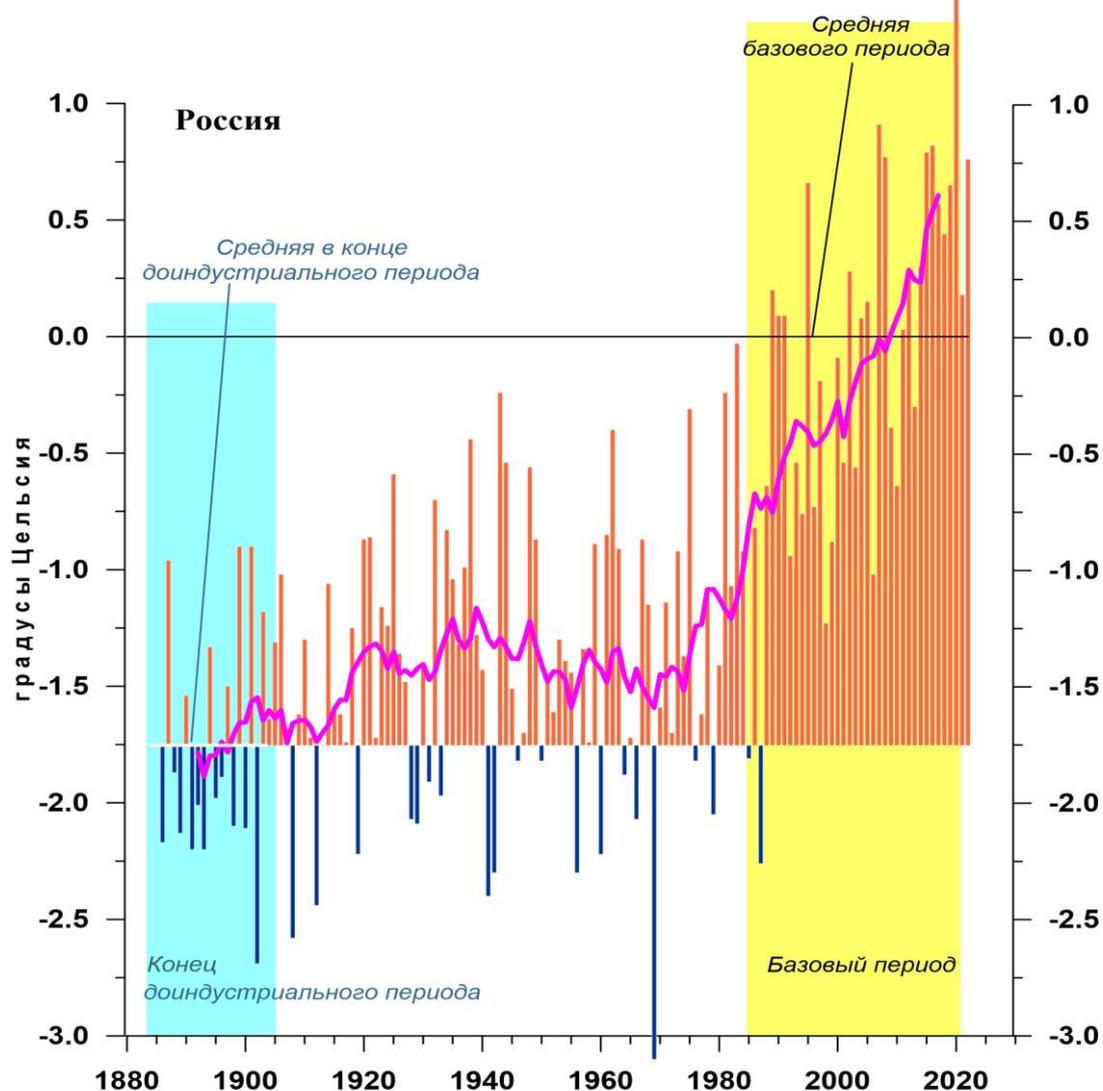


Федеральная служба
по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ФГБУ «Институт Глобального климата и экологии»



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2023

ГОД (ДЕКАБРЬ 2022 – НОЯБРЬ 2023)

Обзор состояния и тенденций изменения
климата России



Москва 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ¹

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ СРЕДНЕГОДОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ШАРА, СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ.....	6
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ 2023 ГОДА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	8
3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	19
4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ В РЕГИОНАХ РОССИИ, 1936-2023 гг.....	25
5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2023 гг.	31
ВЫВОДЫ	34
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности 2023 г. на территории Республики Беларусь	37

¹ На обложке приведен ход средней годовой аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2023 гг.

Аномалия температуры рассчитана как отклонение от средней температуры за базовый период 1991-2020 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 1991-2020 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 непревышения значения X_0 , как и обеспеченностью. Региональные индексы экстремальности определяются как доля площади региона, где вероятности непревышения $F(X_0) \leq \alpha\%$ или $F(X_0) \geq 100 - \alpha\%$ и $\alpha\%$ – обеспеченность искомых экстремумов.

Для характеристики степени аномальности полей температуры воздуха используется "коэффициент аномальности" (предложен Н.А. Багровым), равный среднему квадратическому значению нормированной аномалии температуры (осреднение по площади). Чем больше индекс аномальности климата, тем больше отличается от нормы анализируемое состояние климатической системы.

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

Бюллетень подготовлен в ФГБУ «ИГКЭ»** с использованием материалов НИУ Росгидромета: ФГБУ «Гидрометцентр РФ» и ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». Дополнительная информация по проблеме изменений климата и годовые и сезонные бюллетени мониторинга климата регулярно размещаются на Интернет-сайте (<http://www.igce.ru/performance/publishing> (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 2023 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 станционным 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 1976-2023 гг. составил для Земного шара $+0,19^{\circ}\text{C}/10$ лет (объясненная трендом доля дисперсии ряда - 88%), для Северного полушария: $+0,34^{\circ}\text{C}/10$ лет (88%).

Средние годовые аномалии температуры составили $+0,517^{\circ}\text{C}$ для Земного шара в целом и $+0,760^{\circ}\text{C}$ для Северного полушария: рекордные величины в соответствующих рядах наблюдений с 1850 года. Для России в целом среднегодовая аномалия температуры составила $+1,08^{\circ}\text{C}$ – вторая величина в ранжированном по убыванию ряду наблюдений.

Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений годовых температур за период 1976-2023 гг. в среднем для Земного шара, СП и России, приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Годовые (декабрь 2021-ноябрь 2023 года) аномалии и оценки линейного тренда пространственно осредненной приповерхностной температуры Земного шара и температуры приземного воздуха СП и России за период 1976-2023г.

Регионы	νT_{2023}	b , $^{\circ}\text{C}/10$ лет	D %
Земной шар	0,517	0,19	88
СП	0,760	0,34	88
Россия	1,08	0,50	55

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

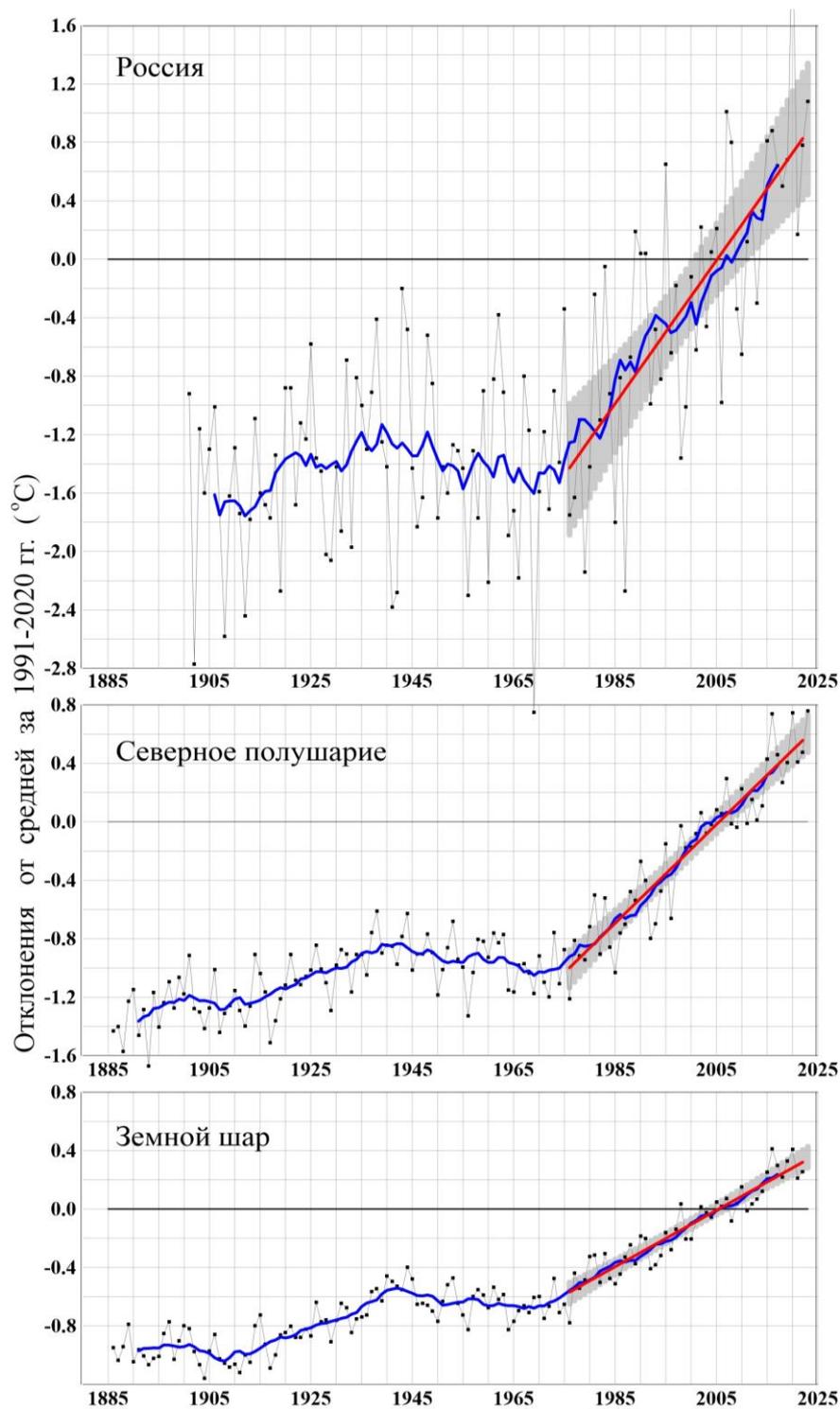


Рисунок 1.1 – Годовая аномалия (декабрь–ноябрь) приповерхностной температуры Земного шара, Северного полушария (суша) и России за 1886- 2023 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от средней за базовый период 1991-2020 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 2023 ГОДА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

На рис. 2.1 и 2.3 представлены карты годовых и сезонных аномалий температуры и осадков в 2023 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 1936-2022 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 2023 году:

νT - отклонения от средних за 1991-2020 гг.; $P(t \leq T_{2023})$ - вероятности неперевышения (в скобках в столбце νT) – рассчитаны по данным за 1936-2022 гг. и выражены в %; s – среднее квадратическое отклонение за 1991-2020 гг. (выделены значения, попавшие в 5% максимальных или минимальных).

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	$\nu T, ^\circ C$ (P)	s, °C								
Россия	1,08 (99)	0,77	0,42 (77)	1,62	1,06 (92)	1,17	0,87 (98)	0,51	1,96(99)	1,12
Физико-географические регионы России										
Европейская часть РФ	1,29 (99)	0,88	1,23 (41)	2,07	1,91 (97)	1,08	0,46 (78)	1,00	1,56 (97)	1,31
Азиатская часть РФ	1,00 (99)	0,81	0,12 (80)	1,65	0,75 (86)	1,35	1,30 (100)	0,48	2,10 (99)	1,15
Западная Сибирь	1,61 (99)	1,17	1,47 (61)	2,77	0,98 (83)	1,93	1,14 (98)	0,96	1,84 (100)	1,60
Средняя Сибирь	1,00 (95)	1,06	-0,45 (83)	2,57	0,51 (79)	1,69	1,22 (98)	0,67	2,70 (99)	1,53
Прибайкалье и Забайкалье	0,88 (95)	0,75	1,02 (98)	1,97	0,14 (75)	1,31	0,66 (95)	0,62	1,68 (99)	1,13
Приамурье и Приморье	0,77 (97)	0,51	-0,78 (38)	1,37	1,73 (98)	1,10	1,03 (99)	0,62	1,06 (93)	0,94
Восточная Сибирь	0,65 (91)	0,87	-0,53 (93)	1,41	0,62 (84)	1,45	0,93 (98)	0,60	1,56 (94)	1,37
Федеральные Округа РФ										
Северо-Западный	1,34 (98)	1,07	2,23 (87)	2,59	1,31 (88)	1,45	0,79 (85)	0,81	1,03 (87)	1,60
Центральный	1,08 (98)	0,90	1,31 (82)	2,23	1,57 (97)	1,06	0,04 (69)	1,13	1,39 (94)	1,44
Приволжский	1,35 (98)	0,94	0,19 (67)	2,40	3,13 (99)	1,35	0,13 (70)	1,16	1,96 (100)	1,41
Южный	1,35 (99)	0,94	0,67 (72)	1,82	1,77 (99)	1,02	0,58 (82)	1,23	2,38 (100)	1,38
Северо-Кавказский	1,33 (99)	0,84	0,52 (69)	1,46	1,63 (100)	0,96	0,91 (89)	1,05	2,10 (99)	1,26
Уральский	1,91 (98)	1,35	2,03 (79)	2,95	1,56 (90)	2,15	1,11 (97)	1,13	2,95 (99)	1,83
Сибирский	1,03 (97)	1,02	0,51 (77)	2,73	0,07 (76)	1,62	1,09 (100)	0,63	2,45 (100)	1,48
Дальневосточный	0,78 (94)	0,71	-0,54 (58)	1,14	0,91 (87)	1,26	0,97 (99)	0,51	1,74 (99)	1,03

В таблице 2.2 приведены средние месячные аномалии температуры (°С) для физико-географических регионов России и федеральных округов РФ в 2023 г.

Таблица 2.2

Средние месячные аномалии температуры, осредненные по территории регионов РФ в 2023 г. *Красным цветом выделены месяцы с положительными аномалиями температуры, синим – с отрицательными.*

Регионы	Аномалии температуры (°С)											
	дек 22	яне	фев	март	апр	май	июнь	июль	авг	сен	окт	ноя
Российская Федерация	0,71	-0,80	1,35	2,81	-0,20	0,58	0,18	0,84	1,62	1,45	2,12	2,29
Физико-географические регионы России												
Европейская часть России	0,12	1,52	2,01	2,59	1,62	1,52	-0,98	0,18	2,21	2,63	0,26	1,77
Азиатская часть России	0,92	-1,65	1,10	2,88	-0,87	0,23	0,60	1,08	1,40	1,02	2,81	2,49
Западная Сибирь	-1,25	2,34	3,32	2,85	-1,59	1,67	-0,08	2,02	1,46	2,18	2,42	3,94
Средняя Сибирь	1,45	-5,19	2,41	3,58	-2,03	-0,04	0,44	0,85	2,37	0,88	4,01	3,23
Прибайкалье и Забайкалье	-0,05	0,58	2,52	4,00	-2,60	-0,97	0,07	0,49	1,41	1,47	3,36	0,22
Приамурье и Приморье	1,38	-3,31	-0,42	4,34	0,55	0,29	0,54	1,60	0,95	0,82	2,18	0,17
Восточная Сибирь	2,60	-2,00	-2,20	0,92	1,15	-0,20	1,68	0,55	0,57	-0,03	1,96	2,78
Федеральные Округа РФ												
Северо-Западный	-0,22	3,72	3,15	0,39	0,74	2,78	-0,72	0,28	2,81	3,64	-0,32	-0,24
Центральный	0,82	1,25	1,84	2,89	2,22	-0,41	-1,12	-0,81	2,03	2,55	0,04	1,58
Приволжский	-0,15	-1,08	1,79	4,74	2,85	1,79	-1,72	0,75	1,36	2,00	0,51	3,38
Южный	1,10	0,67	0,26	4,24	1,34	-0,27	-0,48	-0,17	2,38	1,62	1,49	4,05
Северо-Кавказский	0,71	1,22	-0,36	3,67	1,11	0,16	0,26	0,00	2,76	0,55	1,45	4,11
Уральский	-0,14	1,56	4,67	2,45	-0,73	2,96	-0,77	2,34	1,78	2,62	2,27	3,95
Сибирский	-0,34	-0,65	2,51	3,41	-2,97	-0,24	0,37	1,07	1,83	1,59	3,41	2,33
Дальневосточный	1,80	-2,94	-0,47	2,73	0,18	-0,19	1,03	0,79	1,09	0,35	2,62	2,26

2023 год в целом (рис.2.1) был очень теплым: средняя годовая температура воздуха, осредненная по территории РФ превысила норму 1991-2020 гг. на 1,08°С – вторая величина в ряду после рекордного 2020 г. (2,25°С). Температуры выше климатической нормы наблюдались на всей территории страны. Экстремальные условия (аномалии температуры выше 1,5°С, на станциях фиксировались 95%-е экстремумы) сложились в ЕЧР (1,29°С – ранг 2), экстремально тепло во всех федеральных округах страны: средние аномалии температуры среди трех самых крупных (лишь в ДФО средняя аномалия шестая в ряду).

Из сезонов особо выделяются лето (0,87°С – ранг 3) и осень (1,96°С – ранг 2).

