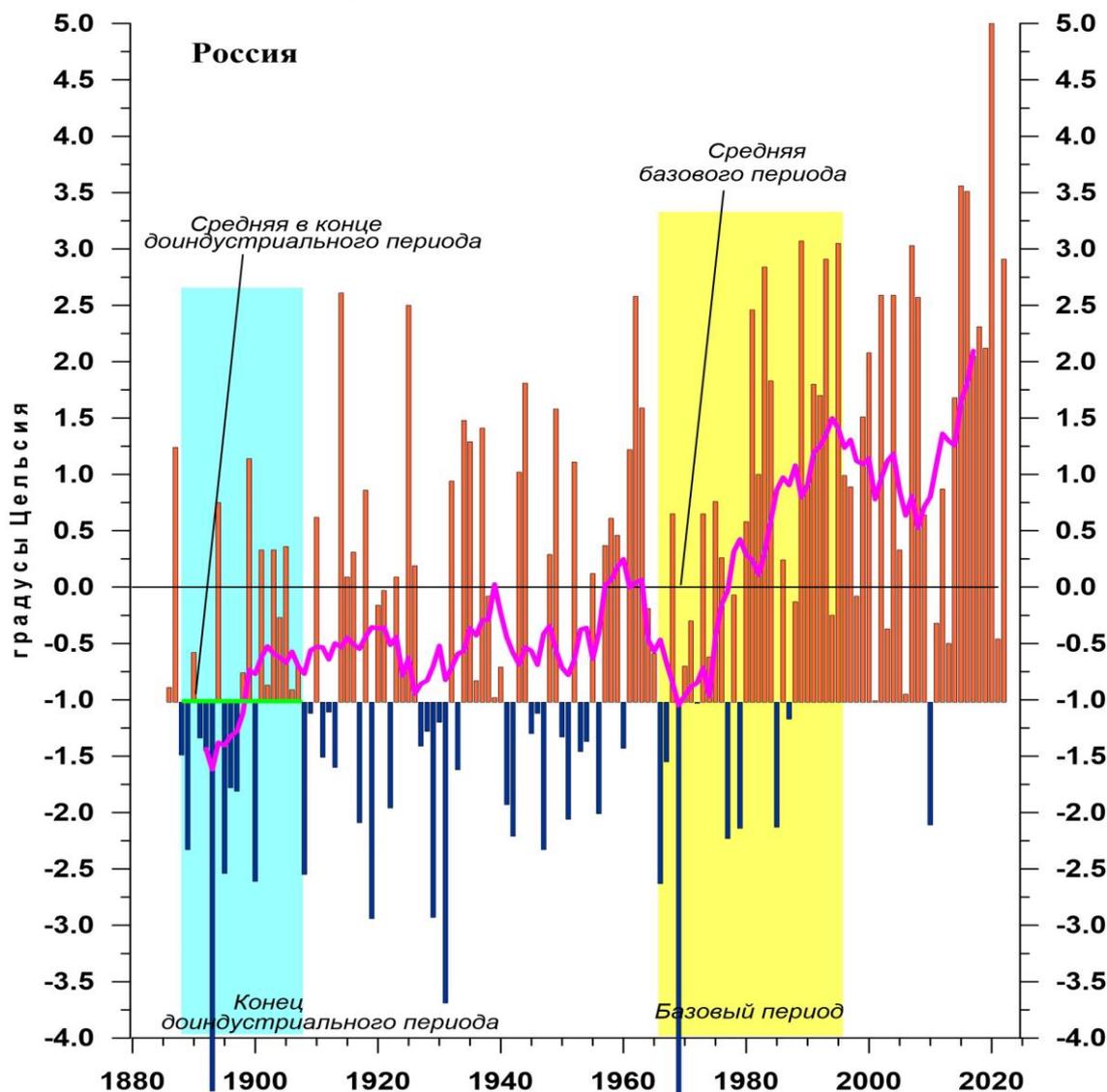


Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ФГБУ «Институт Глобального Климата и Экологии»



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2022

ЗИМА: декабрь 2021 – февраль 2022

Обзор состояния и тенденций изменения
климата России

★
Москва 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ¹

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ (зимний сезон).....	6
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗИМЫ 2021/22 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, 1936-2022 ГГ.....	19
5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2022 ГГ. (ЗИМНИЙ СЕЗОН)	24
ВЫВОДЫ	27
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности зимы 2021/22 гг. на территории Республики Беларусь	30

¹ На обложке приведен ход средней сезонной аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1886 – 2022 гг. (зима)
Аномалия температуры рассчитана как отклонение от средней температуры за базовый период 1961-1990 гг. Столбцы диаграммы представлены относительно средней за 1887 – 1905 гг. (конец «доиндустриального» периода)

ВВЕДЕНИЕ

Все приведенные в Бюллетене оценки для территории России получены по данным о средних месячных значениях температуры приземного воздуха и месячных суммах атмосферных осадков в базовых архивах ФГБУ «ИГКЭ» 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 1961-1990 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.

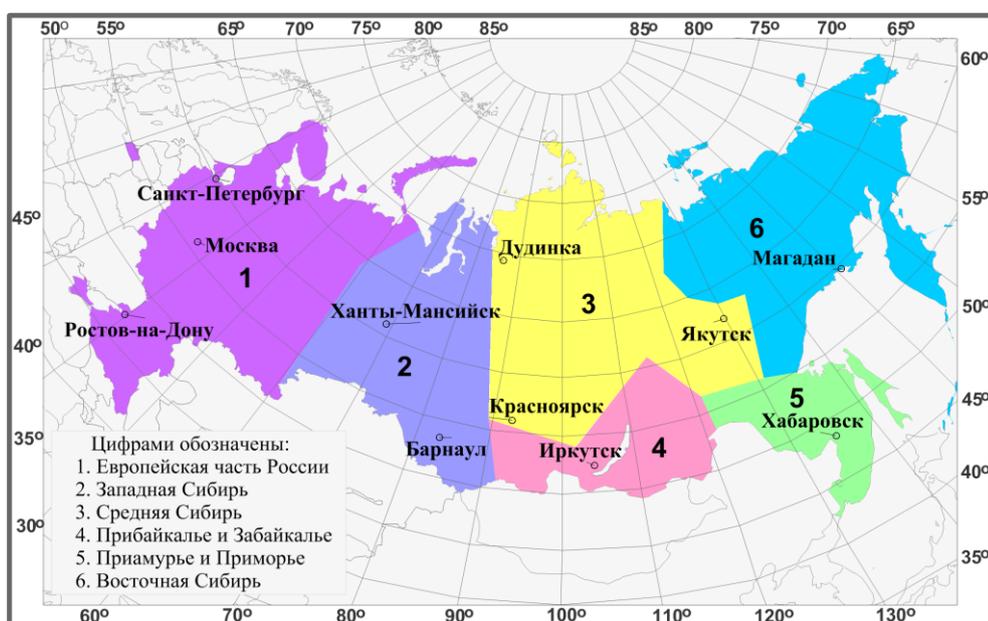


Рисунок 1 – Физико-географические регионы РФ, рассматриваемые в Бюллетене.

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 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» 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 стационарным данным о температуре приземного воздуха ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН». Представлен также линейный тренд за 1976-2022 гг.

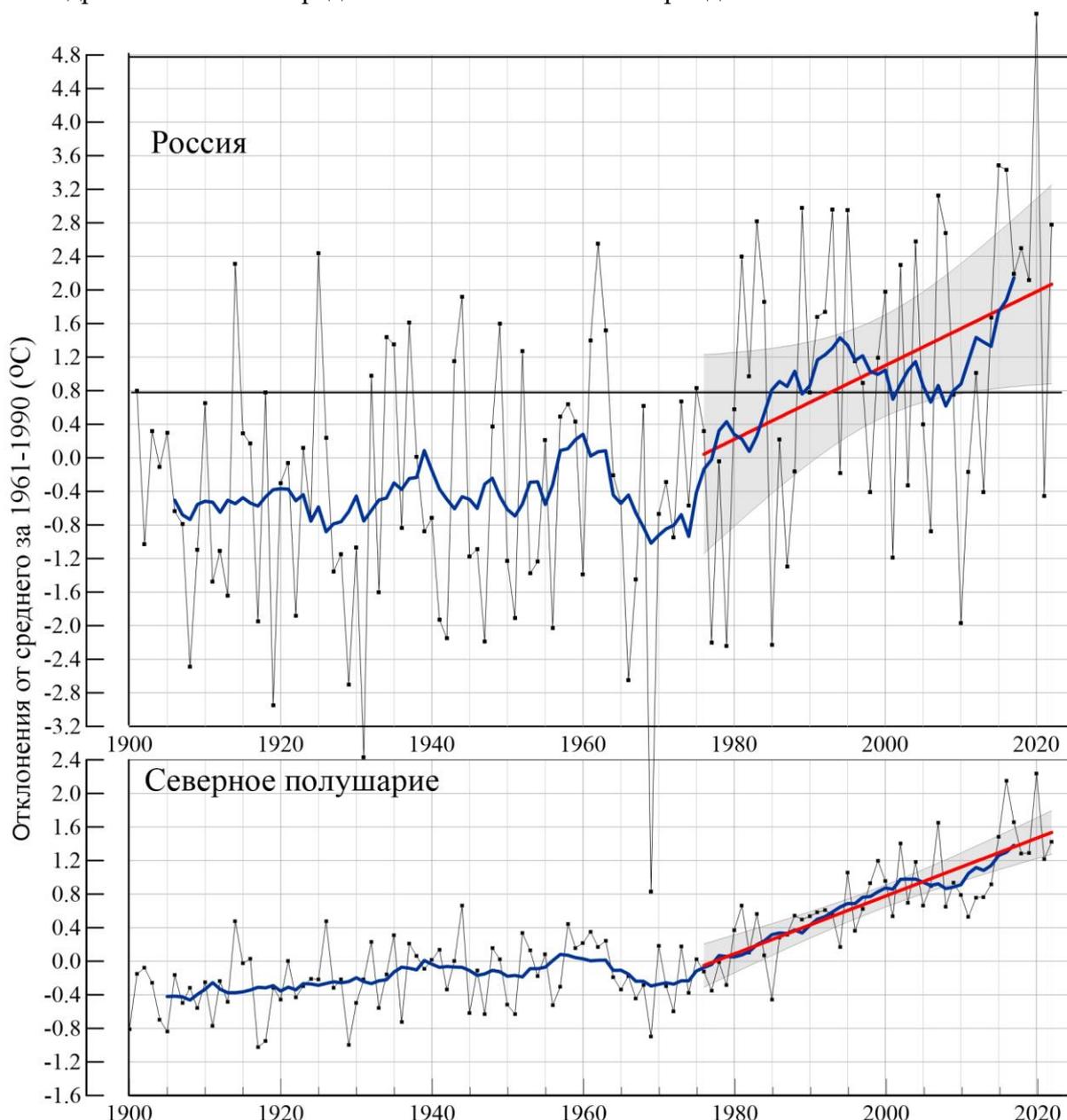


Рисунок 1.1 – Изменение зимней температуры приземного воздуха, осредненной по Северному Полушарию (суша) и территории России.

Температуры выражены как аномалии – отклонения от средней за базовый период 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением.

Показан линейный тренд за 1976-2022гг с 95% -й доверительной областью.

Использованы 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 1976-2022 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 +1.422°C (при стандартном отклонении 0.393°C) – шестая величина в ряду с 1886 г.

Для России в целом средняя сезонная аномалия температуры приземного воздуха составила 2.78°C (ранг 9) при величине стандартного отклонения 1.81°C.

Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений зимних температур за период 1976-2022 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 2022 гг. наблюдался очень интенсивный рост температур с середины 1970-х до середины 1990-х гг., а затем – до конца 2010-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 2022) аномалии температуры приземного воздуха относительно норм базового периода 1961-1990 гг. (°C), осредненные по суше СП и России и оценки линейного тренда за период 1976-2022 гг.

Регионы	vT_{2022}	$s_{1961-90}$	$b, \text{°C}/10 \text{ лет}$	$D \%$
СП	1.42	0.39	0.34	64
Россия	2.78	1.81	0.44	12

Примечание: vT – аномалия температуры, s - стандартное отклонение за период 1961-1990, b – коэффициент линейного тренда, D - вклад тренда в дисперсию.

2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗИМЫ 2020/21 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 2020/21 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 2.78°C – девятая величина в ряду, а по ЕЧР: 3.46°C – максимальная величина в ряду.

