июлей.

Сильный дефицит осадков (фиксировались 5% экстремумы) наблюдался на западе и в центре ЕЧР (в ЦФО выпало 46% нормы – ранг 6), на Алтае, в Саянах, в Якутии, в Приморье. Избыток осадков наблюдался в Западной Сибири, в Забайкалье, на большей части Восточной Сибири.

В июле из-за погодных условий аналогичных июню (сильный дефицит осадков и экстремальные температурные аномалии) образование засух зафиксировано на западе СЗФО (в Ленинградской, Новгородской, Псковской областях, в Карелии) – преимущественно средней интенсивности и продолжительностью 2-3 недели месяца. Засухи продолжали фиксироваться в центре и на юге ЕЧР (в ряде областей ЦФО, ЮФО, СКФО, ПФО), на юге Урала (Челябинская, Курганская области) – при этом засухи сильной и средней интенсивности фиксировались в течение 2-3 недели месяца; а также в ряде областей ДФО (Якутия (особенно), Хабаровский край, Еврейская АО).

Август. В августе осредненные осадки по РФ составили 91% (ранг 5-8 в упорядоченном по возрастанию ряду), а по АЧР – 85% нормы (ранг 3-4 также в упорядоченном по возрастанию ряду с 1936 года). Сильный дефицит осадков (на станциях отмечались 5%-е экстремумы) наблюдался на юго-востоке ЕЧР (в ПФО выпало 41% нормы – среди пяти самых «сухих»), на Южном Урале (в УФО выпало 56% нормы- среди двух самых «сухих» (рекордный минимум наблюдался здесь в 1936 году (53%)), в центральных районах СФО, в Хабаровском крае, на Камчатке (в целом по Восточной Сибири выпало 61% - второй самый «сухой» август). Значительный избыток осадков наблюдался на западе и юге ЕЧР (в ЮФО выпало 175% нормы, в СКФО – 212% (ранг 2), в среднем течении Лены.

В августе экстремальные температуры и экстремальный дефицит осадков в центре на юго-востоке ЕЧР способствовал продолжению засух (в основном сильной интенсивности) в ряде областей ЦФО и в большинстве областей ПФО. Кроме того, атмосферные засухи продолжали фиксироваться во многих областях ЮФО и СКФО (в основном сильной интенсивности) и ряде областей СФО и ДФО (в основном средней интенсивности).

Осень. Осредненные по РФ осадки 109% нормы. Значительный избыток осадков (более 120%, на многих станциях отмечены 95%-е экстремумы) наблюдался на севере СФО, в Забайкалье. Дефицит осадков наблюдался на Южном Урале, в Западных Саянах, в нижнем течении Амура.

Сентябрь. Осредненные по РФ осадки составили 115% нормы. Избыток осадков наблюдался в центре и на юге ЕЧР; в ЮФО выпало 183% нормы – третья величина в ряду, в СКФО – 195% (вторая величина), в Забайкалье. Дефицит осадков (менее 80% нормы, на ряде станций фиксировались 5% экстремумы) отмечался на северо-западе Восточной Сибири.

Октябрь. Осредненные по РФ осадки 88% нормы. Дефицит осадков наблюдался в основном на юге страны, особенно сильный (на ряде станций фиксировались 5%-е экстремумы) в ЦФО (54%), в ЮФО (53%), ПФО (51%), в Прибайкалье и Забайкалье (66%). Значительный избыток осадков (на ряде станций 95%-е экстремумы) наблюдался на севере АЧР от дельты Оби до дельты Лены.

Ноябрь. Осредненные по РФ осадки 124% нормы. Избыток осадков (более 120% нормы, на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы) наблюдался в центре и на севере ЕЧР (в СЗФО выпало 142% нормы – ранг 2), и на востоке страны вдоль побережья Охотского моря (в Приамурье и Приморье выпало 198% нормы – ранг 1).

Дефицит осадков наблюдался вдоль побережья Северного Ледовитого океана (кроме Таймыра), особенно значительный (40-80%) на северо-востоке страны; на юге ЕЧР, на Южном Урале, в Западных Саянах.

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 2021 гг. На всех временных рядах показан линейный тренд, характеризующий тенденцию (среднюю скорость) изменений температуры и осадков на интервале 1976 - 2021 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 1976-2021 гг. Тренды осадков выражены либо в мм / мес / 10 лет, либо в % нормы / 10 лет: для краткости в дальнейшем будем писать % / 10 лет.

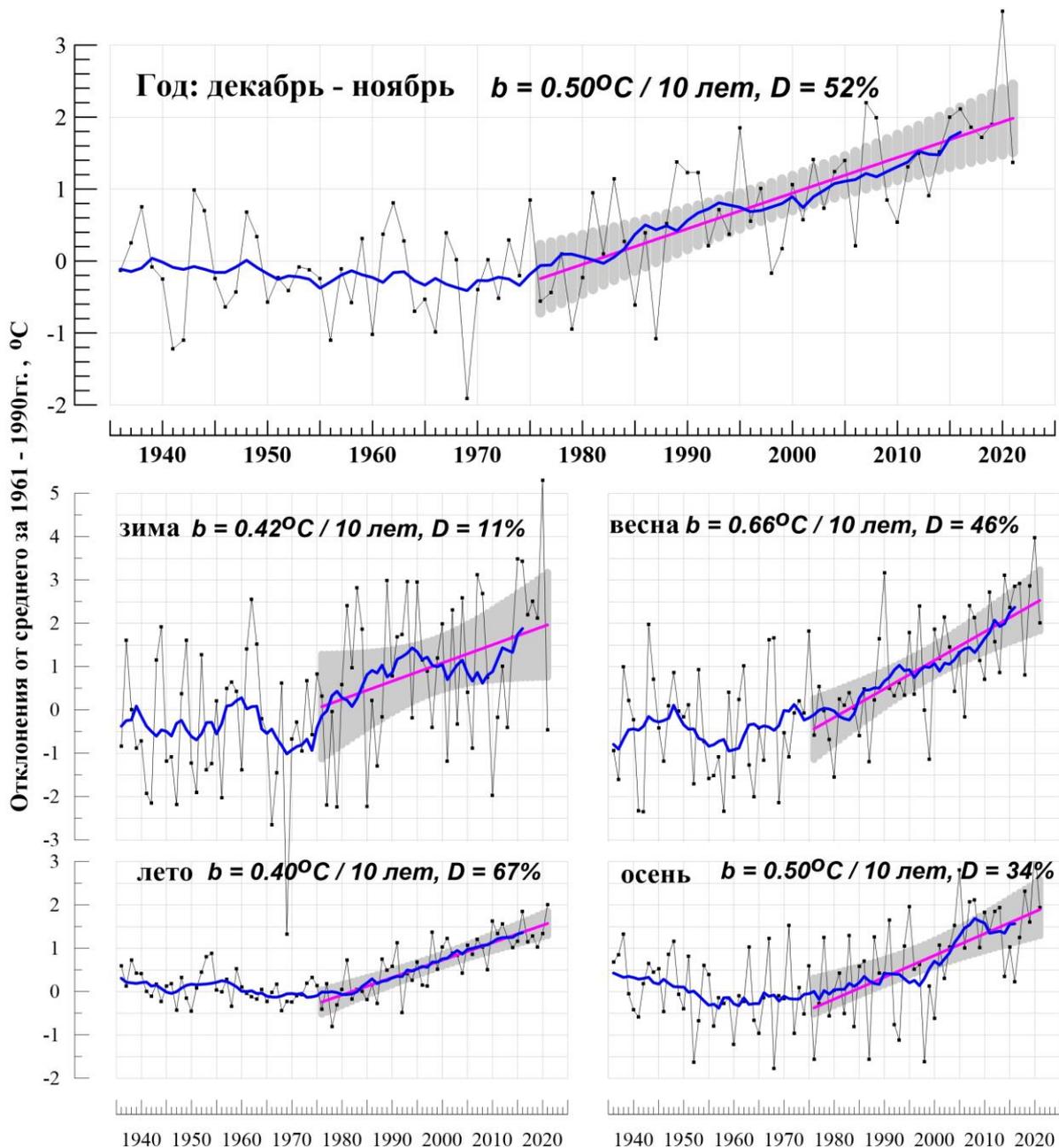


Рисунок 3.1 - Средние годовые и сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории РФ, 1936-2021 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Показаны также 11-летнее скользящее среднее, линейный тренд за 1976-2021 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 1976-2021 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	0.50	52	0.8	2.1	36
Зима	0.42	11	0.7	3.0	18
Весна	0.66	46	1.6	5.9	41
Лето	0.40	67	0.2	0.4	4
Осень	0.50	34	0.7	1.6	8