Зимой 2022/23 гг. осредненная по территории РФ сезонная аномалия 0,42°С (ранг 23). Температуры выше климатической нормы наблюдались на большей части ЕЧР в Западной Сибири, на западе Среднесибирского плоскогорья, в районе Байкала, в Чукотском АО. 95%-е экстремумы температуры фиксировались на побережье Баренцева и Белого морей, в Забайкалье (осредненная по региону Прибайкалье и Забайкалье аномалия температуры составила 1,02°С – ранг 3). Температуры ниже климатической нормы наблюдались на большей части ПФО, на большей части ДФО, в Западном Саяне.

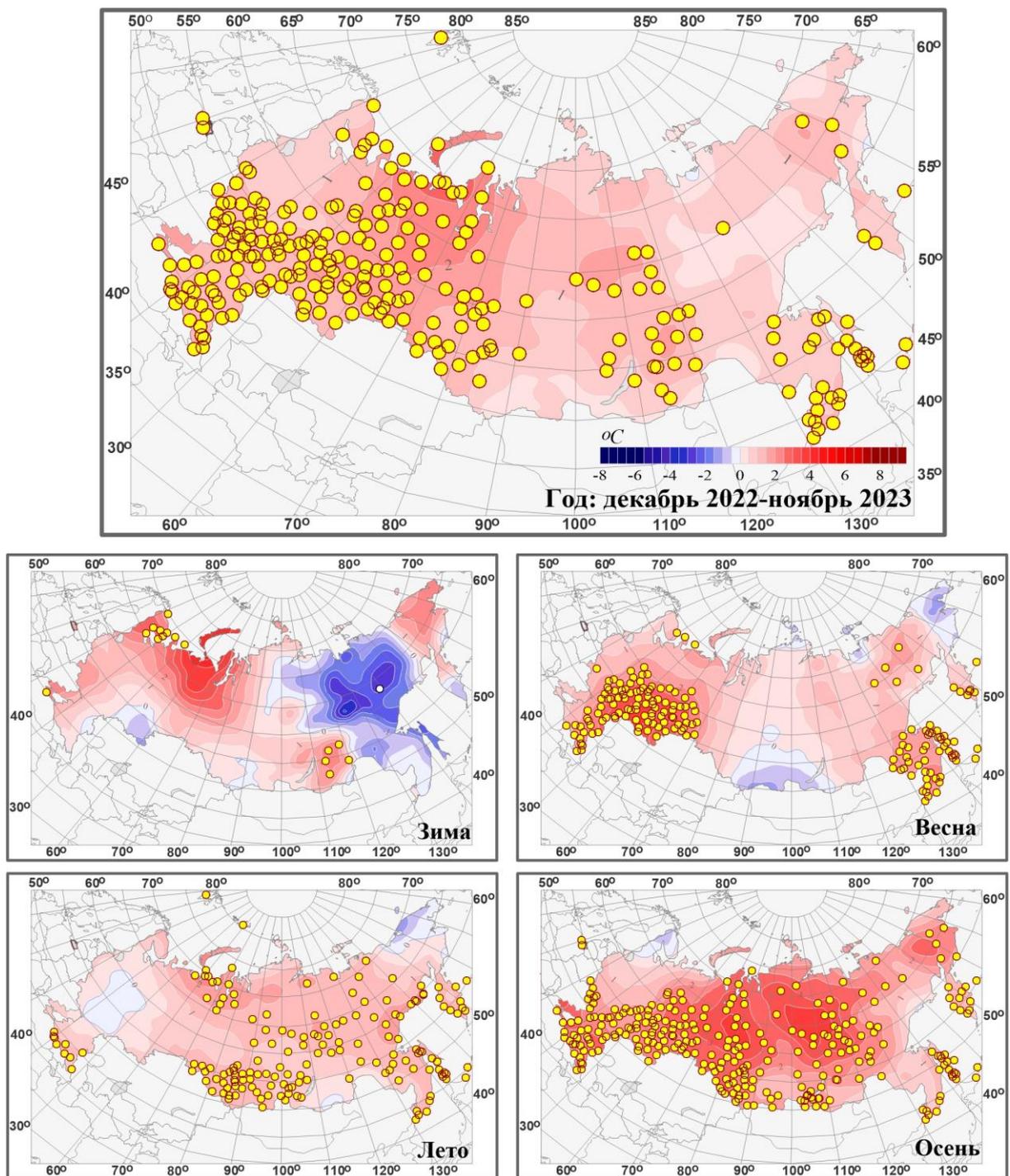


Рисунок 2.1 - Поля аномалий температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России в 2023 г., в среднем за год и по сезонам. Кругами белого цвета показано местоположение станционных экстремумов ниже 5-го перцентиля, желтого – выше 95-го перцентиля. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за базовый период 1991-2020 гг.

Декабрь 2022 г. Средняя по РФ аномалия составила $+0,71^{\circ}\text{C}$. Температуры выше климатической нормы наблюдались на юге ЕЧР, в центральных и северных районах Средней Сибири, на Чукотке и Камчатке (аномалии около $+6^{\circ}\text{C}$, на ряде станций Чукотки и Камчатки отмечались 95%-е

экстремумы). Температуры ниже климатической нормы в центре и на севере ЕЧР, на юге Западной Сибири, на Алтае и в Саянах (аномалии ниже -3°C), на юге Якутии, в Магаданской области.

Январь. Осредненная в целом по России аномалия температуры составила $-0,80^{\circ}\text{C}$. Температуры выше климатической нормы наблюдались на западе и севере ЕЧР, и, далее, на западе Западной Сибири, на Алтае и в Саянах (на многих станциях севера ЕЧР отмечались 95%-е экстремумы). Еще одна область, где температуры были выше климатической нормы – Чукотский АО. Температуры ниже климатической нормы наблюдались на Среднесибирском плоскогорье и, далее на восток до Чукотки, на ряде станций СФО и ДФО отмечались 5%-е экстремумы холода. Еще одна область, где температуры были ниже климатической нормы - ПФО.

Февраль. Осредненная в целом по России аномалия температуры составила $1,35^{\circ}\text{C}$. Температуры выше климатической нормы наблюдались в ЕЧР (кроме предгорий Кавказа), в АЧР до ДФО (не включая Забайкалье). 95%-е экстремумы отмечались на севере Среднесибирского плоскогорья (аномалии температуры – до 9°C) и в Забайкалье.

Температуры ниже климатической нормы наблюдались в ДФО (не включая Забайкалье), аномалии температуры до $-4,5^{\circ}\text{C}$. Небольшие области отрицательных аномалий температуры наблюдались на юге ЕЧР, на Алтае.

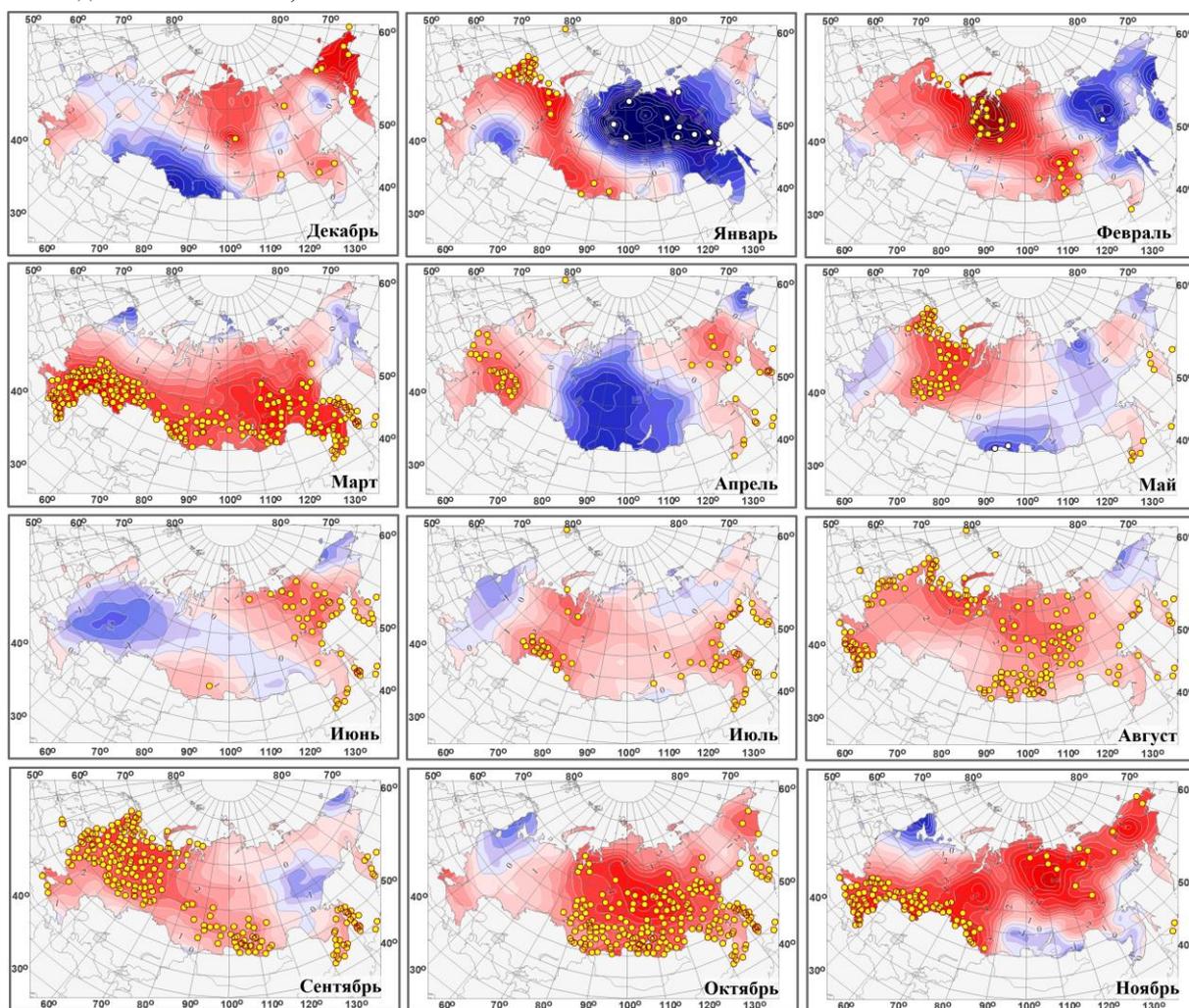


Рисунок 2.2 – Поля средних месячных аномалий температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России в 2023 г. Условные обозначения см. на рис.2.1

Весной 2023 года осредненная аномалия по РФ составила $1,06^{\circ}\text{C}$ – восьмая величина в ряду с 1936 года. На большей части страны температуры были выше климатической нормы. Особенно теплые условия (95%- экстремумы на станциях) отмечались в центре и на юге ЕЧР ($1,91^{\circ}\text{C}$ - ранг 4), осредненные по ЦФО, ЮФО,

ПФО, СКФО аномалии температуры - среди четырех самых крупных, а также в Приамурье и Приморье ($1,73^{\circ}\text{C}$ – ранг 3).

Температуры ниже климатической нормы наблюдались на Алтае и в Саянах, на севере Таймыра, в дельте Яны, на Новосибирских островах, на Чукотке (аномалии до $-2,4^{\circ}\text{C}$).

В марте осредненная аномалия температуры в целом по РФ $2,28^{\circ}\text{C}$ пятая величина в ряду. Температуры выше климатической нормы наблюдались на большей части страны (кроме Карелии и Мурманской области, Новой Земли, Таймыра, Магаданской области и Корякского АО). 95%-е экстремумы отмечались всюду в центре и на юге страны. Аномалии температуры осредненные по регионам: Прибайкалье и Забайкалье ($2,74^{\circ}\text{C}$) и Приамурье и Приморье ($2,23^{\circ}\text{C}$); по федеральным округам: ПФО ($2,68^{\circ}\text{C}$), ЮФО ($2,35^{\circ}\text{C}$), СКФО ($1,86^{\circ}\text{C}$) – среди трех самых крупных в соответствующих рядах.

Температуры ниже климатической нормы наблюдались в Карелии и Мурманской области, на Новой Земле, на Таймыре, в Магаданской области и в Корякском АО.

Апрель. Осредненная по РФ аномалия температуры $-0,20^{\circ}\text{C}$. Температуры выше климатической нормы наблюдались на ЕЧР (на большинстве станций центральных областей отмечались 95%-е экстремумы), на севере и востоке ДФО (кроме Чукотки, на многих станциях отмечены 95%-е экстремумы).

Температуры ниже климатической нормы наблюдались в АЧР от Урала до Хатанги (на севере) и Олекмы (на юге) (на Среднесибирском плоскогорье аномалии до $-4,5^{\circ}\text{C}$), а также на Чукотке.

Май. Осредненная по РФ аномалия температуры составила $0,58^{\circ}\text{C}$ – одиннадцатая величина в ряду. Температуры выше климатической нормы наблюдались на ЕЧР (кроме юго-запада); в Западной Сибири; на Среднесибирском плоскогорье (95%-е экстремумы отмечались повсеместно вдоль побережья Белого, Баренцево, Карского морей, на Урале, осредненные аномалии температуры по СЗФО ($2,78^{\circ}\text{C}$) и УФО ($2,96^{\circ}\text{C}$) – среди четырех самых крупных); в бассейнах рек Индигирки и Колымы, на Камчатке, в Приморье.

Температуры ниже климатической нормы наблюдались на юго-западе ЕЧР, на Алтае и в Саянах (аномалии до $-4,3^{\circ}\text{C}$), в бассейнах рек Лены и Яны, в Хабаровском крае; а также на Чукотке.

Летом осредненная по РФ в целом аномалия температуры составили $0,87^{\circ}\text{C}$ – третья величина в ряду (более высокие значения аномалий наблюдались летом 2021 г. ($+1,08^{\circ}\text{C}$) и 2016 г. ($+0,93^{\circ}\text{C}$)). Осредненная по АЧР аномалия температуры $+1,30^{\circ}\text{C}$ – максимальная величина в ряду, осредненные по регионам и федеральным округам АЧР аномалии температуры – среди пяти самых крупных, на многих станциях СФО и ДФО отмечены 95%-е экстремумы. На ЕЧР на большей части наблюдались небольшие положительные аномалии температуры, экстремально тепло на юге в предгорьях Кавказа, а в центре наблюдались слабые отрицательные аномалии (до $-0,7^{\circ}\text{C}$) за счет прохладных июня и июля в ЦФО и ЮФО и прохладного июня в ЗСФО и ПФО. Кроме того, температуры ниже нормы отмечались на Чукотке (аномалии до $-2,0^{\circ}\text{C}$).

Июнь. Осредненная по РФ аномалия температуры составила $0,18^{\circ}\text{C}$ – 15-ая величина в ряду. Температуры ниже климатической нормы наблюдались на большей части ЕЧР (кроме предгорий Кавказа, Карелии, Мурманской области) и, далее, полосой в центральных районах СФО и в Забайкалье (аномалии до $-2,9^{\circ}\text{C}$). Кроме того, температуры ниже климатической нормы наблюдались в Чукотском АО. На остальной территории страны (на юге СФО, на большей части ДФО) температуры были выше климатической нормы. Осредненные по Восточной Сибири и ДФО) аномалии температуры составили $1,68^{\circ}\text{C}$ и $1,03^{\circ}\text{C}$ – третьи величины в соответствующих рядах.

Июль. Осредненная по РФ аномалия температуры составила $0,84^{\circ}\text{C}$ – вторая величина в ряду. Температуры выше нормы наблюдались на востоке ЕЧР и на большей части АЧР (кроме севера Якутии, побережья Таймыра, Чукотского АО, приграничных с Монголией районов Забайкалья),

осредненная по АЧР аномалия температуры: +1,08°C – максимальная величина в ряду, 95%-е экстремумы фиксировались на Южном и Северном Урале, (осредненная по УФО аномалия температуры: +2,34°C – ранг 4), в Приамурье и Приморье (+1,60°C – ранг 4), в Хабаровском крае, на Камчатке.

Температуры ниже климатической нормы наблюдались на западе и в центре ЕЧР (аномалии в Карелии до -2,1°C), на севере Якутии (на Новосибирских островах аномалии до -1,6°C), на побережье Таймыра, Чукотского АО, приграничных с Монголией районов Забайкалья.

Август. Осредненные по РФ и по АЧР аномалии температуры составила 1,62С и 1,40С – максимальные величины в ряду, а по ЕЧР - +2,21°C – шестая в ряду. Температуры выше нормы наблюдались на большей части страны (кроме Чукотки), 95%-е экстремумы наблюдались на многих станциях СЗФО (+2,81°C – ранг 2), ЮФО, СКФО (+2,76°C – ранг 2), СФО (+1,83°C – ранг 3) и ДВФО (+1,09°C – ранг 5).

На Чукотке температуры были ниже климатической нормы (аномалии на побережье Чукотского моря до -2,4°C).

Осень. Осредненная по РФ аномалия температуры 1,96°C – вторая величина в ряду (рекордное значение зафиксировано осенью 2020: 2,24°C). Всюду (кроме Карелии и Кольского полуострова) температуры были выше климатической нормы. 95%-е экстремумы зарегистрированы на 42% станций страны. Аномалии температуры, осредненные по всем регионам (кроме Приамурья и Приморья и Восточной Сибири) и федеральным округам (кроме СЗФО и ЦФО) - среди четырех самых крупных.

В Карелии и на Кольском полуострове температуры были ниже климатической нормы (аномалии до -1°C).

Сентябрь. Осредненная по РФ аномалия температуры 1,45°C – вторая величина в ряду (самым теплым сентябрь был в 2020 (+1,76°C)), по ЕЧР - +2,63°C – рекордная величина (особенно тепло в СЗФО (+3,64°C – ранг 1) и в ЦФО (+2,55°C – ранг 2)); по АЧР - +1,02°C – четвертая величина (особенно тепло особенно тепло в УФО (+2,62°C – ранг 3) и в СФО (+1,59°C – ранг 5). В этих федеральных округах на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы.