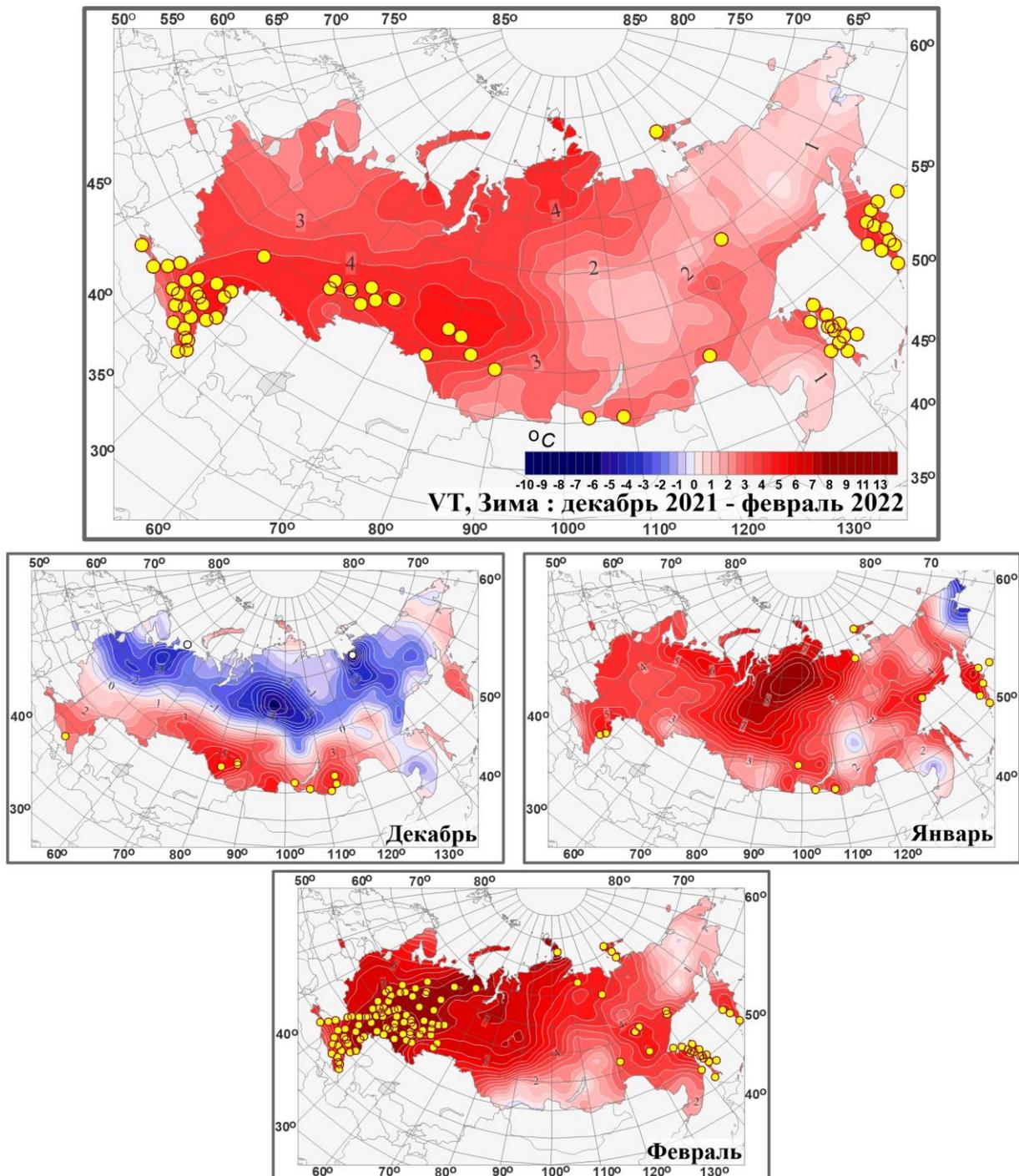


Рисунок 2.1 – Поля средней сезонной и средних месячных аномалий температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России зимой 2021/22 гг. Кружками белого цвета показано местоположение станционных экстремумов ниже 5-го перцентиля, желтого – выше 95-го перцентиля.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за базовый период 1961-1990 гг.

На всей территории страны температуры были выше климатической нормы. Экстремальные условия (аномалии выше 3°C , на станциях 95%-е экстремумы)

наблюдались на юге ЕЧР (в ЮФО: 4.18°C – ранг 5), на юге Западной Сибири и Средней Сибири (2.55°C – ранг 3), на Сахалине, на Камчатке.

Распределение средних сезонных температур на рис. 2.2 позволяет проследить рассмотренные особенности несколько под другим углом. Изотермы 0°, -5°, -10°, -15°, -20° смещены на север примерно на 5 град. с.ш от своего климатического положения. На востоке страны (на востоке СФО и в ДФО) сезонные изотермы практически совпадают со своим климатическим положением.

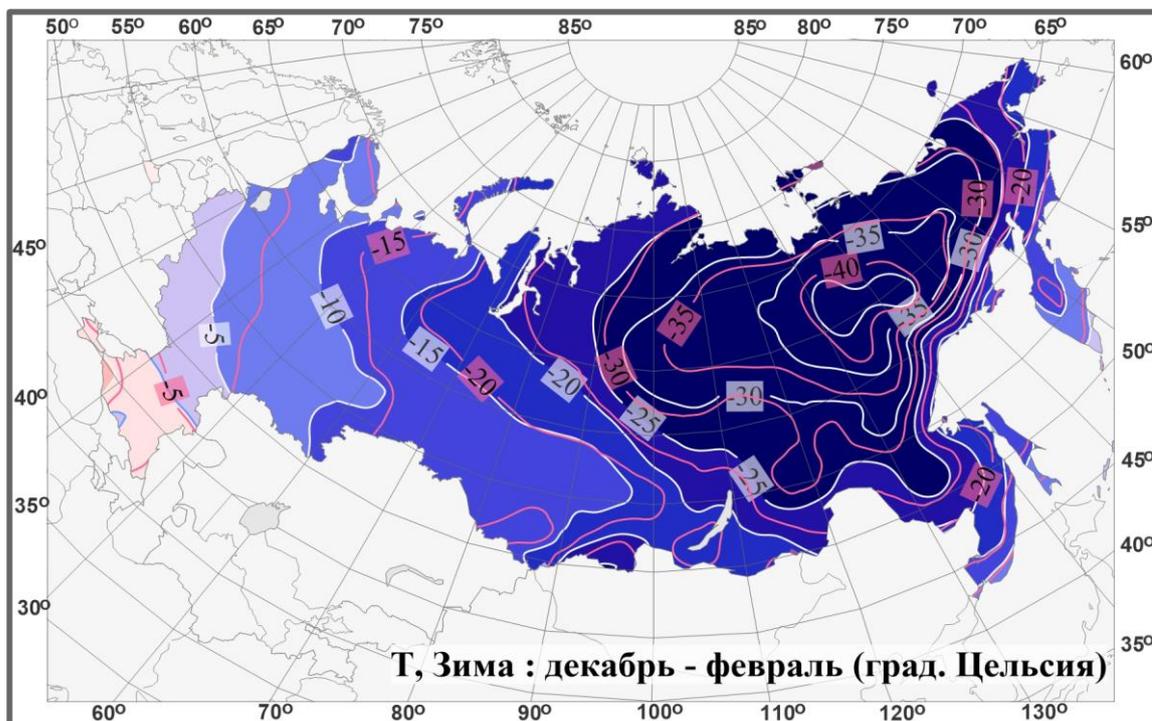


Рисунок 2.2 – Поля средней сезонной температуры приземного воздуха (°C) на территории России зимой 2021/22 гг. Розовые изолинии: средние изотермы за период 1961-1990 гг.

Декабрь. Средняя по РФ аномалия составила +0.21°C. Температуры выше климатической нормы наблюдались на юге страны, особенно на юге Красноярского края и в Забайкалье (до +6°C). Холодно было на севере страны (аномалии на севере ЕЧР до -4.0°C, на Среднесибирском плоскогорье (до - 6.2°C), на побережье Восточно-Сибирского моря (до -9.7°C)).

Январь. Осредненная в целом по России аномалия температуры составила 3.52°C. Температуры выше климатической нормы наблюдались на большей части страны, на севере Средней Сибири аномалии до +8.9°C. Температуры ниже климатической нормы наблюдались на крайнем северо-востоке (аномалии до -3.6°C), в среднем течении Лены, в Приамурье (аномалии до -2.2°C).

Февраль. Осредненная в целом по России аномалия температуры составила 4.60°C – седьмая величина в ряду, по ЕЧР: 6.81°C (ранг 5). Температуры выше климатической нормы наблюдались практически на всей территории страны (кроме приграничных с Монголией Западных Саян. Экстремально теплые условия (температуры выше 95-го перцентиля) отмечались на большей части ЕЧР (осредненные по федеральным округам ЕЧР аномалии температуры среди семи самых высоких), на

Урале (в УФО аномалия температуры составила 6.86°C – ранг 5), в Хабаровском крае, на Сахалине, на юге Камчатки.

Атмосферные осадки. Осредненные осадки за зимний сезон в целом по РФ составили 118% нормы (ранг 7), а по ЕЧР – 128% нормы (ранг 5). Значительный избыток осадков (на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы) на ЕЧР (кроме СКФО), в центре Западной Сибири (в УФО выпало 138% нормы – ранг 5). Дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался на Новой Земле, на азиатском побережье морей Северного Ледовитого океана, в Саянах, в Хабаровском крае.

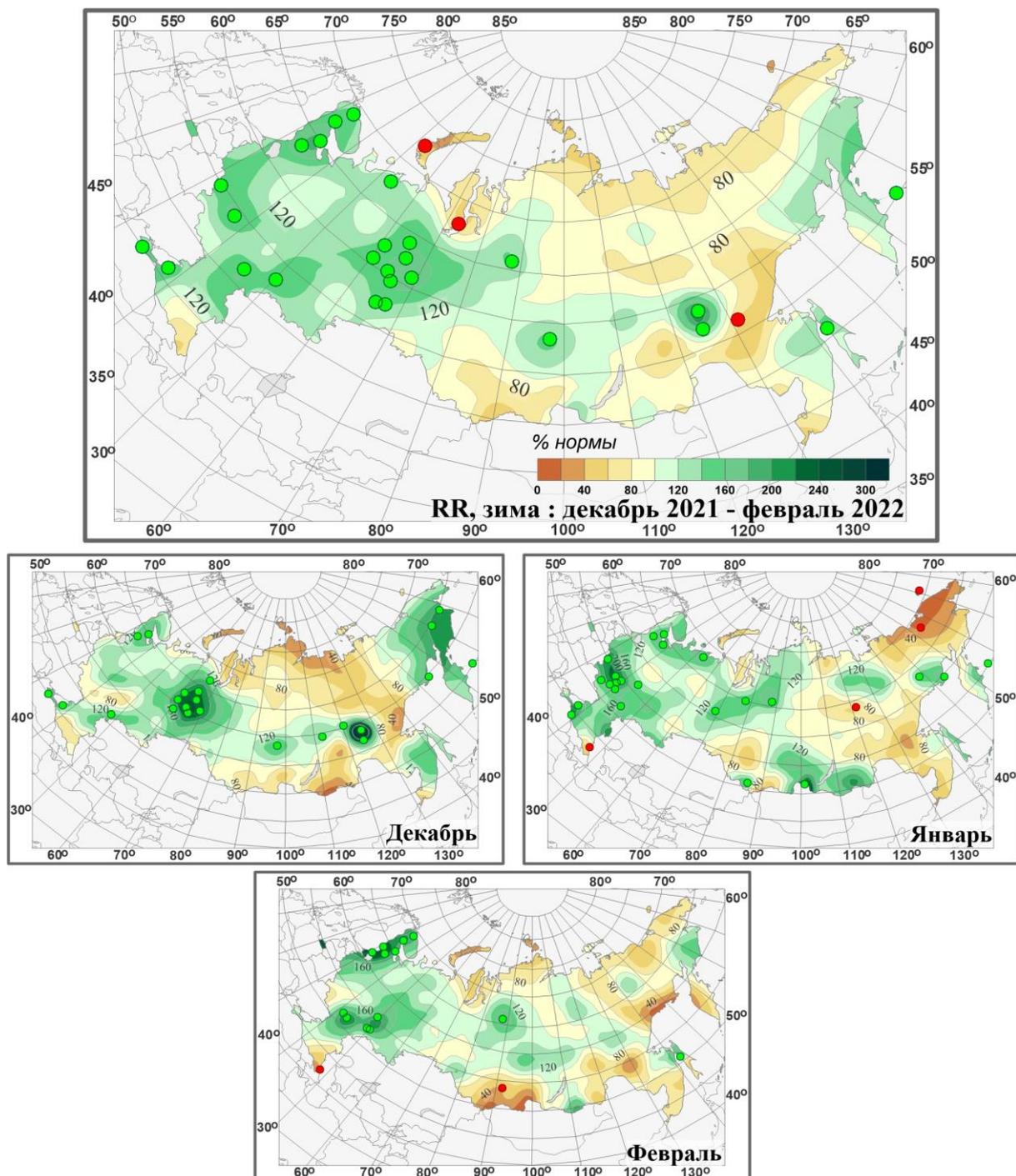


Рисунок 2.3 – Поля аномалий средних сезонных и месячных сумм осадков (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.) на территории России зимы 2020/21гг. (декабрь 2021 г. – февраль 2022 г.). Кружками красного цвета показаны

станционные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го перцентиля.

