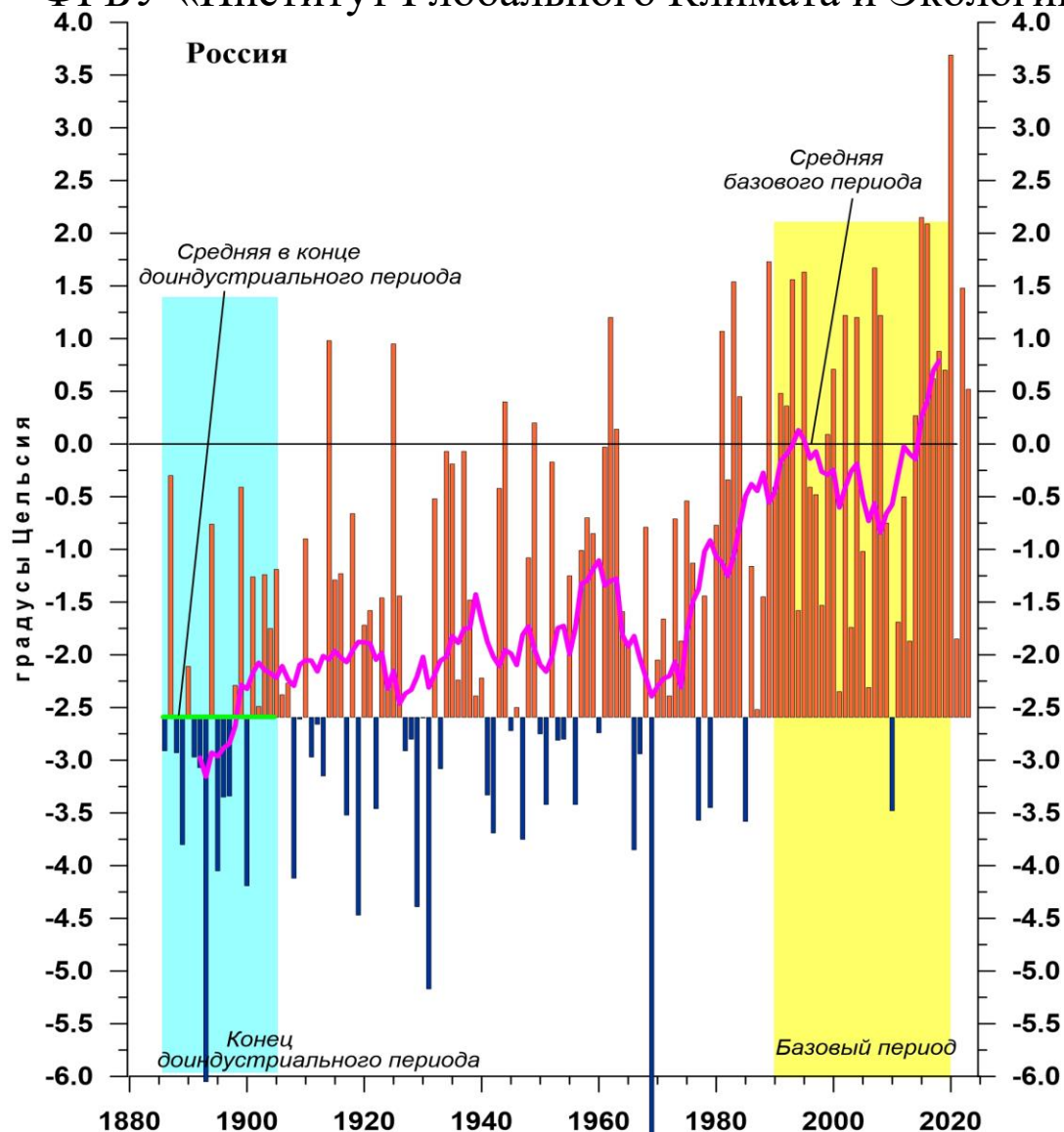


Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ФГБУ «Институт Глобального Климата и Экологии»



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2023

ЗИМА: декабрь 2022 – февраль 2023

Обзор состояния и тенденций изменения
климата России

★
Москва 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ¹

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ (зимний сезон).....	6
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗИМЫ 2022/23 ГГ. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	7
3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В ЗИМНИЙ СЕЗОН.....	15
4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ЗИМНЕГО СЕЗОНА В РЕГИОНАХ РОССИИ, 1936-2023 ГГ.....	19
5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2023 ГГ. (ЗИМНИЙ СЕЗОН)	24
ВЫВОДЫ	27
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности зимы 2022/23 гг. на территории Республики Беларусь	30

¹ На обложке приведен ход средней сезонной аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1886 – 2023 гг. (зима)
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» им. Израэля. 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 253 (398) 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 наблюдаемого значения от нормы. Аномалии осадков рассматриваются как в отклонениях от нормы (аналогично температуре), так и в процентах от нормы, то есть как процентное отношение количества выпавших осадков к соответствующему значению нормы. Вероятность непревышения 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.



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 приведены по базовому архиву T3288, а для осадков - по базовому архиву R138,

В качестве региональных климатических переменных анализируются регионально осредненные аномалии и индексы экстремальности и аномальности рассматриваемых метеорологических полей.

Аналогично, для каждого региона по данным о стационарных 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» им. Израэля** 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» им. Израэля).

* 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» им. Израэля: М.Ю. Бардин (руководитель), Э.Я. Ранькова, Т.В. Платова, О.Ф. Самохина, У.И. Антипина

1. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ (зимний сезон)

На рисунке 1.1 представлены временные ряды сезонных аномалий температуры у поверхности (зима: декабрь - февраль), осредненных по суше Северного полушария (СП) и по территории России. Временной ряд сезонных аномалий температуры над СП рассчитан по среднемесячным данным Университета Восточной Англии (массив crut5nh.txt на сайте www.cru.uea.ac.uk). Временной ряд для территории России рассчитан по станционным данным о температуре приземного воздуха ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН». Представлен также линейный тренд за 1976-2023 гг.

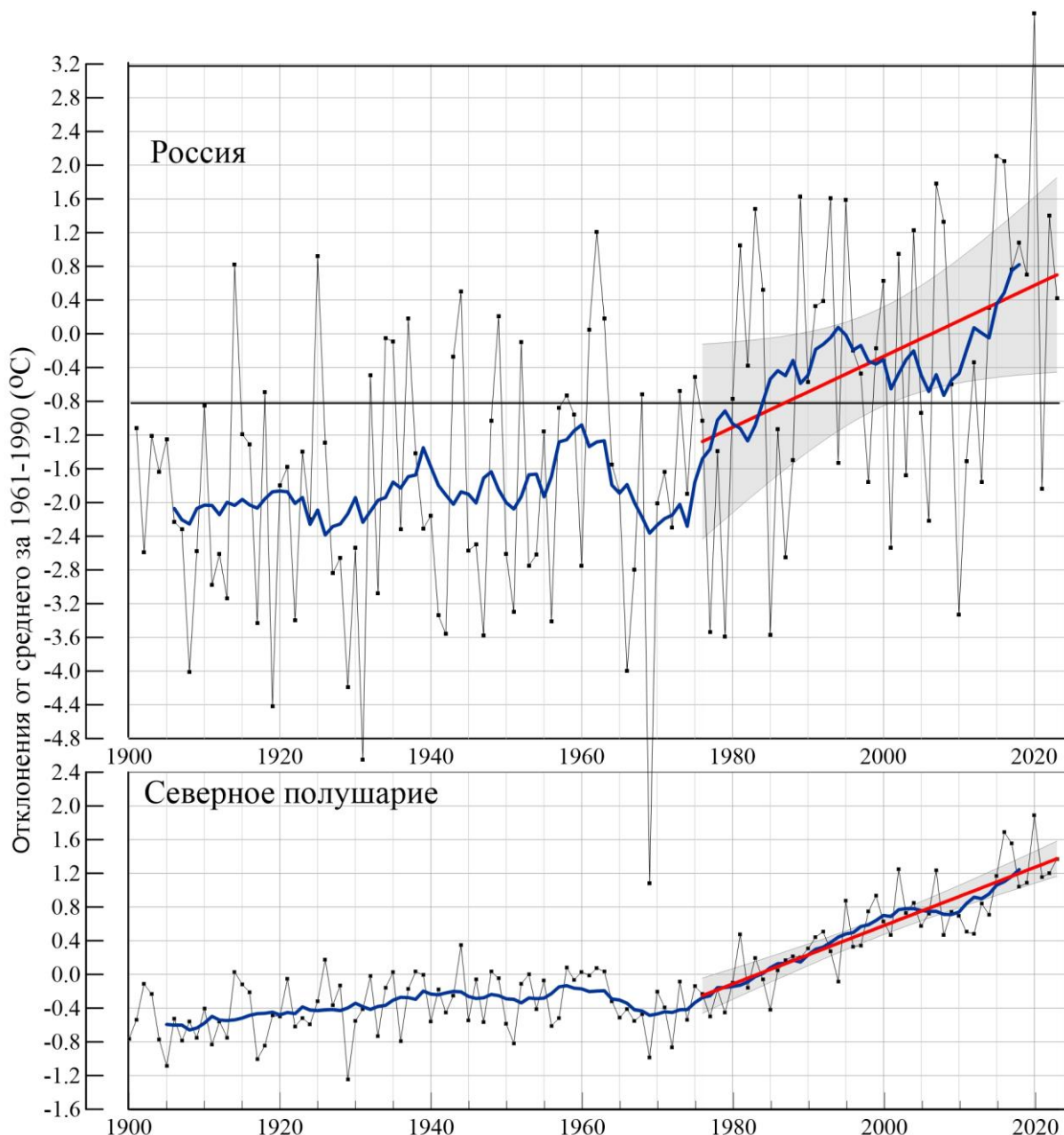


Рисунок 1.1 – Изменение зимней температуры приземного воздуха, осредненной по Северному Полушарию (суша) и территории России.

Температуры выражены как аномалии – отклонения от средней за базовый период 1991-2020 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Показан линейный тренд за 1976-2023 гг с 95% -й доверительной областью. Используются данные ФГБУ «ИГКЭ» им. Израэля (Россия).

Временной ряд сезонных аномалий температуры над СП и для территории России рассчитаны по стационарным данным о температуре приземного воздуха ФГБУ «ИГКЭ» им. Израэля по базовому архиву Т3288, содержащему 3288 станции (начальный год 1901) на поверхности суши Земного шара. Представлен также линейный тренд за 1976-2023 гг.

Для характеристики неопределенности оценок трендов приводится 95%-я доверительная полоса Уоркинга-Хотеллинга, представляющая собой область, симметричную относительно м.н.к. - оценки линии тренда, с вероятностью 95% накрывающая истинную линию тренда.

Аномалия температуры воздуха над сушей СП зимой составила $+0,568^{\circ}\text{C}$ (при стандартном отклонении $0,43^{\circ}\text{C}$) – четвертая величина в ряду с 1886 г.

Для России в целом средняя сезонная аномалия температуры приземного воздуха составила $0,42^{\circ}\text{C}$ (ранг 23) при величине стандартного отклонения $1,62^{\circ}\text{C}$.

Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений зимних температур за период 1976-2023 гг. (современное глобальное потепление) в среднем для СП и России, приведены в табл. 1.1. Тренд средних по Северному полушарию зимних температур составляет больше половины общей изменчивости (вклад в дисперсию) температуры СП и значим на 1%-м уровне. На территории России в течение периода с 1976 по 2023 гг. наблюдался очень интенсивный рост температур с середины 1970-х до начала 1990-х гг., а затем – до конца 2000-х существенное убывание зимних температур, затем - рост температуры возобновился, положительный тренд статистически значим лишь на 5%-м уровне. Для суши СП наблюдается сходная картина, но похолодание наблюдалось с первого пятилетия 21 века и значительно менее выражено.

Таблица 1.1

Сезонные (зима: декабрь 2020 – февраль 2023) аномалии температуры приземного воздуха относительно норм базового периода 1991-2020 гг. ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по суше СП и России и оценки линейного тренда за период 1976-2023 гг.

Регионы	vT_{2023}	$s_{1991-2020}$	$b, ^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$	$D \%$
СП	0,57	0,43	0,35	74
Россия	0,42	1,62	0,42	12

Примечание: vT – аномалия температуры, s - стандартное отклонение за период 1991-2020, b – коэффициент линейного тренда, D - вклад тренда в дисперсию.

2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗИМЫ 2022/23 гг. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

На рис. 2.1 и 2.2 представлены карты сезонной температуры и сезонных и месячных аномалий температуры (полученные по данным архива Т3288), а на рисунке 2.3 – карты сезонных и месячных осадков (полученные по данным Т1383) на территории России зимы 2022/23 гг. На картах указано местоположение станций с

экстремумами ниже 5-го выше 95-го перцентилей. Значения аномалий, осредненных по регионам, представлены в таблицах 2.1 и 2.2.

Температура воздуха. Осредненная по территории РФ сезонная аномалия 0,42°C (ранг 23).