Температуры выше климатической нормы наблюдались на юге Якутии, в Хабаровском крае, на Чукотке.

Октябрь. Осредненные по РФ и АЧР аномалии температуры +2,12°C и +2,81°C – вторые величины в ряду (максимальные величины аномалий зафиксированы в 2018 г. (+2,51°C и +3,06°C). Температуры выше климатической нормы наблюдались на большей части страны (кроме северо-запада страны). Особенно тепло в центре и на юге АЧР, осредненные по всем регионам и округам АЧР (кроме УФО) аномалии температуры среди четырех самых крупных.

Температуры ниже климатической нормы наблюдались на северо-западе страны (аномалии до -2,2°C).

Ноябрь. Осредненная по РФ ноябрьская аномалия температуры 2,29°C (ранг 6). Всюду (кроме Карелии и Кольского полуострова) температуры были выше климатической нормы. 95%-е экстремумы отмечались на юге ЕЧР (в ПФО (3,38°C – ранг 5), в ЮФО (4,05°C – ранг 2), в СКФО (4,11°C – ранг 1)).

В Карелии и на Кольском полуострове температуры были ниже климатической нормы.

Атмосферные осадки

Все приводимые в данном разделе оценки, как и для температуры, получены по данным станционных наблюдений месячного разрешения. Данные осреднены сначала внутри календарных сезонов каждого года и за год в целом, а затем – по территории регионов. Зимний сезон и год включают декабрь 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 2023 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 1991-2020 гг.). Регионально осредненные аномалии осадков в 2023 г. приведены в табл.2.3 в мм/месяц и в процентах от нормы (также в таблице для каждого значения аномалии приведена вероятность непревышения относительно периода 1936-2014гг.). В таблице 2.4 приведены относительные аномалии месячных сумм осадков (в процентах от нормы) в 2023 г. в рассматриваемых регионах России.

В целом по РФ за год количество выпавших осадков составило 105% нормы (в убывающем ряду в конце первой десятки). Значительный избыток осадков (на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы) наблюдался в центре и на юге ЕЧР: в ЦФО (118% - ранг 5) и в ЮФО (122% - ранг 2); на Среднесибирском плоскогорье и Северо-Сибирской низменности (в регионе Средняя Сибирь выпало 110% - ранг3).

Дефицит осадков наблюдался на Урале, в бассейне рек Амур и Анадырь.

Из особенностей сезонов следует отметить «влажную» осень (в целом по РФ выпало 117% нормы – максимальная величина в ряду), «влажную» весну в ДФО (120% - ранг 4) и «сухую» весну на юге Западной Сибири, «сухое» лето в Восточной Сибири (78% - среди трех самых «сухих» летних сезонов).

Зимой 2022/23 гг. Осредненные осадки за зимний сезон в целом по РФ составили 105% нормы. Избыток осадков наблюдался на западе ЕЧР (на станциях фиксировались 95%-е экстремумы), на большей части АЧР (особенно на Северо-Сибирской низменности). Дефицит осадков наблюдался в центре и на востоке ЕЧР, в районе Обской губы, на побережье Восточно-Сибирского моря, в Забайкалье, в Приамурье и Приморье.

Декабрь 2022 г. Осредненные по РФ осадки 113% нормы (ранг 13). Значительный избыток осадков (более 120%, на ряде станций отмечались 95%-е экстремумы) наблюдался на западе и в центре ЕЧР (особенно в ЦФО (201% – ранг 1), в Якутии, на Чукотке и Камчатке. Дефицит осадков наблюдался в предгорьях Кавказа, на севере ЕЧР и Западной Сибири, в Забайкалье.

Январь. Осредненные по РФ осадки: 99% нормы. Дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался в центре и на юге ЕЧР (в ЮФО выпало 34% нормы осадков – среди двух «самых сухих» в ряду, минимальное количество осадков здесь наблюдалось в январе 1971 года: 17% нормы); в нижнем течении Лены и в бассейне Алдана; в Приморье

Избыток осадков (более 120%) наблюдался на севере ЕЧР и Западной Сибири, на большей части СФО (146% - ранг 2), в Магаданской области, на Камчатке.

Февраль. Осредненные по РФ осадки 105% нормы. Избыток осадков (более 80%) наблюдался на юге ЕЧР (особенно в ЮФО (194% нормы – ранг 2), в АЧР: в центре и на севере от Урала до бассейна Лены.

Дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался на юге АЧР (особенно в Приамурье, где осадков выпало менее 40% нормы, осредненные по региону Приамурье и Приморье осадки составили 47% нормы – среди семи самых «сухих»), на востоке Якутии и на Чукотке. Небольшой дефицит осадков наблюдался на севере ЕЧР.

Весна 2023. В целом за сезон осредненные по территории РФ осадки составили 105% нормы. Значительный избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался на юге

ЕЧР (в ЮФО выпало 144% нормы – максимальная величина в ряду), в районе Байкала, в Якутии, в Хабаровском крае, на Камчатке (на ряде станций отмечались 95%-е экстремумы, осредненные по ДФО осадки составили 120% нормы – четвертая величина в ряду). Сильный дефицит осадков отмечался на Южном Урале, на юге Западной Сибири (осредненные по Западной Сибири осадки 72% - среди семи самых «сухих» весенних сезонов).

Таблица 2.3

Средние годовые (декабрь - ноябрь.) и сезонные аномалии осадков для физико-географических регионов России и федеральных округов РФ в 2023 году: νR (мм/месяц)- отклонения от средних за 1991-2020 гг; RR – отношение R_{2017} к норме, выраженное в %; $P(r \leq R_{2023})$ Вероятности неперевышения (в скобках в столбце νR)– рассчитаны по данным за 1936-2021 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	2,0 (92)	105	1,3 (78)	105	1,5 (83)	105	-2,1 (26)	97	7,4 (100)	117
Физико-географические регионы России										
Европейская часть РФ	3,4 (93)	107	0,6 (66)	101	2,9 (79)	108	-2,1 (43)	96	12,5 (99)	125
Азиатская часть РФ	1,5 (87)	104	1,6 (83)	108	0,9 (79)	104	-2,1 (22)	97	5,3 (99)	113
Западная Сибирь	-0,5 (60)	99	4,5 (91)	117	-9,0 (8)	72	-0,5 (49)	99	3,1 (79)	82
Средняя Сибирь	3,5 (97)	110	2,4 (89)	113	3,3 (93)	114	0,8 (53)	102	7,4(98)	105
Прибайкалье и Забайкалье	0,3 (59)	101	0,9 (77)	109	3,5 (87)	118	-2,9 (39)	96	-0,5 (52)	90
Приамурье и Приморье	0,3 (52)	100	-4,0 (32)	75	1,5 (72)	104	4,6 (58)	104	1,0 (38)	104
Восточная Сибирь	2,5 (83)	108	1,0 (55)	105	7,3 (97)	140	-10,7 (2)	78	12,5 (100)	109
Федеральные Округа РФ										
Северо-Западный	2,2 (85)	104	1,1 (74)	103	0,9 (66)	102	-4,6 (45)	93	11,5 (93)	120
Центральный	9,2 (95)	118	8,2 (87)	120	3,7 (67)	109	7,4 (68)	111	17,6 (91)	133
Приволжский	-0,3 (48)	99	-4,5 (44)	87	-2,9 (43)	92	-7,0 (25)	88	13,3 (87)	129
Южный	9,3 (98)	122	1,1 (52)	102	17,0 (100)	144	5,1 (70)	110	14,0 (88)	134
Северо-Кавказский	-0,6 (49)	99	-4,8 (31)	84	13,6 (93)	134	-5,8 (31)	91	-5,4 (39)	88
Уральский	-2,3 (43)	94	2,5 (85)	109	-8,2 (18)	75	-3,4 (43)	95	0,0 (53)	100
Сибирский	3,3 (93)	109	3,7 (91)	116	-1,6 (48)	94	5,3 (76)	109	5,8 (98)	115
Дальневосточный	1,3 (80)	104	0,0 (51)	100	4,5 (97)	120	-6,2 (9)	91	6,7 (98)	117

Март. Осредненные по РФ осадки 144% нормы – максимальная величина в ряду. Избыток осадков наблюдался почти на всей территории страны (кроме северо-востока, Прикаспия, Среднего Поволжья, Южного Урала). Осредненные по ЕЧР (146%) и по АЧР (142%) осадки – также максимальные величины в соответствующих рядах. В регионах: Средняя Сибирь (171%), Прибайкалье и Забайкалье (140%); в СЗФО (166%), ЦФО (173%), СФО (146%), ДФО (140%) – осредненные осадки – также рекордные в рядах.

Дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался на северо-востоке страны в междуречье Яны и Колымы, в Прикаспии, в Среднем Поволжье, на Южном Урале.

Апрель. Осредненные по РФ осадки 105% нормы. Избыток осадков (более 120% нормы, на ряде станций фиксировались 95%-е экстремумы) наблюдался на юго-западе ЕЧР (в ЮФО выпало 166% нормы – третья величина в ряду), на Среднесибирском плоскогорье и далее на восток (кроме северных районов АЧР). Дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался на севере и востоке ЕЧР, в Западной Сибири (74% нормы), на Чукотке.

Май. Осредненные по РФ осадки: 81% нормы (среди одиннадцати самых «сухих»), а по АЧР 78% нормы (среди трех самых «сухих», так мало осадков в мае выпало лишь в 1954 (70%) и 1937 (77%)). Сильный дефицит осадков (40-80% нормы, на многих станциях фиксировались 5%-е экстремумы) наблюдался в УФО (44% нормы – минимальная величина в ряду) и в СФО (63% - среди двух самых сухих, минимум осадков отмечен в мае 1999 г. (61%)). Сильный дефицит осадков наблюдался также на западе ЕЧР и на Чукотке.

Избыток осадков наблюдался на юге ЕЧР и в бассейнах рек Индигирка и Колыма.

Лето. Осредненные по территории РФ осадки составили 97%. Дефицит осадков наблюдался на севере ЕЧР (кроме Карелии), в Западной Сибири, на большей части ДФО (кроме Приморья, в целом по округу выпало 91% нормы осадков – среди девяти самых «сухих» летних сезонов, а в целом по Восточной Сибири 78% - среди трех самых «сухих» летних сезонов). Избыток осадков наблюдался на юге ЕЧР, в Карелии, на большей части СФО, в Приморье.

Летом атмосферные засухи наблюдались во многих областях ЮФО, СКФО, ПФО, УФО, СФО. Началу засух в июне способствовал, в основном, дефицит осадков на юго-востоке ЕЧР и на юге Сибири; их продолжению в июле в ПФО, на юге УФО и СФО – экстремумы температуры; сильному развитию в августе на юге ЕЧР – крупные положительные температурные аномалии и дефицит осадков.

Таблица 2.4

Месячные относительные аномалии осадков в регионах РФ в 2023 г. *Зеленым цветом показаны месяцы, когда осадков выпало выше нормы, желтым – ниже нормы.*

Регионы	Аномалии осадков (% нормы)											
	дек22	январь	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя
Российская Федерация	113	99	105	144	105	81	96	106	89	94	124	138
Физико-географические регионы России												
Европейская часть России	117	80	121	146	98	87	78	142	65	63	142	172
Азиатская часть России	110	114	95	142	109	78	104	92	97	107	114	118
Западная Сибирь	96	139	102	133	74	38	95	101	102	90	114	120
Средняя Сибирь	108	108	115	171	108	79	119	103	87	107	141	105
Прибайкалье и Забайкалье	102	125	91	140	131	94	99	92	99	99	94	102
Приамурье и Приморье	97	78	47	137	121	82	135	64	124	96	69	152
Восточная Сибирь	134	96	79	124	139	133	69	97	73	140	120	123
Федеральные округа РФ												
Северо-Западный	98	114	95	166	81	74	62	144	70	100	137	123
Центральный	201	76	121	173	116	60	79	167	77	23	177	206
Приволжский	104	68	108	128	62	87	73	125	61	50	159	179
Южный	72	34	194	110	166	150	111	169	37	33	109	262
Северо-Кавказский	45	62	134	133	118	132	128	96	40	61	59	149
Уральский	98	113	114	135	70	44	110	91	87	67	106	137
Сибирский	96	146	97	146	99	63	109	103	113	111	128	102
Дальневосточный	120	91	86	140	128	97	98	86	91	114	108	126

Июнь. Осредненные осадки по РФ – 96% нормы. Дефицит осадков (менее 80%) – в центре и на севере ЕЧР (78%, в СЗФО выпало лишь 62% нормы – среди шести самых «сухих» июней в ряду), на Алтае, в Саянах, в Якутии, в Магаданской области, в Хабаровском крае (на ряде станций фиксировались 5%-е экстремумы, осредненные по Восточной Сибири осадки 69% - среди трех самых «сухих» июней в ряду)

Избыток осадков наблюдался на севере Западной и Средней Сибири, в районе Байкала, на Чукотке, в Приморье (на ряде станций фиксировались 95%-е экстремумы).

В июне в ряде областей ЮФО, ПФО, УФО и СФО дефицит осадков (менее 80%) способствовал образованию атмосферных засух средней и сильной интенсивности, при этом засухи в ряде областей (Астраханская, Оренбургская, Ульяновская, Самарская, Челябинская, Свердловская, Омская области, Алтайский край) фиксировались в течение 3-4 декад месяца).

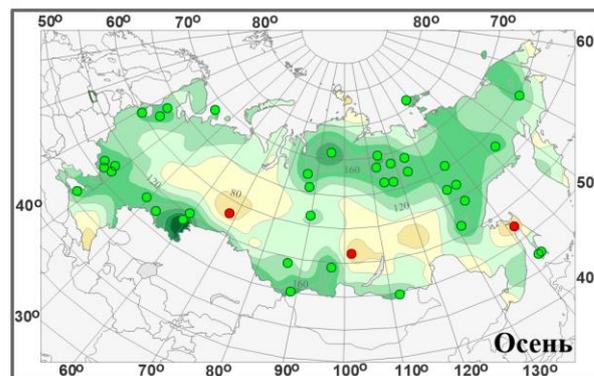
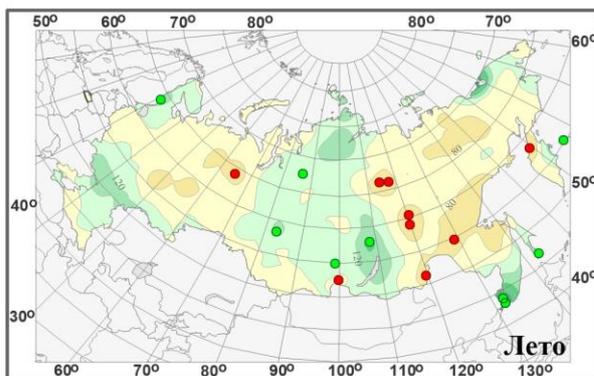
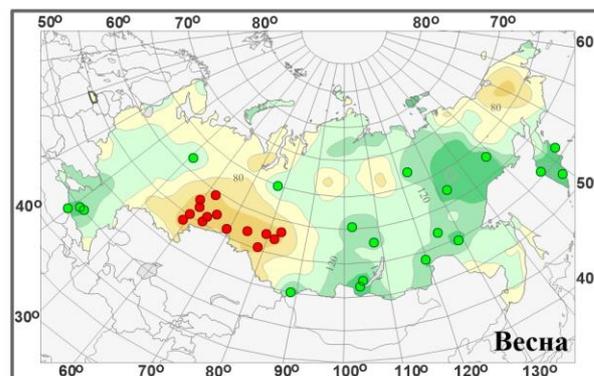
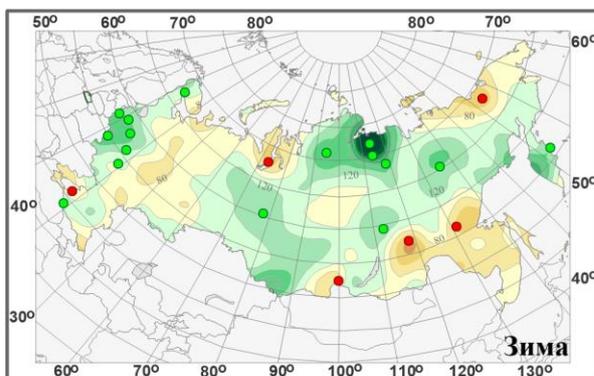
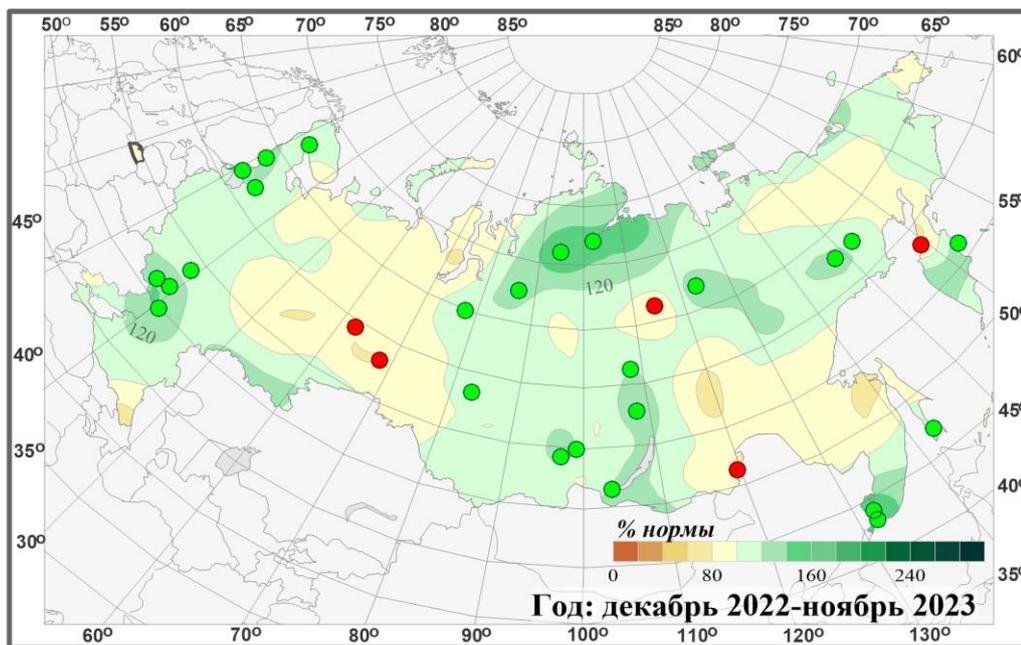


Рисунок 2.3 - Поля аномалий средних годовых (декабрь – ноябрь) и сезонных сумм осадков (в *процентах* от нормы за 1991-2020 гг.) на территории России в 2023 г. Кружками красного цвета показаны стационарные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го перцентиля.