Декабрь 2021 г. Осредненные по РФ осадки 117% нормы (ранг 8). Значительный избыток осадков (более 120%) наблюдался в УФО (168% нормы – ранг 2), на северо-востоке страны.

Дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался на большей части СФО (в среднем выпало 98%) и на западе ДФО.

Январь. Осредненные по РФ осадки: 119% нормы. Избыток осадков наблюдался на ЕЧР: 141% (ранг 3), на севере Западной Сибири, в районе Байкала.

Дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался на большей части ДФО, особенно на Чукотке.

Февраль. Осредненные по РФ осадки 115% нормы (ранг 23-24). Избыток осадков (более 80%) наблюдался на большей части ЕЧР (особенно в Карелии, на севере ЮФО (в Калмыкии, в Ростовской области)). Дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался в предгорьях Кавказа, на Алтае и в Саянах, в бассейне Амура, в Хабаровском крае, на Камчатке, на азиатском побережье морей Северного Ледовитого океана.

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 1961-90 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 2.78°C – девятая величина в ряду. Осредненные по всем регионам и федеральным округам аномалии температуры сезонные аномалии были положительные. Наиболее «теплые» условия наблюдались в ЕЧР (2.35°C –

максимальная величина в ряду, особенно тепло было в ЮФО (4.18°C – ранг 3) и в СКФО (3.34°C – ранг 3)) и в Средней Сибири (2.55°C – ранг 3).

Таблица 2.1

Регионально осредненные аномалии температуры зимой 2020/21 гг. (оценки базового архива Т3288 ИГКЭ)

Регионы	νT_{2022}	$s_{1961-90}$	
Российская Федерация	2.78	1.80	90.7
Физико-географические регионы России			
Европейская часть России	3.46	2.35	100
Азиатская часть России	2.53	1.86	83.7
Западная Сибирь	3.97	2.91	79.1
Средняя Сибирь	2.55	2.81	97.7
Прибайкалье и Забайкалье	2.20	1.80	88.4
Приамурье и Приморье	1.91	1.50	41.9
Восточная Сибирь	1.66	1.37	84.9
Федеральные округа РФ			
Северо-Западный	2.93	2.82	72.1
Центральный	3.42	2.72	84.9
Приволжский	4.01	2.57	94.2
Южный	4.18	2.08	97.7
Северо-Кавказский	3.34	1.64	97.7
Уральский	3.99	3.09	86.0
Сибирский	3.17	2.53	86.0
Дальневосточный	1.87	1.43	84.9

Примечание: Аномалии νT_{2022} (°C) рассчитаны как отклонения от нормы 1961-1990 гг.; s (°C) – среднее квадратическое отклонение за базовый период; вероятности превышения $P(t \leq T_{2022})$ рассчитаны по выборке за 1936-2021 гг. и выражены в %. Выделены экстремальные значения, попавшие в 5% максимальных. Из месяцев выделяется февраль в ЕЧР (аномалия 6.81°C – среди пяти самых крупных в ряду), при этом осредненные по всем федеральным округам ЕЧР аномалии температуры были также среди пяти самых крупных (исключение: ЦФО с аномалией 6.96°C (ранг 7)). Очень тепло в феврале было и в УФО (аномалия температуры 6.86°C (ранг 4)).

В январе осредненные по всем регионам и федеральным округам аномалии температуры были положительные, осредненная в целом по РФ аномалия температуры составила 3.52°C (ранг 9).

В декабре осредненные аномалии по территориям ЕЧР (-0.20°C), Средней Сибири (-0.94°C), Восточной Сибири (-0.73°C) были отрицательные. В федеральных округах отрицательные аномалии отмечались в СЗФО (-1.89°C), ЦФО (-0.54°C) и ДФО (-0.03°C).

Зимой (табл. 2.2) в РФ в целом количество выпавших осадков составило 118% – седьмая величина в ряду. Особенно много осадков выпало в ЕЧР (128% нормы – ранг 5) и в УФО (138% нормы – ранг 5). В Прибайкалье и Забайкалье (96%) и в СКФО (86%) зимой осадков выпало меньше климатической нормы.

Из месяцев особо выделяется январь в ЕЧР (выпало 141% нормы – ранг 3), особенно много осадков выпало в ЮФО (170% нормы – ранг 4); и декабрь в УФО

(168% - ранг 2).

В СКФО все три месяца зимнего сезона наблюдался дефицит осадков, в Приамурье и Приморье и в Восточной Сибири – два месяца (январь и февраль), в Прибайкалье и Забайкалье – два месяца (декабрь и февраль).

Таблица 2.1.1

Регионально осредненные аномалии температуры в зимние месяцы.

Регионы	Декабрь			Январь			Февраль		
	νT_{2020}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2020})$	νT_{2022}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2022})$	νT_{2022}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2022})$
Российская Федерация	0.21	1.91	52.3	3.52	2.30	91.9	4.60	2.46	93.0
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	-0.20	2.83	44.2	3.78	3.47	77.9	6.81	3.03	95.3
Азиатская часть России	0.36	2.08	59.3	3.43	2.15	91.9	3.79	2.64	89.5
Западная Сибирь	1.52	3.38	66.3	4.51	3.83	87.2	5.89	3.57	94.2
Средняя Сибирь	-0.94	2.84	43.0	4.17	3.67	84.9	4.41	4.07	80.2
Прибайкалье и Забайкалье	2.87	2.43	84.9	2.28	2.35	83.7	1.45	2.57	55.8
Приамурье и Приморье	0.44	2.29	54.7	1.76	2.09	68.6	3.53	2.08	91.9
Восточная Сибирь	-0.73	2.34	37.2	3.08	2.67	89.5	2.61	2.69	80.2
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	-1.89	3.57	24.4	4.21	3.97	75.6	6.47	4.05	95.3
Центральный	-0.54	2.98	43.0	3.90	4.25	72.1	6.96	3.69	93.0
Приволжский	0.87	3.47	57.0	3.39	4.02	72.1	7.78	3.07	96.5
Южный	2.30	2.12	82.6	3.70	3.36	83.7	6.55	3.28	97.7
Северо-Кавказский	2.43	1.71	88.4	2.90	2.79	82.6	4.70	2.58	96.5
Уральский	0.12	3.63	48.8	5.00	4.10	86.0	6.86	3.93	96.5
Сибирский	1.27	2.93	64.0	4.24	3.28	87.2	4.00	3.35	77.9
Дальневосточный	-0.03	2.03	40.7	2.63	1.82	88.4	3.01	2.41	87.2

Таблица 2.2

Регионально осредненные аномалии осадков зимой 2021/22 гг.

Регионы	vR_{2022}	RR_{2022}	m	$m-q1$	$q3-m$	$P(r \leq R_{2022})$
Российская Федерация	4.2	118	-0.50	0.98	1.58	93.0
Физико-географические регионы России						
Европейская часть России	10.5	128	-1.05	2.15	5.27	95.3
Азиатская часть России	1.6	109	-0.35	0.92	1.32	76.7
Западная Сибирь	4.0	118	0.10	3.10	2.40	83.7
Средняя Сибирь	2.3	113	-0.05	1.40	1.55	82.6
Прибайкалье и Забайкалье	-0.4	96	-0.50	0.78	1.60	37.2
Приамурье и Приморье	0.7	106	-0.15	3.25	2.35	67.4
Восточная Сибирь	0.0	100	-0.45	2.32	2.92	68.6
Федеральные округа РФ						
Северо-Западный	10.5	130	0.00	3.85	4.08	94.2
Центральный	12.7	131	-1.10	5.38	8.12	93.0
Приволжский	10.7	131	0.95	6.88	4.40	89.5
Южный	13.9	133	1.40	10.18	4.65	91.9
Северо-Кавказский	-7.1	86	-1.65	9.63	7.72	22.1
Уральский	9.2	138	-0.10	2.10	3.28	95.3
Сибирский	0.1	101	-0.55	1.15	2.48	58.1
Дальневосточный	0.6	104	0.00	2.25	1.58	75.6

Примечание: Аномалии vR_{2022} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за базовый период 1961-1990 гг.), RR_{2022} - отношение R_{2022} к норме, выраженное в %, $q1$, $q3$ и m – соответственно первый, третий квартиль и медиана аномалий (мм/месяц) за базовый период; вероятности превышения $P(r \leq R_{2022})$ – 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 2021г.			Январь			Февраль		
	vR_{2021}	RR_{2021}	$P(r \leq R_{2021})$	vR_{2022}	RR_{2022}	$P(r \leq R_{2022})$	vR_{2022}	RR_{2022}	$P(r \leq R_{2022})$
Российская Федерация	5.0	117	91.9	4.6	119	93.0	2.7	115	74.4
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	4.7	110	76.7	15.6	141	97.7	10.7	137	83.7
Азиатская часть России	5.1	122	94.2	0.2	101	61.6	-0.5	97	45.3
Западная Сибирь	10.7	139	94.2	1.0	104	62.8	0.3	102	45.3
Средняя Сибирь	3.6	116	83.7	1.4	108	68.6	2.0	116	68.6
Прибайкалье и Забайкалье	-0.8	95	46.5	0.6	106	54.7	-0.8	89	29.1
Приамурье и Приморье	3.2	115	68.6	-0.1	99	50.0	-1.0	92	59.3
Восточная Сибирь	5.5	123	87.2	-1.9	92	59.3	-4.0	78	38.4
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	8.5	120	76.7	9.4	127	82.6	13.6	151	88.4
Центральный	4.1	108	72.1	25.3	165	94.2	6.8	122	65.1
Приволжский	4.6	111	70.9	12.7	136	91.9	14.9	156	86.0
Южный	2.3	105	67.4	30.3	170	96.5	8.6	127	65.1
Северо-Кавказский	-10.8	82	39.5	-1.9	96	50.0	-8.9	78	20.9
Уральский	19.5	168	98.8	5.7	122	83.7	2.4	113	64.0
Сибирский	-0.4	98	52.3	0.1	101	57.0	0.5	103	50.0
Дальневосточный	4.6	123	93.0	-1.1	93	54.7	-1.7	87	43.0

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 1976-2022 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 $+1.4^{\circ}\text{C}/10$ лет. В феврале интенсивность потепления везде, где оно наблюдается, немного ниже (лишь на западе ЕЧР и в Западной Сибири более $+1.0^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Область похолодания зимой наблюдается в южных районах АЧР (проявилась впервые несколько лет назад) и достигает $-0.3^{\circ}\text{C}/10$ лет; похолодание здесь наблюдается в основном для декабря (на юге Западной Сибири и в районе Байкала: до $-0.3^{\circ}\text{C}/10$ лет) и января (в Западной Сибири: до $-0.6^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Кроме того, область очень слабого потепления зимой наблюдается на востоке Якутии и на севере Камчатского края за счет большой области похолодания в Восточной Сибири в январе (до $-0.8^{\circ}\text{C}/10$ лет), и области очень слабого потепления и некоторого похолодания в Восточной Сибири – в феврале.

В изменении сезонных сумм осадков (рис. 3.2) преобладает рост; можно выделить несколько крупных областей заметного роста: в ЕЧР (максимумы – на северо-западе, в СКФО, в районе Байкала, в Приморье; эти особенности сохраняются для всех зимних месяцев); на севере Западной и Средней Сибири; в Приморье и 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 СКФО (особенно в декабре и январе), в Байкальском регионе и Приморье (особенно в декабре и январе). В феврале особенно заметен рост осадков на большей части ЕЧР. Максимум роста на севере Западной и Средней Сибири – в январе.

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 1976-2022 гг. положителен: он составляет

0.44°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 январьской температур незначимы на фоне межгодовой изменчивости.