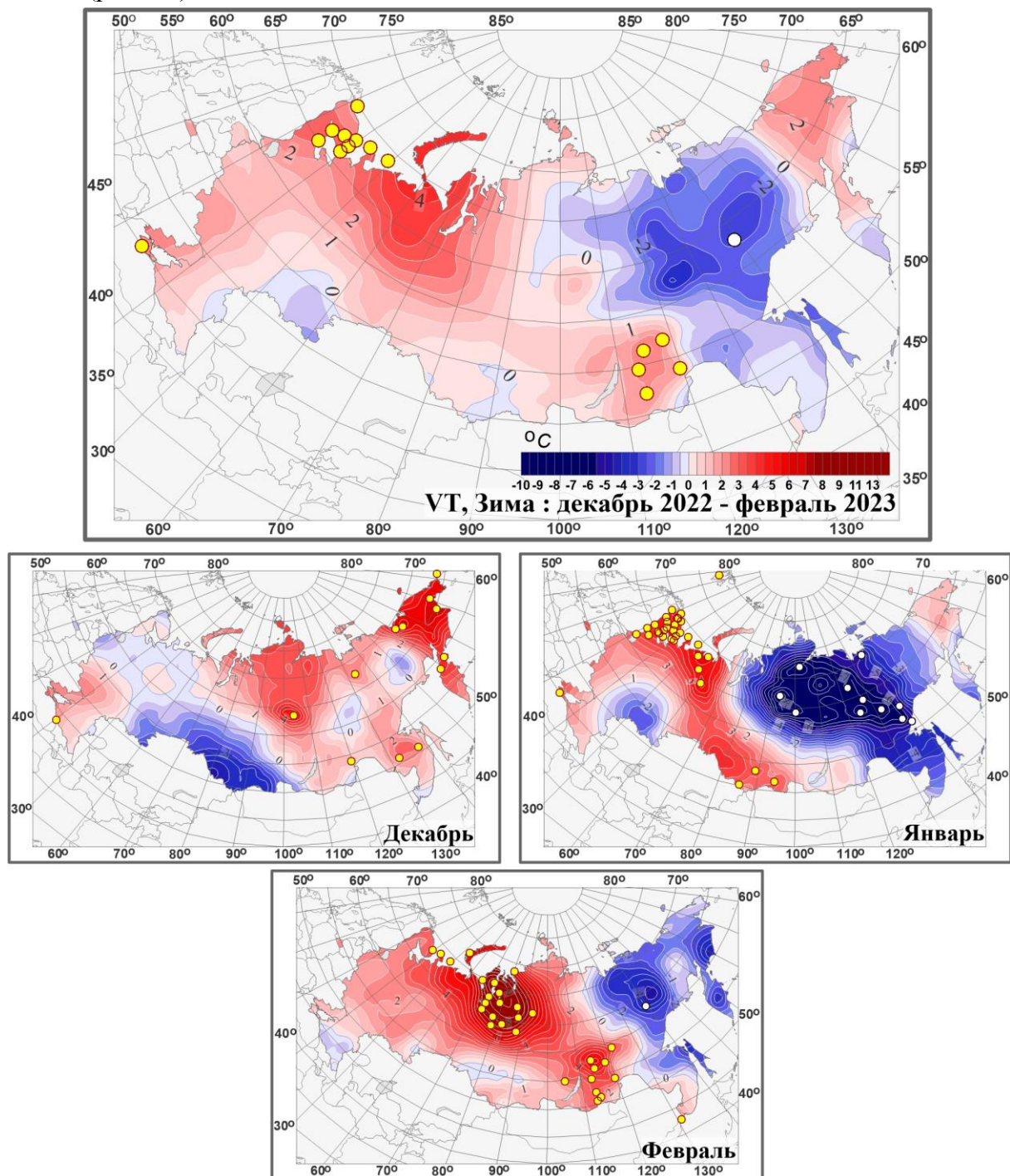


Рисунок 2.1 – Поля средней сезонной и средних месячных аномалий температуры приземного воздуха (°C) на территории России зимой 2022/23 гг. Кружками белого цвета показано местоположение станционных экстремумов ниже 5-го перцентиля, желтого – выше 95-го перцентиля.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за базовый период 1991-2020 гг.

Температуры выше климатической нормы наблюдались на большей части ЕЧР (кроме части ПФО, на побережье Белого моря и моря Баренцево фиксировались 95%-е

экстремумы температуры), в Западной Сибири, на западе Среднесибирского плоскогорья, в районе Байкала (осредненная по региону Прибайкалье и Забайкалье аномалия температуры составила 1,02°С – ранг 3), в Чукотском АО. Температуры ниже климатической нормы наблюдались на большей части ПФО, на большей части ДФО (кроме Забайкалья и Чукотского АО), в Западном Саяне.

Распределение средних сезонных температур на рис. 2.2 позволяет проследить рассмотренные особенности несколько под другим углом. Изотерма -5° смещена на север примерно на 3 град. с.ш. и восток на 3 град. в.д. от своего климатического положения. Изотерма -10° на юге ЕЧР совпадает со своим климатическим положением, а на севере смещена на восток примерно на 4-5 град. в.д. В АЧР изотермы -15°, -20°, -25° смещены на восток примерно на 10 град. в.д. Изотермы -30°, -35° близки к своему климатическому положению. На Чукотке изотермы -20°, -15° смещены на запад на 5 градусов в.д., а в Приамурье и Приморье изотермы -25°, -20° практически совпадают со своим климатическим положением.

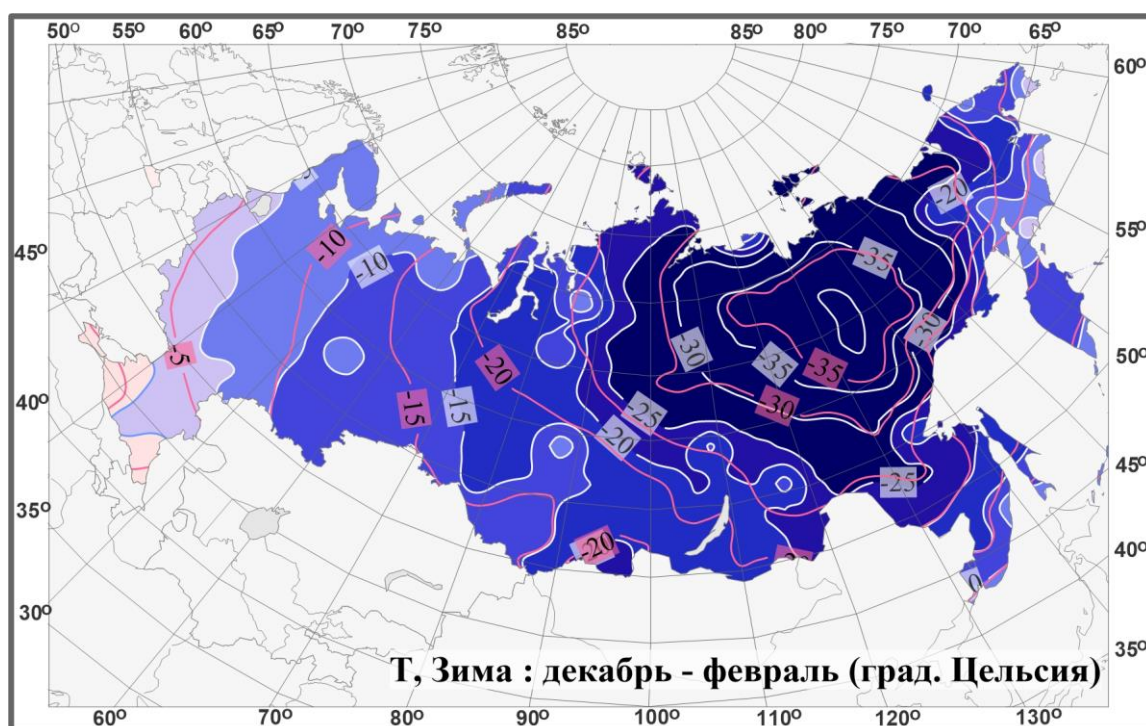


Рисунок 2.2 – Поля средней сезонной температуры приземного воздуха (°С) на территории России зимой 2022/23 гг. Розовые изолинии: средние изотермы за период 1991-2020 гг.

Декабрь. Средняя по РФ аномалия составила +0,71°С. Температуры выше климатической нормы наблюдались на юге ЕЧР, в центральных и северных районах Средней Сибири, на Чукотке и Камчатке (аномалии около +6°С, 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°С), на юге Якутии, в Магаданской области.

Январь. Осредненная в целом по России аномалия температуры составила -0,80°С. 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°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°C. Небольшие области отрицательных аномалий температуры наблюдались на юге ЕЧР, на Алтае.

Атмосферные осадки. 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.

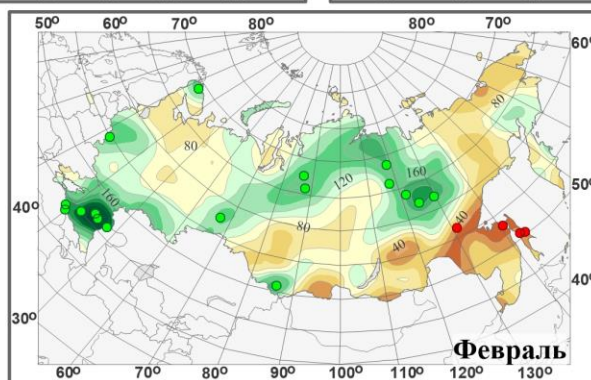
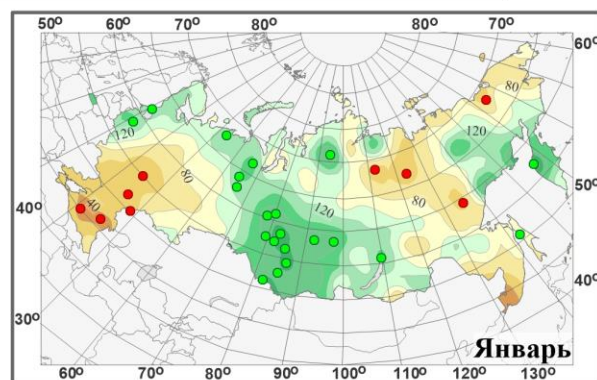
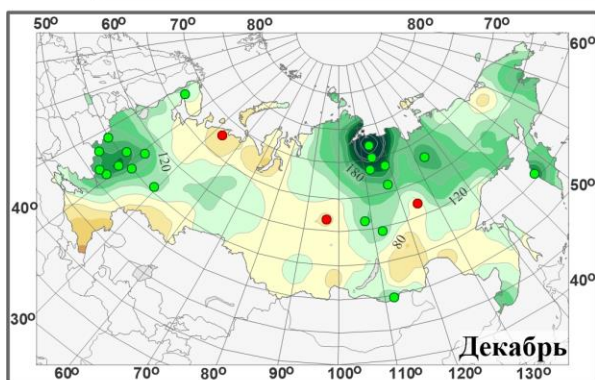
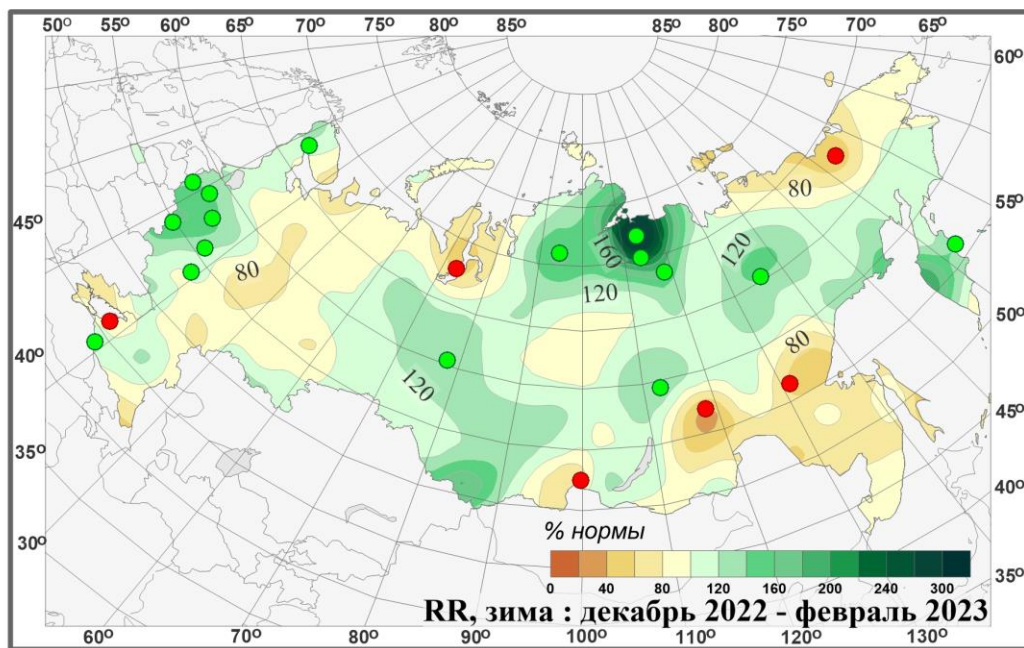


Рисунок 2.3 – Поля аномалий средних сезонных и месячных сумм осадков (в процентах от нормы за 1991-2020 гг.) на территории России зимы 2022/23 гг. (декабрь 2022 г. – февраль 2023 г.). Кружками красного цвета показаны станционные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го перцентиля.

В таблицах 2.1 и 2.2 представлены регионально осредненные аномалии температуры и осадков, рассчитанные по значениям станционных аномалий зимнего сезона; для характеристики масштаба аномалий приведены также средние квадратические отклонения региональных аномалий за базовый период 1991-2020 гг. Оценки приведены для физико-географических регионов (рис.1) и федеральных

округов (рис.2) Российской Федерации. Для осадков (табл. 2.2) дополнительно к отклонениям от нормы приведены относительные аномалии, т.е. отношение осредненной по территории региона сезонной суммы осадков к средней по региону сезонной норме, выраженное в процентах (о процедуре регионального осреднения см. во введении). Из-за выраженной асимметрии распределения осадков для характеристики масштаба аномалий разного знака приводятся величины разности между медианой и первым квартилем (25-й перцентиль, т.е. точка, отсекающая 1-ю четверть распределения) функции распределения для характеристики величины дефицита осадков, а для оценки величины избытка осадков - разности между третьим квартилем и медианой, рассчитанные для базового периода. (приводится также величина аномалии, соответствующая медиане распределения, что позволяет судить о величине асимметрии). Кроме того, в таблицах приведены значения эмпирической вероятности (вероятности неперевышения) региональных аномалий по данным за 1936-2020 годы.

Временные ряды регионально осредненных аномалий температуры и осадков для каждого из рассматриваемых физико-географических регионов и Федеральных округов РФ представлены в Разделе 4.

Как уже отмечалось выше, осредненная по России зимняя аномалия температуры (см. табл. 2.1) составила 0,42°C – двадцать третья величина в ряду.