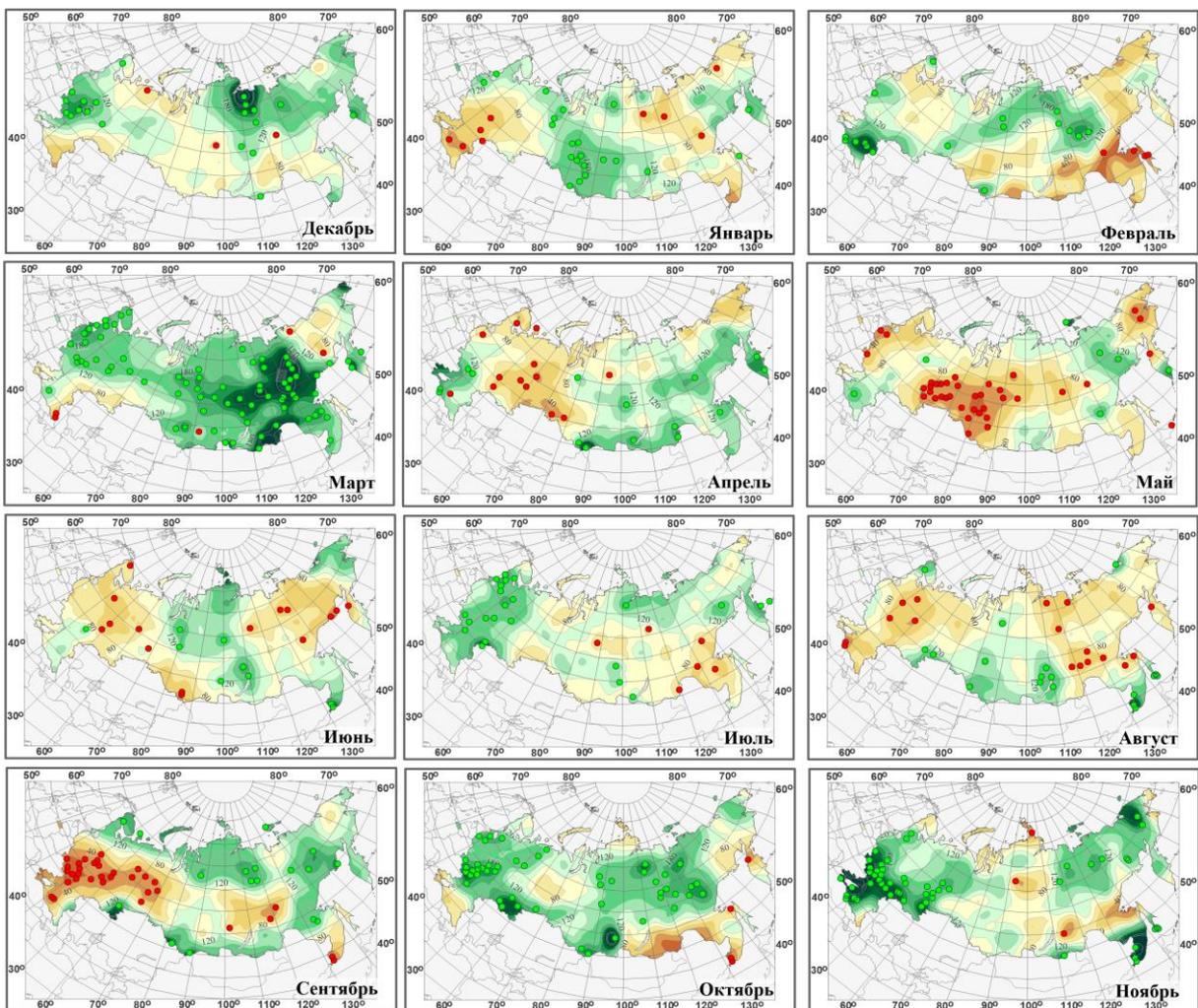


Рисунок 2.4 – Поля средних месячных аномалий осадков (% нормы) на территории России в 2023 г. Условные обозначения см. на рис.2.3

Июль. Осредненные осадки по РФ – 106% нормы. Избыток осадков наблюдался на большей части ЕЧР, осредненные по ЕЧР осадки составили 142% нормы – максимальная величина в ряду, на многих станциях отмечены 95%-е экстремумы, особенно много осадков выпало в СЗФО (144% нормы – ранг 3) и в ЦФО (167% - ранг 2). Избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался также на Северо-Сибирской низменности, в Магаданской области, на Камчатке. Дефицит осадков наблюдался в центре и на юге АЧР (в Приамурье и Приморье выпало лишь 64% нормы – среди семи самых «сухих» июльских месяцев в ряду).

В июле в ряде областей ЮФО, ПФО, УФО и СФО (в Курганской и Свердловской областях засухи фиксировались в течение 2-3 декад месяца - недостаток влагозапасов в пахотном слое почвы образовался из-за высоких температурных аномалий; кроме того, продолжали фиксироваться атмосферные засухи средней и сильной интенсивности в Астраханской, Саратовской областях, в Татарстане, Дагестане, Ставропольском крае.

Август. В августе осредненные осадки по РФ составили 89% нормы – среди шести самых «сухих» августов, а по ЕЧР 65% – среди семи самых «сухих» (особенно мало осадков выпало в ЮФО (37% - четвертый самый «сухой» август) и в СКФО (40% самый «сухой» август в ряду)). В АЧР дефицит осадков наблюдался на большей части ДФО, а избыток – в СФО.

В августе экстремальные температуры и экстремальный дефицит осадков на юге ЕЧР и на юге УФО способствовали продолжению засух во многих областях ЮФО, СКФО, ПФО, УФО

(преимущественно сильной интенсивности в течение 2-3 декад месяца, особенно во второй и третьей декадах).

Осень. Осредненные по РФ осадки 117% нормы – максимальная величина в ряду, а по ЕЧР (125% нормы) и АЧР (113%) – вторые величины в соответствующих рядах. На большей части страны (кроме центра Западной Сибири и верхнего течения Лены, в предгорьях Кавказа) наблюдался значительный избыток осадков (более 120%, на ряде станций отмечены 95%-е экстремумы), особенно много осадков выпало в Средней Сибири (105% - ранг 3), в Восточной Сибири (109% - ранг 1), в СФО (115% - ранг 3) и в ДФО (117% - ранг 3). Небольшой дефицит осадков наблюдался в центре Западной Сибири, в верхнем течении Лены, в предгорьях Кавказа.

Сентябрь. Осредненные по РФ осадки составили 94% нормы, а по ЕЧР лишь 63% нормы – первая-вторая минимальная величина (такое же количество осадков наблюдалось в 2014 г. (63%)). В ЦФО, ЮФО, УФО осадки среди пяти самых «сухих», повсеместно отмечены 5%-е экстремумы. Дефицит осадков наблюдалось также в среднем течении Лены и в Приамурье и Приморье.

Избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался на севере ЕЧР, в СФО, на большей части ДФО.

Октябрь. Осредненные по РФ осадки 124% нормы - максимальная величина в ряду. Значительный избыток осадков (на многих станциях 95%-е экстремумы) наблюдался на ЕЧР (142% нормы – ранг 3, особенно много осадков выпало в СЗФО (137% - ранг 2), в ЦФО (177% - ранг 5) и в ПФО (159% - ранг 4)); в СФО (128% - ранг 1); в центре и на севере ДФО.

Дефицит осадков (менее 80%) наблюдался в предгорьях Кавказа, в центре Западной Сибири, в Забайкалье, в бассейне Амура, на севере Камчатки.

Ноябрь. Осредненные по РФ и ЕЧР осадки оставили 138% и 172% нормы – максимальные величины в рядах, а по АЧР - 118% - пятая величина в ряду. Значительный избыток осадков (более 120%, на многих станциях отмечены 95%-е экстремумы) в ЦФО (206% - ранг 1), в ПФО (179% - ранг 2), в ЮФО (262% - ранг 1), в УФО (137% - ранг 3), в Восточной Сибири (123%), в Приамурье и Приморье (152%).

Небольшой дефицит осадков наблюдался в центре Средней Сибири, в Забайкалье, в бассейне Амура.

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 2023 гг. На всех временных рядах показан линейный тренд, характеризующий тенденцию (среднюю скорость) изменений температуры и осадков на интервале 1976 - 2023 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 1976-2023 гг. Тренды осадков выражены либо в мм / мес / 10 лет, либо в % нормы / 10 лет: для краткости в дальнейшем будем писать % / 10 лет.

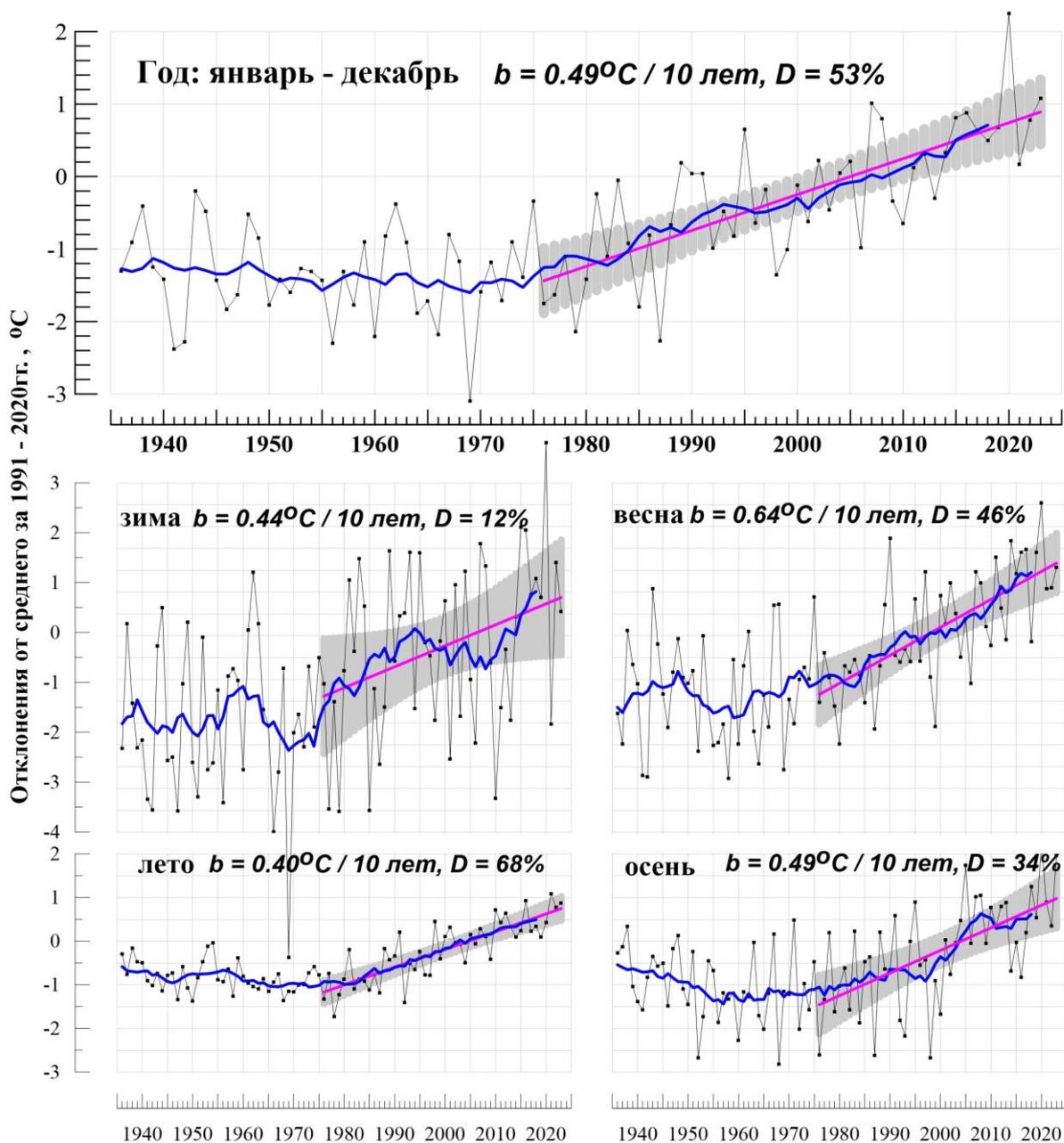


Рисунок 3.1 - Средние годовые и сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории РФ, 1936-2023 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1991-2020 гг. Показаны также 11-летнее скользящее среднее, линейный тренд за 1976-2023 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 1976-2023 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	55	0,8	1,8	36
Зима	0,42	12	0,6	2,6	16
Весна	0,64	47	1,5	5,2	41
Лето	0,41	70	0,2	0,2	0
Осень	0,52	38	0,7	1,7	10

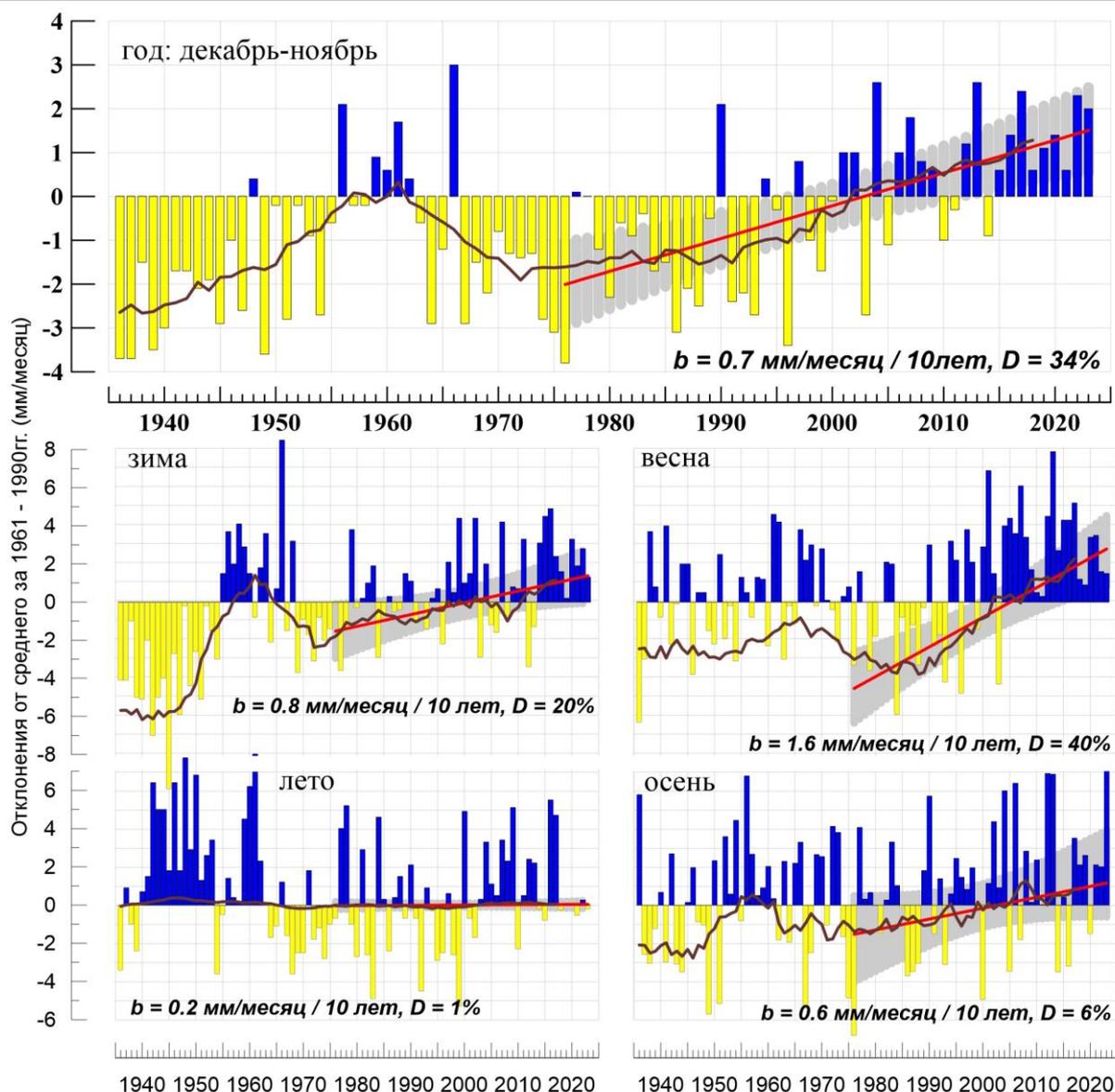


Рисунок 3.2 – Средние годовые и средние сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории РФ, 1936 – 2023 гг.