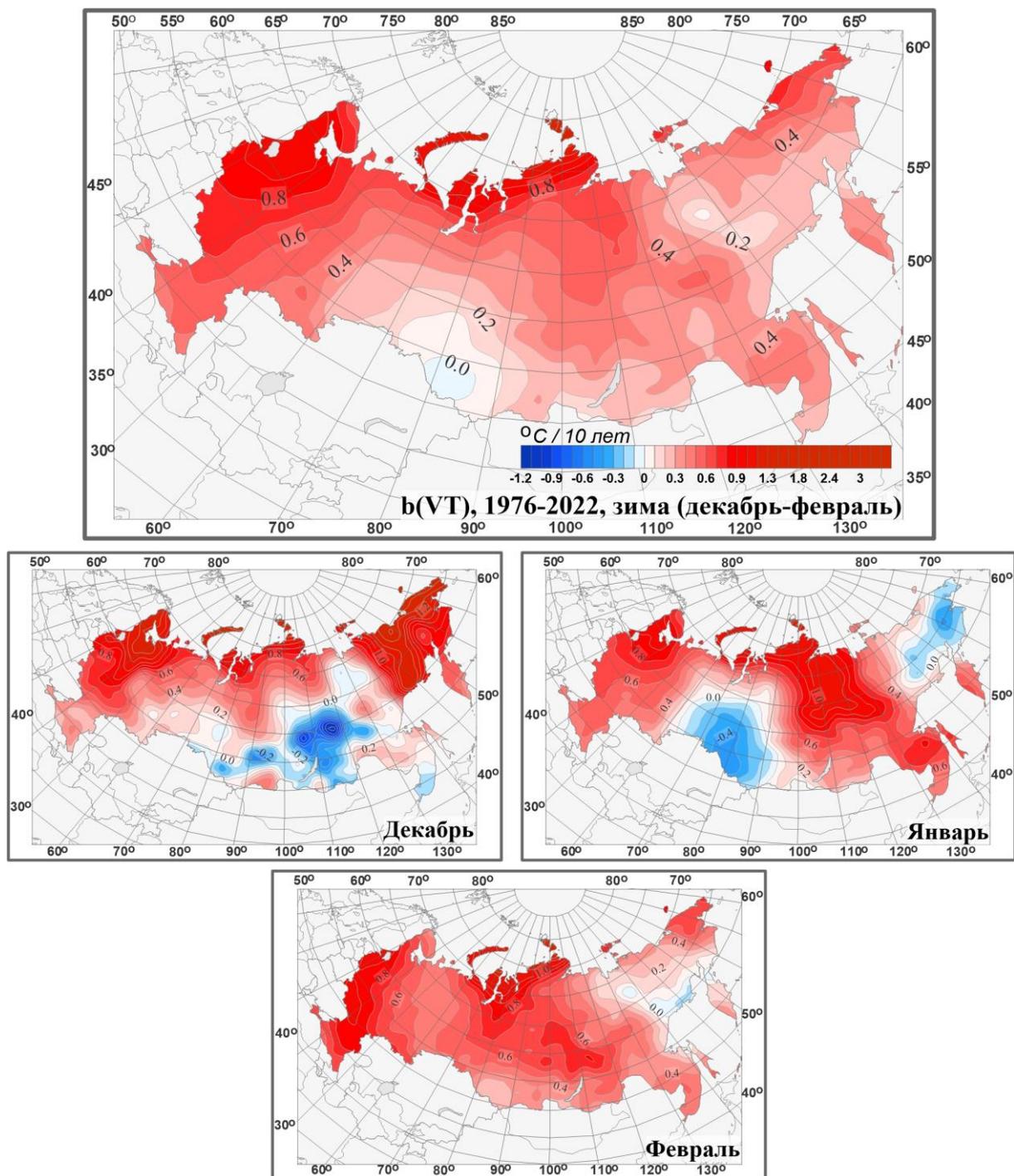


Рисунок 3.1 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий температуры (°C/10 лет) на территории России по данным за 1976-2022 (зима)

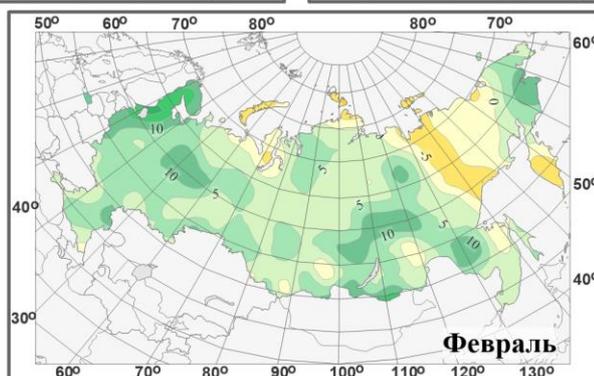
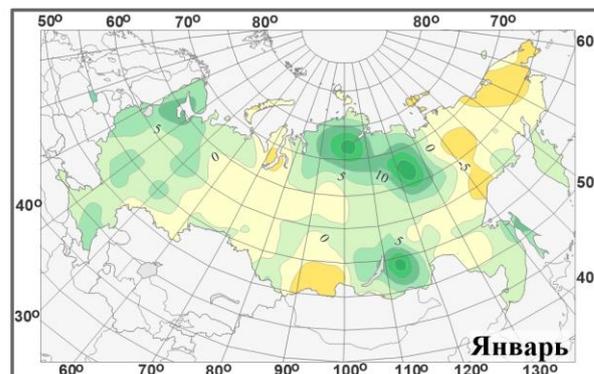
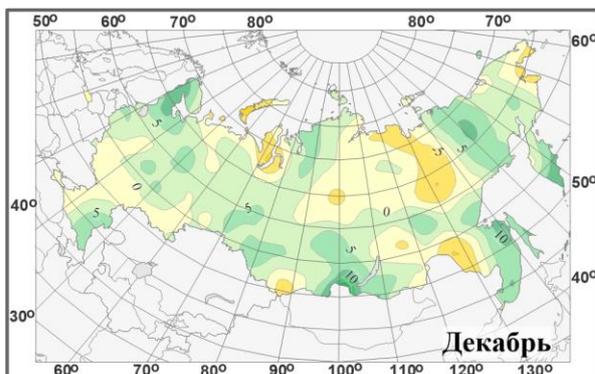
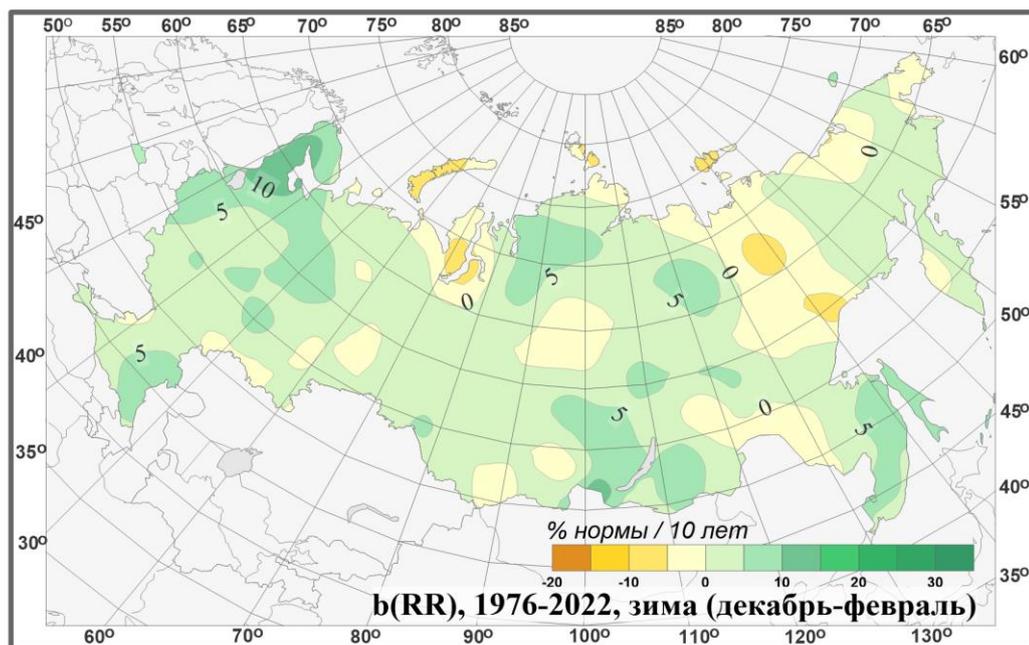


Рисунок 3.2 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий осадков (% нормы /10 лет) на территории России по данным за 1976-2022 (зима).

Таблица 3.1

Оценки линейного тренда температуры приземного воздуха и суммы осадков, осредненных по территории России и за зимний сезон, за 1976-2022 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	0.44	12	0.8	20
Декабрь	0.36	5	0.7	6
Январь	0.42	7	0.5	6
Февраль	0.56	11	1.0	16

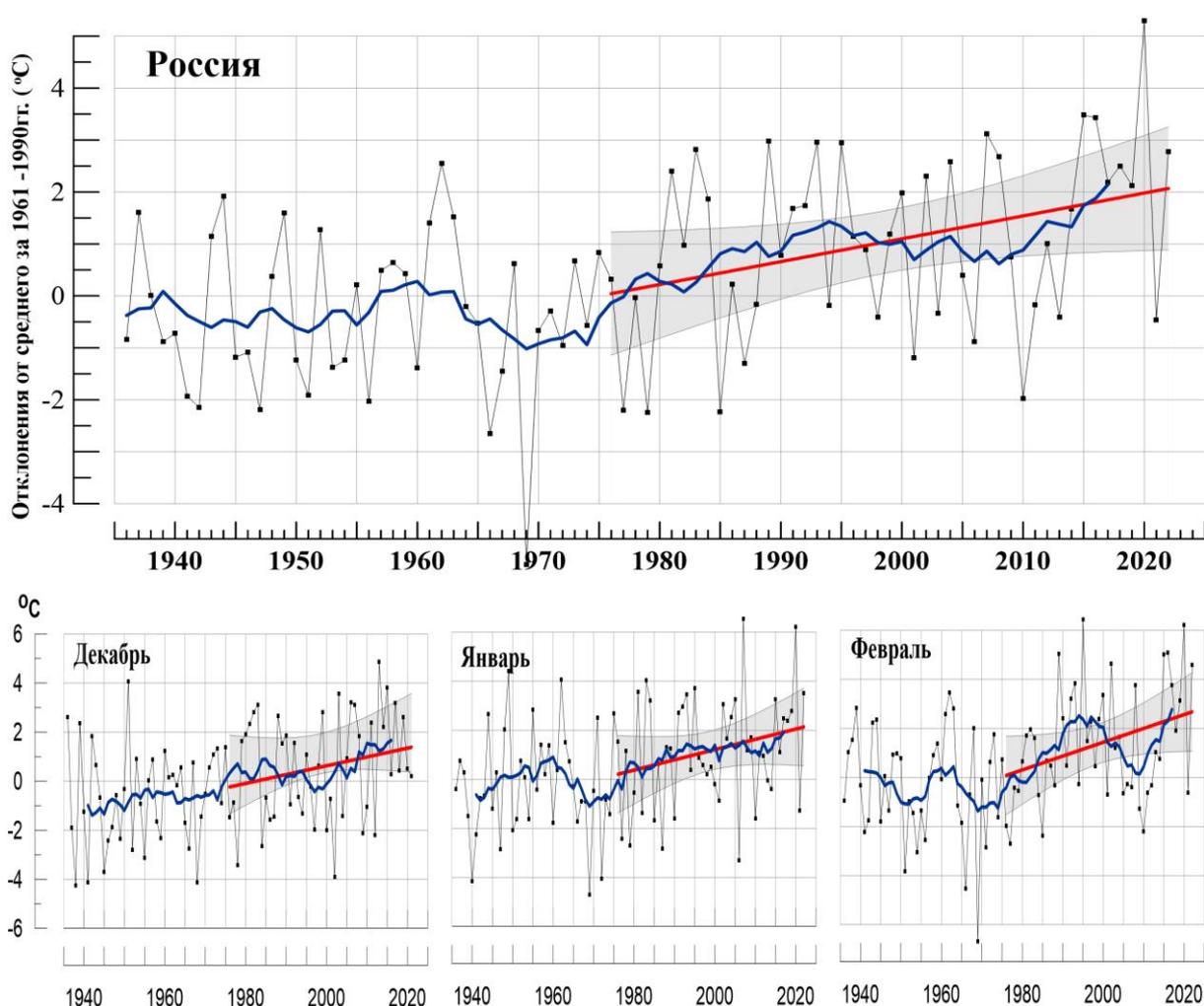


Рисунок 3.3 – Аномалия средней сезонной (вверху) и для месяцев сезона температуры приземного воздуха (°C) осредненная по территории РФ.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2022 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).