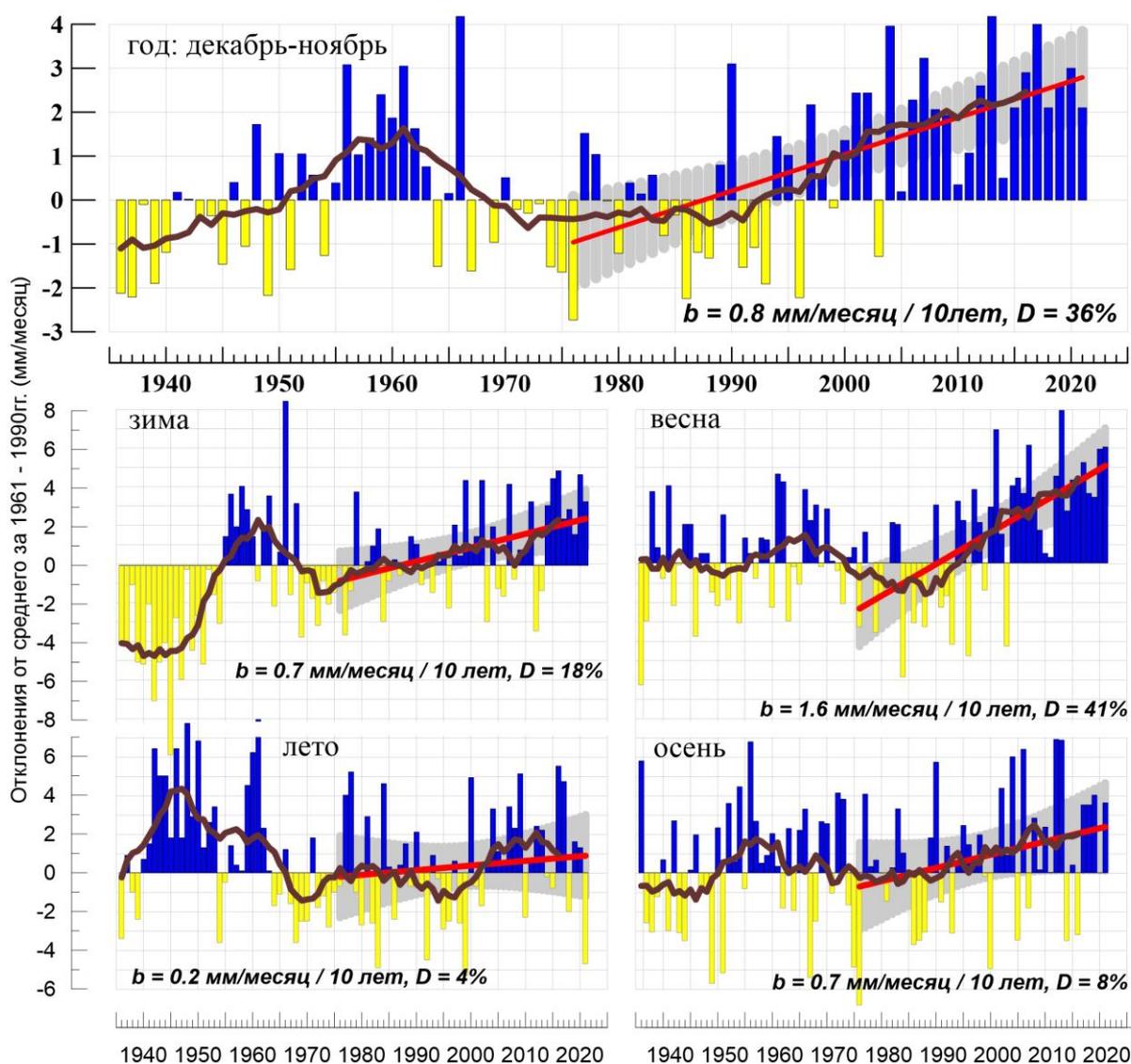


Рисунок 3.2 – Средние годовые и средние сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории РФ, 1936 – 2021 гг.
 (Условные обозначения на рис.3.1)

На рисунках 3.3 и 3.4 представлено географическое распределение коэффициентов линейных трендов температуры приземного воздуха и атмосферных осадков на территории России для 2021 года в целом и для сезонов года. Оценки получены по стационарным временным рядам сезонных аномалий за 1976-2021 гг. в точках расположения станций и затем картированы.

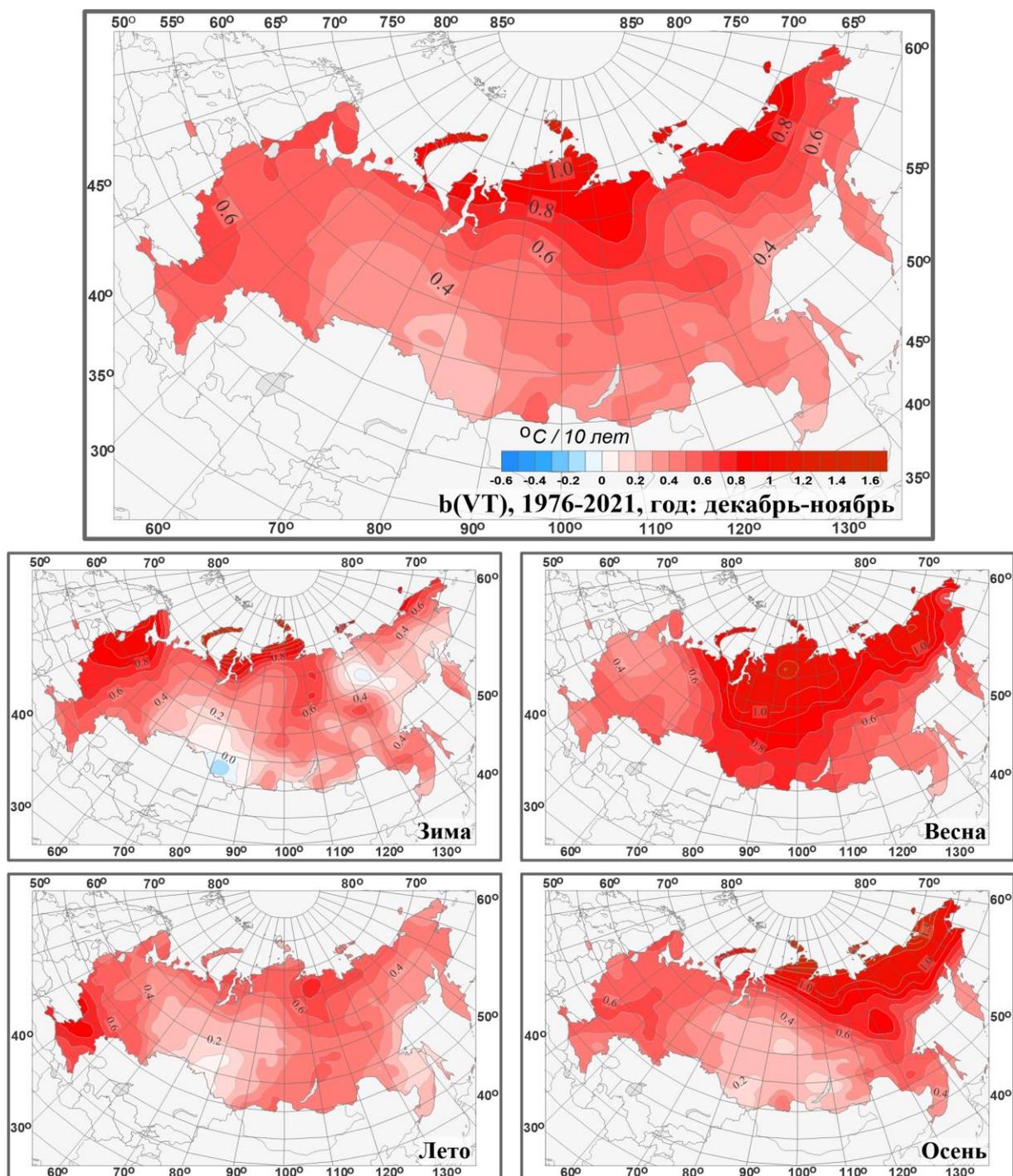


Рисунок 3.3 - Средняя скорость изменения среднегодовой и средних сезонных температур приземного воздуха на территории России по данным наблюдений за 1976-2021 гг. (в °C/10 лет)

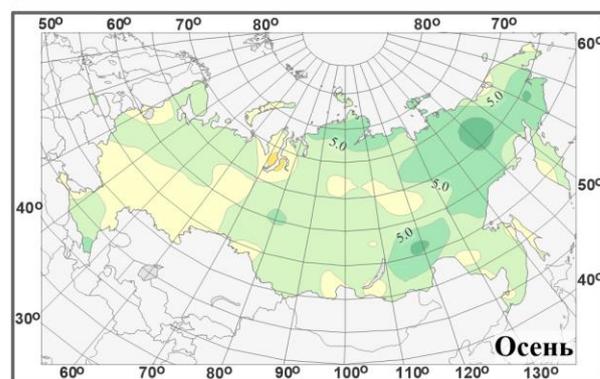
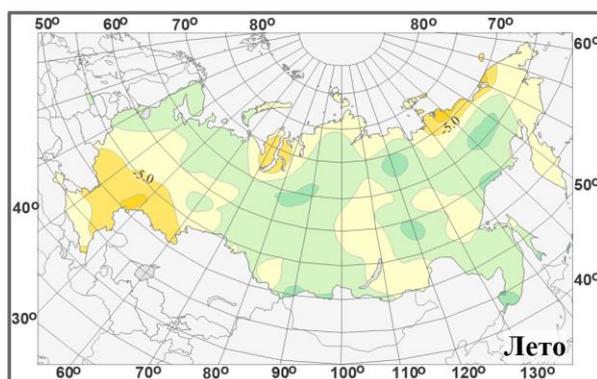
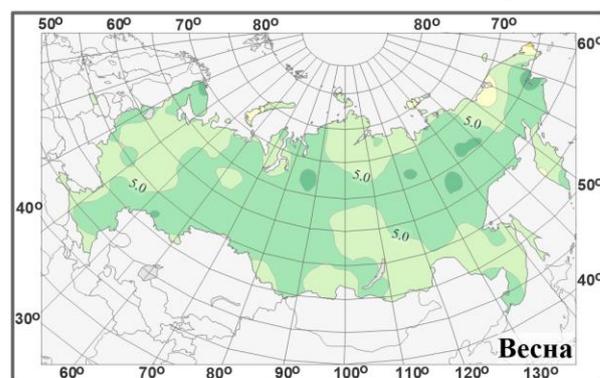
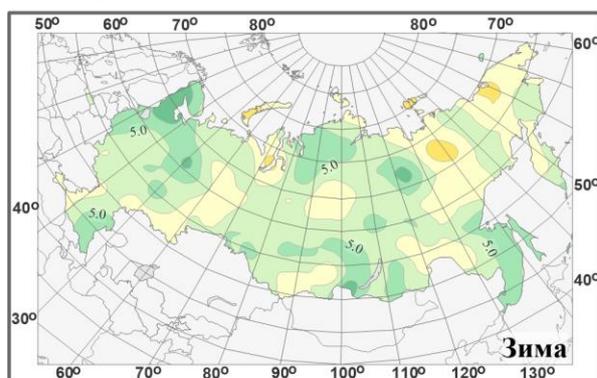
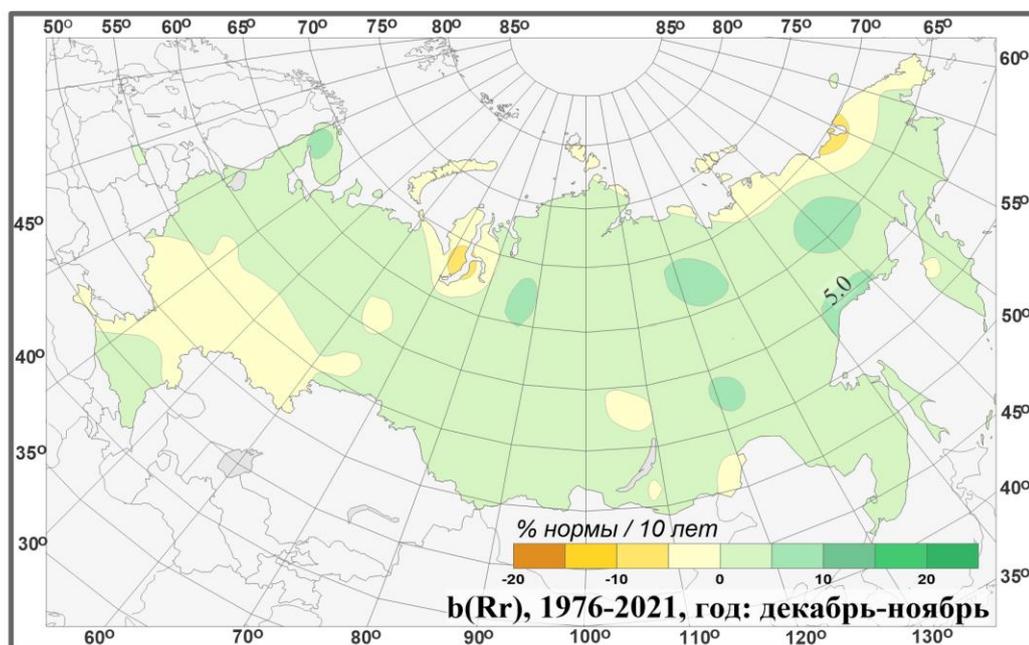