Таблица 2.1

Регионально осредненные аномалии температуры зимой 2022/23 гг. (оценки базового архива Т3288 ИГКЭ)

Регионы	vT_{2023}	$s_{1991-2020}$	$P(t \leq T_{2022})$
Российская Федерация	0,42	1,62	77,0
Физико-географические регионы России			
Европейская часть России	1,23	2,07	41,4
Азиатская часть России	0,12	1,65	80,5
Западная Сибирь	1,47	2,77	60,9
Средняя Сибирь	-0,45	2,57	82,8
Прибайкалье и Забайкалье	1,02	1,97	97,7
Приамурье и Приморье	-0,78	1,37	37,9
Восточная Сибирь	-0,53	1,41	93,1
Федеральные округа РФ			
Северо-Западный	2,23	2,59	87,4
Центральный	1,31	2,22	81,6
Приволжский	0,19	2,40	66,7
Южный	0,67	1,82	72,4
Северо-Кавказский	0,52	1,46	69,0
Уральский	2,03	2,95	79,3
Сибирский	0,51	2,73	77,0
Дальневосточный	-0,54	1,14	57,5

Примечание: Аномалии vT_{2023} (°C) рассчитаны как отклонения от нормы 1991-2020 гг.; s (°C) – среднее квадратическое отклонение за базовый период; вероятности неперевышения $P(t \leq T_{2023})$ рассчитаны по выборке за 1936-2022 гг. и выражены в %. Выделены экстремальные значения, попавшие в 5% максимальных. **Таблица 2.1.1**

Регионально осредненные аномалии температуры в зимние месяцы.

Регионы	Декабрь			Январь			Февраль		
	νT_{2022}	$S_{1991-2020}$	$P(t \leq T_{2022})$	νT_{2023}	$S_{1991-2020}$	$P(t \leq T_{2023})$	νT_{2023}	$S_{1991-2020}$	$P(t \leq T_{2023})$
Российская Федерация	0,71	2,19	71,3	-0,80	2,07	55,2	1,35	2,31	85,1
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	0,12	2,99	57,5	1,52	2,52	78,2	2,01	3,56	83,9
Азиатская часть России	0,92	2,18	71,3	-1,65	2,25	43,7	1,10	2,22	83,9
Западная Сибирь	-1,25	3,78	43,7	2,34	3,68	80,5	3,32	3,99	90,8
Средняя Сибирь	1,45	3,62	72,4	-5,19	3,73	17,2	2,41	3,32	86,2
Прибайкалье и Забайкалье	-0,05	2,40	52,9	0,58	2,69	74,7	2,52	2,67	94,3
Приамурье и Приморье	1,38	1,69	83,9	-3,31	2,15	25,3	-0,42	2,10	64,4
Восточная Сибирь	2,60	2,47	88,5	-2,00	1,74	29,9	-2,20	2,78	24,1
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	-0,22	3,66	54,0	3,72	3,07	90,8	3,15	4,22	86,2
Центральный	0,82	3,43	66,7	1,25	2,94	75,9	1,84	3,84	80,5
Приволжский	-0,15	3,36	50,6	-1,08	3,22	49,4	1,79	3,84	81,6
Южный	1,10	2,64	73,6	0,67	2,65	70,1	0,26	3,24	64,4
Северо-Кавказский	0,71	2,26	67,8	1,22	1,83	74,7	-0,36	2,56	50,6
Уральский	-0,14	4,10	51,7	1,56	3,85	74,7	4,67	4,49	94,3
Сибирский	-0,34	3,89	52,9	-0,65	3,89	52,9	2,51	3,38	88,5
Дальневосточный	1,80	1,65	92,0	-2,94	1,63	21,8	-0,47	1,93	57,5

Осредненные по всем федеральным округам ЕЧР сезонные аномалии температуры были положительными. В ДФО и регионах: Средняя Сибирь, Приамурье и Приморье, Восточная Сибирь, сезонные аномалии температуры были отрицательными.

Наиболее «теплые» условия наблюдались в регионе Прибайкалье и Забайкалье, сезонная аномалия составила 1,02°C – ранг 3.

Из месяцев выделяется «холодный» январь, в целом по РФ аномалия температуры составила -0,80°C, отрицательные аномалии температуры отмечены в целом по АЧР (-1,65°C), а также в СФО (-0,65°C) и ДФО (-2,94°C). В ДФО (-0,47°C) «холодным» был и февраль.

В среднем по регионам и федеральным округам в зимние месяцы крупных положительных и отрицательных аномалий не наблюдалось.

Зимой (табл. 2.2) в РФ в целом количество выпавших осадков составило 105%. Особенно много осадков выпало в Западной Сибири (117% - ранг 10) и в СФО (116% - ранг 10). В регионе Приамурье и Приморье и в ПФО и в СКФО наблюдался недобор осадков.

Таблица 2.2

Регионально осредненные аномалии осадков зимой 2022/23 гг.

Регионы	νR_{2023}	RR_{2023}	m	$m-q1$	$q3-m$	$P(r \leq R_{2023})$
Российская Федерация	1,3	105	-0,50	0,98	1,58	78,2
Физико-географические регионы России						
Европейская часть России	0,6	101	-1,05	2,15	5,27	65,5
Азиатская часть России	1,6	108	-0,35	0,92	1,32	82,8
Западная Сибирь	4,5	117	0,10	3,10	2,40	90,8
Средняя Сибирь	2,4	113	-0,05	1,40	1,55	88,5
Прибайкалье и Забайкалье	0,9	109	-0,50	0,78	1,60	77,0
Приамурье и Приморье	-4,0	75	-0,15	3,25	2,35	32,2
Восточная Сибирь	1,0	105	-0,45	2,32	2,92	55,2
Федеральные округа РФ						
Северо-Западный	1,1	103	0,00	3,85	4,08	73,6
Центральный	8,2	120	-1,10	5,38	8,12	87,4
Приволжский	-4,5	87	0,95	6,88	4,40	43,7
Южный	1,1	102	1,40	10,18	4,65	51,7
Северо-Кавказский	-4,8	84	-1,65	9,63	7,72	31,0
Уральский	2,5	109	-0,10	2,10	3,28	85,1
Сибирский	3,7	116	-0,55	1,15	2,48	90,8
Дальневосточный	0,1	100	0,00	2,25	1,58	50,6

Примечание: Аномалии νR_{2023} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за базовый период 1991-2020 гг.), RR_{2023} - отношение R_{2023} к норме, выраженное в %, $q1$, $q3$ и m – соответственно первый, третий квартиль и медиана аномалий (мм/месяц) за базовый период; вероятности неперевышения $P(r \leq R_{2023})$ – рассчитаны по выборке за 1936-2020 гг. и выражены в %. Выделены экстремальные значения, попавшие в 5% максимальных.

Таблица 2.2.1

Регионально осредненные аномалии осадков в зимние месяцы.

Регионы	Декабрь 2022г.			Январь			Февраль		
	νR_{2022}	RR_{2022}	$P(r \leq R_{2022})$	νR_{2023}	RR_{2023}	$P(r \leq R_{2023})$	νR_{2023}	RR_{2023}	$P(r \leq R_{2023})$
Российская Федерация	3,8	113	86,2	-0,2	99	56,3	1,2	105	77,0
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	7,5	117	88,5	-8,1	80	25,3	6,9	121	85,1
Азиатская часть России	2,4	110	78,2	3,0	114	86,2	-1,0	95	51,7
Западная Сибирь	-1,2	96	58,6	10,5	139	97,7	0,4	102	70,1
Средняя Сибирь	2,0	108	62,1	1,7	108	72,4	3,3	115	93,1
Прибайкалье и Забайкалье	0,2	102	64,4	3,6	125	87,4	-1,3	91	39,1
Приамурье и Приморье	-0,6	97	57,5	-3,9	78	44,8	-7,3	47	6,9
Восточная Сибирь	8,6	134	89,7	-0,7	96	40,2	-4,3	79	20,7
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	-1,0	98	66,7	5,7	114	87,4	-1,5	95	63,2
Центральный	46,5	201	100	-10,6	76	29,9	7,6	121	81,6
Приволжский	1,5	104	59,8	-12,3	68	20,7	2,7	108	74,7
Южный	-12,0	72	23,0	-27,1	34	1,1	31,9	194	98,9
Северо-Кавказский	-24,4	45	5,7	-14,5	62	12,6	-13,6	134	86,2
Уральский	-0,6	98	60,9	4,0	113	82,8	3,4	114	80,5
Сибирский	-1,0	96	56,3	10,4	146	98,9	-0,7	97	57,5
Дальневосточный	4,4	120	82,8	-1,7	91	35,6	-2,4	86	28,7

Из месяцев особенно много осадков выпало в декабре в ЦФО (выпало 201% нормы – рекордное значение в ряду), в январе – в СФО (146% нормы – ранг 2), в феврале – в ЮФО (194% - ранг 2).

В ЮФО в январе выпало лишь 34% нормы – среди двух «самых сухих». В регионе Приамурье и Приморье, в СКФО все три месяца зимнего сезона наблюдался дефицит осадков; в Восточной Сибири и в ДФО – дефицит осадков наблюдался в январе и феврале.

3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В ЗИМНИЙ СЕЗОН

В этом разделе рассматриваются основные тенденции в изменении метеорологических величин с начала современного потепления, т.е. с середины 1970-х гг. На рис. 3.1 и 3.2 представлено географическое распределение коэффициента линейного тренда за 1976-2023 гг. температуры приземного воздуха и атмосферных осадков на территории России для зимнего сезона в целом и для каждого из месяцев зимы.

Оценки получены по стационарным временным рядам аномалий в точках расположения станций и затем картированы. Представленные поля характеризуют направление и среднюю скорость изменений температуры и осадков зимнего сезона на территории России с 1976 г.

Зимние температуры растут везде в ЕЧР, в АЧР везде, кроме юга Сибирского ФО.

Наибольшее потепление отмечается в декабре на западе ЕЧР и в северных районах страны (всюду на севере, кроме нижнего течения Лены) и в январе – на северо-западе ЕЧР и в Средней Сибири; и местами достигает $+1,2^{\circ}\text{C}/10$ лет. В феврале наиболее интенсивное на западе ЕЧР и в центральных районах АЧР (до $+1,5^{\circ}\text{C}/10$ лет на Таймыре).

Область похолодания зимой наблюдается в южных районах АЧР (проявилась впервые несколько лет назад) и достигает $-0,1^{\circ}\text{C}/10$ лет; похолодание здесь наблюдается в основном для декабря (на юге Западной Сибири и в бассейне верхнего течения Лены: до $-0,6^{\circ}\text{C}/10$ лет) и января (в Западной Сибири: до $-4,6^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Кроме того, область небольшого похолодания и очень слабого потепления ($-0,1^{\circ}\text{C}/10$ лет) зимой наблюдается на востоке Якутии и на севере Камчатского края за счет большой области похолодания в Восточной Сибири в январе (до $-0,6^{\circ}\text{C}/10$ лет), и области очень слабого потепления и некоторого похолодания в Восточной Сибири – в феврале (до $-0,4^{\circ}\text{C}/10$ лет).

В изменении сезонных сумм осадков (рис. 3.2) преобладает рост; можно выделить несколько крупных областей заметного роста: в ЕЧР (максимумы – на северо-западе), в районе Байкала - эти особенности сохраняются для всех зимних месяцев; в Прикаспии (в декабре и феврале), на севере Западной и Средней Сибири; на Сахалине. Область убывания осадков зимой - Восточная Сибирь.

Как уже отмечалось выше, для всех зимних месяцев наблюдается рост осадков

на северо-западе ЕЧР (максимум – в феврале), в Прикаспии (особенно в декабре и январе), в Байкальском регионе и Приморье (особенно феврале). В феврале особенно заметен рост осадков на большей части ЕЧР и в бассейне Лены. Максимум роста на севере Западной и Средней Сибири – в январе.

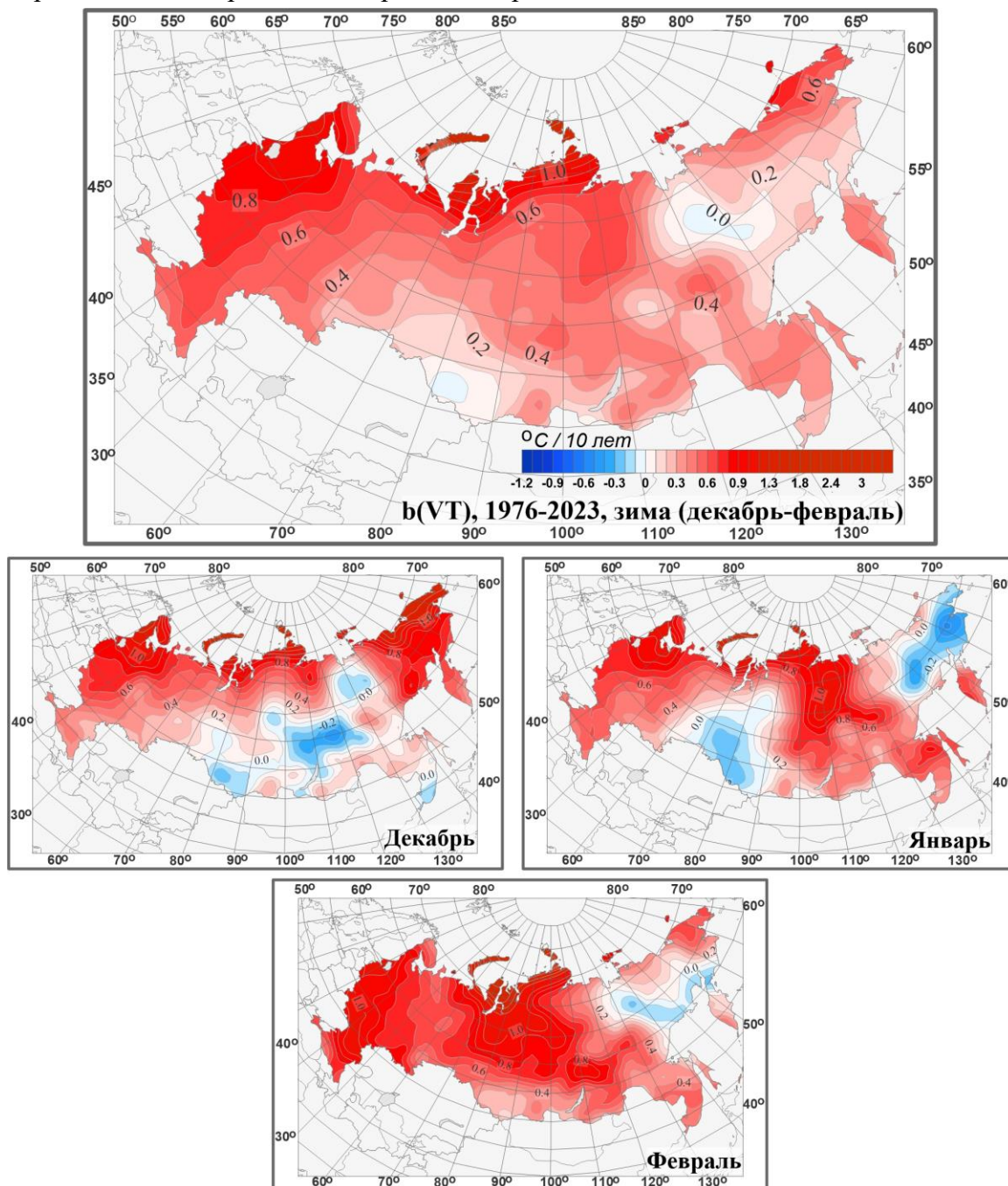


Рисунок 3.1 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий температуры (°C/10 лет) на территории России по данным за 1976-2023 (зима)

Убывание сезонных осадков в северо-восточных регионах АЧР происходит за счет всех месяцев сезона. В декабре происходит убывание осадков в среднем течении Амура, в январе – в Саянах.