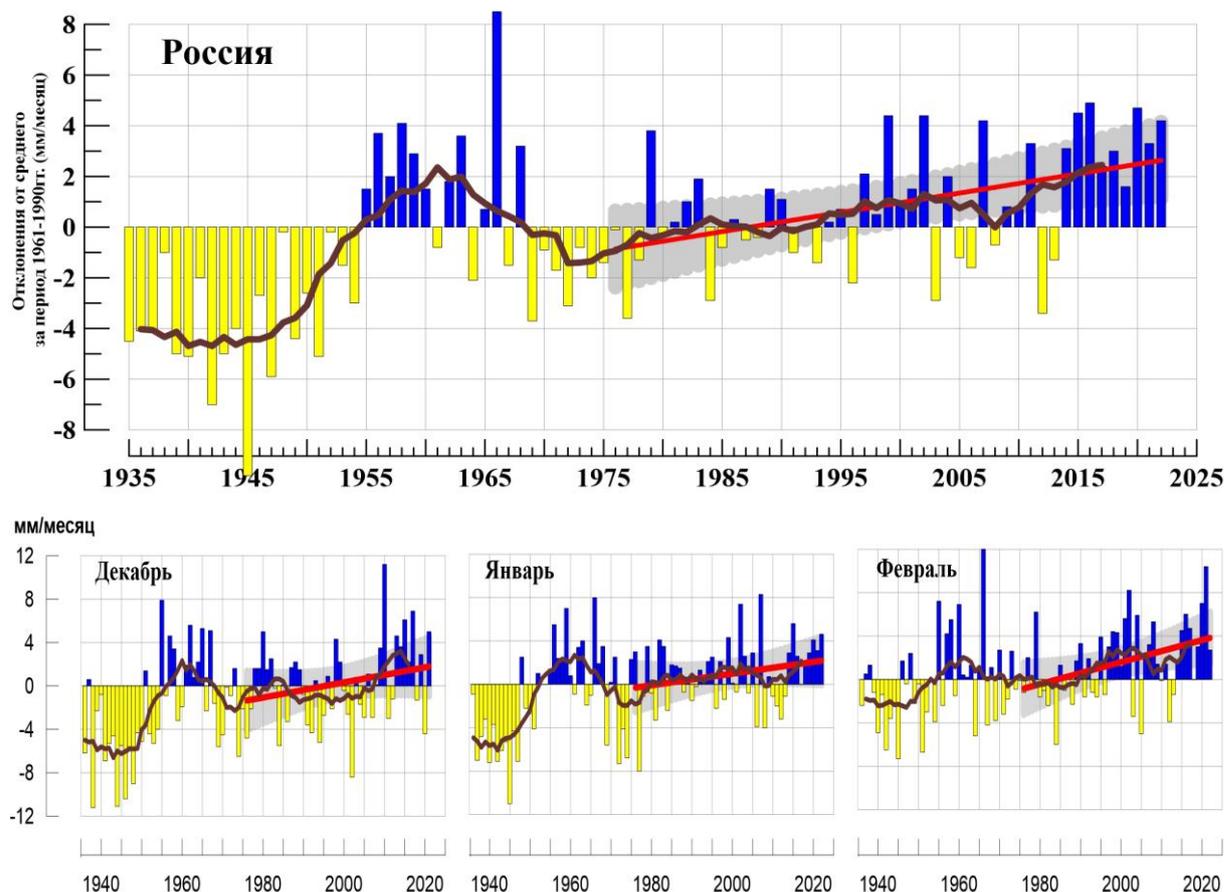


Рисунок 3.4 – То же, что на рис. 3.3, но для атмосферных осадков (мм/мес).

4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ЗИМНЕГО СЕЗОНА В РЕГИОНАХ РОССИИ ЗА ПЕРИОД 1936-2022 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 – 2022 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2022 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 1976-2022 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 1976-2021 гг. за счет экстремально теплой зимы 2021/22 в ряде регионов коэффициент линейного тренда заметно увеличился, так в Западной Сибири (и в УФО) коэффициент линейного тренда увеличился на 0.06°C/10 лет, в ЮФО – на 0.05°C/10 лет, в ПФО – на 0.04°C/10 лет.

Для осадков региональные оценки сезонных трендов по сравнению с периодом 1976-2021 гг. немного изменились: за счет снежной зимы в ЕЧР и Западной Сибири оценки трендов увеличились в ЕЧР на 0.4% / мес / 10 лет, в ЮФО и УФО - на 1.1% / мес / 10 лет. В Приамурье и Приморье и в Прибайкалье и Забайкалье оценки трендов уменьшились на 0.2-0.4% / мес / 10 лет (за счет дефицита осадков в этих регионах).

Тренд для всех регионов и ФО 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 СФО (тренд значим на уровне 5%).

Таблица 4.1

Оценки линейного тренда осредненных по территории России среднесезонных аномалий температуры приземного воздуха и сумм осадков за 1976-2022 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	0.44	12	0.8	3.2	20
Физико-географические регионы России					
Европейская часть России	0.66	15	1.3	3.4	13
Азиатская часть России	0.36	9	0.5	2.9	14
Западная Сибирь	0.30	2	0.5	2.1	2
Средняя Сибирь	0.46	6	0.6	3.3	9
Прибайкалье и Забайкалье	0.31	5	0.5	4.9	13
Приамурье и Приморье	0.39	13	0.7	4.7	6
Восточная Сибирь	0.33	11	0.5	2.2	3
Федеральные округа РФ					
Северо-Западный	0.76	13	1.9	5.5	20
Центральный	0.76	17	1.6	4.0	7
Приволжский	0.53	9	0.6	1.7	1
Южный	0.61	19	0.5	1.2	1
Северо-Кавказский	0.53	25	1.2	2.4	3
Уральский	0.43	4	0.5	2.1	2
Сибирский	0.32	3	0.6	3.0	8
Дальневосточный	0.37	17	0.5	3.1	11

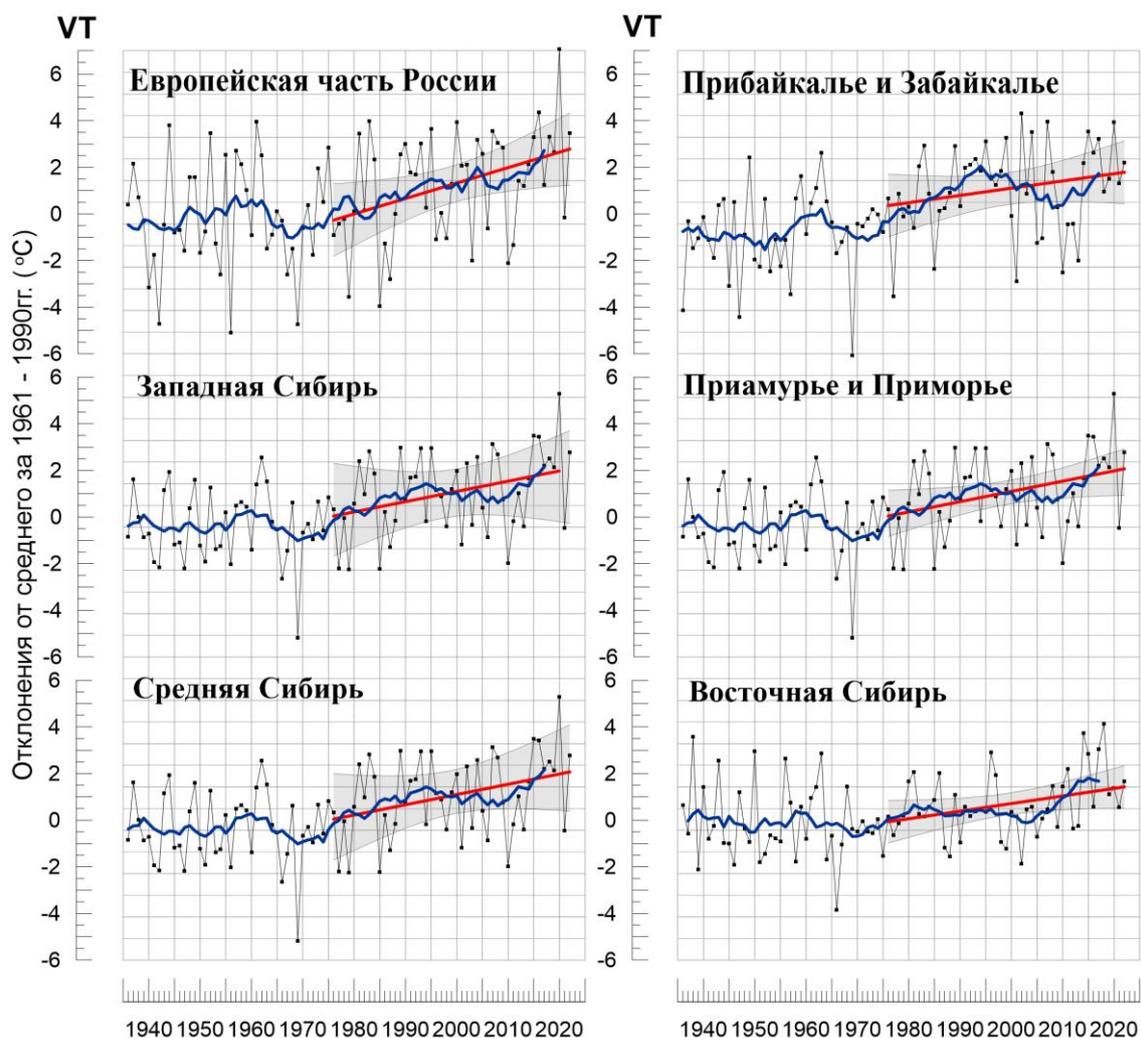


Рисунок 4.1 - Сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории физико-географических регионов РФ, зима 2020/21 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2022 гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда.