Рисунок 3.4 - Пространственные распределения локальных коэффициентов линейного тренда атмосферных осадков за 1976-2021 гг. на территории России (% / 10 лет), в среднем за год и по сезонам.

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 $+0.50^{\circ}\text{C}/10$ лет, вклад тренда в дисперсию составляет 52%.

Наиболее интенсивное потепление наблюдается весной, особенно, в Западной Сибири и на Чукотке (до $+1.4^{\circ}\text{C}/10$ лет), а также осенью, особенно, в Восточной Сибири и на островах Северной Земли ($+2.0^{\circ}\text{C}/10$ лет). Зимой и летом наибольшая скорость потепления прослеживается на ЕЧР (до $+1.1^{\circ}\text{C}/10$ лет – зимой, около $+0.7^{\circ}\text{C}/10$ 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 $-0.2^{\circ}\text{C}/10$ 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) наблюдается на востоке Якутии и на севере Камчатского края. Зимой тренды значимы лишь для ЮФО и СКФО.

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 1976-2021 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 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 1976-2021 гг., в среднем по России, составляет $2.1\%/10$ лет и описывает 36% 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 ($5.9\%/10$ лет, вклад в дисперсию ряда 41%) и зимы ($3.0\%/10$ лет, вклад в дисперсию 18%), однако тренды значительно менее выражены, чем для температуры. Летом и осенью тренд осадков в целом по России незначим.

Пространственные распределения тренда за период 1976 – 2021 гг. указывают на наличие слабой тенденции к увеличению годовых сумм осадков на территории РФ (кроме центра ЕЧР, 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 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 дельте Енисея, в дальневосточных регионах России (со скоростью более 10% нормы за 10 лет); *зимой* -

на севере ЕЧР, 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, 1936-2021 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 (°С) и месячных сумм осадков (мм/месяц) за 1936 – 2021 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2021 гг., рассчитанные методом наименьших квадратов. В таблицах 4.1 - 4.3 приведены оценки линейных трендов регионально осредненных значений температуры и осадков за 1976-2021 гг. для физико-географических регионов и федеральных округов РФ.

Температура воздуха.

В среднем по территории России, тренд средних годовых температур составляет +0.50°С/10 лет, вклад тренда в дисперсию составляет 52%. Наиболее интенсивное потепление наблюдается в регионе Восточная Сибирь (+0.58°С/10 лет, в основном, за счет весны и осени), регионе Средняя Сибирь (+0.58°С/10 лет, в основном, за счет весны), в Европейской части России (+0.56°С/10 лет, за счет всех сезонов); а из федеральных округов: зимой – в Северо-Западном ФО (0.77°С/10 лет) и в Центральном ФО (0.76°С/10 лет), весной - в Уральском ФО (0.78°С/10 лет), в Сибирском ФО (0.82°С/10 лет), в Дальневосточном ФО (0.67°С/10 лет), летом - в Южном ФО (0.74°С/10 лет) и в Северо-Кавказском ФО (0.63°С/10 лет), и осенью - в Дальневосточном ФО (0.64°С/10 лет) и в Центральном ФО (0.57°С/10 лет).

Наиболее быстрый рост наблюдается весной (0.66°С/10 лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд больше всего выделяется летом (67% суммарной дисперсии). Зимой рост температуры наблюдался до середины 1990-х гг. и видна тенденция к увеличению роста в последние восемь-девять лет.

Температура за 1976-2021 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 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.).

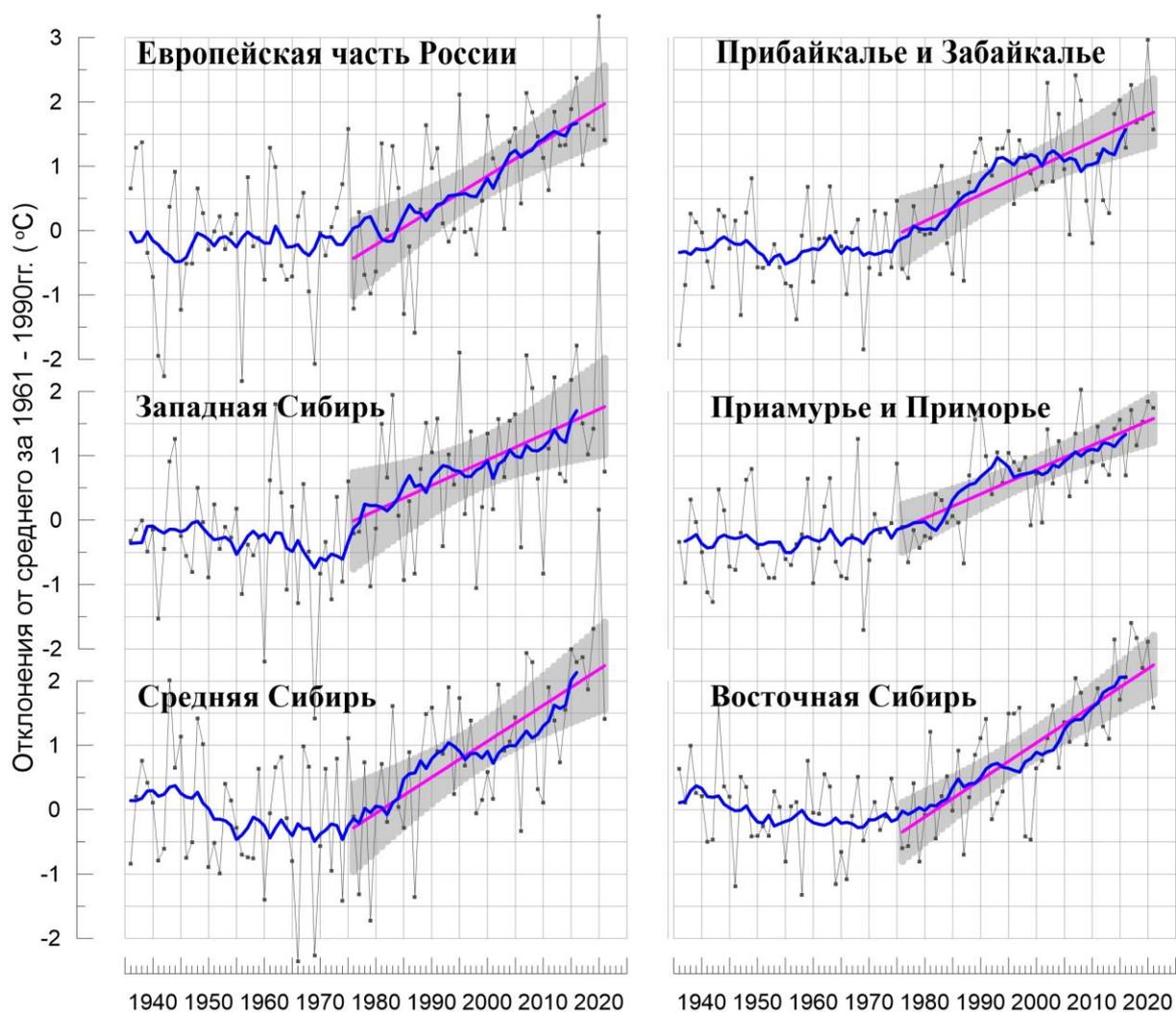


Рисунок 4.1. - Годовые аномалии температуры приземного воздуха (°C) для регионов России за 1936-2021 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Показаны также 11- летнее скользящее среднее, линейный тренд за 1976-2021 гг. с 95%-й доверительной полосой.