В таблице 3.1 приведены оценки линейного тренда температуры и осадков зимнего сезона и каждого его месяца для территории РФ в целом. Тренд средней по

России зимней температуры за период 1976-2023 гг. положителен: он составляет $0,44^{\circ}\text{C}/10$ лет, объясняет лишь 12% межгодовой изменчивости (табл. 3.1). Как видно из рис. 3.3, рост средней по РФ зимней температуры наблюдался в период с 1970 до середины 1990-х гг., затем температуры последовательно уменьшаются до конца 2000-х, после чего произошло возобновление потепления. В основном за такое поведение сезонных температур отвечает февраль. Тренд среднесезонной и февральской температур за период с 1976 г. значимы на 5%-ом уровне значимости, а тренды декабрьской и январской температур незначимы на фоне межгодовой изменчивости.

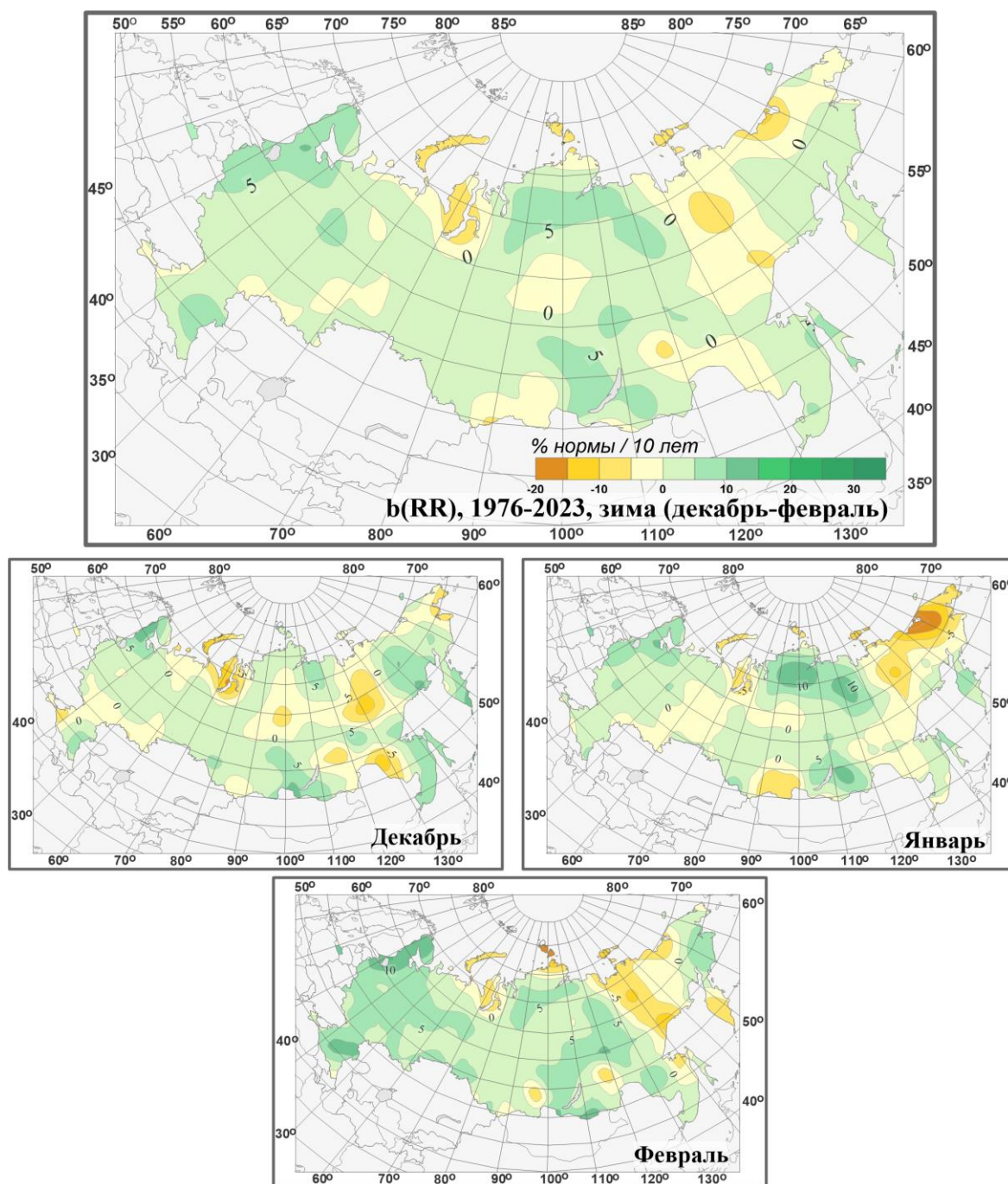


Рисунок 3.2 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий осадков (% нормы /10 лет) на территории России по данным за 1976-2023 (зима).

Таблица 3.1

Оценки линейного тренда температуры приземного воздуха и суммы осадков, осредненных по территории России и за зимний сезон, за 1976-2023 гг.

b – коэффициенты линейного тренда, *D* - вклад тренда в дисперсию ряда.

Регион Российская Федерация	Температура		Осадки	
	<i>b</i> °C/10 лет	<i>D</i> , %	<i>b</i> мм/мес/10 лет	<i>D</i> , %
Зима	0,42	12	0,6	16
Декабрь	0,35	5	0,6	5
Январь	0,37	6	0,4	3
Февраль	0,56	12	0,7	13

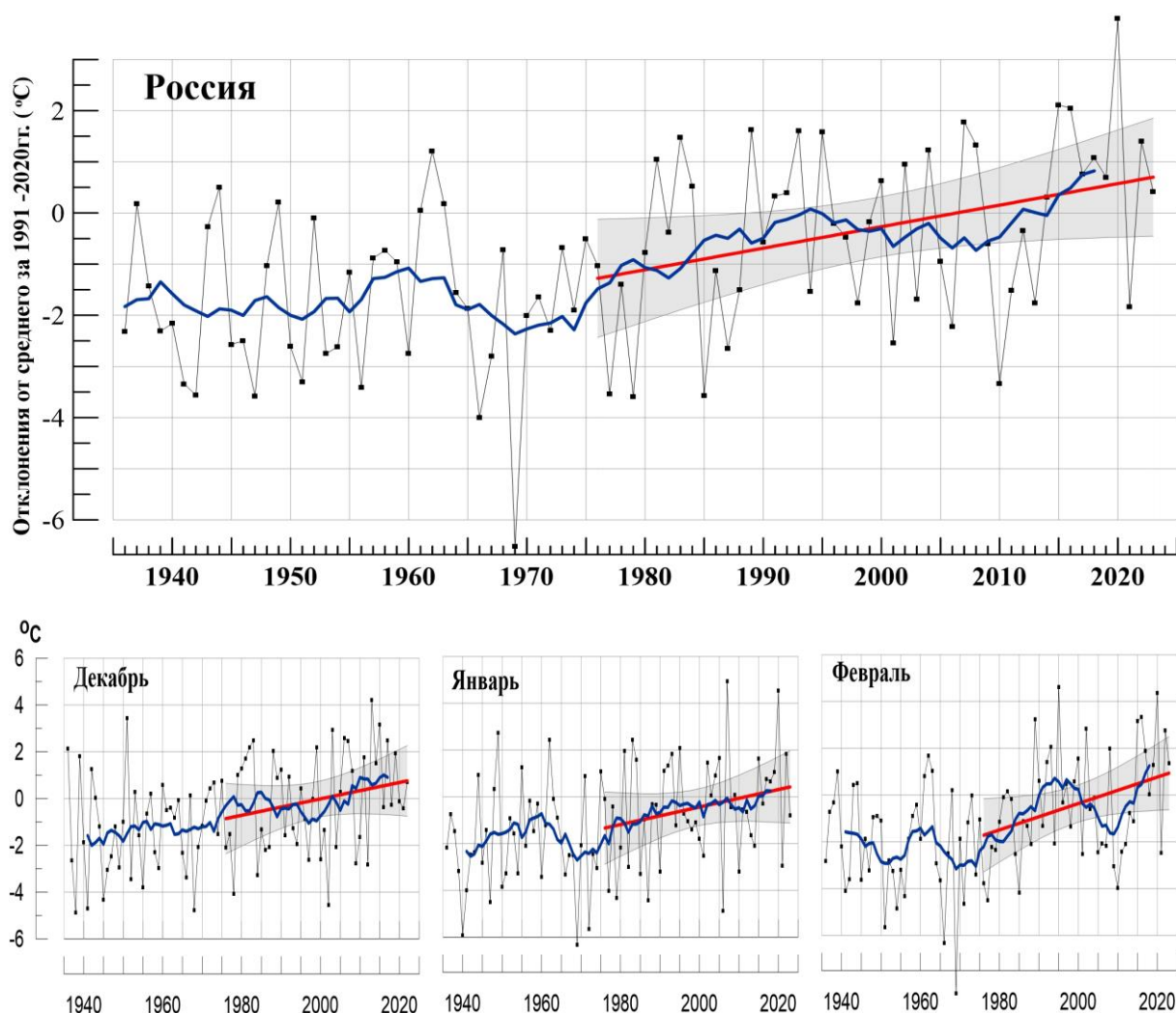


Рисунок 3.3 – Аномалия средней сезонной (вверху) и для месяцев сезона температуры приземного воздуха ($^{\circ}C$) осредненная по территории РФ.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1991-2020 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2023 гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда.

Зимние осадки в целом по России довольно устойчиво растут с 1970-х гг.; тренд значим на уровне 1%, значим тренд осадков и в феврале. Однако очень значительны

колебания с периодом в несколько десятилетий, особенно выраженные в 30-е – 60-е годы, а для отдельных месяцев и в дальнейшем (в особенности в феврале).

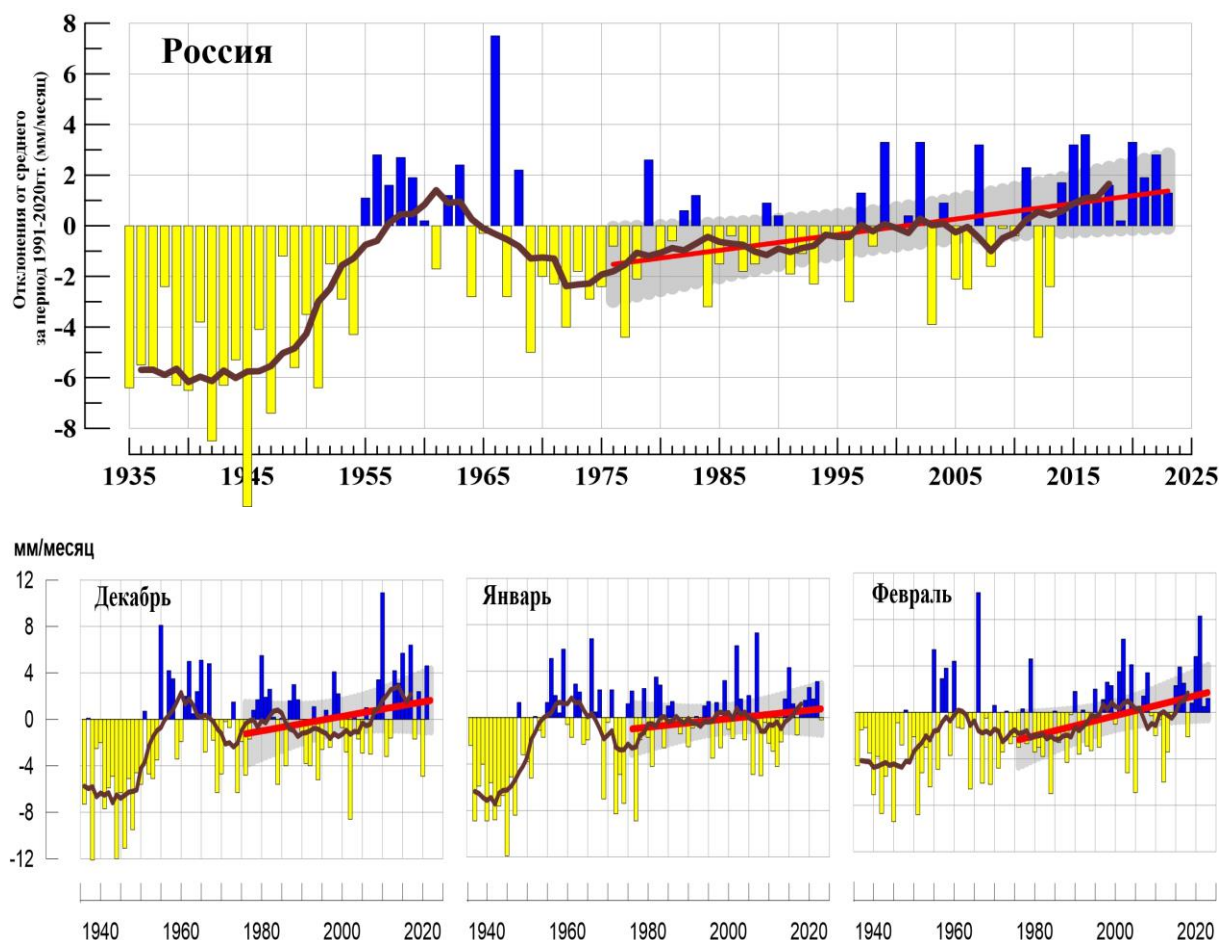


Рисунок 3.4 – То же, что на рис. 3.3, но для атмосферных осадков (мм/мес).