(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 2023 года в целом и для сезонов года. Оценки получены по стационарным временным рядам сезонных аномалий за 1976-2023 гг. в точках расположения станций и затем картированы.

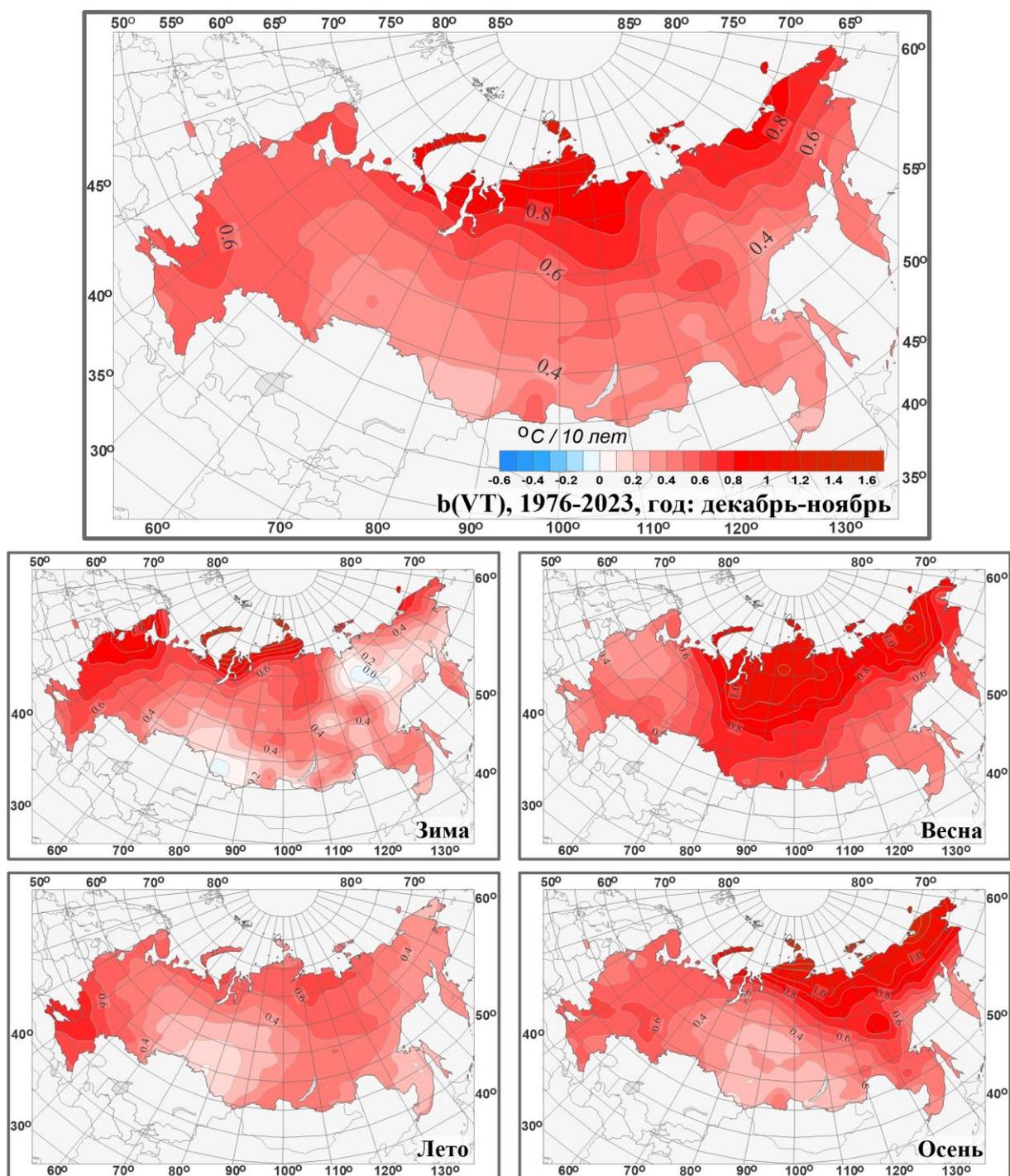


Рисунок 3.3 - Средняя скорость изменения среднегодовой и средних сезонных температур приземного воздуха на территории России по данным наблюдений за 1976-2023 гг. (в °C/10 лет)

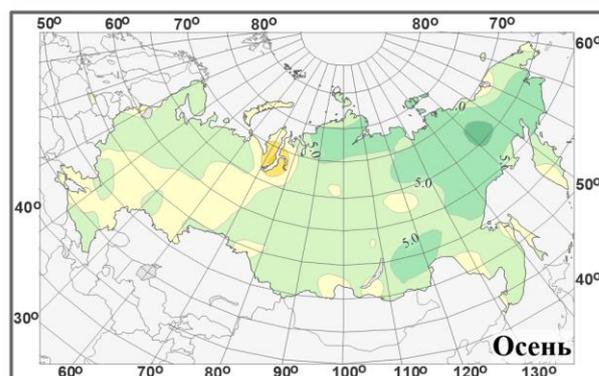
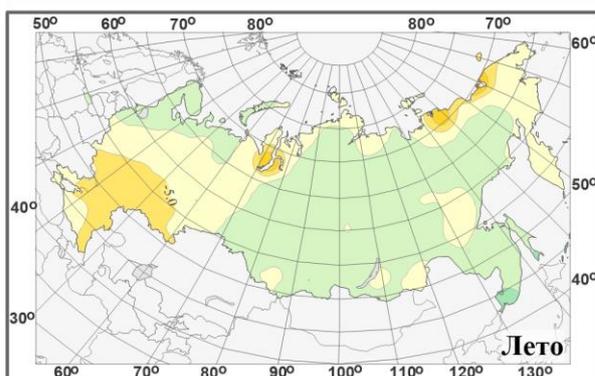
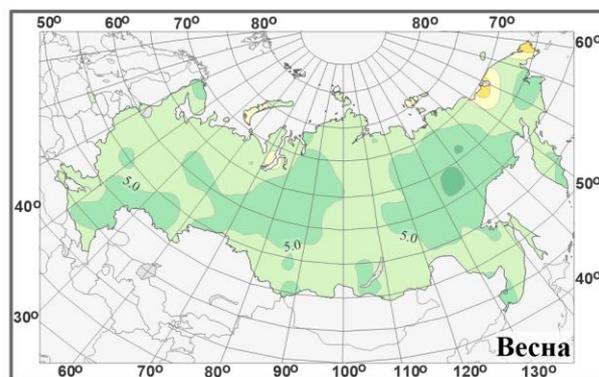
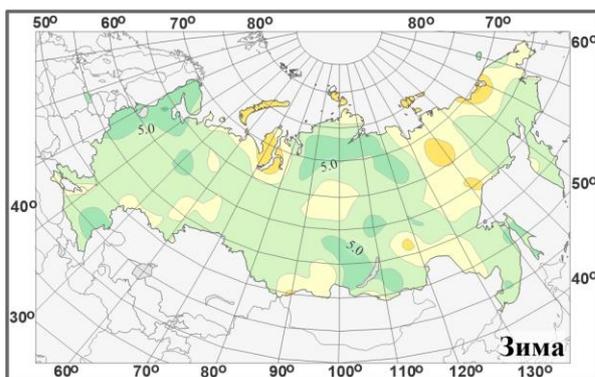
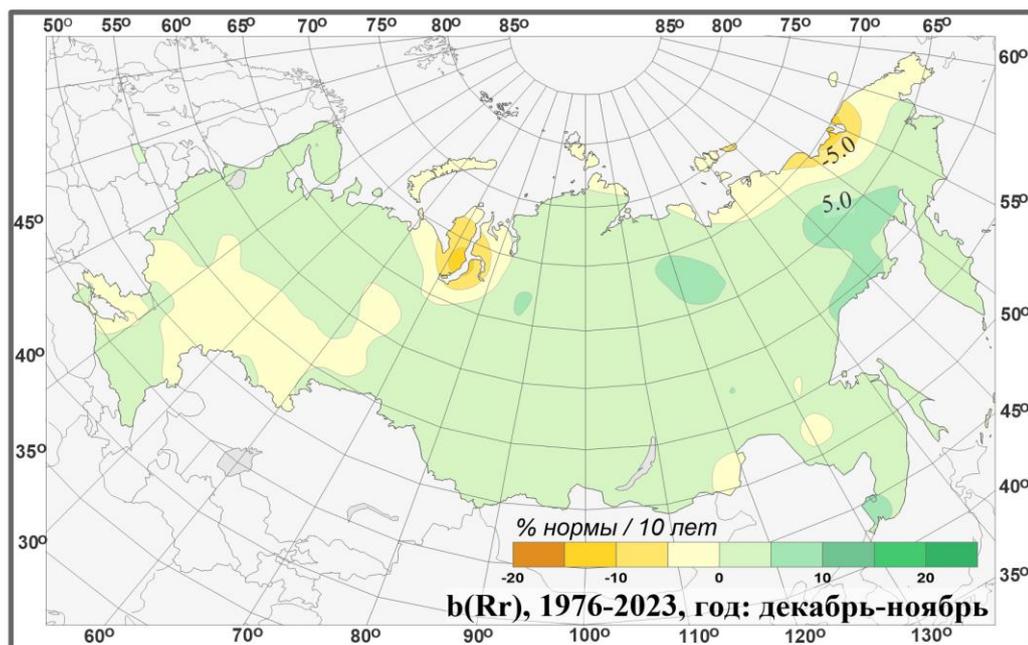


Рисунок 3.4 - Пространственные распределения локальных коэффициентов линейного тренда атмосферных осадков за 1976-2023 гг. на территории России (% / 10 лет), в среднем за год и по сезонам.

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 55%.

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 (до $+1,9^{\circ}\text{C}/10$ лет). Зимой и летом наибольшая скорость потепления прослеживается на ЕЧР (до $+0,9^{\circ}\text{C}/10$ лет – зимой, около $+0,7-0,9^{\circ}\text{C}/10$ 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 южных районах АЧР и на востоке Якутии,. Зимой тренды значимы лишь для СЗФО, ЦФО, 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 1976-2023 гг. положительный, однако он резко уменьшился ($0,50^{\circ}\text{C}/10$ 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 1976-2023 гг., в среднем по России, составляет $1,8\%/10$ 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 ($5,2\%/10$ лет, вклад в дисперсию ряда 41%) и зимы ($2,6\%/10$ 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 – 2023 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 и лишь 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 (со скоростью 5-10% нормы за 10 лет) **весной** на юге ЕЧР, в Средней Сибири, в дальневосточных регионах России; **зимой** - на севере ЕЧР, на севере Средней Сибири, в районе Байкала; **летом и осенью** – в дальневосточных регионах России.

Значительные по площади области с тенденцией к некоторому уменьшению

(до -10 % / 10 лет) выделяются для *зимних* осадков в Восточной Сибири, *летом* - в ЕЧР, на азиатском побережье Северного Ледовитого океана

4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ В РЕГИОНАХ РОССИИ, 1936-2023 гг.

В разделе анализируется характер изменения регионально-осредненных температур и осадков для физико-географических регионов России и Федеральных округов. На рис. 4.1 – 4.5 приведены временные ряды осредненных по регионам аномалий средней месячной температуры приземного воздуха (°C) и месячных сумм осадков (мм/месяц) за 1936 – 2023 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2023 гг., рассчитанные методом наименьших квадратов. В таблицах 4.1 - 4.3 приведены оценки линейных трендов регионально осредненных значений температуры и осадков за 1976-2023 гг. для физико-географических регионов и федеральных округов РФ.

Температура воздуха.

В среднем по территории России, тренд средних годовых температур составляет +0,50°C/10 лет, вклад тренда в дисперсию составляет 55%. Наиболее интенсивное потепление наблюдается в регионе в регионе Восточная Сибирь (+0,55°C/10 лет, в основном, за счет весны и осени), регионе Средняя Сибирь (+0,58°C/10 лет, в основном, за счет весны), в Европейской части России (+0,54°C/10 лет, за счет всех сезонов); а из федеральных округов: зимой – в Северо-Западном ФО (0,78°C/10 лет) и в Центральном ФО (0,76°C/10 лет), весной - в Уральском ФО (0,78°C/10 лет), в Сибирском ФО (0,78°C/10 лет), в Дальневосточном ФО (0,66°C/10 лет), летом - в Южном ФО (0,71°C/10 лет) и в Северо-Кавказском ФО (0,61°C/10 лет), и осенью - в Дальневосточном ФО (0,63°C/10 лет) и в Центральном ФО (0,55°C/10 лет).

Наиболее быстрый рост наблюдается весной (0,64°C/10 лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд больше всего выделяется летом (70% суммарной дисперсии). Зимой рост температуры наблюдался до середины 1990-х гг. и видна тенденция к увеличению роста с середины 2000-х..

Температура за 1976-2023 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 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.).

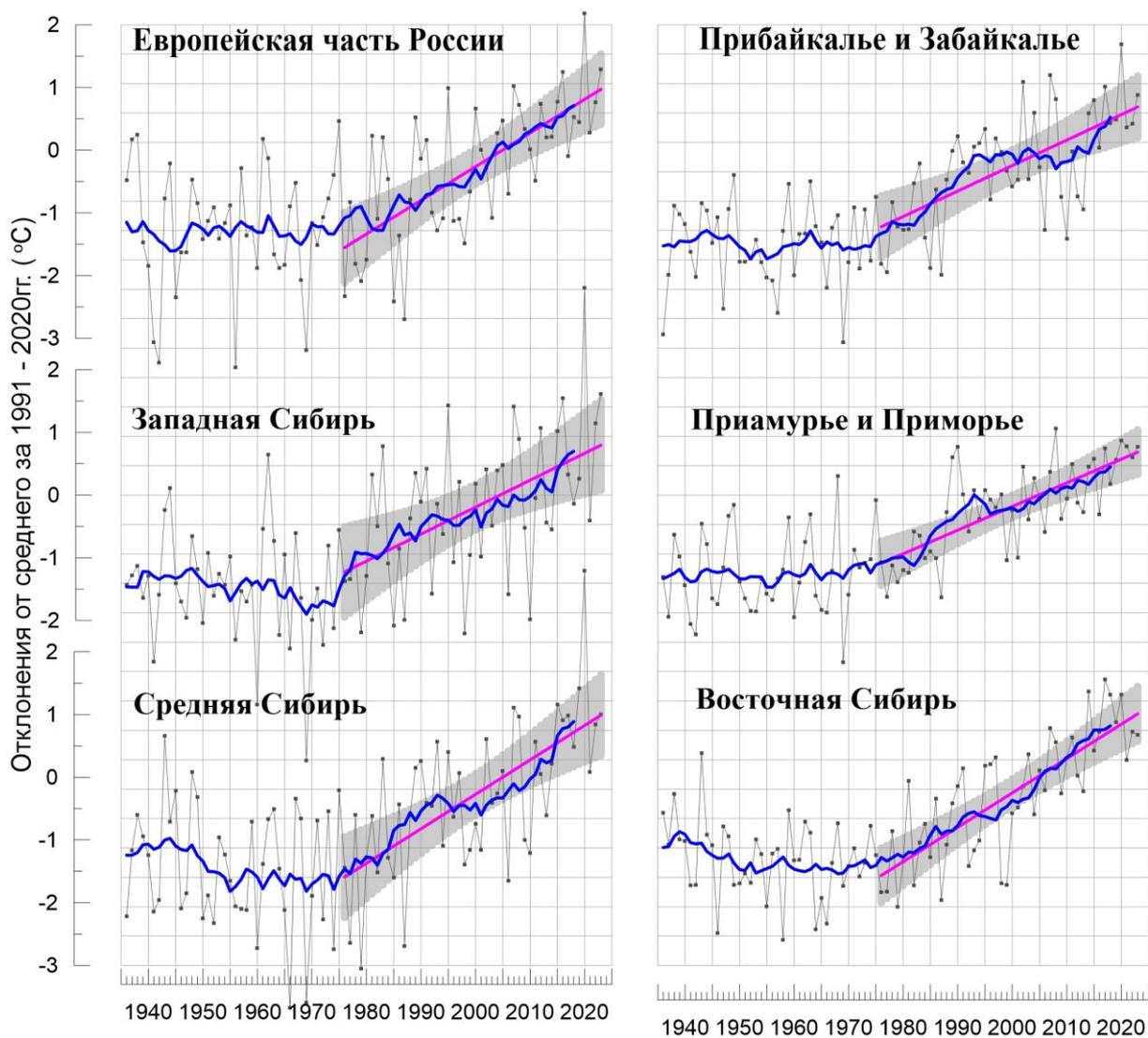


Рисунок 4.1. - Годовые аномалии температуры приземного воздуха (°C) для регионов России за 1936-2023 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1991-2020 гг. Показаны также 11-летнее скользящее среднее, линейный тренд за 1976-2023 гг. с 95%-й доверительной полосой.