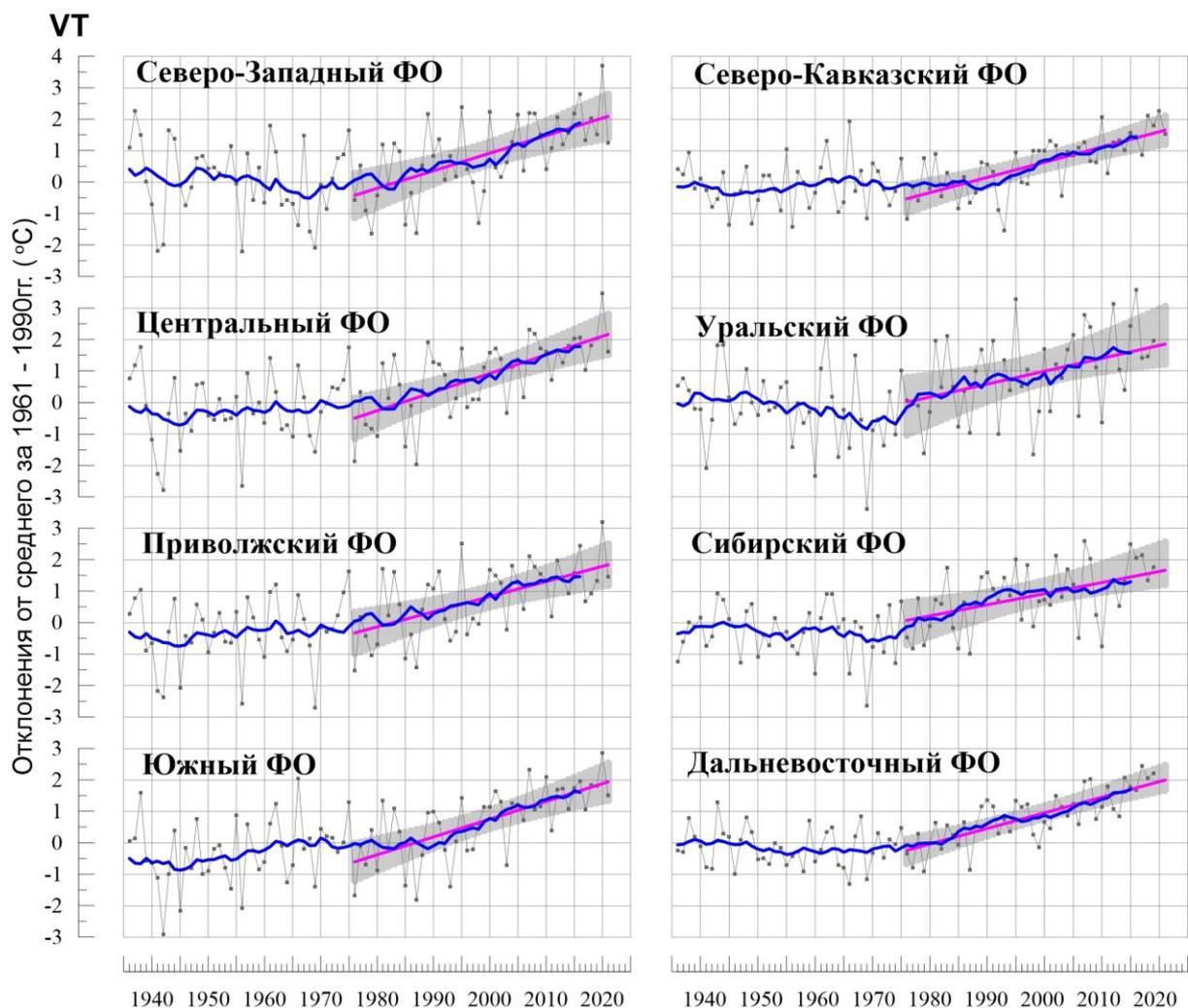


Рисунок 4.2. - Годовые аномалии температуры приземного воздуха (°C) для федеральных округов РФ за 1936-2021 гг. Условные обозначения на рис.4.1

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 1976-2021 гг. значимы лишь для 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 3.1% / 10 лет и 2.7% / 10 лет описывают 29% и 15% 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 целом и во всех федеральных округах) и в Восточной Сибири. В Западной Сибири и Средней Сибири осадки растут весной; в Восточной Сибири – весной и осенью (значимо).

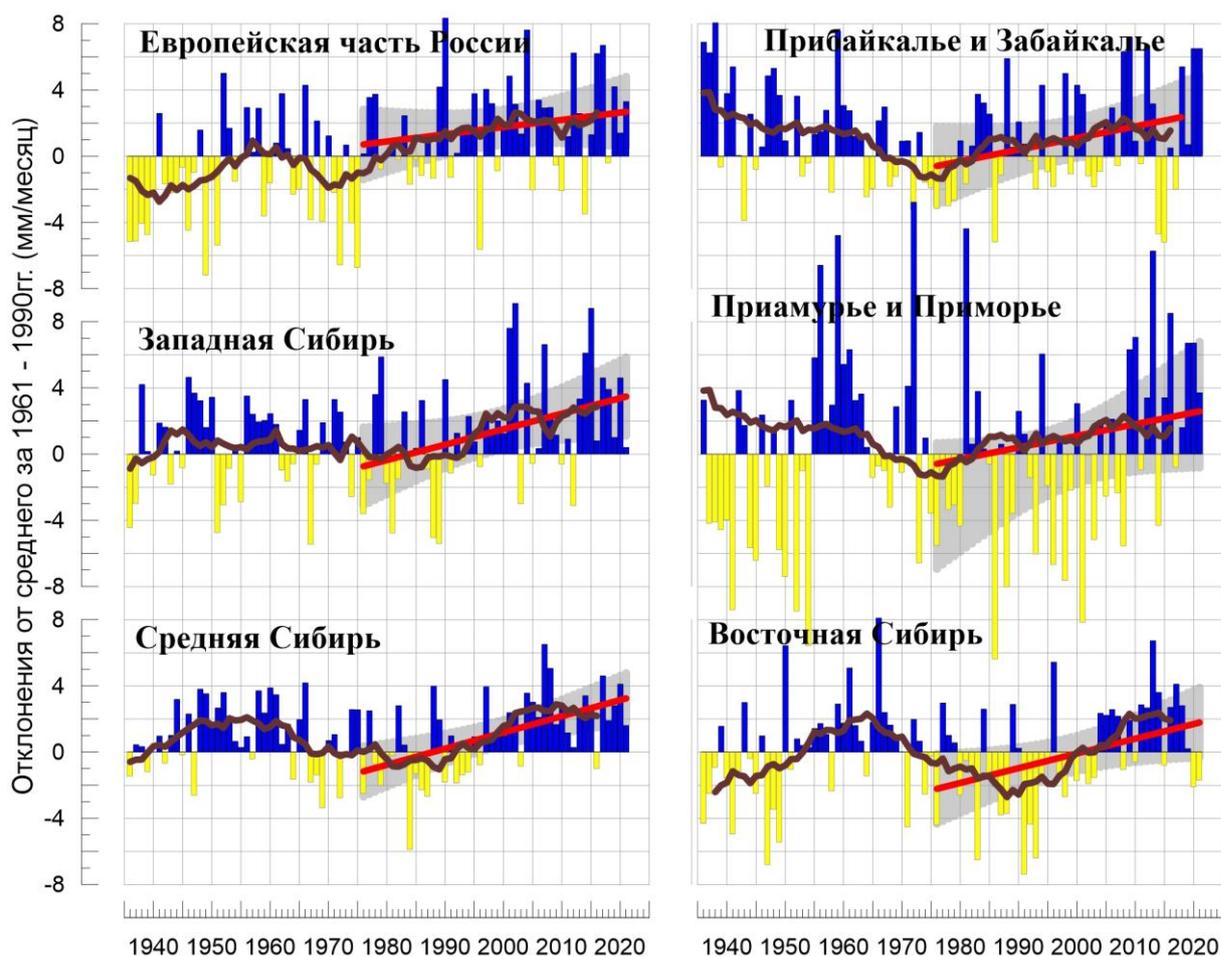


Рисунок 4.4. - Годовые аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), для регионов России за 1936-2021 гг. Условные обозначения на рис.4.1

Таблица 4.1

Оценки линейного тренда среднегодовой (декабрь - ноябрь) температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, ее физико-географических регионов и Федеральных округов за 1976-2021 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	0.50	52	0.42	11	0.66	46	0.40	67	0.50	34
Физико-географические регионы России										
Европейская часть РФ	0.53	45	0.64	14	0.46	27	0.50	38	0.53	30
Азиатская часть РФ	0.48	49	0.34	7	0.73	45	0.37	67	0.50	29
Западная Сибирь	0.39	21	0.24	1	0.78	31	0.25	14	0.31	7
Средняя Сибирь	0.56	40	0.45	5	0.85	39	0.46	49	0.49	14
Прибайкалье и Забайкалье	0.41	39	0.30	4	0.64	33	0.45	49	0.27	9
Приамурье и Приморье	0.38	51	0.39	12	0.42	25	0.25	22	0.45	31
Восточная Сибирь	0.58	61	0.32	10	0.76	42	0.41	53	0.82	52
Федеральные округа РФ										
Северо-Западный	0.56	38	0.77	13	0.49	20	0.42	30	0.55	25
Центральный	0.59	46	0.76	16	0.45	21	0.59	35	0.57	30
Приволжский	0.48	35	0.49	7	0.47	20	0.44	20	0.53	23
Южный	0.56	48	0.56	16	0.47	25	0.74	53	0.49	24
Северно-Кавказский	0.48	53	0.49	22	0.40	29	0.63	55	0.41	22
Уральский	0.46	23	0.37	3	0.78	26	0.31	14	0.38	9
Сибирский	0.43	28	0.29	3	0.82	39	0.32	39	0.27	6
Дальневосточный	0.52	63	0.37	16	0.67	42	0.40	62	0.64	49