4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ЗИМНЕГО СЕЗОНА В РЕГИОНАХ РОССИИ ЗА ПЕРИОД 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 – 4.4 приведены временные ряды осредненных по регионам аномалий средней месячной температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) и месячных сумм осадков (мм/месяц) зимнего сезона за 1936 – 2023 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2023 гг., рассчитанные методом наименьших квадратов. Величины трендов и объясненные трендами доли дисперсии рядов представлены в таблице 4.1. В таблице 4.1 приведены оценки линейных трендов регионально осредненных значений температуры и осадков за 1976-2023 гг. для физико-географических регионов и федеральных округов РФ.

Характер изменения зимней температуры в регионах и федеральных округах (рис. 4.1, 4.2) имеет ряд общих черт. Везде наблюдается рост температуры, начиная с 1970-1975 гг. и до конца 1980-х – середины 1990-х гг. Позднее во многих физико-

географических регионах прослеживается уменьшение зимних температур. В Северо-Кавказском ФО и Уральском ФО заметного уменьшения зимних температур не наблюдалось. В середине 2000-х рост температуры во всех регионах восстановился.

По сравнению с периодом 1976-2022 гг. за счет холодной зимы 2022/23 в регионах востока АЧР коэффициент линейного тренда заметно уменьшился, так в Восточной Сибири (и в ДФО) коэффициент линейного тренда увеличился на 0,06-0,05°C/10 лет, в Приамурье и Приморье – на 0,04°C/10 лет.

Для осадков региональные оценки сезонных трендов по сравнению с периодом 1976-2022 гг. немного изменились на востоке АЧР: за счет дефицита осадков в Приамурье и Приморье оценки трендов уменьшились на 0,9% / мес / 10 лет, в Восточной Сибири (ДФО) – уменьшились на 2,6 (1,8) % / мес / 10 лет.

Тренд осадков для всех регионов и ФО (кроме Восточной Сибири) положителен. Вклад региональных трендов в суммарную изменчивость почти везде статистически незначим (на 5%-ом уровне), за исключением региона Прибайкалье и Забайкалье и Северо-Западного ФО (тренды значимы на уровне 1%) и ЕЧР (тренд значим на уровне 5%).

Таблица 4.1

Оценки линейного тренда осредненных по территории России среднесезонных аномалий температуры приземного воздуха и сумм осадков за 1976-2023 гг. (зимний сезон), *b* – коэффициенты линейного тренда, *D* - вклад тренда в дисперсию ряда.

Регионы	Температура		Осадки		
	<i>b</i> °C/10 лет	<i>D</i> , %	<i>b</i> мм/мес/10 лет	<i>b</i> , %/10 лет	<i>D</i> , %
Россия	0,42	12	0,6	2,6	16
Физико-географические регионы России					
Европейская часть России	0,66	16	1,2	3,1	13
Азиатская часть России	0,34	8	0,4	2,1	9
Западная Сибирь	0,33	3	0,6	2,3	4
Средняя Сибирь	0,42	5	0,6	3,1	9
Прибайкалье и Забайкалье	0,32	6	0,5	4,5	14
Приамурье и Приморье	0,35	11	0,5	2,8	3
Восточная Сибирь	0,27	9	-0,1	-0,4	0
Федеральные округа РФ					
Северо-Западный	0,78	15	1,9	4,9	21
Центральный	0,76	18	1,5	3,7	7
Приволжский	0,51	8	0,5	1,3	1
Южный	0,59	19	0,4	1,0	1
Северо-Кавказский	0,51	25	1,0	3,2	3
Уральский	0,46	5	0,5	1,9	3
Сибирский	0,32	3	0,7	3,1	10
Дальневосточный	0,32	14	0,2	1,3	2

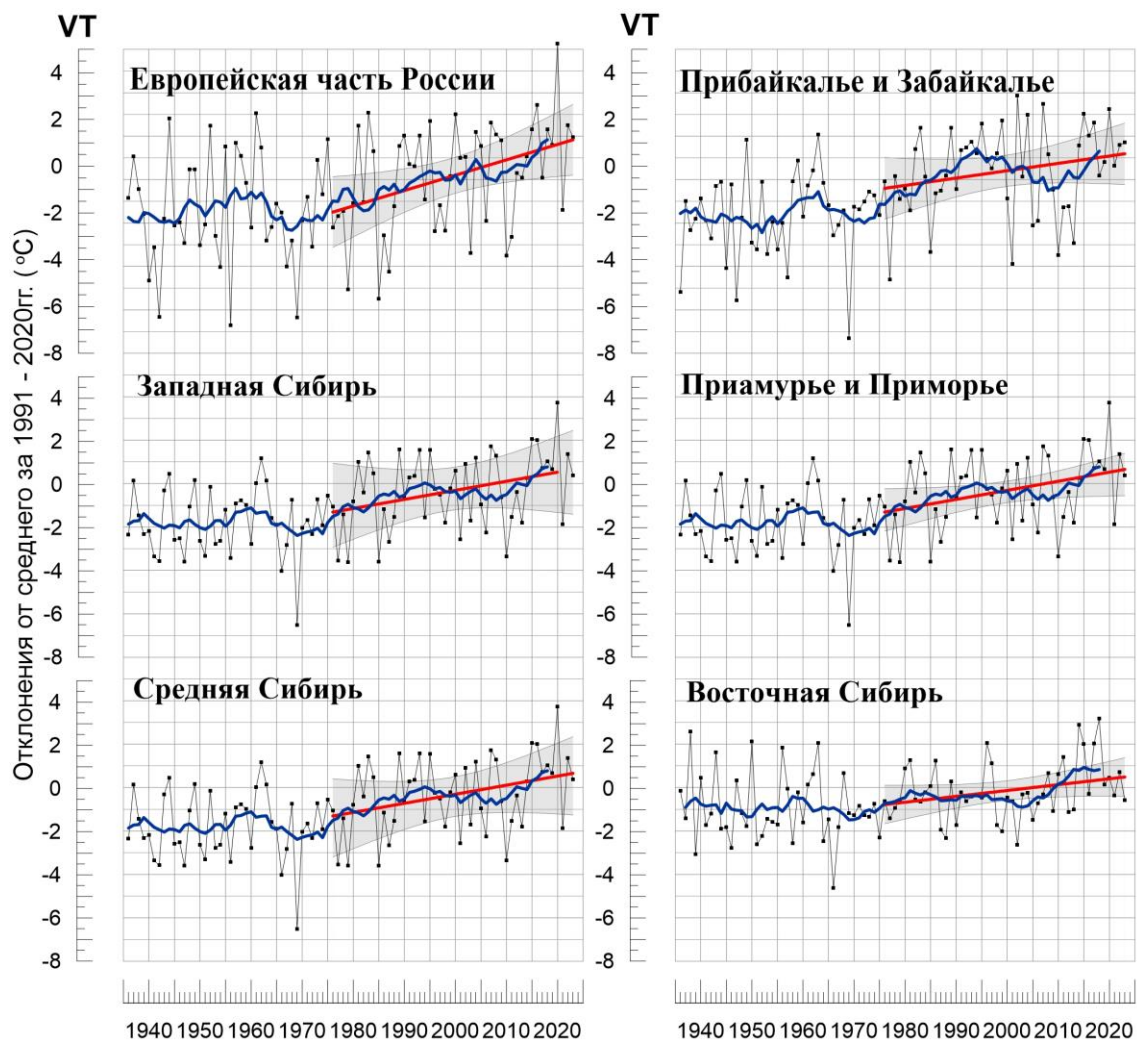


Рисунок 4.1 - Сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории физико-географических регионов РФ, зима 2022/23 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1991-2020 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2023 гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда.

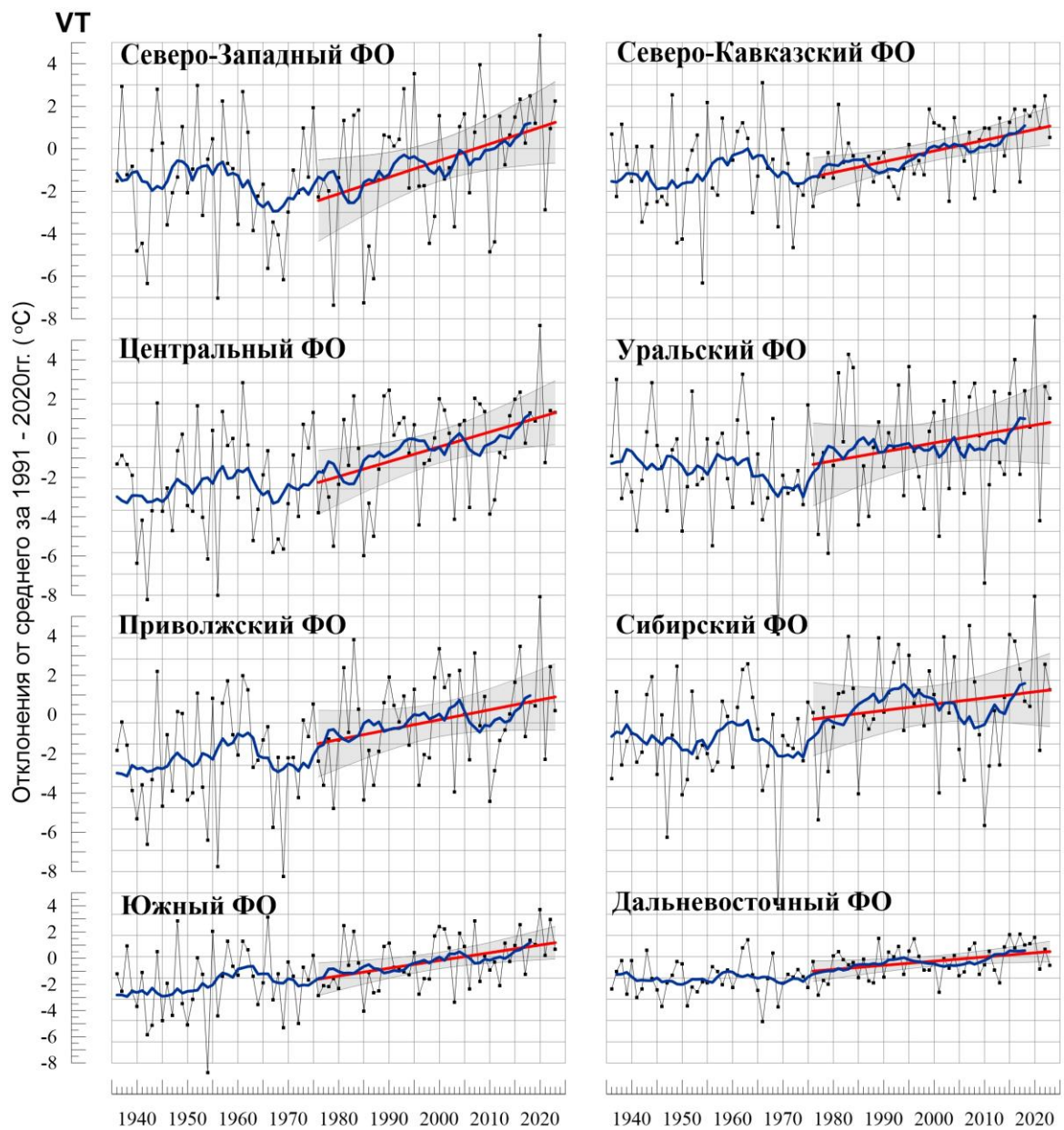


Рисунок 4.2 – То же, что на рис.4.1, но для федеральных округов

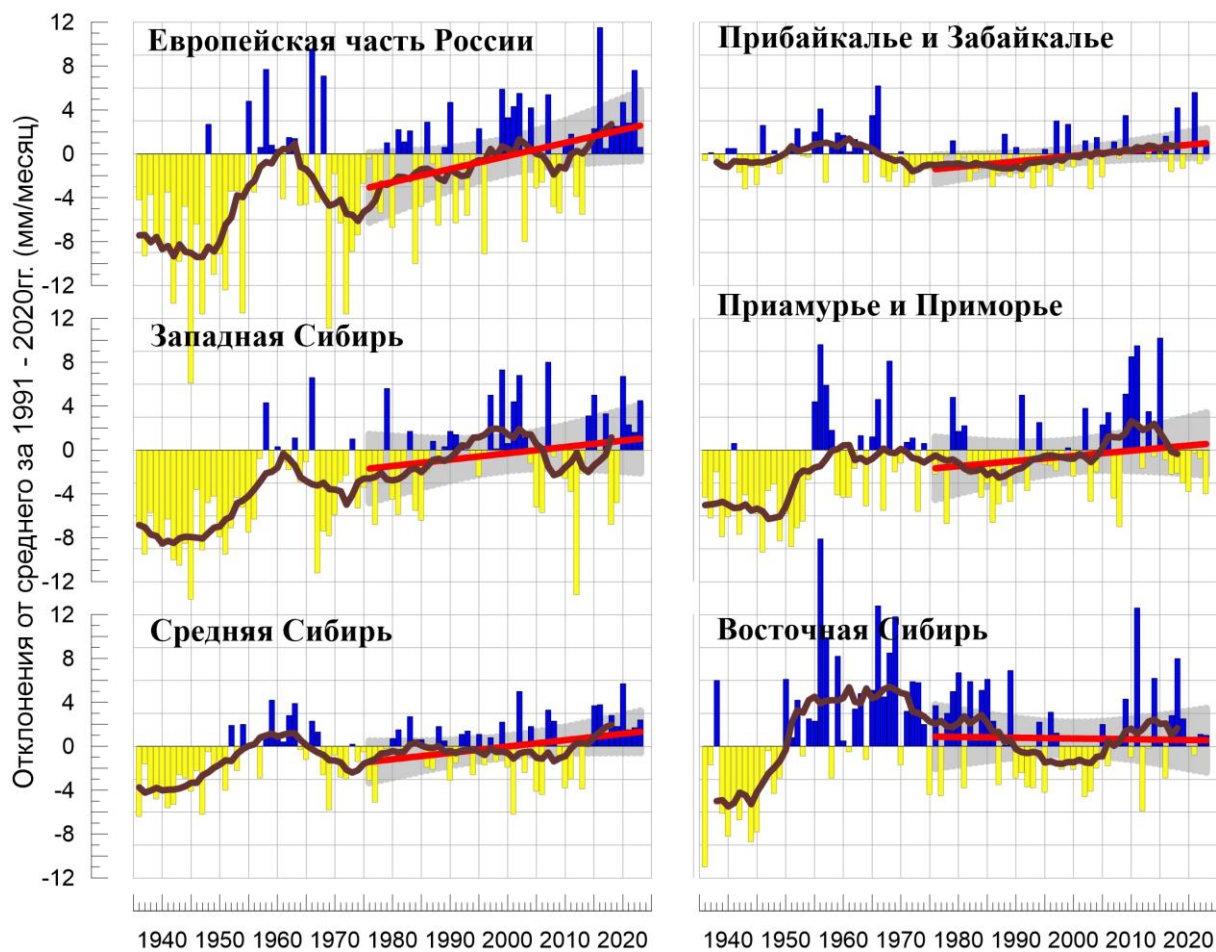


Рисунок 4.3 - Сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по регионам РФ, зима 2022/23 гг.