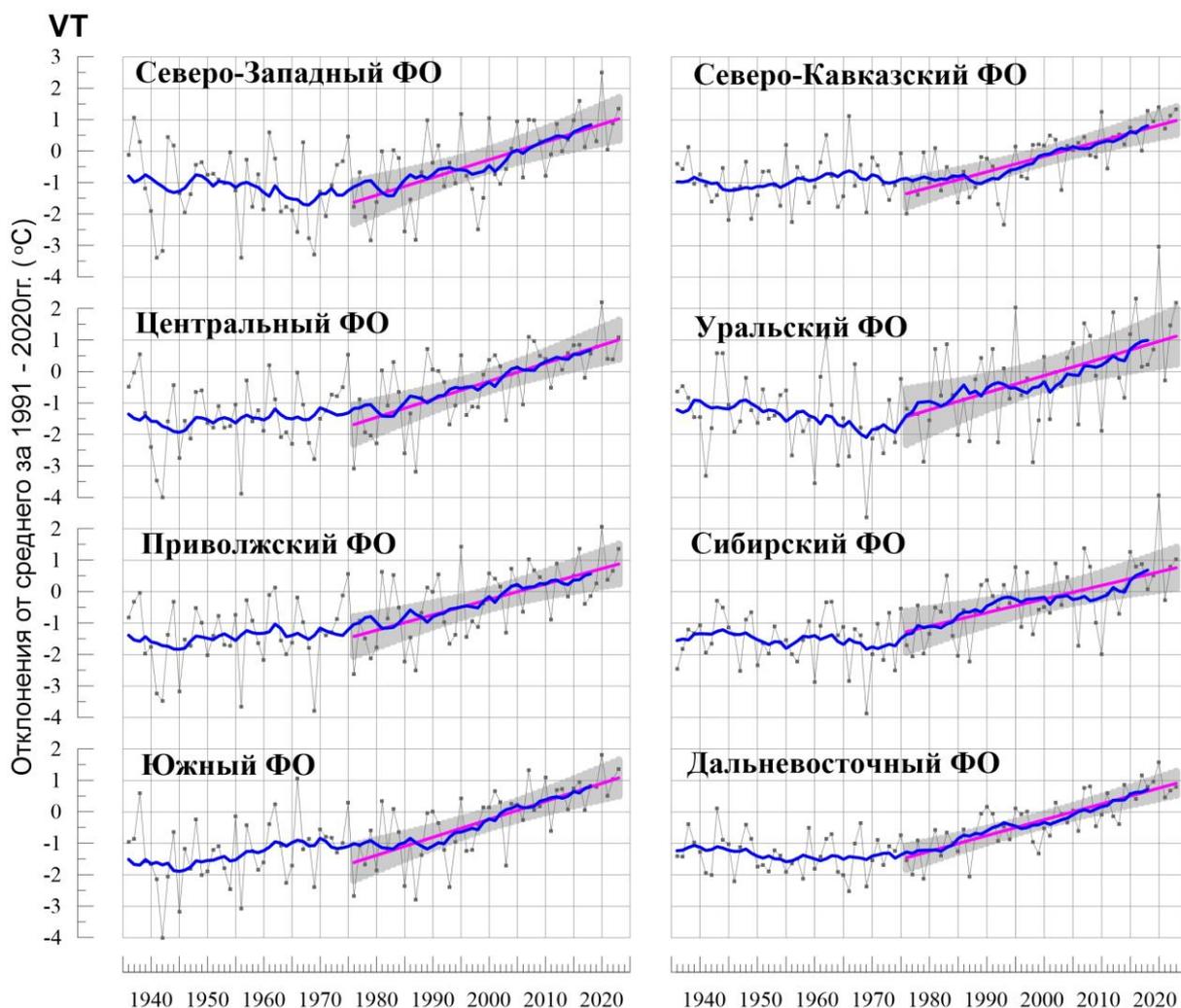


Рисунок 4.2. - Годовые аномалии температуры приземного воздуха (°С) для федеральных округов РФ за 1936-2023 гг. Условные обозначения на рис.4.1

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 Приволжском ФО (-0,7 %/10 лет), а также в Центральном и в Южном ФО (где тренды близки к нулю). Однако тренды годовых осадков за 1976-2023 гг. значимы лишь для Средней Сибири и для Азиатской части в целом, а также Северо-Западного, Сибирского и Дальневосточного ФО. Наиболее заметен рост годовых сумм осадков в регионе Средняя Сибирь (тренд 3,5% / 10 лет описывает 35% 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 кроме СЗФО) и в Восточной Сибири. В Западной Сибири и Средней Сибири осадки растут весной; в Восточной Сибири – весной и осенью (значимо).

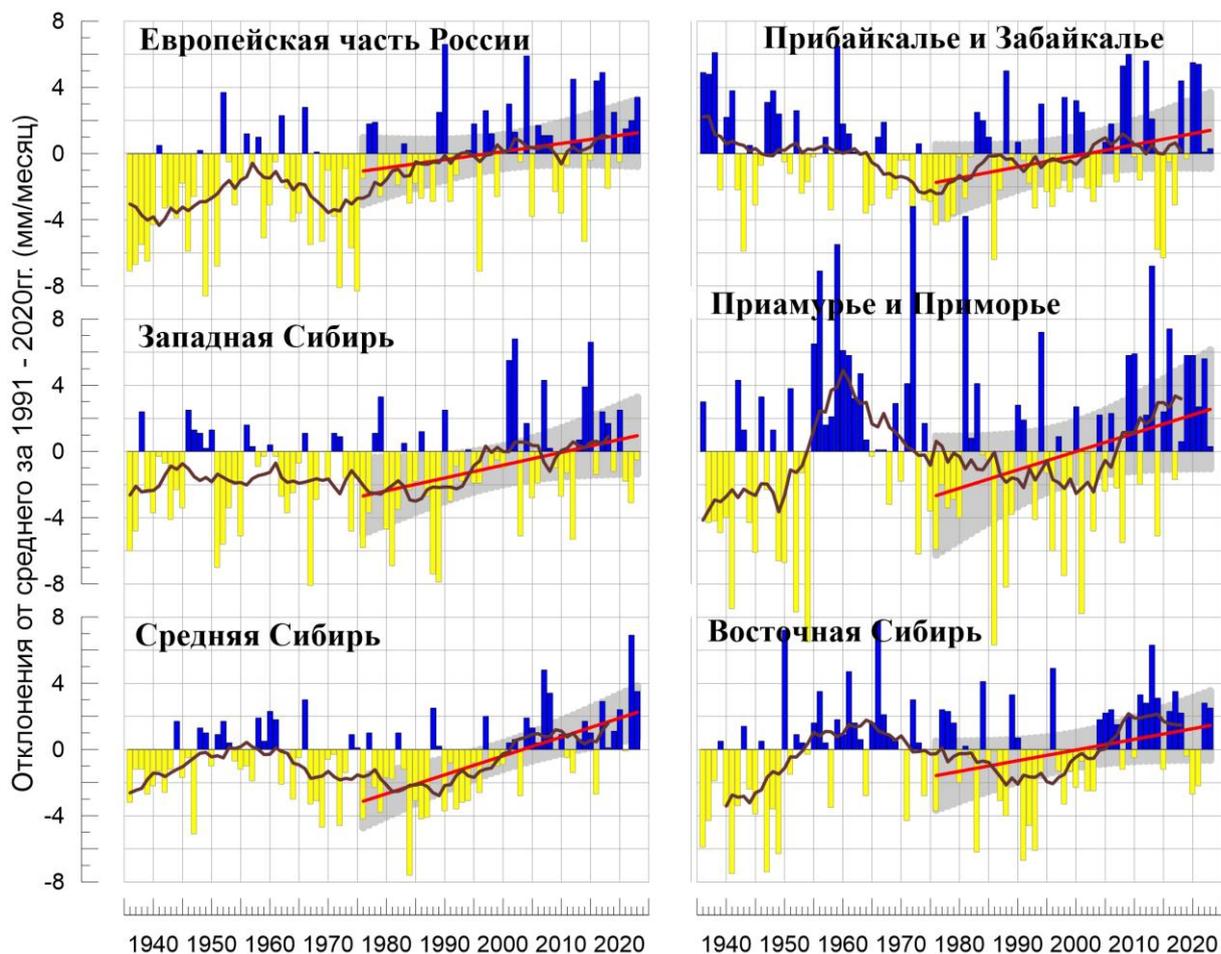


Рисунок 4.4. - Годовые аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), для регионов России за 1936-2023 гг. Условные обозначения на рис.4.1

Таблица 4.1

Оценки линейного тренда среднегодовой (декабрь - ноябрь) температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, ее физико-географических регионов и Федеральных округов за 1976-2023 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	55	0,42	12	0,64	47	0,41	70	0,52	38
Физико-географические регионы России										
Европейская часть РФ	0,54	48	0,66	16	0,45	27	0,51	41	0,53	33
Азиатская часть РФ	0,48	53	0,34	8	0,71	46	0,37	69	0,51	33
Западная Сибирь	0,43	27	0,33	3	0,77	33	0,27	17	0,36	10
Средняя Сибирь	0,55	43	0,42	5	0,80	39	0,46	52	0,53	17
Прибайкалье и Забайкалье	0,41	41	0,32	6	0,60	33	0,42	48	0,30	12
Приамурье и Приморье	0,38	54	0,35	11	0,43	28	0,26	27	0,46	34
Восточная Сибирь	0,55	62	0,27	9	0,75	43	0,41	56	0,77	50
Федеральные округа РФ										
Северо-Западный	0,56	42	0,78	15	0,47	20	0,46	35	0,54	26
Центральный	0,57	47	0,76	18	0,41	19	0,58	36	0,55	31
Приволжский	0,49	39	0,51	8	0,48	21	0,43	21	0,54	26
Южный	0,57	51	0,59	19	0,45	25	0,71	54	0,53	29
Северно-Кавказский	0,50	57	0,51	25	0,39	29	0,61	57	0,47	28
Уральский	0,50	28	0,46	5	0,78	29	0,33	17	0,43	12
Сибирский	0,43	31	0,32	3	0,78	39	0,32	39	0,32	9
Дальневосточный	0,50	65	0,32	14	0,66	44	0,41	65	0,63	51

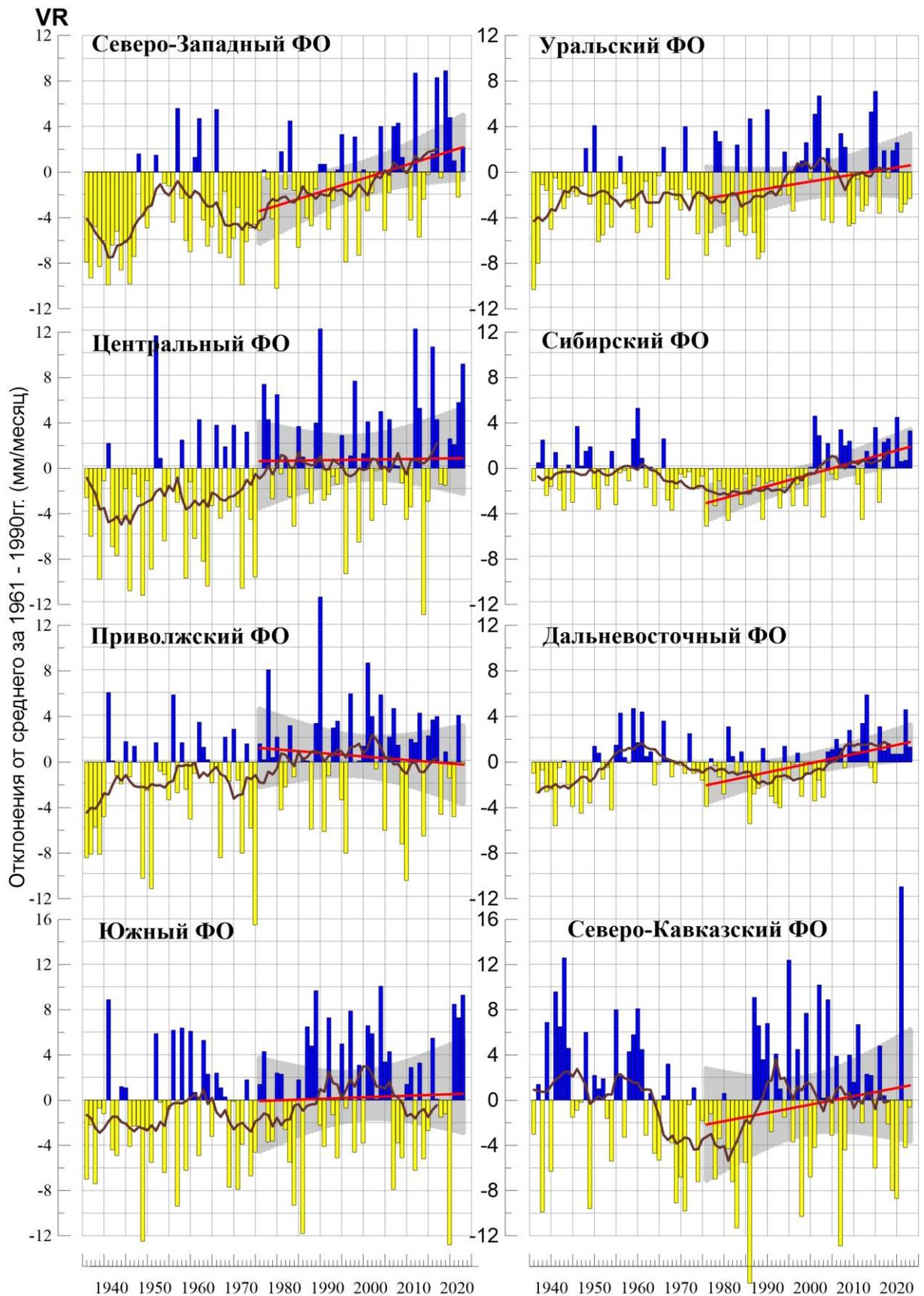


Рисунок 4.5. - Годовые аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц) для федеральных округов РФ за 1936–2023 гг. Условные обозначения на рис.4.1

Таблица 4.2

Оценки линейного тренда осредненных за год (декабрь-ноябрь) и по сезонам регионально осредненных месячных сумм атмосферных осадков для регионов России за 1976-2023 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	1,8	36	2,6	16	5,2	41	0,2	0	1,7	10
Физико-географические регионы России										
Европейская часть России	1,0	5	3,1	13	4,7	22	-2,3	7	0,8	1
Азиатская часть России	2,3	46	2,1	9	5,5	42	1,1	7	2,2	17
Западная Сибирь	1,9	10	2,3	4	5,6	22	0,8	1	0,6	1
Средняя Сибирь	3,5	35	3,1	9	6,0	42	2,9	9	2,9	13
Прибайкалье и Забайкалье	1,9	8	4,5	14	3,1	5	1,0	2	2,8	6
Приамурье и Приморье	2,1	9	2,8	3	5,2	12	2,1	3	-0,4	0
Восточная Сибирь	2,0	9	-0,4	0	6,6	28	-1,6	2	4,9	23
Федеральные округа РФ										
Северо-Западный	2,3	15	4,9	21	3,4	11	0,8	1	1,8	3
Центральный	0,5	1	3,7	7	5,1	12	-4,5	9	0,9	0
Приволжский	-0,7	1	1,3	1	4,8	10	-5,1	12	-1,2	1
Южный	0,8	1	1,0	1	5,7	13	-3,5	4	0,9	0
Северо-Кавказский	1,7	2	3,2	3	6,6	13	-2,1	1	1,7	1
Уральский	1,4	5	1,9	3	5,9	23	0,0	0	-0,2	0
Сибирский	2,8	33	3,1	10	4,8	19	2,3	11	2,1	8
Дальневосточный	2,3	24	1,3	2	5,8	38	0,8	1	2,8	20

5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2023 гг.

В разделе приведены временные ряды индексов экстремальности и аномальности для года в целом по территории России за период 1936 -2023 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 2023 г. доля площади под крупными положительными аномалиями температуры составила 97% (ранг 2-3). 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% (также как и в этом году: ранг 2-3). Тренд площади под крупными положительными аномалиями с 1976 г. составил 8,3% площади /10 лет, объясняет 51% 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).