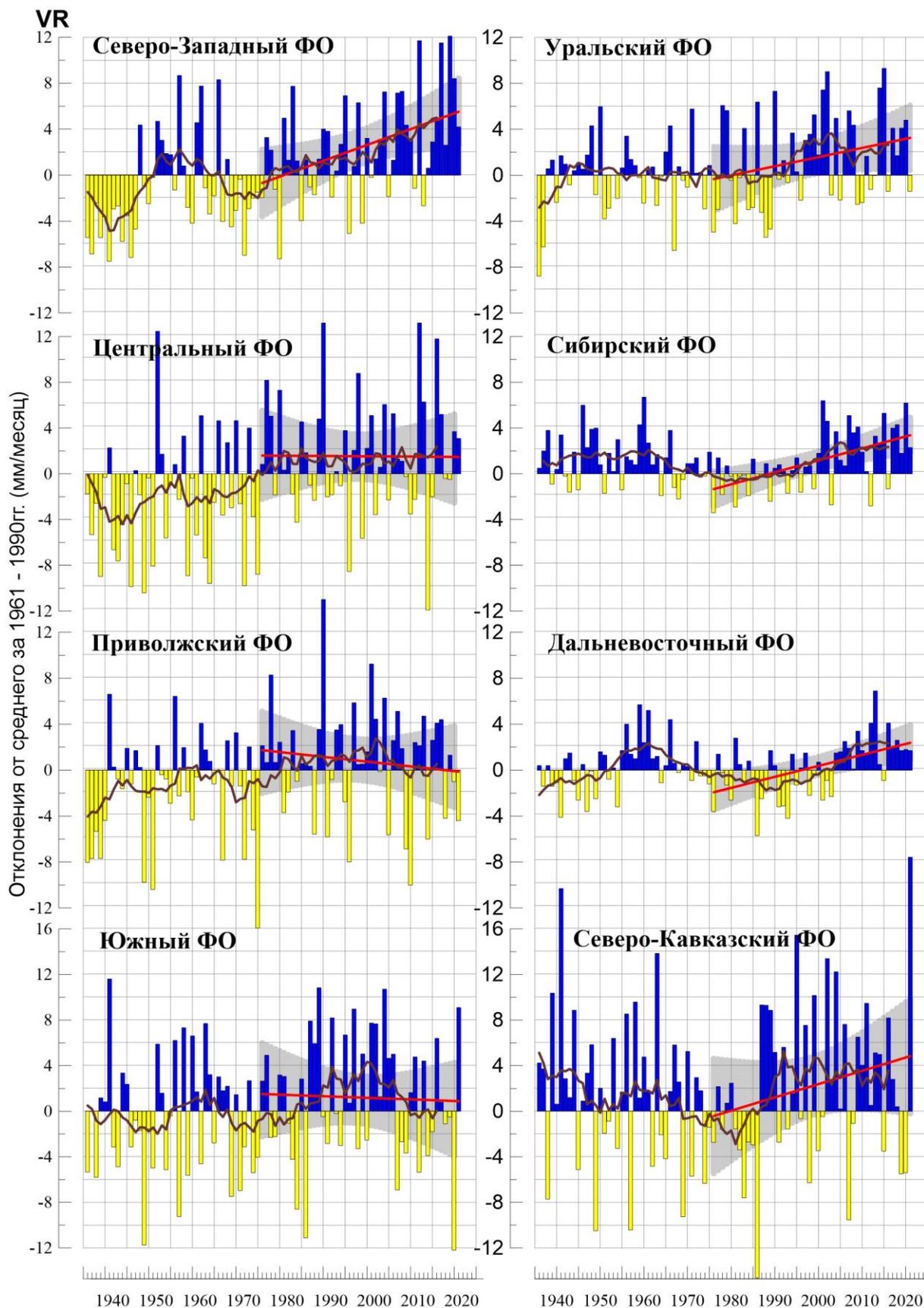


Рисунок 4.5. - Годовые аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц) для федеральных округов РФ за 1936-2021 гг. Условные обозначения на рис.4.1

Таблица 4.2

Оценки линейного тренда осредненных за год (декабрь-ноябрь) и по сезонам регионально осредненных месячных сумм атмосферных осадков для регионов России за 1976-2021 гг.:

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

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	<i>b</i>	<i>D%</i>								
Россия	2.1	36	3.0	18	5.9	41	0.4	4	1.6	8
Физико-географические регионы России										
Европейская часть России	0.9	4	3.0	11	5.2	22	-1.9	4	-0.2	0
Азиатская часть России	2.6	48	2.8	13	6.3	42	1.2	8	2.6	20
Западная Сибирь	2.4	13	1.8	2	7.8	31	1.1	1	1.0	2
Средняя Сибирь	3.1	29	3.3	8	6.4	38	2.1	6	2.6	9
Прибайкалье и Забайкалье	2.0	8	5.3	15	3.6	6	0.9	1	3.5	8
Приамурье и Приморье	2.6	11	4.9	6	5.0	9	2.3	4	0.8	1
Восточная Сибирь	2.7	15	1.8	2	6.6	29	-0.8	1	5.4	24
Федеральные округа РФ										
Северо-Западный	2.8	17	5.4	18	4.6	16	1.6	1	1.6	2
Центральный	0.0	0	3.4	5	5.5	11	-4.3	9	-1.1	0
Приволжский	-1.0	2	1.4	1	5.5	10	-4.5	9	-2.6	3
Южный	-0.4	0	0.1	0	5.0	9	-4.1	5	-1.5	1
Северо-Кавказский	2.1	5	3.0	4	4.6	9	-1.1	0	2.4	2
Уральский	1.9	7	1.0	1	7.7	25	0.8	1	0.4	0
Сибирский	2.9	31	3.5	10	6.1	24	1.9	7	2.1	8
Дальневосточный	2.7	28	2.8	8	5.9	35	0.9	2	3.4	24

5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2021 гг.

В разделе приведены временные ряды индексов экстремальности и аномальности для года в целом по территории России за период 1936 -2021 гг. (рис. 5.1. – 5.4). В качестве индексов экстремальности рассматриваются доли площади под крупными аномалиями температуры и осадков (вероятности не превышения $\leq 20\%$, $\geq 80\%$), 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 2021 г. доля площади под крупными положительными аномалиями температуры составила 56% (ранг 18). Максимальная величина площади с крупными положительными аномалиями наблюдалась в 2020 г. (99%) в ряду, а в 2015 г. площади с крупными положительными аномалиями составила 97%. Тренд площади под крупными положительными аномалиями с 1976 г. составил 7.9% /10 лет, объясняет 48% 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).

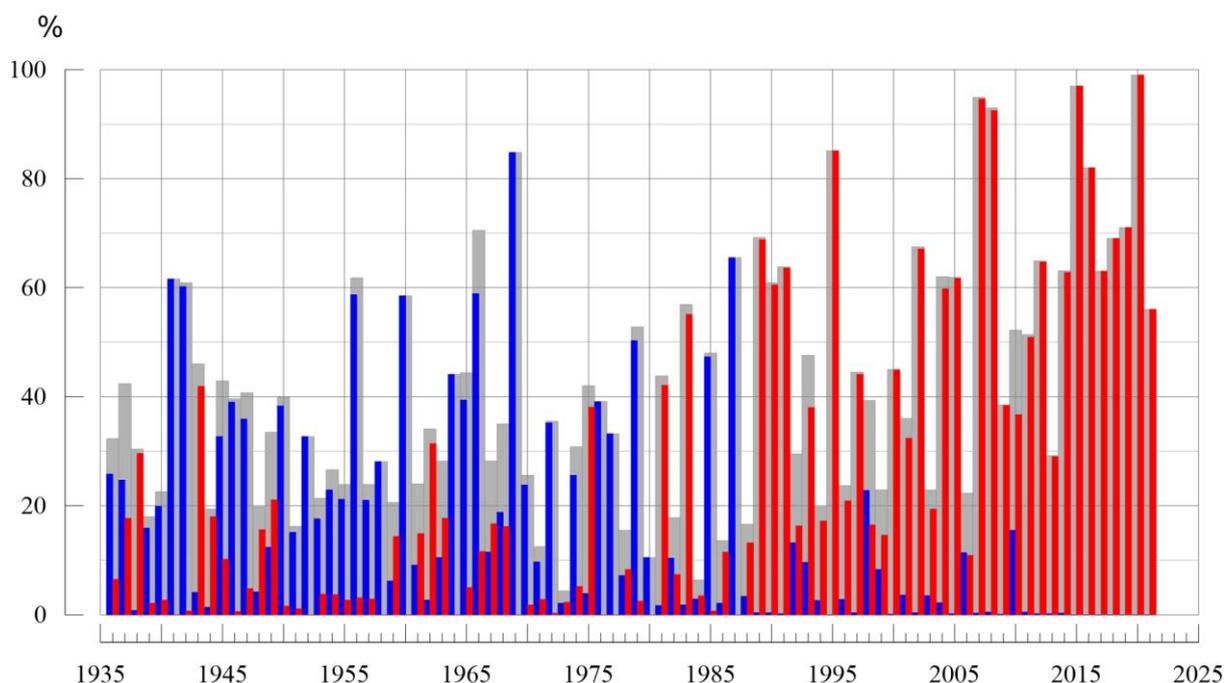


Рисунок 5.1 - Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями температуры, 1936-2021 гг. (год: декабрь 2020 – ноябрь 2021):
■ ниже 20-го роцентиля, ■ выше 80-го процентиля,
■ суммарная площадь с крупными аномалиями обоих знаков.

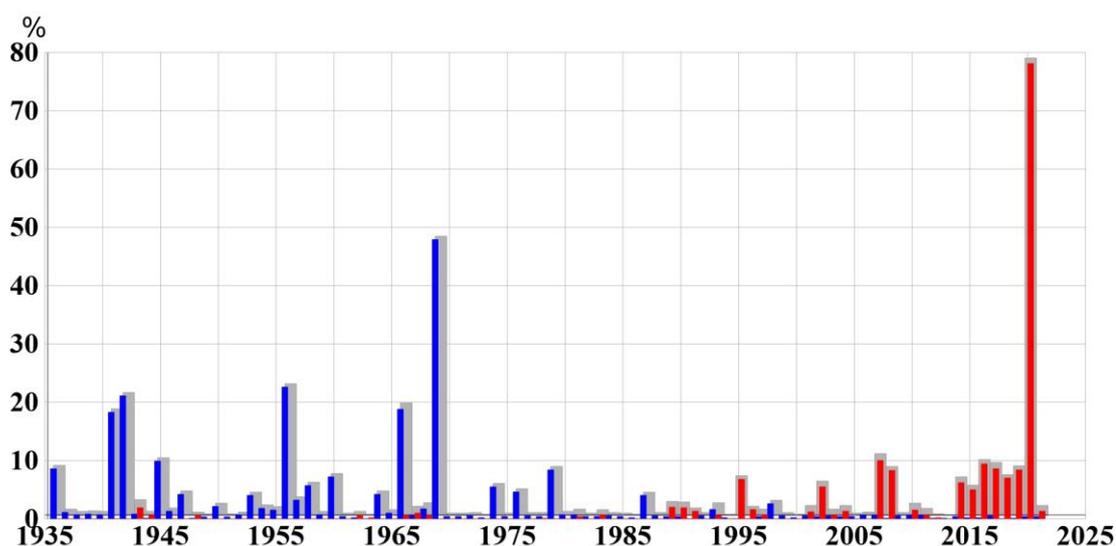


Рисунок 5.2 - Доля площади с экстремальными (годовая нормированная аномалия меньше -2 : синие столбики, больше $+2$: красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры для года в целом для России, 1936-2021 гг. Базовый период для расчета статистик: 1961-1990 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 2021 году доля площади, занятая крупными положительными экстремумами составила 1%. Тренд за период 1976-2021 составляет 3.2% (доля объясненной трендом дисперсии ряда 14%). В 1969 году – 48.9% площади было занято отрицательными экстремумами (минимальная величина в ряду), а в 2020 -78% (максимальная величина в ряду).