Условные обозначения см. на рис. 4.1.

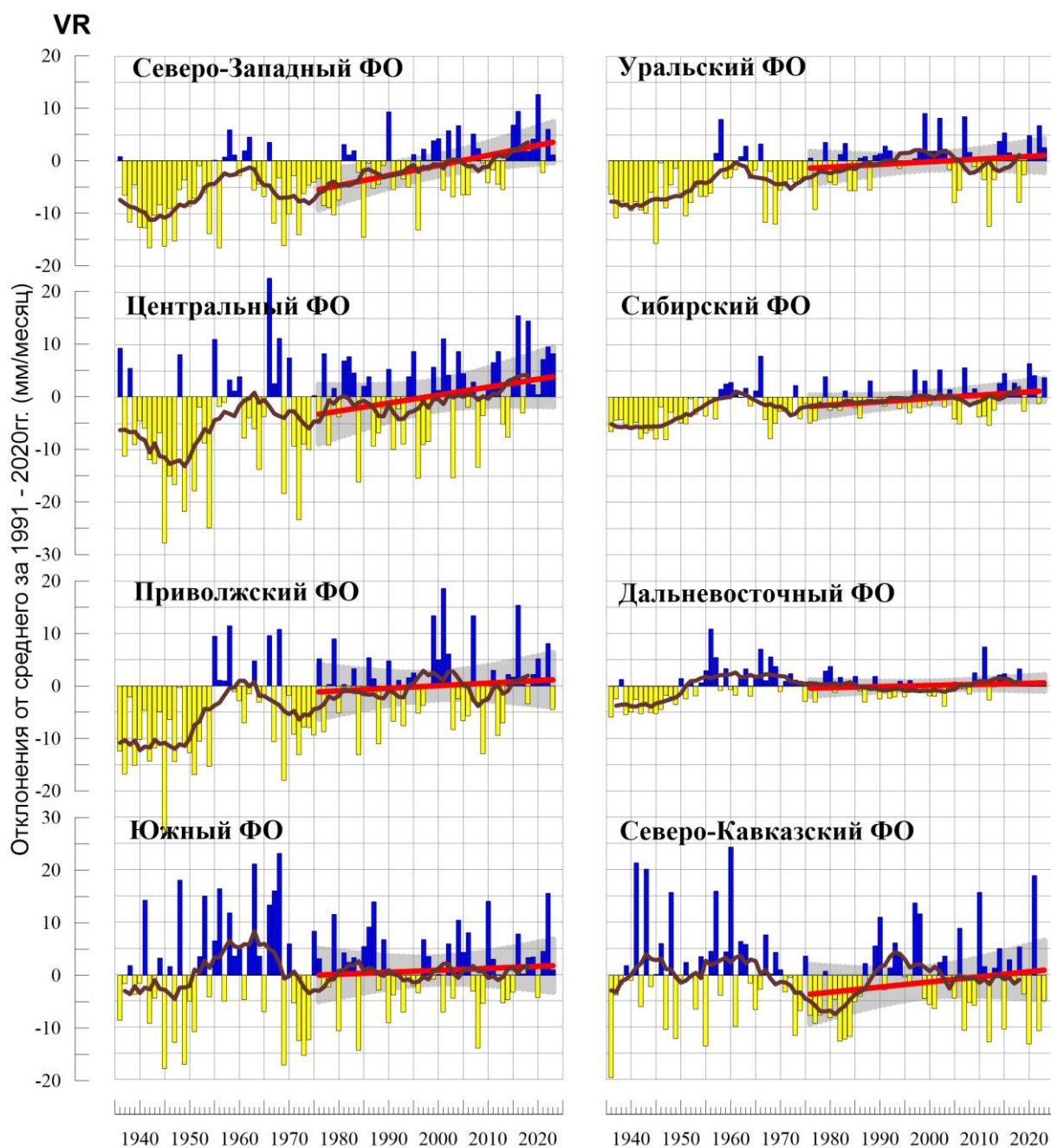


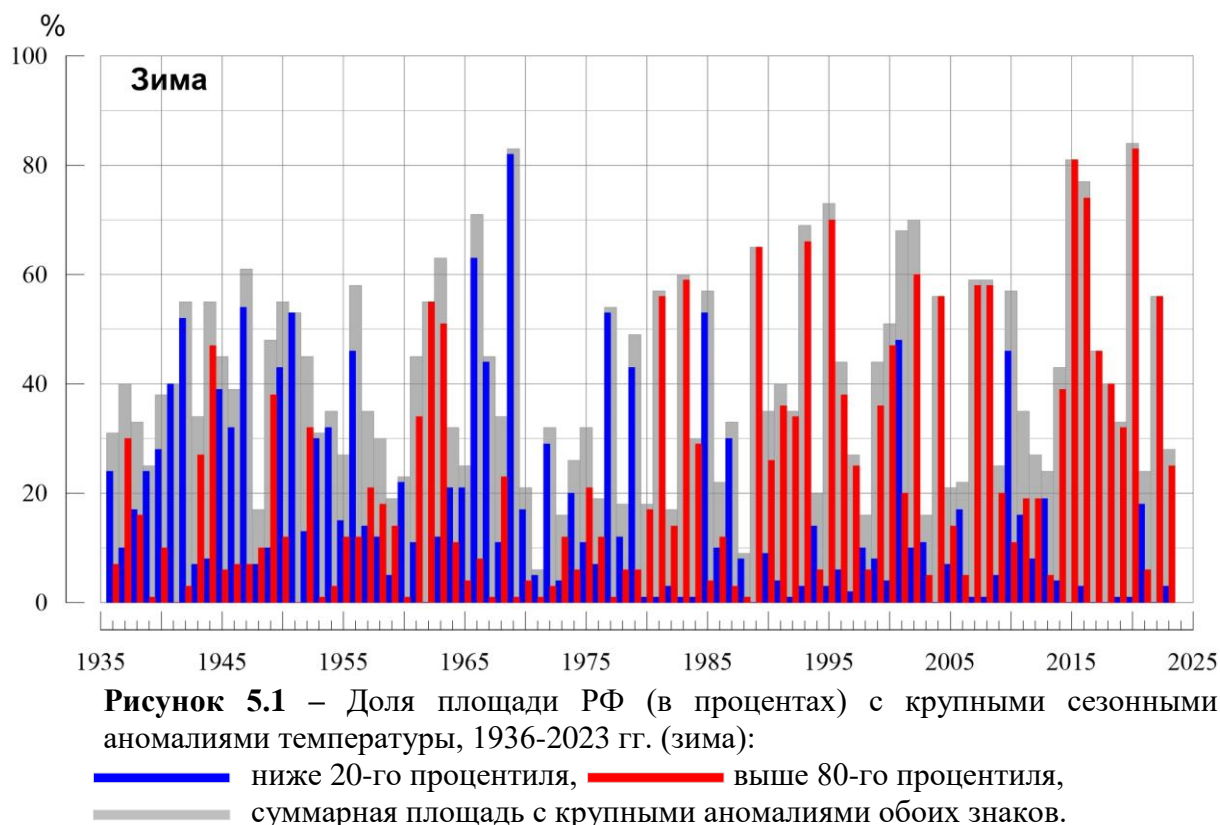
Рисунок 4.4 – То же, что на рис.4.3, но по территории федеральных округов

5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2023 гг. (зимний сезон)

В разделе приведены некоторые индексы экстремальности и аномальности для зимнего сезона 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 ниже 20% и выше

80%), а также экстремальными (абсолютная величина превосходит 2 стандартных отклонения) аномалиями температуры.

Температура. Зимой 2022/23 гг. (рис. 5.1) площадь, занятая крупными отрицательными аномалиями (ниже 20-го перцентиля) составила 3%, положительными аномалиями - 25%. В период до 1975 года на территории РФ преобладали крупные отрицательные аномалии (зимой 1969 года доля площади с крупными отрицательными аномалиями составила 82%). После 1980 г. напротив, преобладают площади с крупными положительными аномалиями (тренд за период 1976-2023 составляет 2.4%/10 лет и объясняет 25% дисперсии ряда).



На рис.5.2 представлены ряды доли площади под экстремальными (выше 2σ и ниже -2σ) аномалиями сезонной температуры (в предположении гауссовости распределения это соответствует примерно 2.3% процента для каждого хвоста распределения).

Зимой 2022/23 гг. доля площадей под экстремальными отрицательными аномалиями и экстремальными положительными аномалиями на территории России составила по 1%.

На графике (рис.5.2) хорошо прослеживаются экстремально холодные зимы: 1966 (21% площади занято экстремальными аномалиями), 1969 (50%), 1979 (12%), 2010 (13%). С начала 1980-х гг. преобладают положительные экстремумы. Большие площади под экстремальными положительными аномалиями зимой наблюдались в 2020 (44%), в 2002 (19%) и в 2007 (13%).

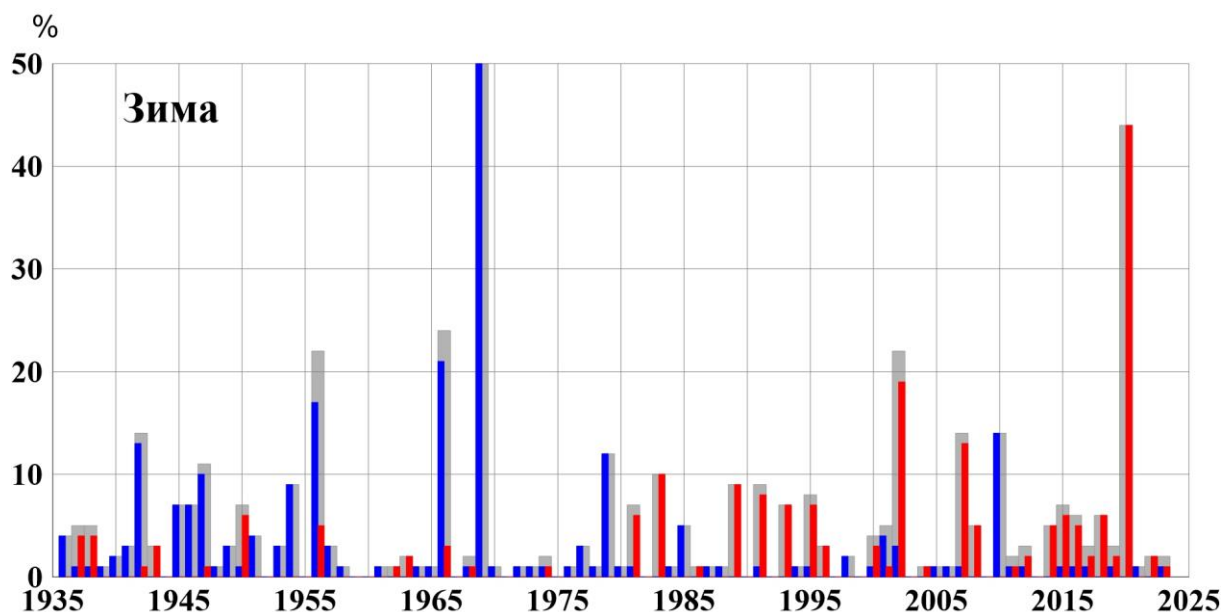


Рисунок 5.2 - Доля площади РФ (в процентах) с экстремальными (сезонная аномалия меньше -2σ : синие столбики, больше $+2\sigma$: красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры зимой, 1936-2023 гг. Базовый период для расчета статистик: 1991-2020 гг.

Индекс аномальности Багрова (рис. 5.3) зимой составил 0,8 единицы. Анализ изменений индекса аномальности Багрова показывает, что с начала 1970-х гг. аномальность температурного режима на территории РФ в зимний сезон очень слабо растет – тренд объясняет 9% общей дисперсии ряда за период 1976-2023 гг.

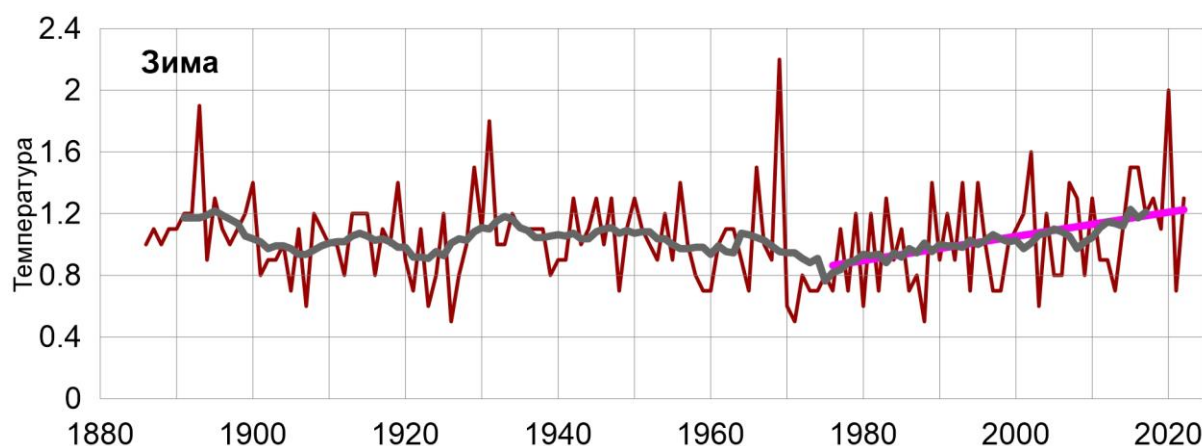


Рисунок 5. - Индекс аномальности (индекс Багрова) температурного режима на территории России зимой 1886-2023 гг.