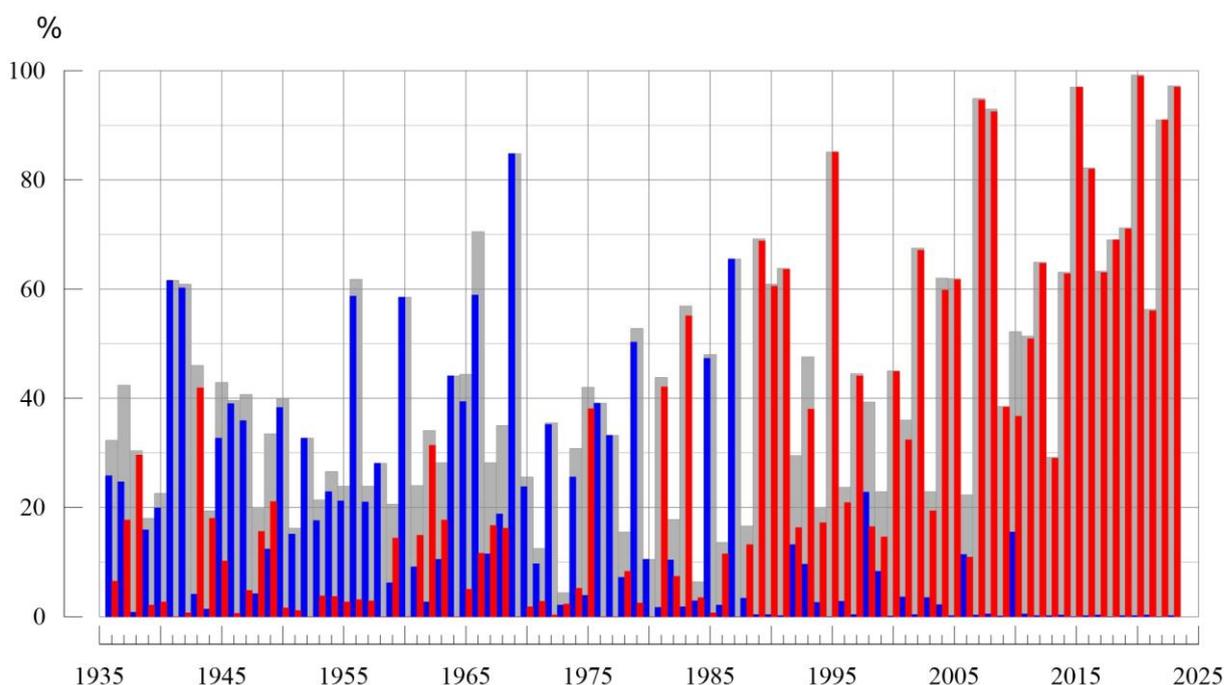


Рисунок 5.1 - Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями температуры, 1936-2023 гг. (год: декабрь 2020 – ноябрь 2023):

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

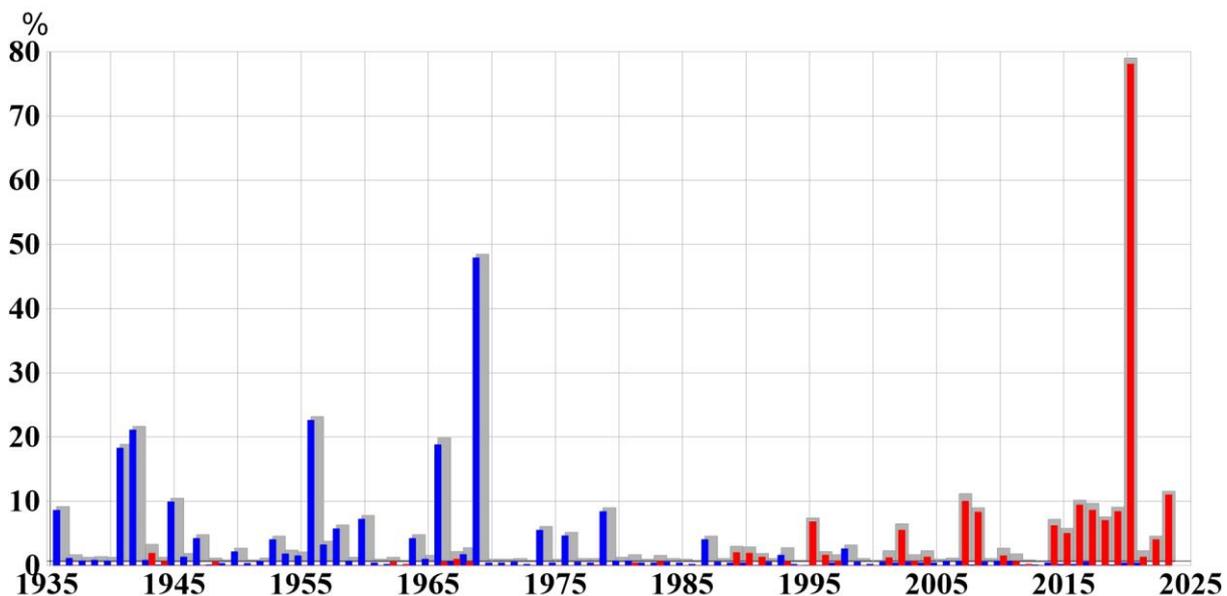


Рисунок 5.2 - Доля площади с экстремальными (годовая нормированная аномалия меньше -2 : синие столбики, больше $+2$: красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры для года в целом для России, 1936-2023 гг. Базовый период для расчета статистик: 1991-2020 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 2023 году доля площади, занятая крупными положительными экстремумами, составила 11%. Тренд за период 1976-2023 составляет 3,1% (доля объясненной трендом дисперсии ряда 14%). В 1969 году – 48,9% площади было занято отрицательными экстремумами (максимальная величина в ряду среди отрицательных экстремумов), а в 2020 – 78% (максимальная величина в ряду среди положительных экстремумов).

Анализ изменений индекса аномальности Багрова для температуры (рис. 5.3) показывает, что с 1976 г. аномальность температурного режима возрастает – тренд объясняет 54% общей дисперсии ряда. Значение КА в 2023 году составило 2,3 единиц (ранг 2), максимальное значение (3.2) зафиксировано в 2020 г.

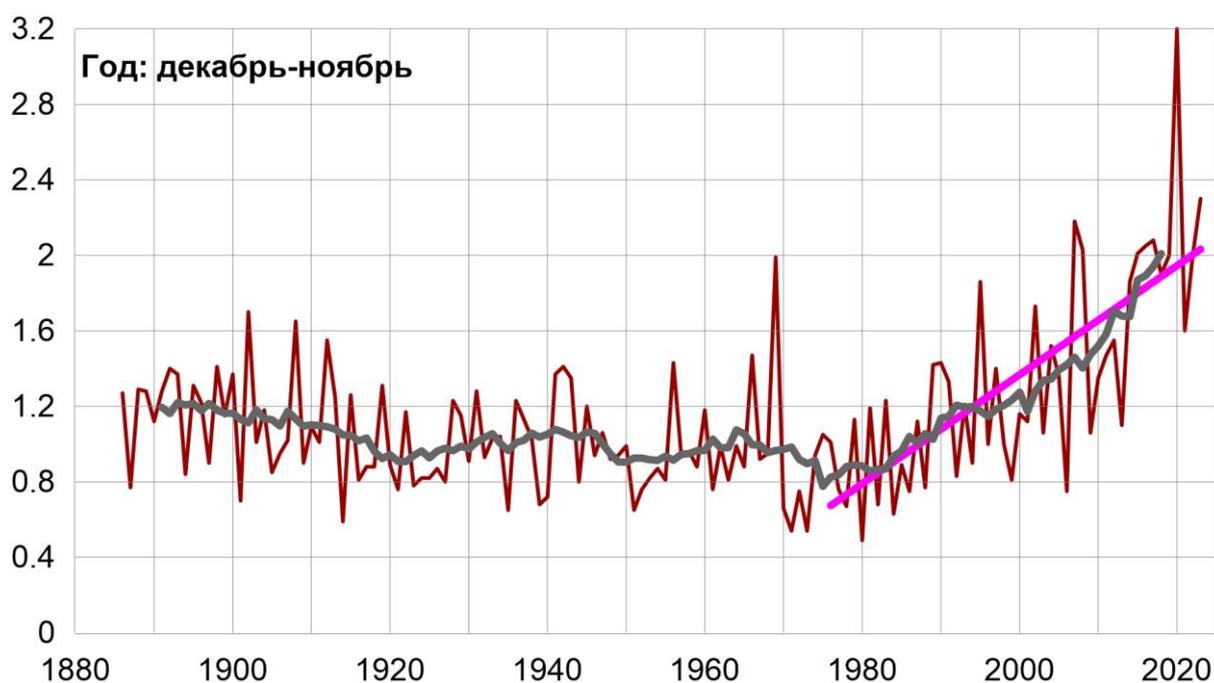


Рисунок 5.3 - Индекс аномальности Багрова (КА) для года в целом для России для температуры, 1886-2023 гг. Показана 11-летняя скользящая средняя и тренд за период 1976-2023 гг.

Осадки. В 2023 г. доля площади с избытком осадков (выше 80-го перцентиля) составила 32% площади страны (ранг 4 в ряду с 1936 года), площади с дефицитом осадков (ниже 20-го перцентиля) 11% (рис. 5.4).

С начала 1990-х гг. наблюдается рост доли площади под аномалиями среднегодовых осадков выше 80 перцентиля (тренд за период 1976-2023 составляет +3,3%/10 лет, доля объясненной трендом дисперсии ряда 35%).

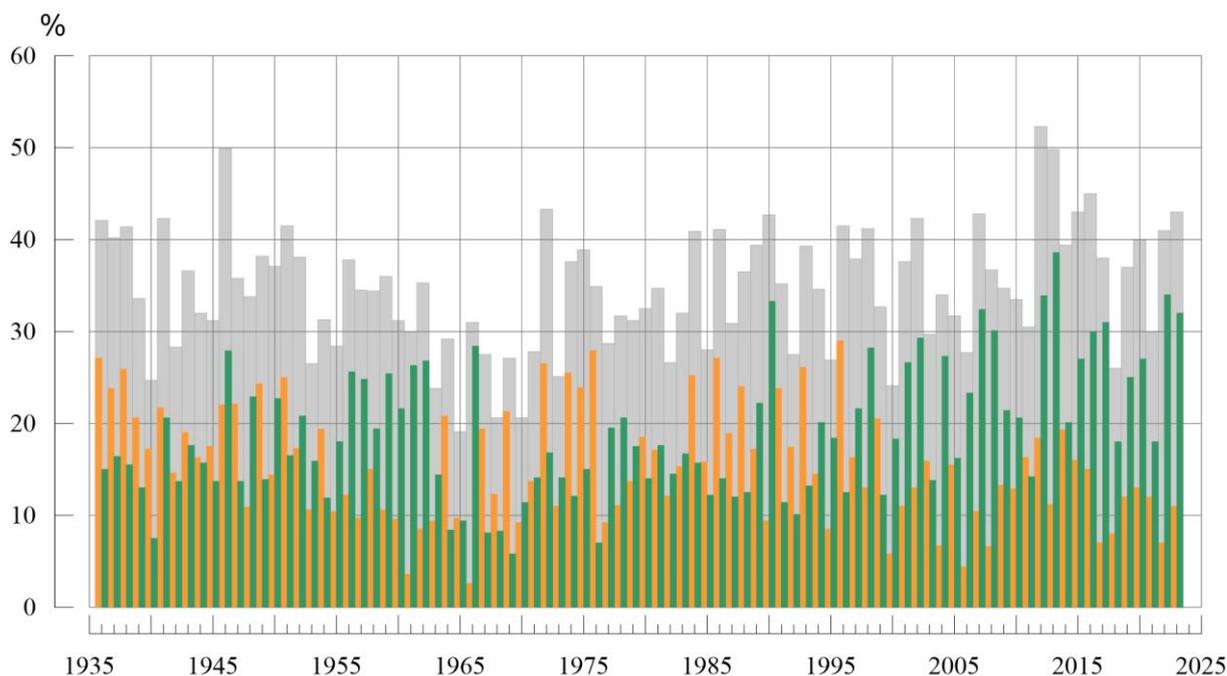


Рисунок 5.4 - Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями осадков, 1936-2023 гг. (год: декабрь 2020 – ноябрь 2023):
█ ниже 20-го перцентиля, █ выше 80-го перцентиля,
█ суммарная площадь с крупными аномалиями обоих знаков.

ВЫВОДЫ

1. В целом для Земного шара и для Северного полушария средние годовые аномалии составили: $0,517^{\circ}\text{C}$ и $+0,760^{\circ}\text{C}$ – рекордные величины в рядах наблюдений с 1850 года, значение аномалий температуры немного выше, ожидаемых значений при потеплении: отклонение от линейного тренда $+0,163^{\circ}\text{C}$ и $+0,155^{\circ}\text{C}$ соответственно.

2. Для России в целом среднегодовая аномалия температуры составила $+1,08^{\circ}\text{C}$ – вторая величина в ранжированном по убыванию ряду наблюдений. Экстремально тепло во всех федеральных округах страны: средние аномалии температуры среди трех самых крупных (лишь в ДФО средняя аномалия шестая в ряду).

3. В 2023 г. доля площади под крупными положительными аномалиями температуры (выше 80 перцентиля) составила 97% (ранг 2-3); а доля площади, занятая положительными экстремумами (больше двух стандартных отклонений) составила 11%, величина индекса аномальности Багрова (КА) составила 2,3 9ранг 2).

4. Экстремальными сезонами были лето ($0,87^{\circ}\text{C}$ – ранг 3) и осень ($1,96^{\circ}\text{C}$ – ранг 2).

5. Летом($0,87^{\circ}\text{C}$ – ранг 3) айболее теплые условия сложились в АЧР ($+1,30^{\circ}\text{C}$ – максимальная величина в ряду), осредненные по регионам и федеральным округам

АЧР аномалии температуры – среди пяти самых крупных, на многих станциях СФО и ДФО отмечены 95%-е экстремумы, температуры ниже нормы отмечались в АЧР лишь на Чукотке (аномалии до $-2,0^{\circ}\text{C}$). Летом на ЕЧР экстремально тепло на юге в предгорьях Кавказа на большей, а в центре наблюдались слабые отрицательные аномалии (до $-0,7^{\circ}\text{C}$).

6. Осенью ($1,96^{\circ}\text{C}$ – ранг 2) экстремальные условия наблюдались на большей части страны. Аномалии температуры, осредненные по всем регионам (кроме Приамурья и Приморья и Восточной Сибири) и федеральным округам (кроме СЗФО и ЦФО) - среди четырех самых крупных.

Лишь в Карелии и на Кольском полуострове температуры были ниже климатической нормы (аномалии до -1°C).

7. Зимой ($0,42^{\circ}\text{C}$ - ранг 23) температуры выше климатической нормы наблюдались на большей части ЕЧР в Западной Сибири, на западе Среднесибирского плоскогорья, в районе Байкала, в Чукотском АО. 95%-е экстремумы температуры фиксировались на побережье Баренцева и Белого морей, в Забайкалье (осредненная по региону Прибайкалье и Забайкалье аномалия температуры составила $1,02^{\circ}\text{C}$ – ранг 3). Температуры ниже климатической нормы наблюдались на большей части ПФО, на большей части ДФО, в Западном Саяне.

8. Весной ($1,06^{\circ}\text{C}$ – ранг 8). 95%- экстремумы отмечались в центре и на юге ЕЧР ($1,91^{\circ}\text{C}$ - ранг 4), осредненные по ЦФО, ЮФО, ПФО, СКФО аномалии температуры - среди четырех самых крупных, а также в Приамурье и Приморье ($1,73^{\circ}\text{C}$ – ранг 3).

Температуры ниже климатической нормы наблюдались на Алтае и в Саянах, на севере Таймыра, в дельте Яны, на Новосибирских островах, на Чукотке (аномалии до $-2,4^{\circ}\text{C}$).

9. Из месяцев года выделяются экстремально теплые: март ($2,28^{\circ}\text{C}$ – ранг 5), июль ($0,84^{\circ}\text{C}$ – ранг 2), август ($1,62^{\circ}\text{C}$ – ранг 1), сентябрь ($1,45^{\circ}\text{C}$ – ранг 2), октябрь ($+2,12^{\circ}\text{C}$ – ранг 2).

10. Самым «холодным» месяцем года был январь в АЧР (аномалия $-1,65^{\circ}\text{C}$), особенно в ДФО ($-2,94^{\circ}\text{C}$) – в XXI веке так «холодно» в ДФО было в январе 2001 ($-3,30^{\circ}\text{C}$), 2006 ($-2,46^{\circ}\text{C}$), 2014 ($-2,26^{\circ}\text{C}$) и 2021 ($-3,26^{\circ}\text{C}$).

Кроме того, в апреле было «холодно» в СФО ($-2,97^{\circ}\text{C}$) - «холоднее» в XXI веке было в апреле 2006 ($-4,44^{\circ}\text{C}$).

11. В целом по РФ за 2023 год в целом количество выпавших осадков составило 105% нормы. Значительный избыток осадков наблюдался в ЦФО (118% - ранг 5) и в ЮФО (122% - ранг 2); в Средней Сибири (110% - ранг3). Дефицит осадков наблюдался на Урале, в бассейне рек Амур и Анадырь.

12. В 2023 г. доля площади с избытком осадков (выше 80-го перцентиля) составила 32% (ранг 4), с дефицитом осадков – 11%.

13. Из особенностей сезонов следует отметить «влажную» осень (в целом по РФ выпало 117% нормы – максимальная величина в ряду), «влажную» весну в ДФО (120% - ранг 4) и «сухую» весну на юге Западной Сибири, «сухое» лето в Восточной Сибири (78% - среди трех самых «сухих» летних сезонов).

14. Из месяцев 2023 года особо выделяется «влажные» март (144% - ранг 1), октябрь (124% - ранг 1), ноябрь (138% - ранг 1).

Кроме того, следует отметить «сухой» сентябрь в ЕЧР (63% - первая-вторая минимальная величина).

16. Летом атмосферные засухи наблюдались во многих областях ЮФО, СКФО, ПФО, УФО, СФО. Началу засух в июне способствовал, в основном, дефицит осадков на юго-востоке ЕЧР и на юге Сибири; их продолжению в июле в ПФО, на юге УФО и СФО – экстремумы температуры; сильному развитию в августе на юге ЕЧР – крупные положительные температурные аномалии и дефицит осадков.

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

Рост среднегодовой температуры (линейный тренд) за 1976-2023 гг. составил в целом по России $0,50^{\circ}\text{C}/10$ лет (вклад в общую изменчивость 55%). Наиболее быстрый рост наблюдается весной ($0,64^{\circ}\text{C}/10$ лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд больше всего выделяется летом (70% 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 ($+1,9^{\circ}\text{C}/10$ лет). Зимой и летом наибольшая скорость потепления прослеживается на ЕЧР (до $+0,9^{\circ}\text{C}/10$ лет – зимой, около $+0,7-0,9^{\circ}\text{C}/10$ лет - летом).

Тенденция к похолоданию (до $-0,2^{\circ}\text{C}/10$ лет) по-прежнему отмечается зимой в южной части Сибири и на востоке Якутии.

18. В целом за год по территории РФ наблюдается рост осадков: тренд годовых сумм осадков за 1976-2023 гг. в среднем по России составляет $1,8\% / 10$ лет и описывает 36% межгодовой изменчивости. Географическое распределение значений тренда за период 1976 – 2023 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 $5,2\% / 10$ 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

2023 год (декабрь 2021-ноябрь 2023)



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 наблюдаемого значения от нормы, то есть от средней за базовый период 1991-2020 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 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 2023 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 2023г.