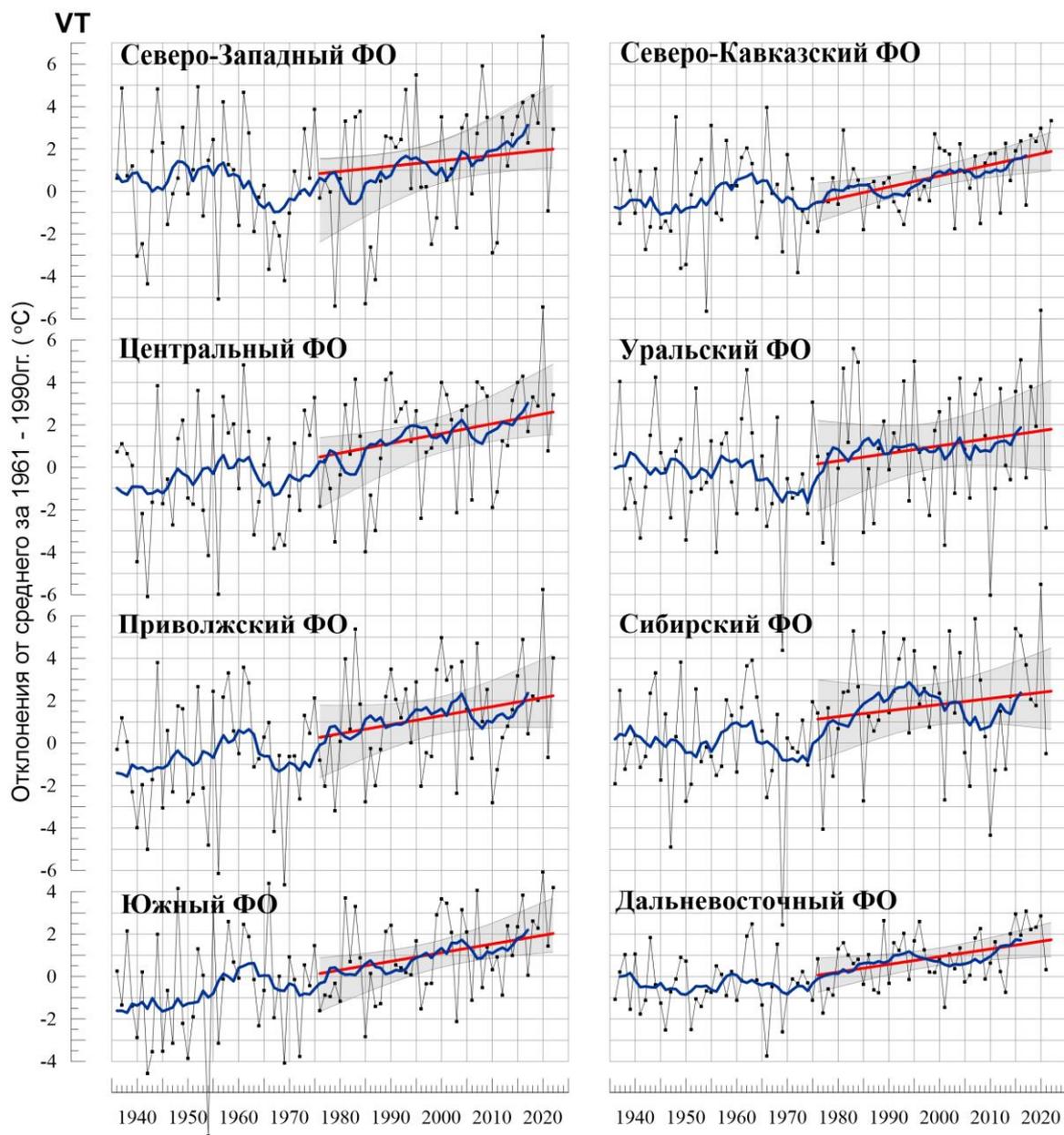


Рисунок 4.2 – То же, что на рис.4.1, но для федеральных округов

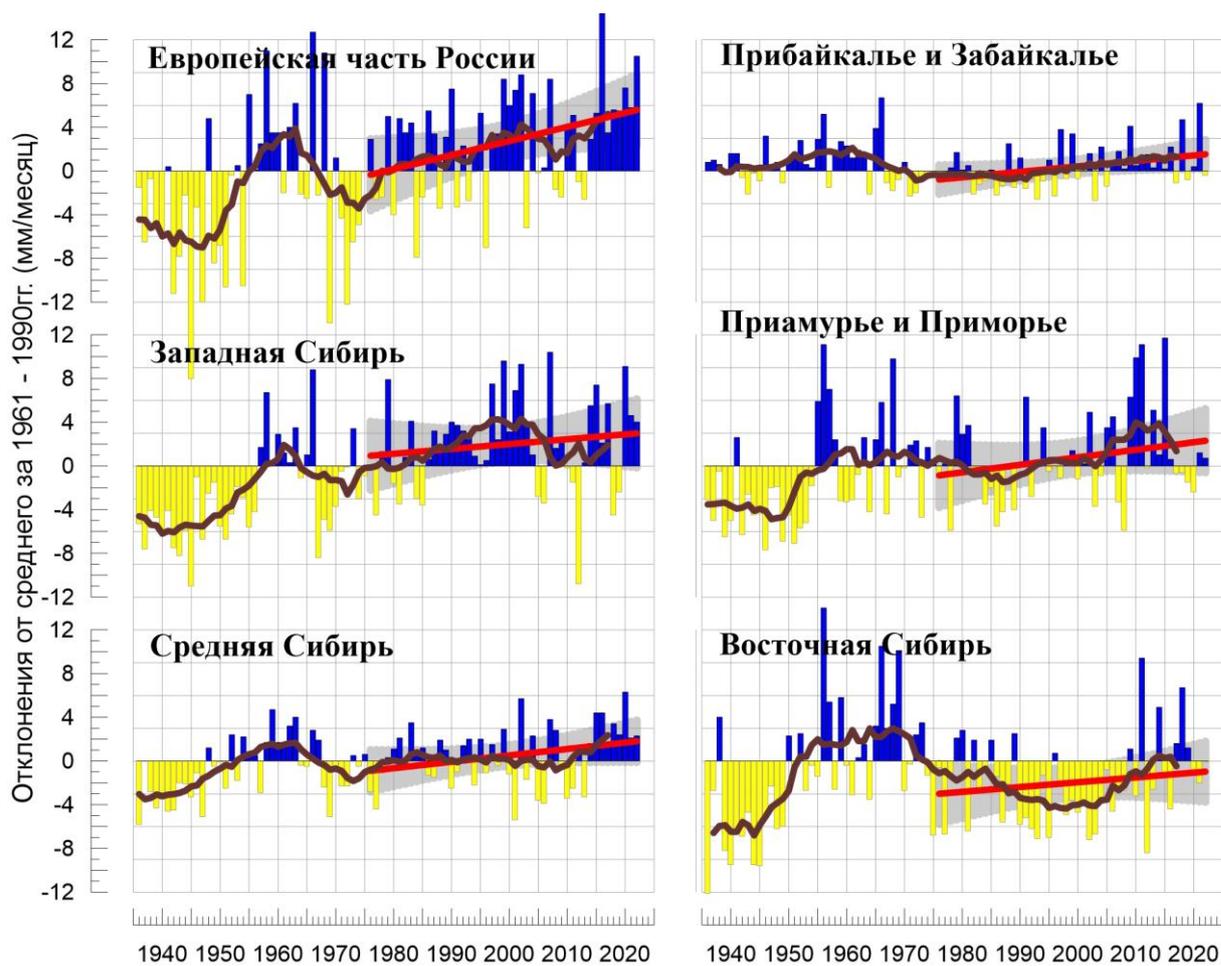


Рисунок 4.3 - Сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по регионам РФ, зима 2020/21 гг.

Условные обозначения см. на рис. 4.1.

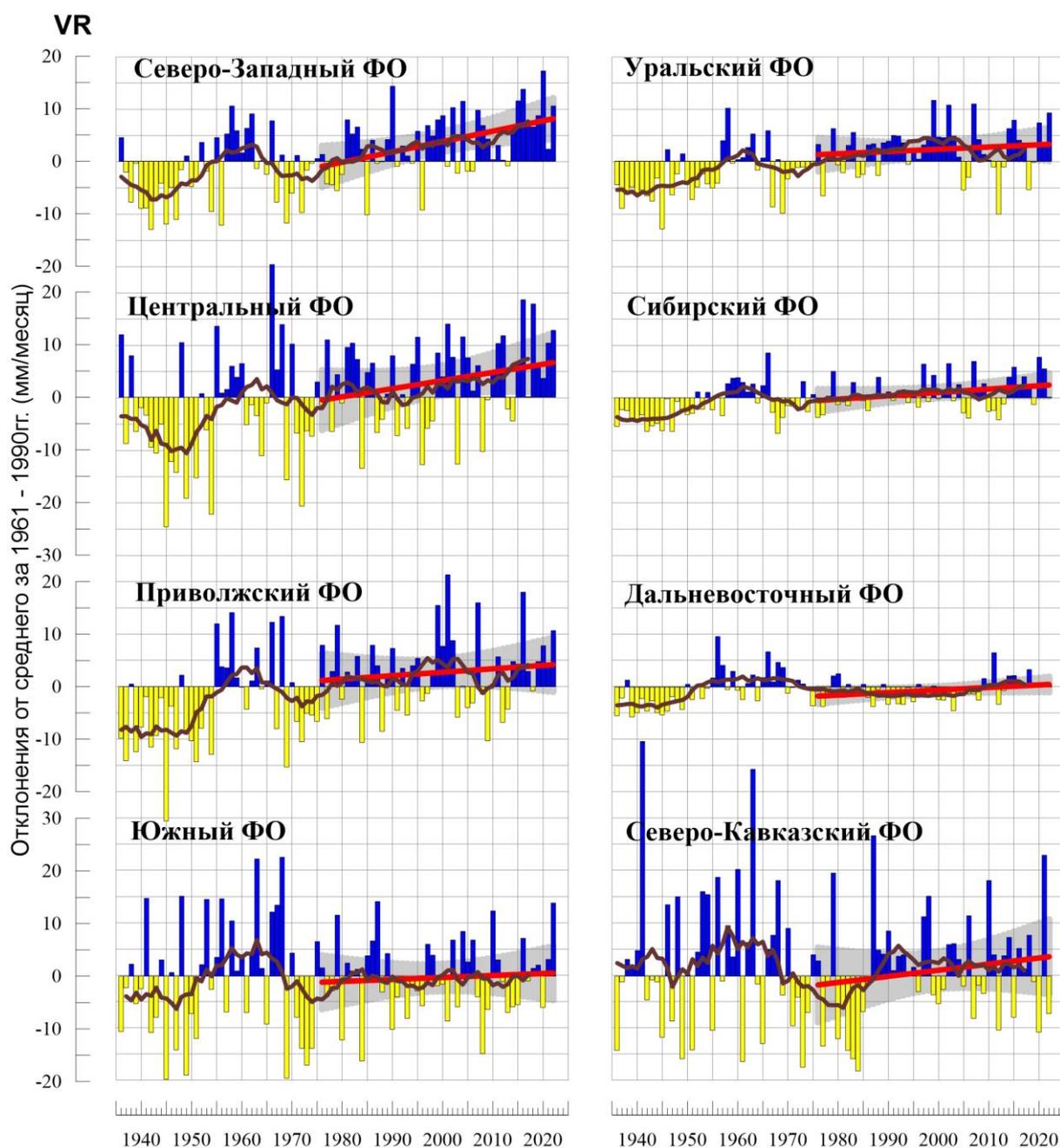


Рисунок 4.4 – То же, что на рис.4.3, но по территории федеральных округов

5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2022 гг. (зимний сезон)

В разделе приведены некоторые индексы экстремальности и аномальности для зимнего сезона в целом по территории России за период 1936 -2022 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 2020/21 гг. (рис. 5.1) площадь, занятая крупными отрицательными аномалиями (ниже 20-го перцентиля) составила 0%, положительными аномалиями - 56% - 11-13 величина в ряду. 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 1976-2022 составляет 5.8%/10 лет и объясняет 11% дисперсии ряда). Тренд суммарной площади с крупными аномалиями обоих знаков составляет 3.4%/10 лет, дисперсия тренда 5%.

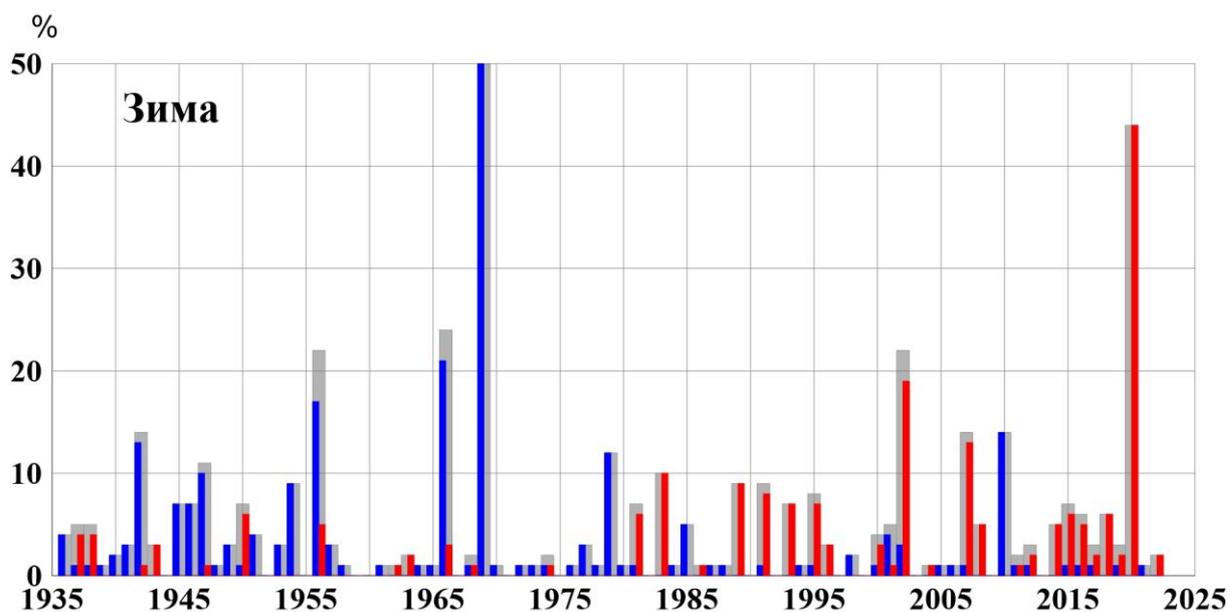


Рисунок 5.1 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями температуры, 1936-2022 гг. (зима):

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

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 2020/21 гг. доля площади под экстремальными отрицательными аномалиями на территории России составила 0%, под экстремальными положительными аномалиями – 2%.

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 2002 (19%) и в 2007 (13%).

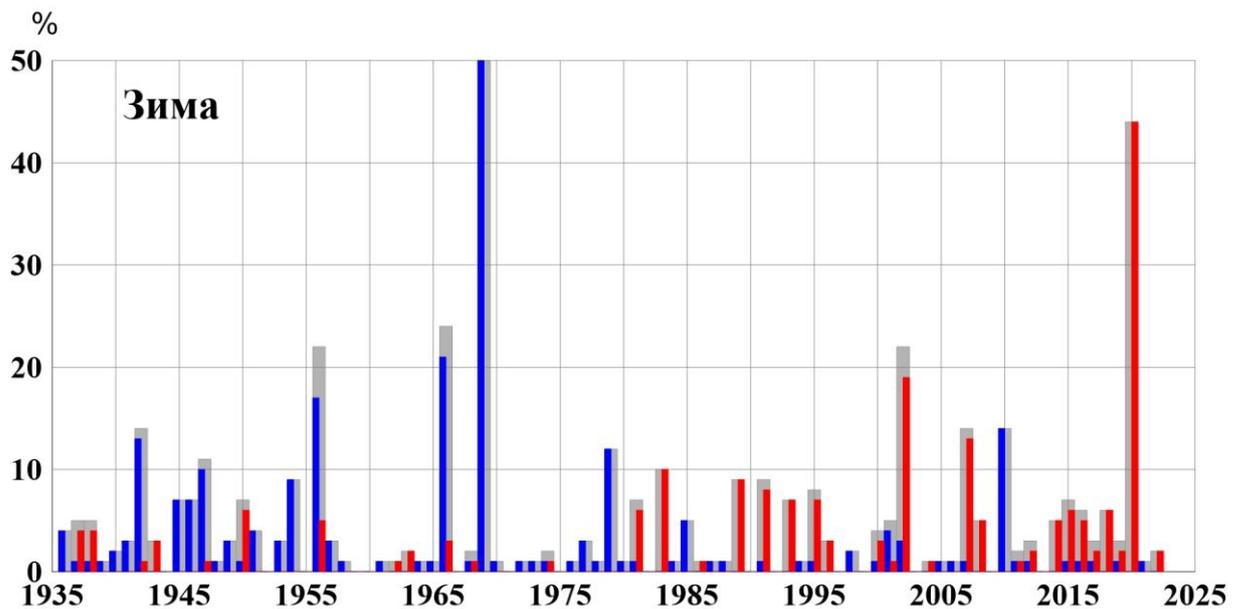


Рисунок 5.2 - Доля площади РФ (в процентах) с экстремальными (сезонная аномалия меньше -2σ : синие столбики, больше $+2\sigma$: красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры зимой, 1936-2022 гг. Базовый период для расчета статистик: 1961-1990 гг.

Индекс аномальности Багрова (рис. 5.3) зимой составил 1.3 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 11% общей дисперсии ряда за период 1976-2022 гг.