Осадки. Зимой 2022/23 гг. площадь, занятая крупными аномалиями выше 80 перцентиля составила 27%; ниже 20-го перцентиля – 7%.

Для осадков до 1954 года площади, занятые аномалиями ниже 20-го перцентиля преобладали (максимальная площадь, занятая аномалиями ниже 20-го перцентиля наблюдалась в 1945 году и составила 53% площади страны).

Начиная с 1955 года преобладают крупные аномалии выше 80-го перцентиля и наблюдается их рост с середины 1970-х гг. (тренд за период 1976-2023 гг. составляет 2.9%/10 лет и объясняет 15% дисперсии ряда).

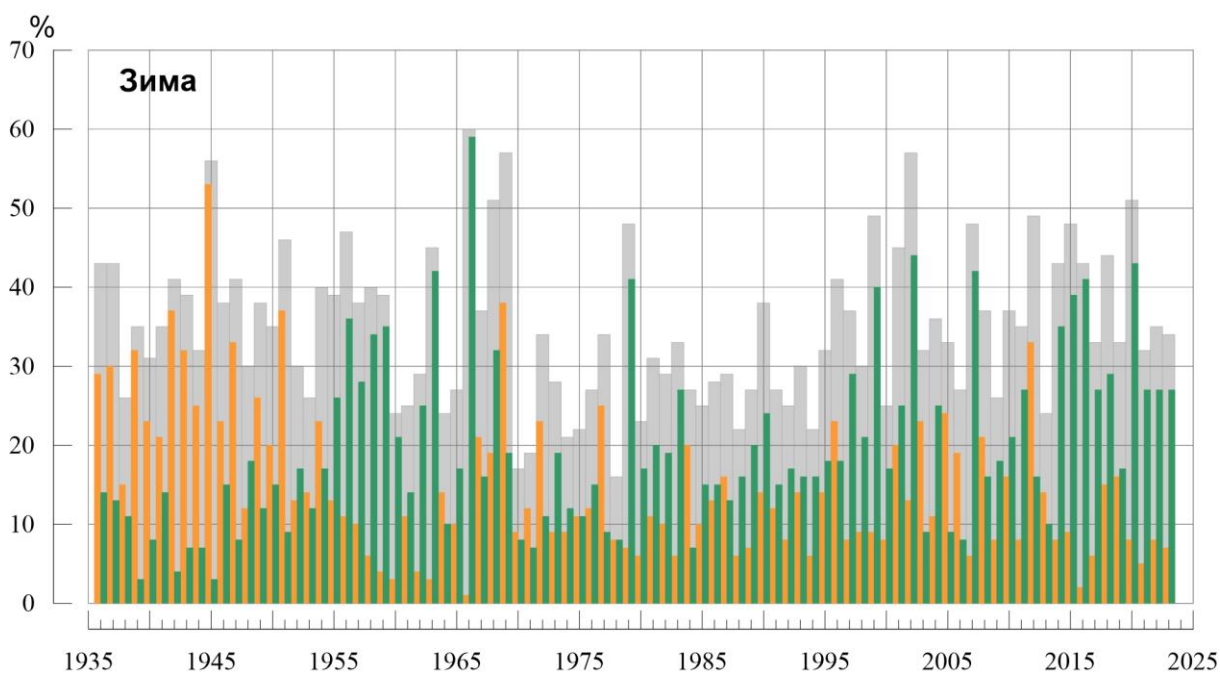


Рисунок 5.4 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями осадков, 1936-2023 гг. (зима):

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

ВЫВОДЫ

1. Зима 2023/21 гг. для суши Северного полушария в целом была теплой: аномалия температуры $+0,568^{\circ}\text{C}$ – четвертая величина в ряду с 1886 года. В целом по России зимой аномалия температуры составила $0,42^{\circ}\text{C}$ – лишь двадцать третья величина в ряду. Температуры были выше климатической нормы наблюдались на большей части ЕЧР (кроме ПФО), на значительной части АЧР (кроме бассейна Лены, Приамурья и Приморья). 95%-е экстремумы фиксировались на побережье Белого моря и моря Баренцево, 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 (кроме Забайкалья и Чукотского АО), в Западном Саяне.

2. Доля площади РФ, занятая крупными положительными аномалиями (выше 80%) составила 25%, а под экстремальными положительными аномалиями (выше 2σ) – лишь 1%. Доля площади РФ, занятая крупными отрицательными аномалиями (ниже 20-го перцентиля) составила 3%.

, Во все месяцы сезона наблюдались обширные области, где температуры были ниже климатической нормы: в январе - на Среднесибирском плоскогорье и, далее на

восток до Чукотки (на ряде станций СФО и ДФО отмечались 5%-е экстремумы холода); в феврале – в ДФО (не включая Забайкалье); в декабре - в центре и на севере ЕЧР, на юге Западной Сибири, на Алтае и в Саянах (аномалии ниже -3°C).

4. Во все месяцы также наблюдались области, где температуры были выше 95-го перцентиля: в феврале - на севере Среднесибирского плоскогорья и в Забайкалье; в январе – на севере ЕЧР; в декабре – на Чукотке и Камчатке.

5. Зимой в среднем по РФ выпало 105% нормы осадков. Избыток осадков наблюдался на западе ЕЧР (на станциях фиксировались 95%-е экстремумы), на большей части АЧР (особенно на Северо-Сибирской низменности). Дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался в Забайкалье, в Приамурье и Приморье, в районе Обской губы, на побережье Восточно-Сибирского моря.

5. Зимой 2022/23 гг. площадь, занятая крупными аномалиями выше 80 перцентиля составила 27%; ниже 20-го перцентиля – 7%.

6. Из месяцев выделяется контрастный январь: в СФО выпало 146% нормы (ранг 2); а дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался в центре и на юге ЕЧР, особенно сильный в ЮФО (34% нормы - среди двух «самых сухих»).

7. В декабре значительный избыток осадков (более 120%, на многих станциях 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.

8. В феврале избыток осадков (более 80%) наблюдался на юге ЕЧР (особенно в ЮФО (194% нормы – ранг 2), а в АЧР – в центре и на севере от Урала до бассейна Лены. Дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался на юге АЧР (особенно Приамурье и Приморье (выпало 47% нормы – среди семи самых «сухих»), на востоке Якутии и на Чукотке. Небольшой дефицит осадков наблюдался на севере ЕЧР.

9. Линейный тренд средней по России зимней температуры воздуха за период 1976-2023 гг. составил $+0,42^{\circ}\text{C}/10$ лет при вкладе тренда в дисперсию ряда 12%. Рост средней по РФ зимней температуры наблюдался до начала 1990-х гг., после чего температуры последовательно уменьшались до конца 2000-х, после чего рост температуры возобновился. Тоже происходит и ходом аномалий температуры для Северного полушария (похолодание наблюдалось с первого пятилетия 21 века и значительно менее выражено), тренд составляет $+0,35^{\circ}\text{C}/10$ лет, вклад в дисперсию 74%.

10. Основная географическая особенность климатических изменений температуры на территории России в зимний период – область похолодания и очень слабого потепления в южных районах АЧР (проявилась впервые несколько лет назад) и достигает $-0,1^{\circ}\text{C}/10$ лет; похолодание здесь наблюдается в основном для декабря (на юге Западной Сибири и в бассейне верхнего течения Лены: до $-0,6^{\circ}\text{C}/10$ лет) и января (в Западной Сибири: до $-4,6^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Область небольшого похолодания и очень слабого потепления ($-0,1^{\circ}\text{C}/10$ лет) зимой наблюдается на востоке Якутии и на севере Камчатского края за счет большой области похолодания в Восточной Сибири в январе (до $-0,6^{\circ}\text{C}/10$ лет), и области очень слабого потепления и некоторого похолодания в Восточной Сибири – в феврале (до $-0,4^{\circ}\text{C}/10$ лет).

12. Тренд зимних сумм осадков для России в целом положителен: составляет +2.6%/10лет, (объясняет 16% межгодовой изменчивости). Рост осадков отмечается: в ЕЧР (максимумы – на северо-западе), в районе Байкала - эти особенности сохраняются для всех зимних месяцев; в Прикаспии (в декабре и феврале), на севере Западной и Средней Сибири; на Сахалине.

Убывание сезонных осадков в северо-восточных регионах АЧР происходит за счет всех месяцев сезона. В декабре происходит убывание осадков в среднем течении Амура, в январе – в Саянах.

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

ЗИМА 2022/23



ВВЕДЕНИЕ

В настоящем Приложении* приводится информация о состоянии приземного климата (температура приземного воздуха и атмосферные осадки) зимой 2022/23 гг. и о наиболее значительных климатических аномалиях этого периода на территории Республики Беларусь. Работа выполняется в рамках сотрудничества по программе Союзного государства "Совершенствование системы обеспечения населения и отраслей экономики Российской Федерации и Республики Беларусь информацией о сложившихся и прогнозируемых погодных-климатических условиях, состоянии и загрязнении природной среды".

Все оценки получены по данным о средних месячных значениях температуры приземного воздуха и месячных суммах атмосферных осадков в базовом архиве ИГКЭ, содержащем данные гидрометеорологических наблюдений на 455 станциях стран СНГ и Балтии (из них 6 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 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).

Осреднение по регионам выполняется по станционным 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 на попавших в эту ячейку станциях). На втором этапе выполняется взвешенное осреднение «ячеечных» средних с

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

весами, пропорциональными площади пересечения ячейки с территорией региона. Все расчеты, включая определение принадлежности ячейки к региону, площади их пересечения и ячеечных весовых множителей, выполняются автоматически, на основании заданной замкнутой ломаной, ограничивающей территорию региона.

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

СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ЗИМОЙ 2022/23гг.

В таблицах 2 и 3 приведены стационарные данные о наблюдаемой температуре и осадках для каждого месяца рассматриваемого зимнего сезона и для сезона в целом, а на рисунках 1 и 2 – соответствующие этим данным распределения аномалий (поля изолиний), также для сезона и для каждого из месяцев. В таблицах 4 и 5 приведены аномалии температуры и осадков, а также оценки трендов, в среднем по всей территории республики Беларусь.

Таблица 2

Характеристики температурного режима на станциях Беларуси зимой 2022/23 г.

	<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) температура (град. Цельсия)						
<i>Зима 2022/23</i>	-3,00	-2,00	1,07	0,13	-1,17	-1,50
Декабрь 2022	-3,7	-3,3	-0,5	-1,4	-1,9	-1,8
Январь	-2,5	-1,2	2,5	1,4	-0,5	-1,2
Февраль	-2,8	-1,5	1,2	0,4	-1,1	-1,5
б) аномалия температуры (град. Цельсия)						
<i>Зима 2022/23</i>	1,29	1,45	2,51	2,34	2,06	1,93
Декабрь 2022	-0,48	-0,7	0,29	0,17	0,58	0,86
Январь	2,45	2,98	4,8	4,43	3,44	2,94
Февраль	1,89	2,07	2,43	2,42	2,15	2,00

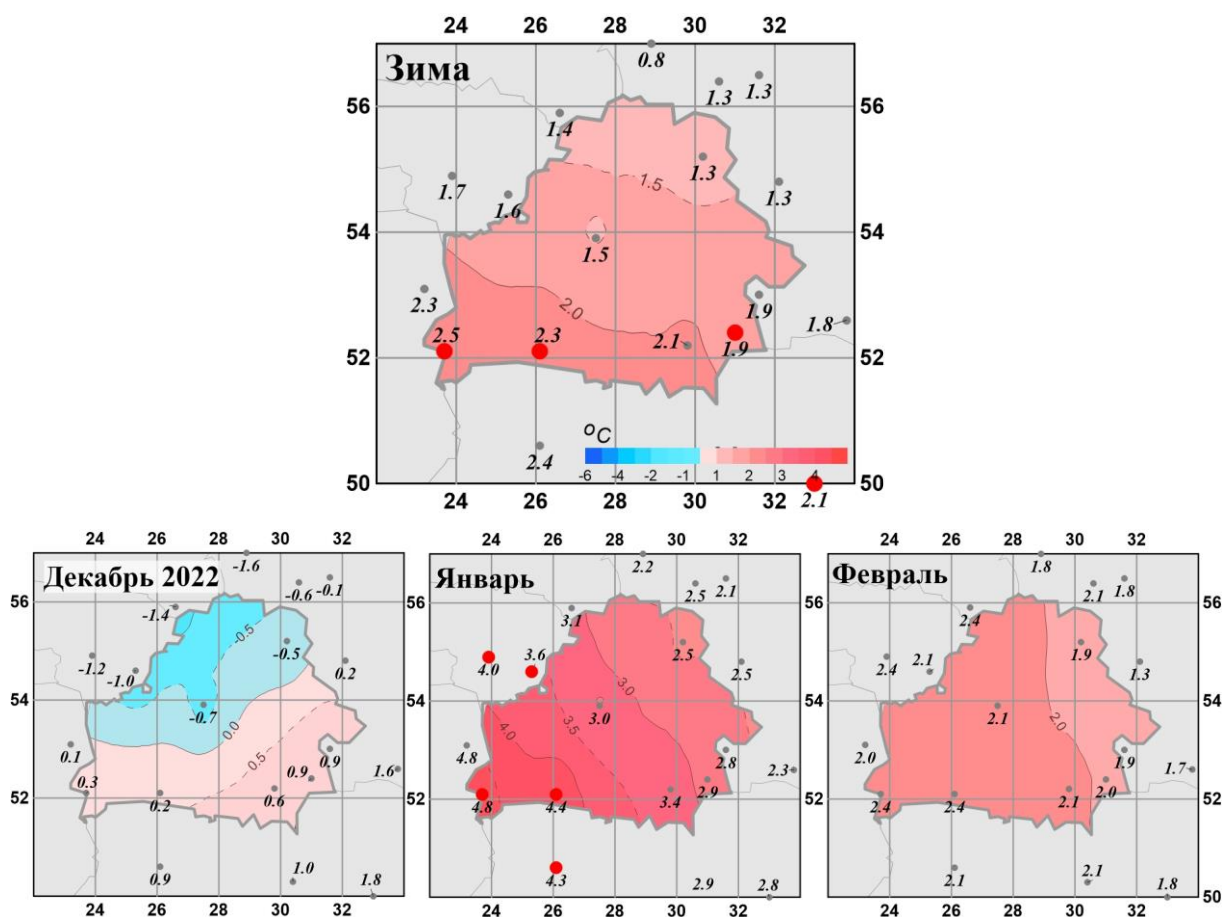


Рисунок 1 - Средние сезонные и средние месячные аномалии температуры (°С) приземного воздуха на территории республики Беларусь зимой 2022/23 гг. Аномалии рассчитаны относительно периода 1991-2020 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) на станциях. Красными кружками показаны стационарные экстремумы – выше 95-го перцентиля

Таблица 3

Характеристики режима осадков на станциях Беларуси зимой 2020/20 гг.