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>Зима2022/2023</i>	1,29	1,52	1,81	1,84	1,62	1,77
Декабрь 2022	-1,48	-1,1	-1,11	-0,83	-0,72	-0,34
Январь	1,45	2,08	2,6	2,43	1,44	1,54
Февраль	3,89	3,57	3,93	3,92	4,15	4,1
<i>Весна</i>	1,21	0,08	0,40	0,64	0,55	1,10
Март	1,54	1,13	1,87	1,86	2,08	2,35
Апрель	2,08	0,39	0,03	0,31	0,50	1,34
Май	0,00	-1,29	-0,71	-0,26	-0,93	-0,39
<i>Лето</i>	1,13	0,77	1,09	0,96	0,65	0,72
Июнь	0,8	0,83	0,05	0,19	-0,11	0,01
Июль	-0,18	-0,75	0,69	0,28	-0,64	-0,71
Август	2,78	2,22	2,52	2,4	2,7	2,86
<i>Осень</i>	1,27	0,9	1,57	1,51	1,22	1,43
Сентябрь	3,68	2,71	4,6	3,9	2,69	3,32
Октябрь	0,09	0,88	2,18	1,99	1,61	1,47
Ноябрь	0,53	0,31	0,06	0,4	0,52	1,07
<i>Год: дек2022- ноя2023</i>	1,23	0,82	1,22	1,24	1,01	1,26

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 1991-2020 гг.

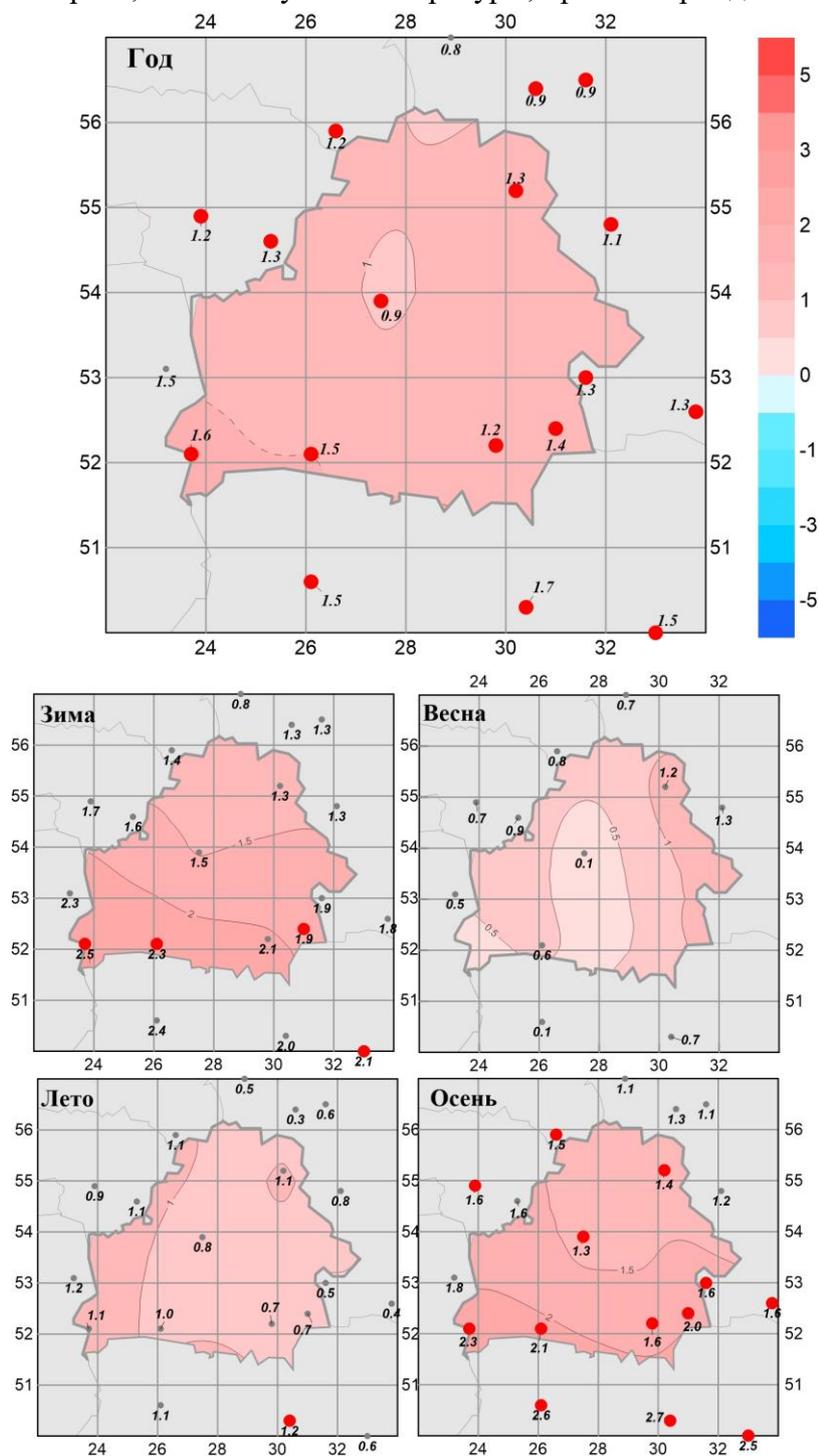


Рисунок 1 - Средняя годовая (декабрь 2020 – ноябрь 2023) и средние сезонные аномалии температуры приземного воздуха (°C) на территории Республики Беларусь.

Таблица 2

Количество осадков, выпавших на станциях Беларуси в 2023 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>Зима2022/2023</i>	93,7	62,0	68,0	57,0	65,3	46,0
Декабрь 2022	86	68	81	91	106	75
Январь	102	73	84	41	39	25
Февраль	93	45	39	39	51	38
Весна	54,0	44,0	50,3	51,3	47,0	34,0
Март	118	87	49	78	82	67
Апрель	36	38	41	66	56	28
Май	8	7	61	10	3	7
Лето	86,0	93,3	63,7	80,3	79,7	72,3
Июнь	19	45	59	74	73	102
Июль	118	149	50	121	96	97
Август	121	86	82	46	70	18
Осень	88,0	60,3	37,3	51,3	92,7	73,7
Сентябрь	29	29	20	26	26	12
Октябрь	95	77	40	70	92	93
Ноябрь	140	75	52	58	160	116
Год: декабрь2022- ноябрь2023	80,4	64,9	54,8	60,0	71,2	56,5
б) Аномалия сумм осадков за месяц /сезон / год (мм/месяц)						
<i>Зима2022/2023</i>	39,2	17,9	31,7	19,0	23,7	8,5
Декабрь 2022	29,3	21,5	41,8	46,8	59,5	33
Январь	44,9	26,7	49	2,6	0,6	-10,5
Февраль	43,4	5,5	4,3	7,6	10,9	3,1
Весна	5,5	-6,3	4,9	8,0	-1,8	-11,4
Март	73,4	45,3	16,0	42,6	39,6	30,9
Апрель	-1,5	-5,0	4,1	30,5	17,7	-7,0
Май	-55,5	-59,2	-5,3	-49,0	-62,7	-58,1
Лето	-29,8	-12,9	-9,9	-6,3	-11,4	-2,1
Июнь	-56,3	-33,0	-8,5	0,6	0,7	29,3
Июль	25,0	51,9	-33,8	28,2	1,3	-0,5
Август	-58,1	-57,6	12,6	-47,7	-36,1	-35,2
Осень	25,0	8,1	-8,3	3,4	40,3	21,5
Сентябрь	-34,1	-23,5	-35,8	-27	-30,9	-40,5
Октябрь	27,3	22,7	-2,7	23,7	37	34,2
Ноябрь	81,7	25,2	13,5	13,5	114,7	70,9
Год: декабрь2022- ноябрь2023	10,0	1,7	4,6	6,0	12,7	4,1

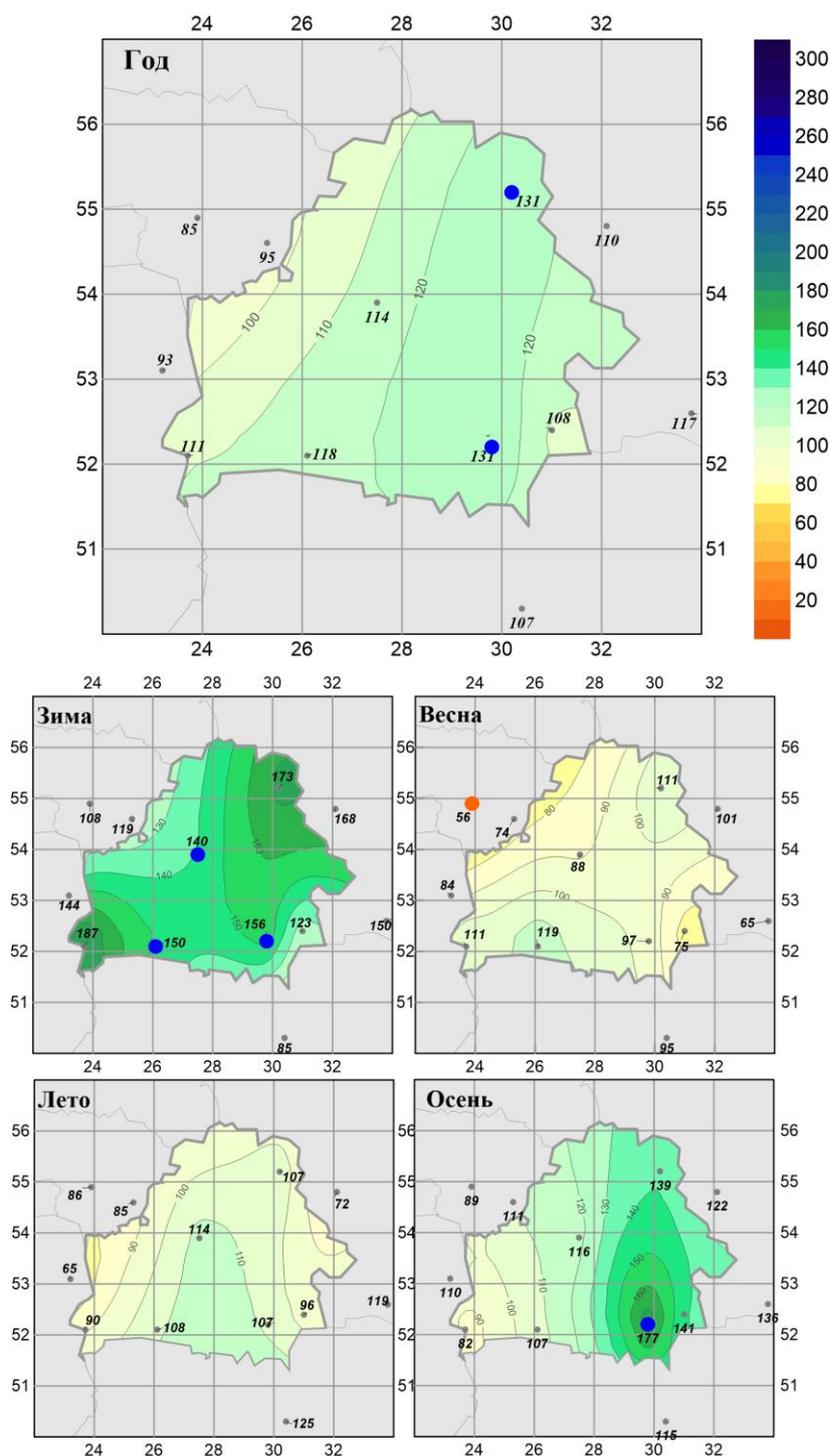


Рисунок 2 - Аномалии годовых (декабрь 2020 – ноябрь 2023) и сезонных сумм осадков (в процентах от нормы) на территории республики Беларусь. Синими кружками показаны станции, осуществились 95% экстремумы выпадения осадков. Цифрами приведены значения аномалий осадков в процентах от нормы на станциях.

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

Таблица 3.

Средние сезонные аномалии температуры, осредненные по территории Беларуси в 2023 году.

νT (°C)- отклонения от средних за 1991-2020 гг.; R – ранг текущих значений в ряду убывающих осадков за 1936-2023гг.

Сезоны	νT	s	R	Рекордный год и его аномалия (νt , °C)
Зима	1,85	2,05	8	1990 (+4,75°C)
Весна	0,72	0,99	11-12	2014(+2,15°C)
Лето	0,88	1,03	9	2010 (+2,72°C)
Осень	1,67	1,31	4	2020 (+2,50°C)
Год	1,28	0,84	2	2020 (+1,93°C)

На рисунке 3 приведены временные ряды пространственно осредненных аномалий средней месячной температуры приземного воздуха (°C) и месячных сумм осадков (мм/месяц) за 1936 – 2023 гг. Показаны линейные тренды за 1976-2023 гг., рассчитанные методом наименьших квадратов.

Таблица 4.

Средние сезонные аномалии месячных сумм осадков, осредненные по территории Беларуси в 2023 году.

νR (мм/месяц)- отклонения от средних за 1991-2020 гг.;

R – ранг текущих значений в ряду убывающих осадков за 1936-2023гг.

Сезоны	νR	s	R
Зима	21,3	8,2	1
Весна	-3,2	9,1	46
Лето	-3,1	18,4	47
Осень	15,7	14,7	9
Год	7,7	6,0	8

Таблица 5.

Оценки линейного тренда регионально осредненной температуры и осадков для республики Беларусь за 1976-2023гг.

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

Сезоны	Температура		Осадки	
	$b_{1976-2023}$ °C/10 лет	$D_{1976-2023}$ %	$b_{1976-2023}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2023}$ %
Зима	0,71	17	2,7	22
Весна	0,42	21	1,7	6
Лето	0,69	56	-0,2	0
Осень	0,48	32	1,2	1
Год	0,58	51	1,4	11

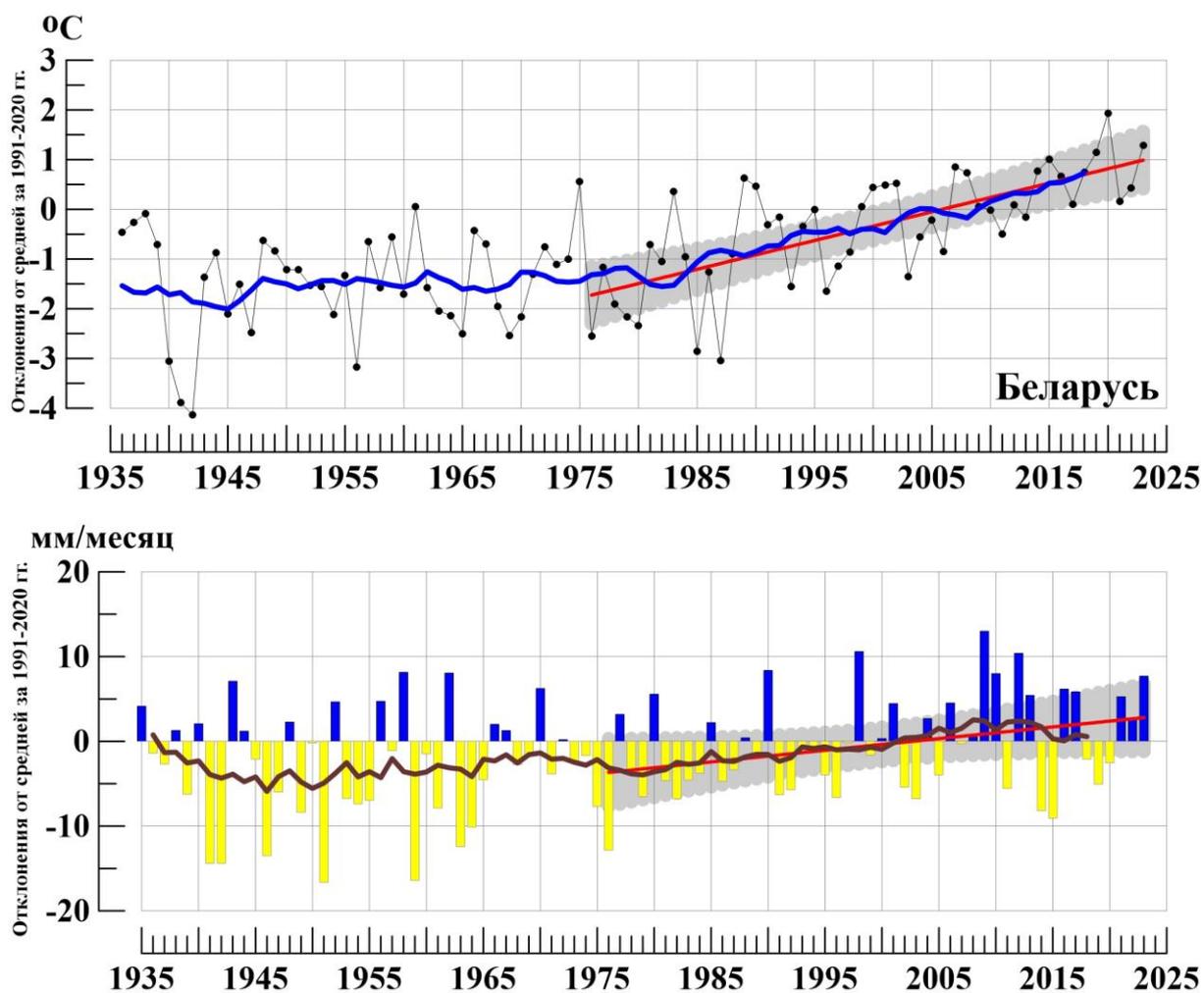


Рисунок 3 - Годовые аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) и месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории республики Беларусь.

Показаны 11-летняя скользящая средняя и линейный тренд за период 1976 – 2023 гг. и 95% -я доверительная область для линии тренда.