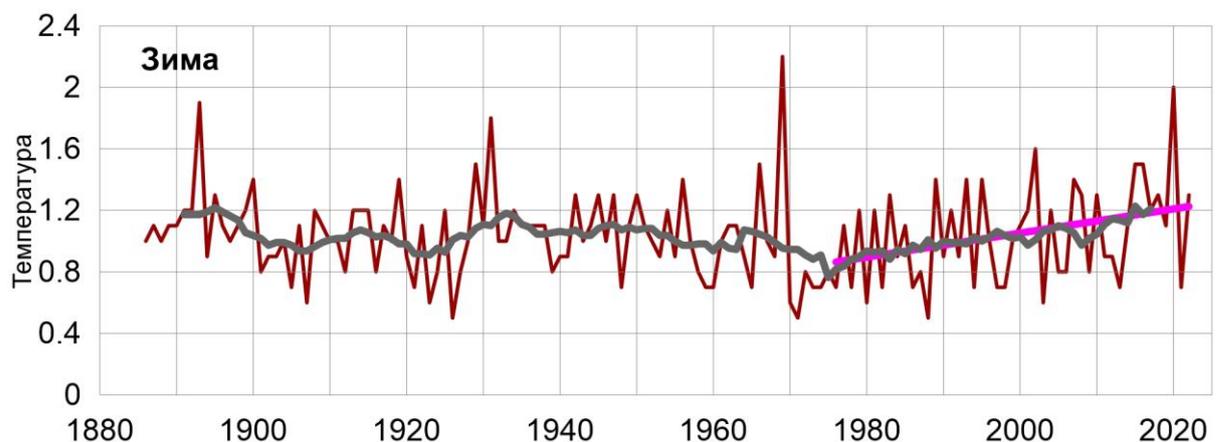


Рисунок 5.3. - Индекс аномальности (индекс Багрова) температурного режима на территории России зимой 1886-2022 гг.

Осадки. Зимой 2020/21 гг. площадь, занятая крупными аномалиями выше 80 перцентиля составила 27%; ниже 20-го перцентиля – 8%.

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 1976-2022 гг. составляет 2.9%/10 лет и объясняет 15% дисперсии ряда).

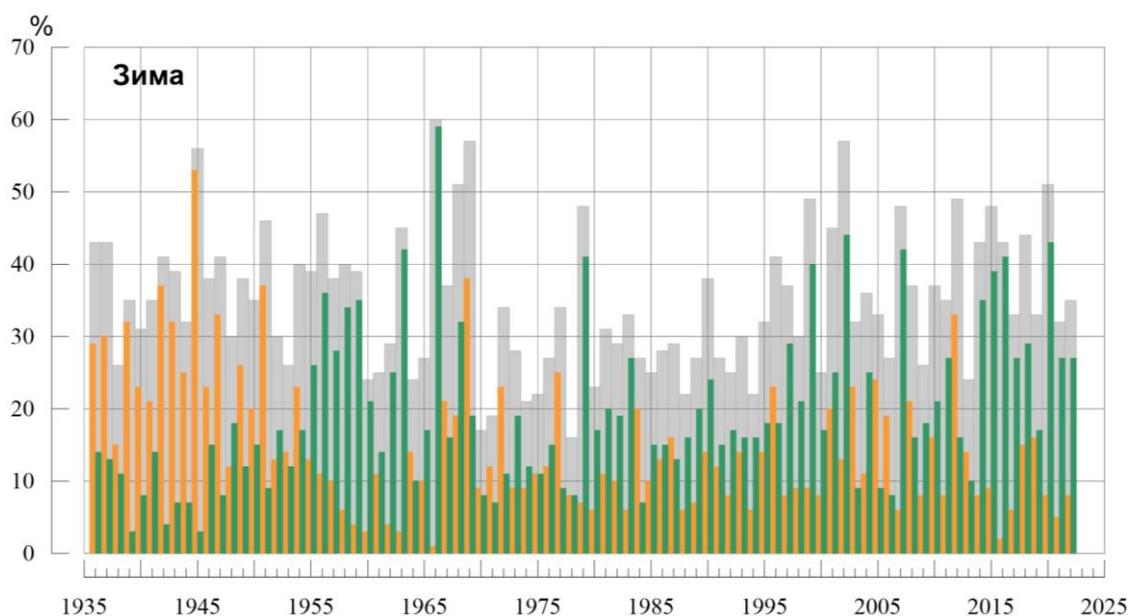


Рисунок 5.4 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями осадков, 1936-2022 гг. (зима):

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

ВЫВОДЫ

1. Зима 2022/21 гг. для суши Северного полушария в целом была теплой: аномалия температуры $+1.422^{\circ}\text{C}$ – шестая величина в ряду с 1886 года. В целом по России зимой аномалия температуры составила 2.78°C - девятая величина в ряду. На всей территории страны температуры были выше климатической нормы. Экстремальные условия (аномалии выше 3°C , на станциях 95%-е экстремумы) наблюдались на юге ЕЧР (в ЮФО аномалия температуры составила 4.18°C – ранг 5), на юге Западной Сибири и Средней Сибири (2.55°C – ранг 3), на Сахалине, на Камчатке.

2. Доля площади РФ, занятая крупными положительными аномалиями (выше 80%) составила 56% (11-13 величина в ряду), а под экстремальными положительными аномалиями (выше 2σ) - лишь 1%

3. Из месяцев сезона особенно выделяется февраль - осредненная в целом по России аномалия температуры составила 4.60°C – седьмая величина в ряду, по ЕЧР: 6.81°C (ранг 5). Экстремально теплые условия (температуры выше 95-го перцентиля) отмечались на большей части ЕЧР (осредненные по федеральным округам ЕЧР аномалии температуры среди семи самых высоких), на Урале (в УФО аномалия температуры составила 6.86°C – ранг 5), в Хабаровском крае, на Сахалине, на юге Камчатки.

5. В Декабре температуры выше климатической нормы наблюдались на юге страны (на юге АЧР до $+6^{\circ}\text{C}$), холодно - на севере страны (аномалии на севере ЕЧР до -4.0°C , на Среднесибирском плоскогорье (до -6.2°C), на побережье Восточно-Сибирского моря (до -9.7°C)).

6. В январе температуры выше климатической нормы наблюдались на большей части страны, на севере Средней Сибири аномалии до $+8.9^{\circ}\text{C}$. Температуры ниже климатической нормы наблюдались на крайнем северо-востоке (аномалии до -3.6°C), в среднем течении Лены, в Приамурье.

7. Зимой в среднем по РФ выпало 118% нормы осадков (ранг 7). Значительный избыток осадков (на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы) на большей части ЕЧР (128% нормы - ранг 5), в центре Западной Сибири (в УФО выпало 138% нормы – ранг 5). Дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался на Новой Земле, на азиатском побережье морей Северного Ледовитого океана, в Саянах, в Хабаровском крае.

5. Зимой 2020/21 гг. площадь, занятая крупными аномалиями выше 80 перцентиля составила 27%; ниже 20-го перцентиля – 8%.

6. Из месяцев выделяется январь: в ЕЧР выпало 141% нормы (ранг 3), особенно много осадков выпало в ЮФО (170% нормы – ранг 4); а дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался на большей части ДФО, особенно на Чукотке.

7. В декабре значительный избыток осадков (более 120%) наблюдался в УФО (168% - ранг 2); дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался на большей части СФО (в среднем выпало 98%) и на западе ДФО.

8. В феврале избыток осадков (более 80%) наблюдался на большей части ЕЧР; а сильный дефицит осадков (менее 80% нормы) – на юге АЧР (на Алтае и в Саянах, в бассейне Амура), в Хабаровском крае, на Камчатке, на азиатском побережье морей Северного Ледовитого океана.

9. Линейный тренд средней по России зимней температуры воздуха за период 1976-2022 гг. составил $+0.42^{\circ}\text{C}/10$ лет при вкладе тренда в дисперсию ряда 11%. Рост средней по РФ зимней температуры наблюдался до середины 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 $+0.34^{\circ}\text{C}/10$ лет, вклад в дисперсию 64%.

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 $-0.3^{\circ}\text{C}/10$ лет; похолодание здесь наблюдается в основном для декабря (на юге Западной Сибири и в районе Байкала: до $-0.3^{\circ}\text{C}/10$ лет) и января (в Западной Сибири: до $-0.6^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Область очень слабого потепления зимой наблюдается на востоке Якутии и на севере Камчатского края за счет большой области похолодания в Восточной Сибири в январе (до $-0.8^{\circ}\text{C}/10$ лет), и области очень слабого потепления и некоторого похолодания в Восточной Сибири – в феврале.

12. Тренд зимних сумм осадков для России в целом положителен: составляет $+3.2\%/10$ лет, (объясняет 20% межгодовой изменчивости). Рост осадков отмечается в северо-западных районах ЕЧР (за счет всех месяцев, особенно за счет февраля), на севере Западной и Средней Сибири (максимум роста – в январе) и на юге АЧР (особенно в декабре). Значимый региональный тренд наблюдается в Прибайкалье и Забайкалье: $+4.9\%/10$ лет, объясняет 13% дисперсии и в Северо-Западном ФО ($+5.5\%/10$ лет, 20%).

Заметная тенденция к уменьшению осадков проявляется в Средней Сибири в декабре, в Восточной Сибири в январе и феврале.

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 2020/21



ВВЕДЕНИЕ

В настоящем Приложении* приводится информация о состоянии приземного климата (температура приземного воздуха и атмосферные осадки) зимой 2020/21 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 1961-1990 гг. Аномалии осадков рассматриваются как в отклонениях от нормы (аналогично температуре), так и в процентах от нормы (процентное отношение количества выпавших осадков к соответствующему значению нормы). Дополнительно приводится «вероятность непревышения» текущего значения во временном ряду рассматриваемой переменной за некоторый период с 1936 по 2020 гг. (доля значений временного ряда, меньших либо равных текущему значению).

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 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).

СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ЗИМОЙ 2021/22гг.

В таблицах 2 и 3 приведены станционные 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 2021/22 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 2021/22</i>	-3.00	-1.93	0.37	-0.37	-1.60	-1.67
Декабрь 2021	-4.7	-3.7	-1.9	-2.4	-3.2	-3
Январь	-3.5	-2.1	0.3	-0.6	-2.5	-2.6
Февраль	-0.8	0	2.7	1.9	0.9	0.6
б) аномалия температуры (град. Цельсия)						
<i>Зима 2021/22</i>	3.60	3.58	3.48	3.86	3.57	3.89
Декабрь 2021	0.10	0.12	-0.20	0.18	0.13	0.60
Январь	4.67	4.82	4.75	5.13	4.35	4.72
Февраль	6.04	5.79	5.89	6.28	6.22	6.36