	<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 (мм/месяц)						
<i>Зима 2022/23</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
б) Аномалия сумм осадков / (мм/месяц)						
<i>Зима 2020/23</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
в) Относительная аномалия сумм осадков (% от нормы)						
<i>Зима 2022/23</i>	173	140	187	150	156	123
Декабрь 2022	152	146	207	206	228	178
Январь	179	158	240	107	101	70
Февраль	188	114	112	124	127	109

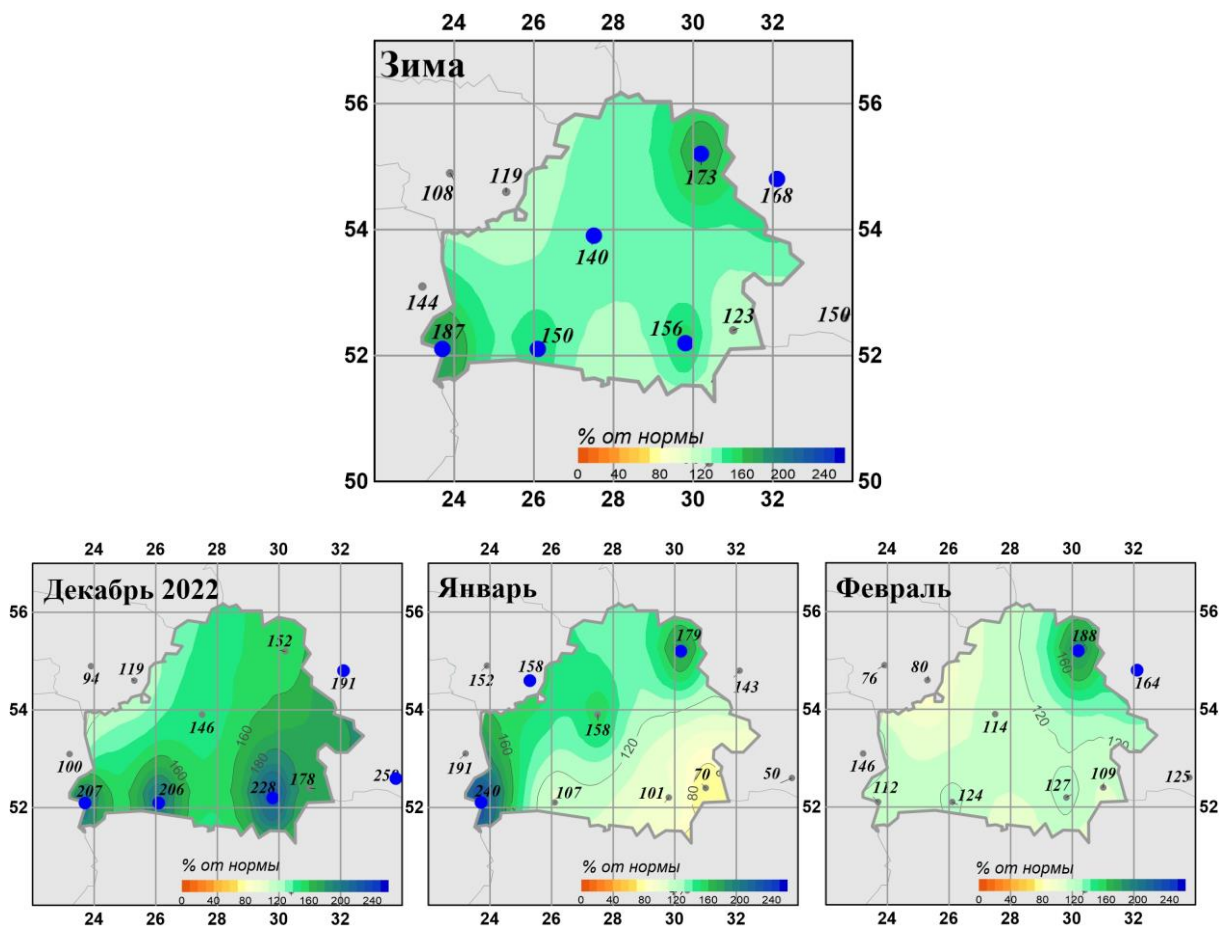


Рисунок 2 - Средние сезонные и месячные аномалии атмосферных осадков (% от нормы) на территории республики Беларусь зимой 2022/23 гг. Аномалии рассчитаны относительно периода 1991-2020 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) и осадков (в % от нормы) на станциях. Красным кружком показан стационарный экстремум – ниже 5-го процентиля

На рисунках 3, 4 показаны временные ряды осредненных по территории Беларуси сезонных и месячных аномалий температуры воздуха и осадков с 1936 по 2023 гг.

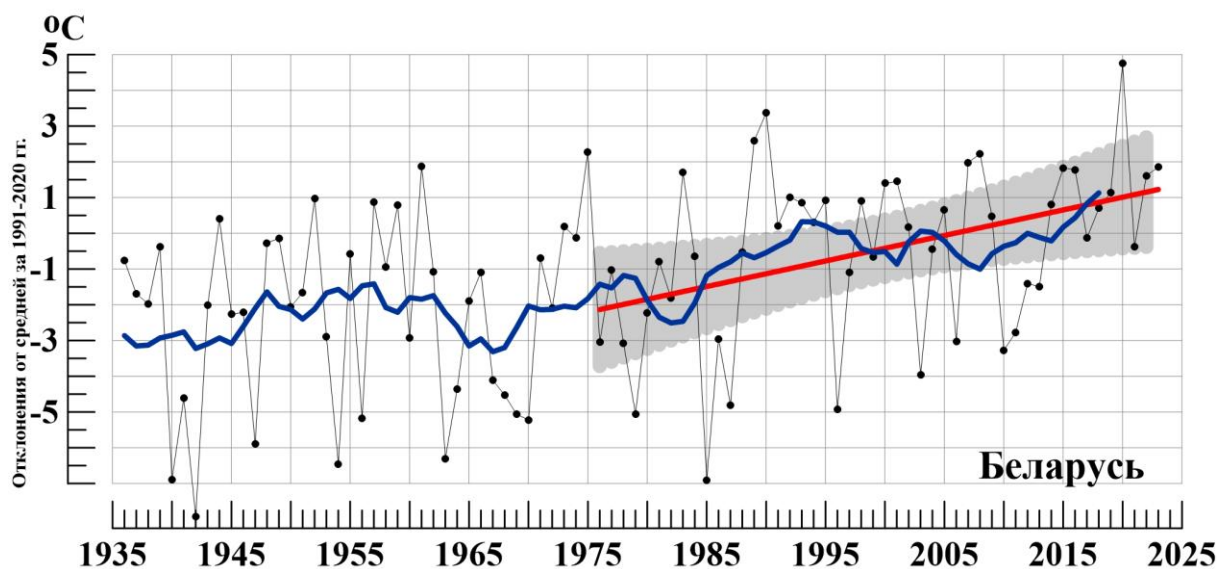


Рисунок 3 - Сезонные (декабрь - февраль) аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь.
Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1991-2020 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2023гг.

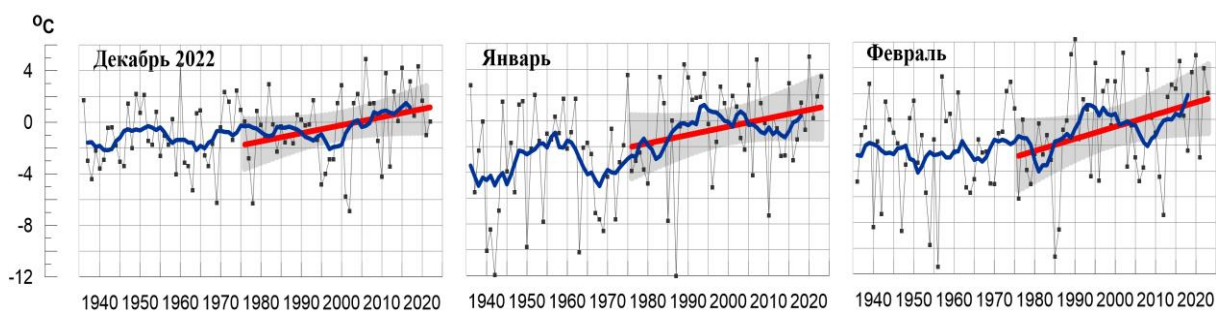


Рисунок 4 - Средние месячные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рисунке ,

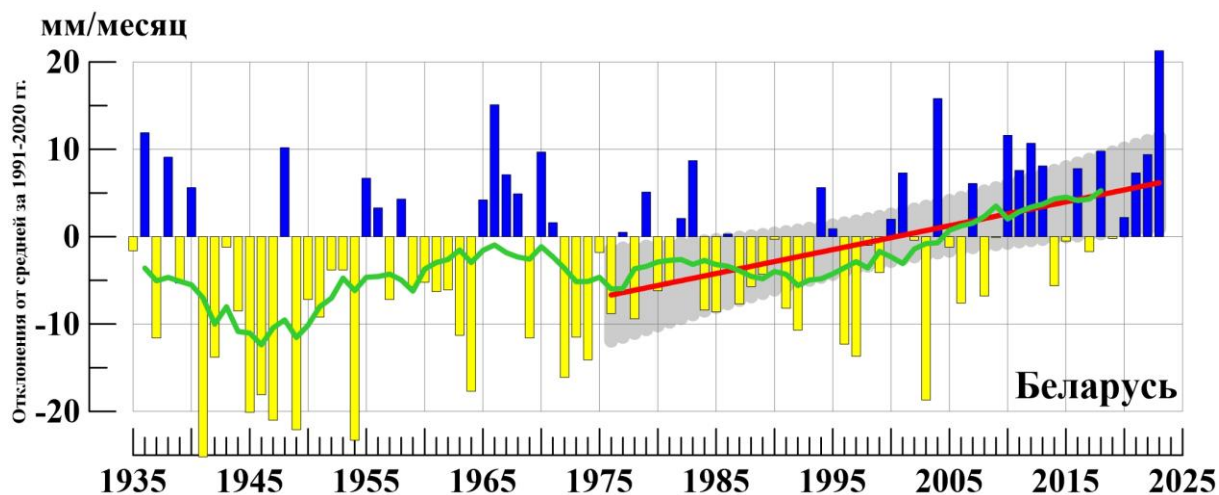


Рисунок 5 - Сезонные (декабрь - февраль) аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рис. 3

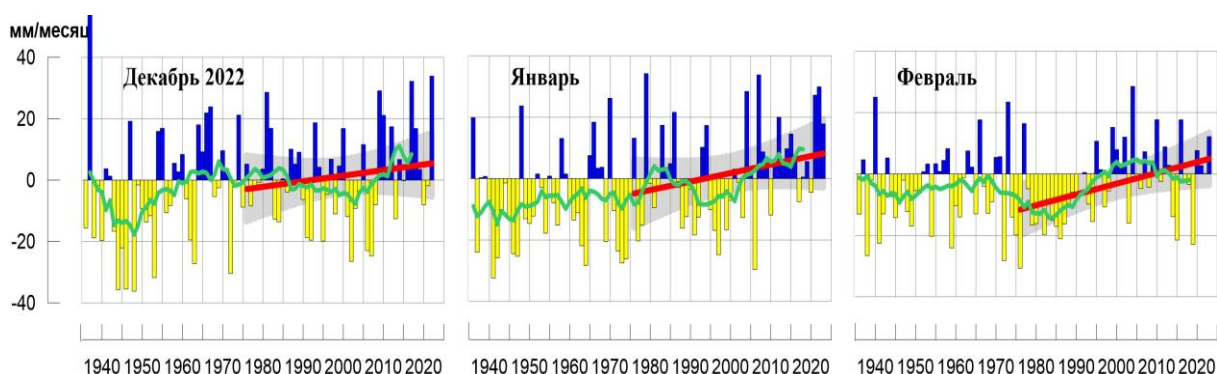


Рисунок 6 - Средние месячные аномалии атмосферных осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рисунке ,

Таблица 4

Осредненные аномалии температуры и осадков по территории республики Беларусь за зимний сезон и в отдельные месяцы сезона.

	νT_{2023}	s	νR_{2023}	s	RR_{2023}
<i>Зима 2022/23</i>	<i>1,85</i>	<i>2,05</i>	<i>21,3</i>	<i>8,2</i>	<i>152</i>
Декабрь 2022	0,06	3,16	33,9	16,1	175
Январь	3,42	2,86	17,8	14,9	144
Февраль	2,05	3,45	12,2	12,1	131

Примечание: Аномалии νT_{2023} ($^{\circ}C$), νR_{2023} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за период 1991-2020 гг.), s ($^{\circ}C$, мм/месяц), – среднее квадратическое отклонение

Таблица 5

Оценки линейного тренда 1976-2023 гг. в среднем по Республике Беларусь

Сезон	Температура		Осадки	
	$b_{1976-2023}$ °C/10 лет	$D_{1976-2023}$ %	$b_{1976-2023}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2023}$ %
<i>Зима 2022/23</i>	0,71	17	2,7	22
Декабрь 2022	0,63	10	1,8	3
Январь	0,58	5	2,8	6
Февраль	0,94	11	3,3	15