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 2021 году составило 1.6 единиц (ранг 15), максимальное значение (3.20) зафиксировано в 2020 г.

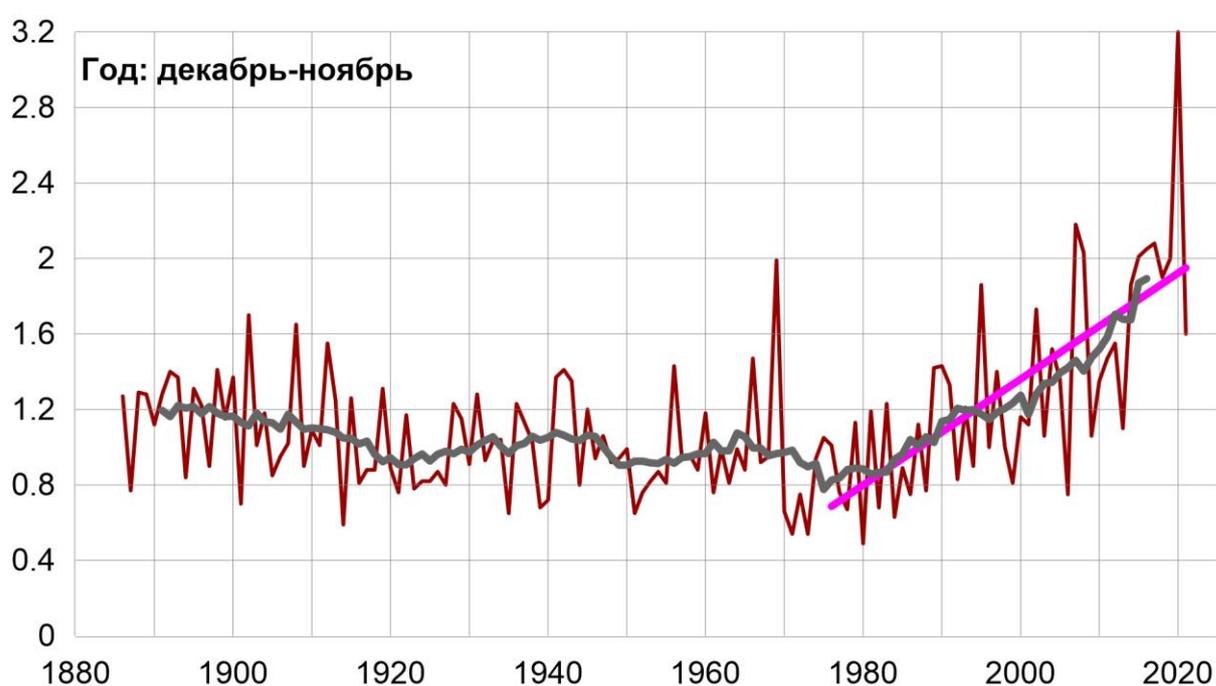


Рисунок 5.3 - Индекс аномальности Багрова (КА) для года в целом для России для температуры, 1886-2021 гг. Показана 11-летняя скользящая средняя и тренд за период 1976-2021 гг.

Осадки. В 2021 г. доля площади с избытком осадков (выше 80-го перцентиля) составила 18% 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 1976-2021 составляет +3.0%/10 лет, доля объясненной трендом дисперсии ряда 329%).

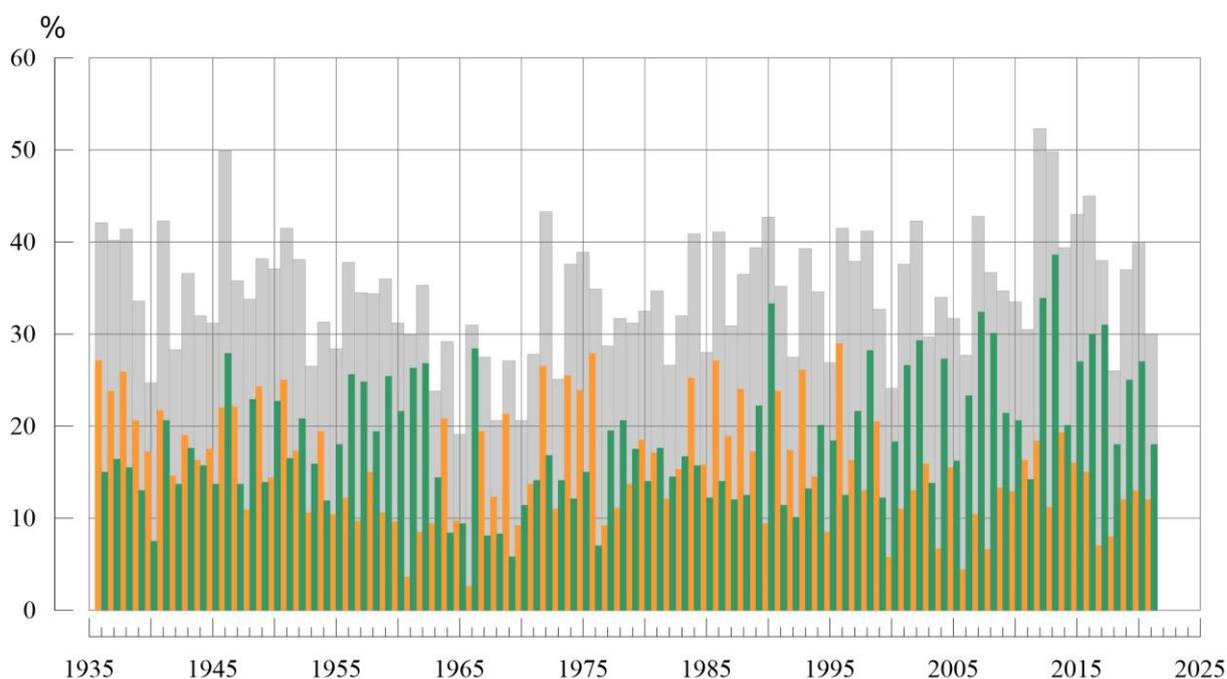


Рисунок 5.4 - Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями осадков, 1936-2021 гг. (год: декабрь 2020 – ноябрь 2021):
█ ниже 20-го перцентиля, █ выше 80-го перцентиля,
█ суммарная площадь с крупными аномалиями обоих знаков.

ВЫВОДЫ

1. В целом для Земного шара и для Северного полушария средние годовые аномалии составили: 0.757°C и $+1.280^{\circ}\text{C}$ – восьмая и шестая величины в рядах наблюдений с 1850 года, значение аномалий температуры ниже, ожидаемых значений при потеплении: отклонение от линейного тренда -0.09°C и -0.12°C соответственно.

2. Для России в целом среднегодовая аномалия температуры составила $+1.37^{\circ}\text{C}$ – пятнадцатая величина в ранжированном по убыванию ряду наблюдений. Осредненные по регионам и федеральным округам аномалии температуры были положительными. Экстремальные условия сложились в Приамурье и Приморье (1.74°C – ранг 5), в Якутии, в районе Кавказа.

3. В 2021 г. доля площади под крупными положительными аномалиями температуры (выше 80 перцентиля) составила 56% (ранг 18); а доля площади, занятая положительными экстремумами (больше двух стандартных отклонений) - 1%, величина индекса аномальности Багрова (КА) составила 1.6.

3. Экстремальным сезоном было лето: осредненная по РФ аномалия температуры составила 2.00°C – максимальная величина в ряду (95%-е экстремумы отмечались на ЕЧР (2.92°C – ранг 2), в ДФО (2.05°C – ранг 3); температуры ниже климатической

нормы наблюдались лишь на Среднесибирском плоскогорье, на Чукотке (аномалии на станциях до -0.9°C)

4. Осенью температуры выше климатической нормы наблюдались всюду, кроме Чукотки и в отдельных районах Кавказа. Экстремальные наблюдались в ДФО (аномалия 2.65°C – ранг 3); а также в центре ЕЧР.

5. Весной температуры выше климатической нормы наблюдались всюду. Экстремально тепло на Южном Урале, в Приморье, на юге Камчатки.

9. Из месяцев года выделяются экстремально теплые: май ($+2.44^{\circ}\text{C}$ – ранг 2), июнь ($+2.32^{\circ}\text{C}$ – ранг 2), июль ($+1.57^{\circ}\text{C}$ – ранг 3), август ($+2.11^{\circ}\text{C}$ – ранг 1); а также октябрь в Средней Сибири ($+4.43^{\circ}\text{C}$ – ранг 5), ноябрь в ДФО ($+4.70^{\circ}\text{C}$ – ранг 2).

10. Самыми «холодными» месяцами года были: январь (-1.28°C – самый холодный январь последнего десятилетия) и февраль, когда температуры ниже нормы наблюдались от западных границ до течения Лены (не захватывая южные округа ЕЧР и юг Сибири).

11. В целом по РФ за 2021 год в целом количество выпавших осадков составило 105% нормы. Значительный избыток осадков наблюдался в ЮФО (121% нормы – ранг 5), в Забайкалье (осредненные осадки по региону Прибайкалье и Забайкалье 119% нормы – ранг 2). Дефицит осадков наблюдался в ПФО и на Южном Урале.

12. В 2021 г. доля площади с избытком осадков (выше 80-го перцентиля) составила 18%, с дефицитом осадков – 12%.

13. Из сезонов выделяются: весна - в целом по РФ выпало 112% нормы – третья величина в ряду (особенно «влажно» в АЧР (112% - ранг 2); лето - в целом по РФ выпало 93% нормы – среди трех-четырех самых «сухих» летних сезонов с 1936 года (особенно «сухие» условия сложились в Восточной Сибири (79%), в ПФО (71%)), при этом летом экстремально «влажно» было в Забайкалье и в СКФО (выпало 142% нормы). Кроме того, зима была снежной в Саянах и в районе Байкала (в Прибайкалье и Забайкалье выпало 159% нормы – ранг 2).

13. Из месяцев 2021 года выделяется февраль (157% - ранг 2) - значительный избыток осадков наблюдался в центральных и южных областях страны; «сухой» июль - осредненные осадки по РФ – 89% нормы – среди 4-5-ти самых «сухих» июлей - сильный дефицит осадков наблюдался в ЕЧР, на Алтае, в Саянах, в Якутии, в Приморье; «сухой» август (в целом по РФ выпало 91% нормы) – сильный дефицит наблюдался в ПФО (выпало 41% нормы – среди пяти самых «сухих»), на Южном Урале (в УФО выпало 56% нормы- среди двух самых «сухих»), в центральных районах СФО, в Восточной Сибири (выпало 61% - второй самый «сухой» август).

14. Тенденции изменения температуры сохраняются: среднегодовые, весенние и осенние температуры растут на всей территории РФ.

Рост среднегодовой температуры (линейный тренд) за 1976-2021 гг. составил в целом по России $0.50^{\circ}\text{C}/10$ лет (вклад в общую изменчивость 52%). Наиболее быстрый рост наблюдается весной ($0.66^{\circ}\text{C}/10$ лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд больше всего выделяется летом (67% суммарной дисперсии).

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

Восточной Сибири и на островах Северной Земли ($+2.0^{\circ}\text{C}/10$ лет). Зимой и летом наибольшая скорость потепления прослеживается на ЕЧР (до $+1.1^{\circ}\text{C}/10$ лет – зимой, около $+0.7^{\circ}\text{C}/10$ 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 1976-2021 гг. в среднем по России составляет 2.1% / 10 лет и описывает 36% межгодовой изменчивости. Географическое распределение значений тренда за период 1976 – 2021 г. подтверждает основной вывод о наличии тенденции к увеличению годовых сумм осадков (кроме центра ЕЧР, 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 5.9% / 10 лет объясняет 41% 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

2021 год (декабрь 2020-ноябрь 2021)



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 непревышения» текущего значения во временном ряду рассматриваемой переменной за некоторый период с 1936 по 2020 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 2021 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 2021г.

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>Зима2020/2021</i>	2.04	1.41	1.85	1.93	1.57	1.76
Декабрь 2020	3.4	2.62	3.1	2.78	2.33	2.5
Январь	3.67	2.62	2.45	3.03	3.15	3.62
Февраль	-0.96	-1.01	-0.01	-0.02	-0.78	-0.84
<i>Весна</i>	1.21	0.22	0.12	0.54	0.05	0.57
Март	2.56	1.98	1.5	2.04	1.76	2.29
Апрель	1.05	0.11	-0.74	-0.16	-0.44	0.01
Май	0.03	-1.43	-0.39	-0.26	-1.16	-0.59
<i>Лето</i>	4.14	2.68	3.06	3.69	2.82	4.04
Июнь	4.35	3.04	3.75	4.47	2.76	3.86
Июль	6.05	4.59	5.18	5.79	4.54	5.77
Август	2.02	0.4	0.24	0.81	1.15	2.48
<i>Осень</i>	1.06	0.44	1.06	0.99	-0.03	0.61
Сентябрь	-0.87	-1.63	-0.38	-0.46	-1.74	-1.16
Октябрь	1.39	0.62	1.26	0.95	-0.34	0.53
Ноябрь	2.66	2.34	2.3	2.47	1.98	2.45
<i>Год: дек2020- ноя2021</i>	2.11	1.19	1.52	1.79	1.1	1.75

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.

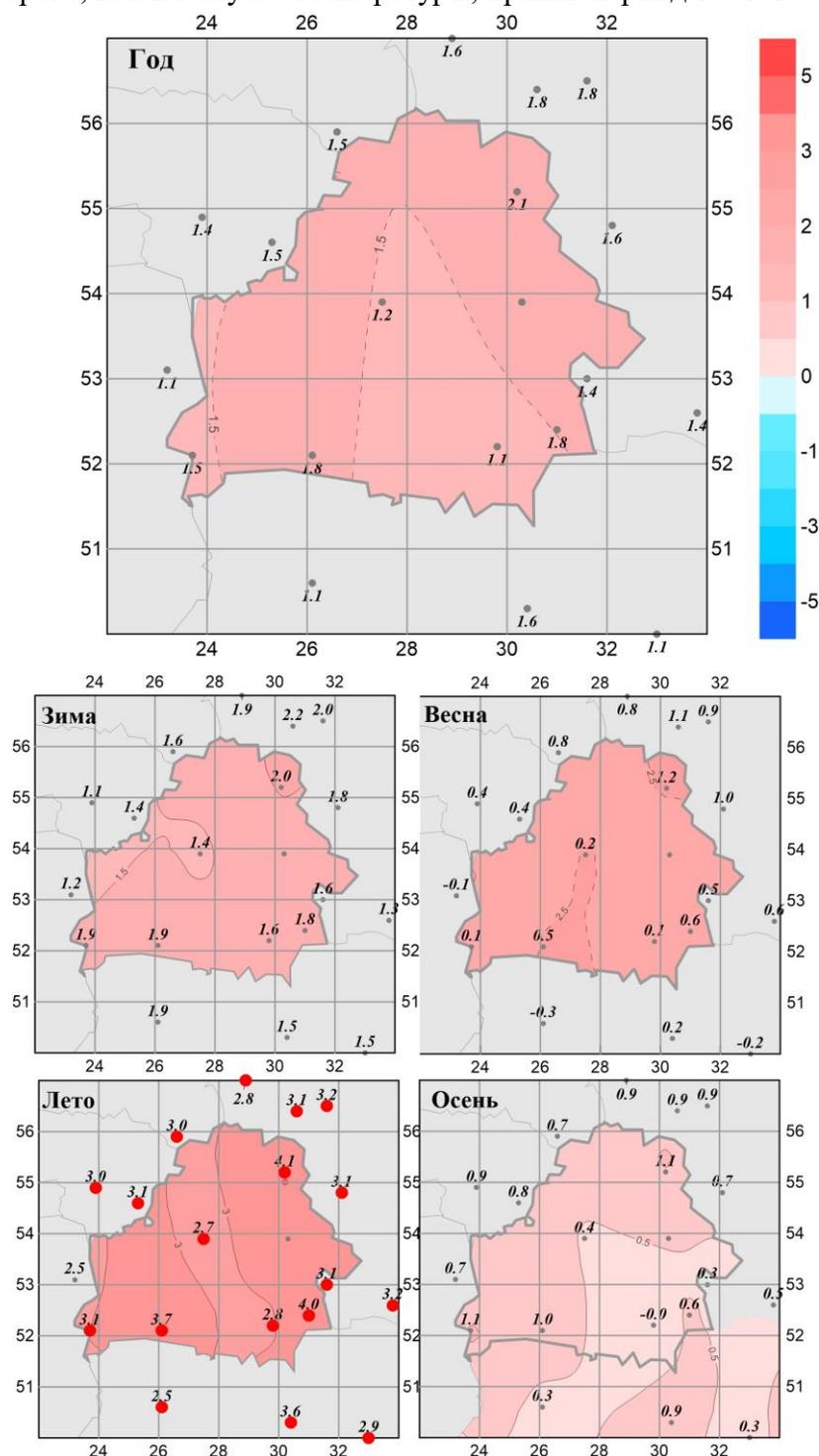


Рисунок 1 - Средняя годовая (декабрь 2020 – ноябрь 2021) и средние сезонные аномалии температуры приземного воздуха (°C) на территории Республики Беларусь.

Таблица 2

Количество осадков, выпавших на станциях Беларуси в 2021 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>Зима2020/2021</i>	58.3	65.7	44.0	41.3	56.7	38.0
Декабрь 2020	71	49	28	30	35	24
Январь	74	109	66	53	76	44
Февраль	30	39	38	41	59	46
<i>Весна</i>	60.7	62.3	40.3	47.3	50.7	57.7
Март	57	34	19	32	31	23
Апрель	34	40	35	60	31	45
Май	91	113	67	50	90	105
<i>Лето</i>	49.3	66.7	143.7	98.3	96.0	76.0
Июнь	29	84	63	19	35	69
Июль	21	42	99	131	80	19
Август	98	74	269	145	173	140
<i>Осень</i>	67.3	33.7	29.0	29.0	14.7	19.7
Сентябрь	76	31	47	48	12	35
Октябрь	39	10	15	0	2	0
Ноябрь	87	60	25	39	30	24
<i>Год: декабрь2020- ноябрь2021</i>	58.9	57.1	64.3	54.0	54.5	47.9
б) Аномалия сумм осадков за месяц /сезон / год (мм/месяц)						
<i>Зима2020/2021</i>	18.8	23.4	6.2	7.4	17.6	2.5
Декабрь 2020	19.5	-3.6	-15.9	-10.1	-11.4	-19.5
Январь	36.3	69	29	19.1	37.3	8.2
Февраль	0.5	4.9	5.5	13.3	26.9	18.9
<i>Весна</i>	18.3	13.8	6.9	6.6	18.5	18.3
Март	18.0	-7.8	2.4	-2.7	-9.4	18.0
Апрель	-4.8	-2.2	22.7	-14.2	7.8	-4.8
Май	41.8	51.4	-4.3	36.7	57	41.8
<i>Лето</i>	-32.3	-14.4	67.7	25.8	15.4	0.8
Июнь	-49.4	1.3	-8.5	-60.2	-44.4	-15.4
Июль	-72.5	-46.1	18.8	56.7	-8.7	-63.1
Август	24.9	1.6	192.8	80.9	99.4	80.8
<i>Осень</i>	18.7	9.8	-13.6	-6.3	18.7	9.8
Сентябрь	33.2	58.8	0.8	31.2	33.2	58.8
Октябрь	-9.1	-36.9	-19.8	-46.6	-9.1	-36.9
Ноябрь	32.1	7.6	-21.8	-3.4	32.1	7.6
<i>Год: декабрь2020- ноябрь2021</i>	5.9	8.2	16.8	8.4	17.6	7.9

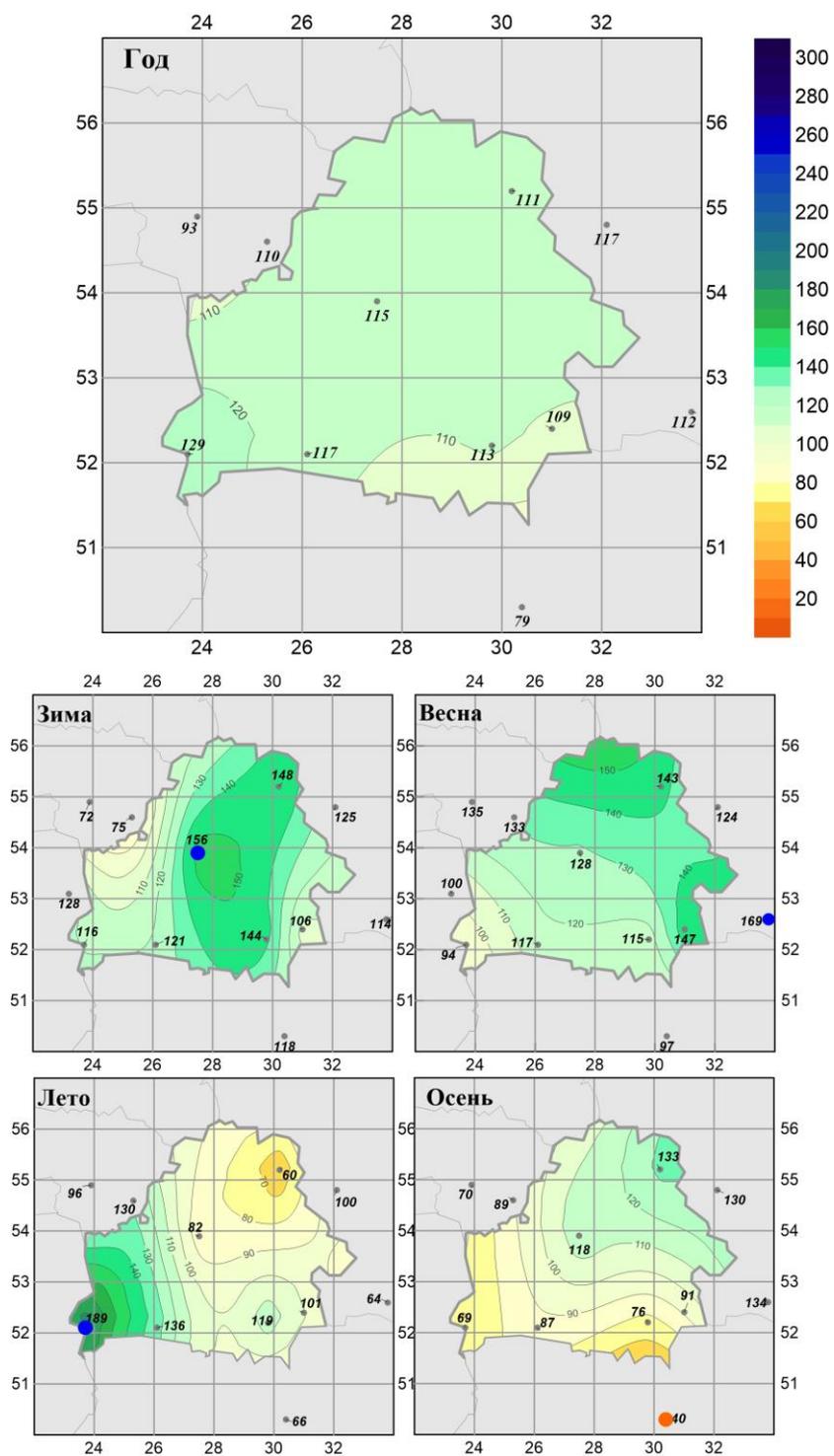


Рисунок 2 - Аномалии годовых (декабрь 2020 – ноябрь 2021) и сезонных сумм осадков (в процентах от нормы) на территории республики Беларусь. Синими кружками показаны станции, осуществились 95% экстремумы выпадения осадков. Цифрами приведены значения аномалий осадков в процентах от нормы на станциях.

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

Таблица 3.

Средние сезонные аномалии температуры, осредненные по территории Беларуси в 2021 году.

νT (°C)- отклонения от средних за 1961-1990 гг.; R – ранг текущих значений в ряду убывающих осадков за 1936-2021гг.

Сезоны	νT	s	R	Рекордный год и его аномалия (νt , °C)
Зима	1.65	2.71	35	1990 (+5.33°C)
Весна	0.44	1.58	39-40	2014(+3.41°C)
Лето	3.33	0.91	2	2010 (+4.08°C)
Осень	0.65	0.92	28	2021 (+3.21°C)
Год	1.54	1.05	16	2021 (+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 – 2021 гг. Показаны линейные тренды за 1976-2021 гг., рассчитанные методом наименьших квадратов.

Таблица 4.

Средние сезонные аномалии месячных сумм осадков, осредненные по территории Беларуси в 2021 году.

νR (мм/месяц)- отклонения от средних за 1961-1990 гг.;
 R – ранг текущих значений в ряду убывающих осадков за 1936-2021гг.

Сезоны	νR	s	R
Зима	11.0	8.1	14
Весна	10.6	10.6	16
Лето	9.7	15.9	24
Осень	-0.7	12.7	47
Год	7.7	5.4	14

Таблица 5.

Оценки линейного тренда регионально осредненной температуры и осадков для республики Беларусь за 1976-2021гг.

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

Сезоны	Температура		Осадки	
	$b_{1976-2021}$ °C/10 лет	$D_{1976-2021}$ %	$b_{1976-2021}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2021}$ %
Зима	0.68	14	2.2	15
Весна	0.48	24	1.8	7
Лето	0.69	53	0.6	0
Осень	0.49	30	0.4	0
Год	0.59	49	1.3	8

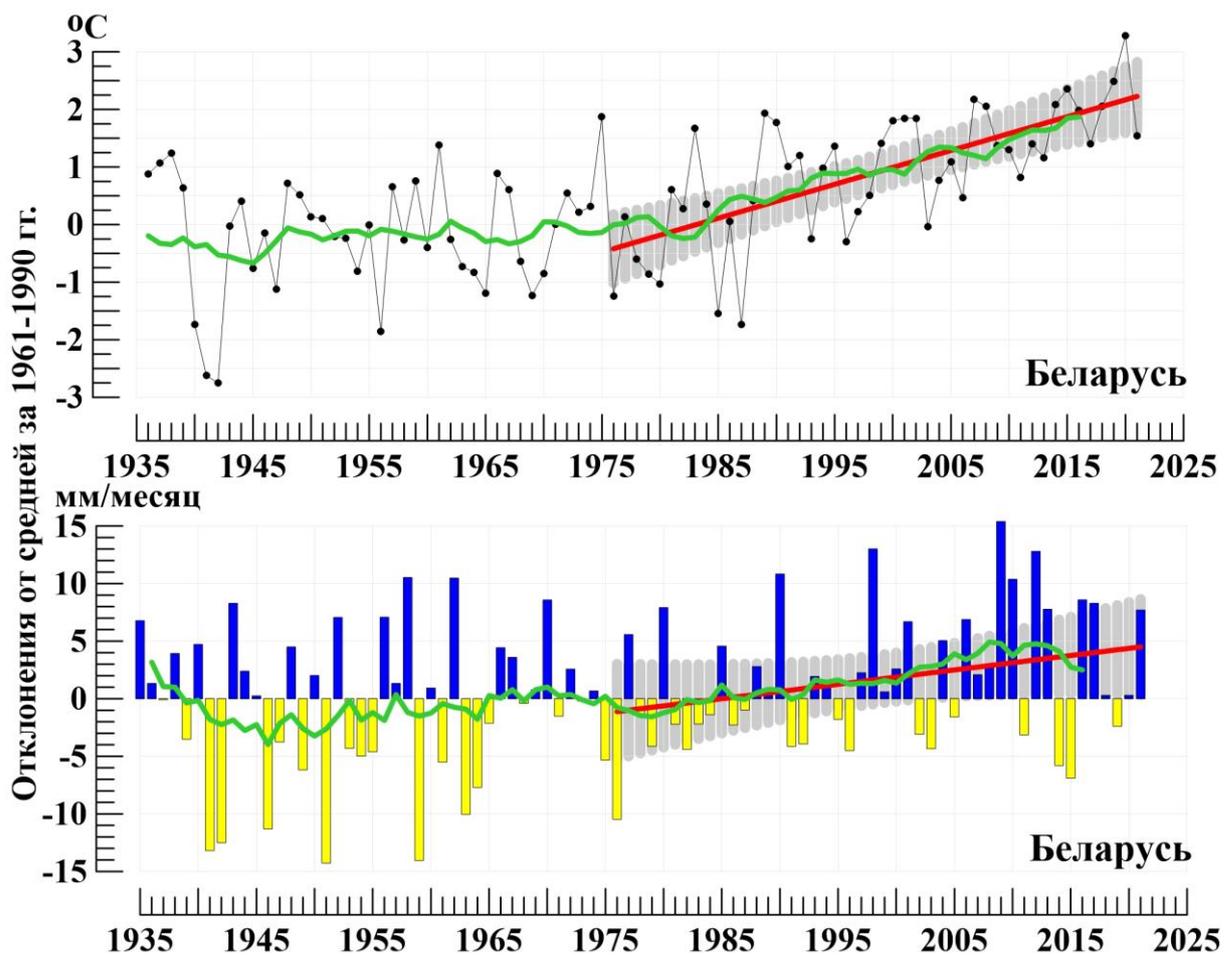


Рисунок 3 - Годовые аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) и месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории республики Беларусь.

Показаны 11-летняя скользящая средняя и линейный тренд за период 1976 – 2021 гг. и 95% -я доверительная область для линии тренда.