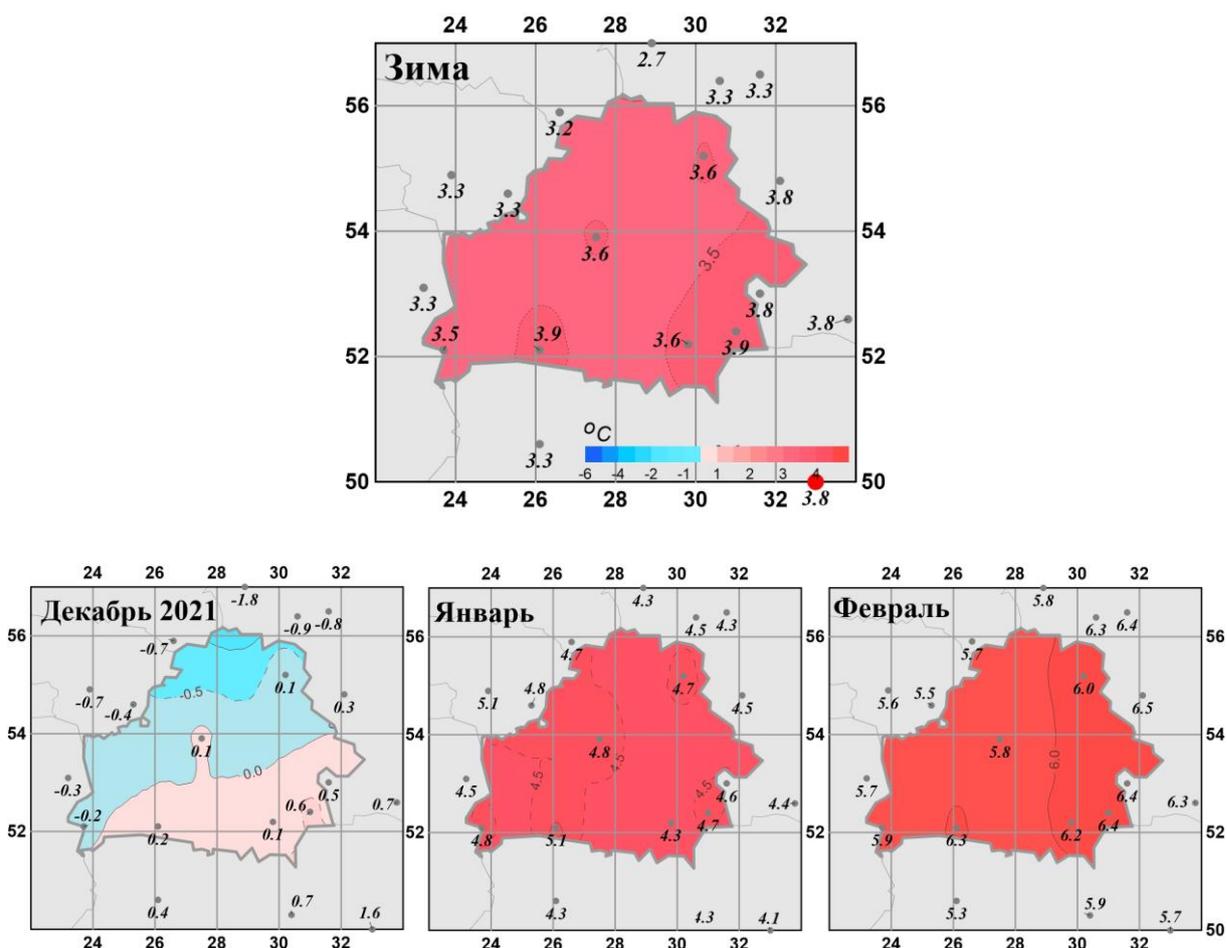


Рисунок 1 - Средние сезонные и средние месячные аномалии температуры (°С) приземного воздуха на территории республики Беларусь зимой 2021/22 гг. Аномалии рассчитаны относительно периода 1961-1990 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) на станциях. Красными кружками показаны 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 2021/22</i>	67.3	62.3	34.3	41.0	54.7	37.7
Декабрь 2021	64	51	35	39	50	33
Январь	86	83	43	52	86	57
Февраль	52	53	25	32	28	23
б) Аномалия сумм осадков / (мм/месяц)						
<i>Зима 2020/20</i>	27.8	20.1	-3.5	7.1	15.6	2.2
Декабрь 2021	12.5	-1.6	-8.9	-1.1	3.6	-10.5
Январь	48.3	43	6	18.1	47.3	21.2
Февраль	22.5	18.9	-7.5	4.3	-4.1	-4.1
в) Относительная аномалия сумм осадков (% от нормы)						
<i>Зима 2021/22</i>	171.0	148.0	90.0	120.0	139.0	105.0
Декабрь 2021	124	97	80	97	108	76
Январь	228	208	116	153	222	159
Февраль	176	156	77	116	87	85

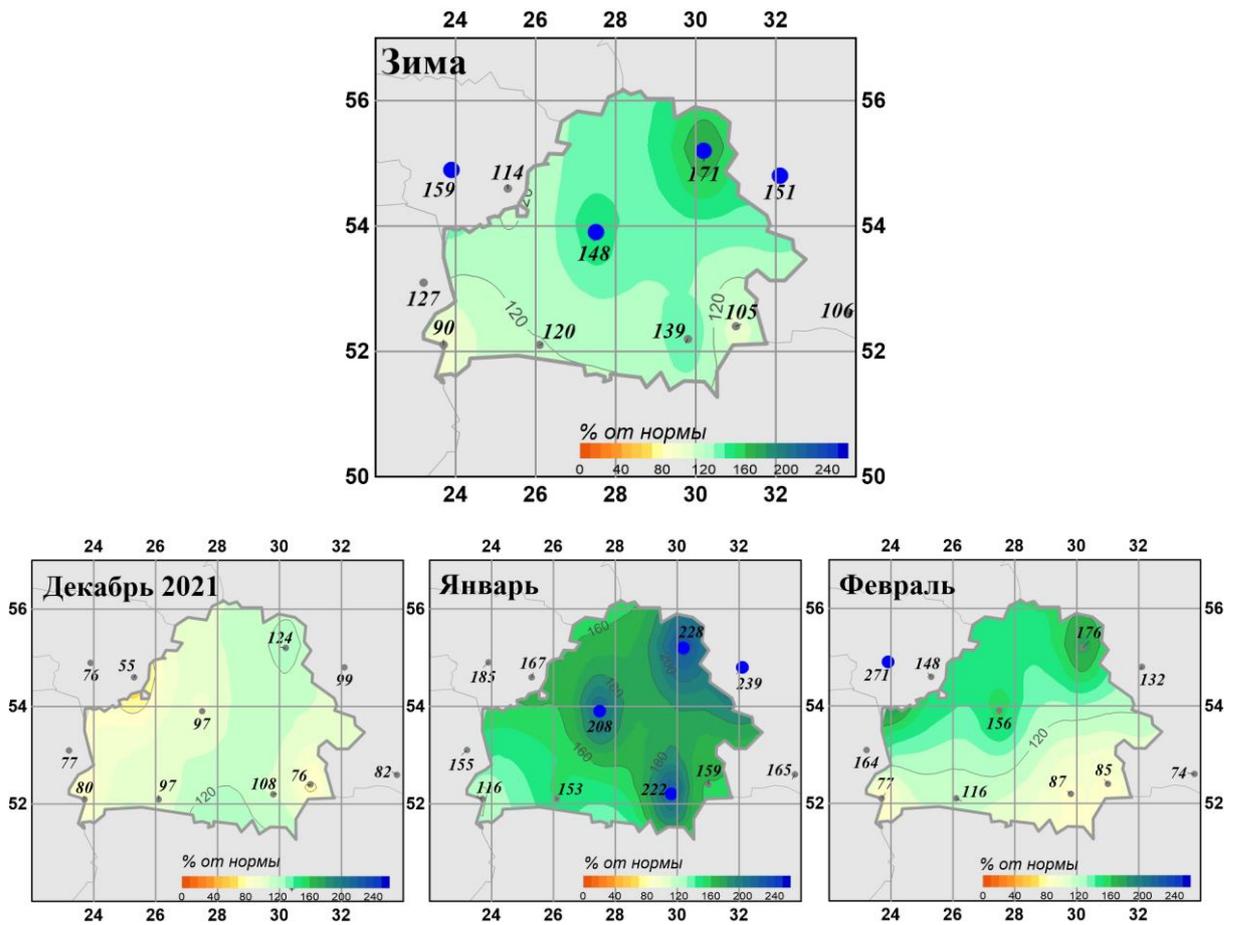


Рисунок 2 - Средние сезонные и месячные аномалии атмосферных осадков (% от нормы) на территории республики Беларусь зимой 2021/22 гг. Аномалии рассчитаны относительно периода 1961-1990 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) и осадков (в % от нормы) на станциях. Красным 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 2022 гг.

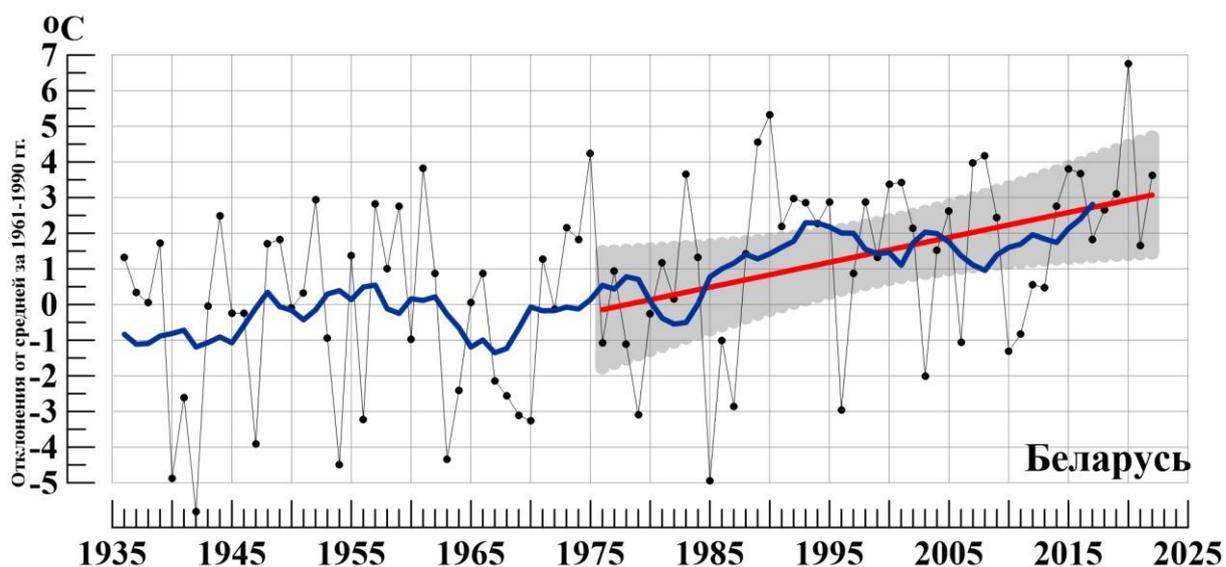


Рисунок 3 - Сезонные (декабрь - февраль) аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2022гг.



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

Условные обозначения см. на рисунке 3.

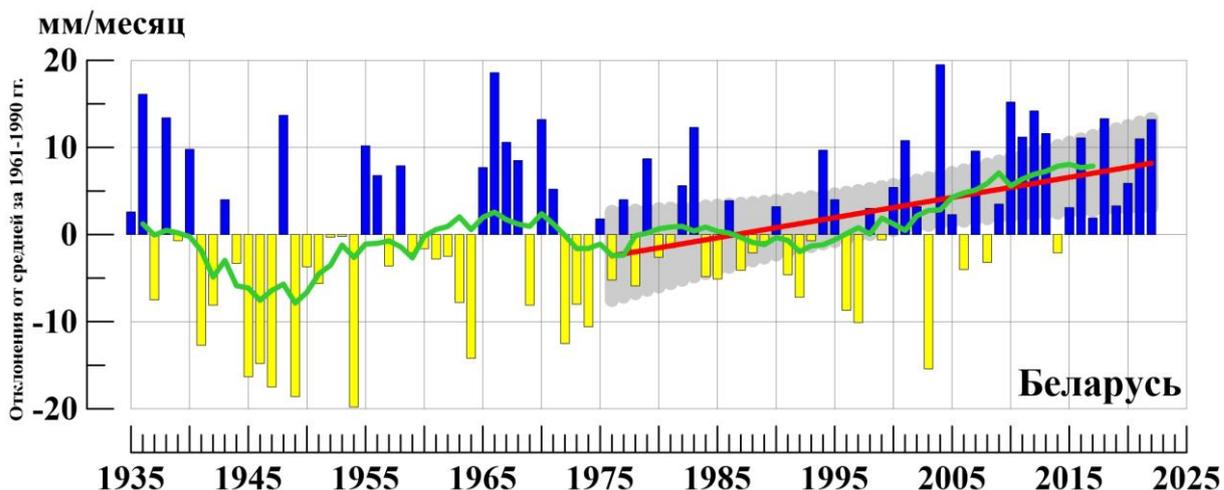


Рисунок 5 - Сезонные (декабрь - февраль) аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рис. 3

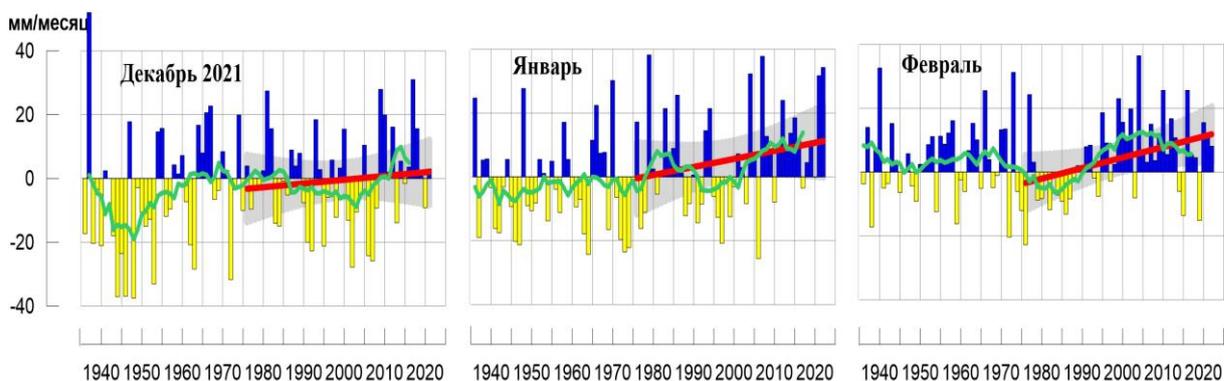


Рисунок 6 - Средние месячные аномалии атмосферных осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рисунке 3.

Таблица 4

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

	νT_{2022}	s	νR_{2022}	s	RR_{2022}
Зима 2021/22	3.62	2.71	13.2	8.1	134
Декабрь 2021	0.11	2.39	3.0	14.4	94
Январь	4.67	4.17	34.3	16.7	192
Февраль	6.07	3.70	8.1	13.0	127

Примечание: Аномалии νT_{2022} ($^{\circ}C$), νR_{2022} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за период 1961-1990 гг.), s ($^{\circ}C$, мм/месяц), – среднее квадратическое отклонение

Таблица 5

Оценки линейного тренда 1976-2022 гг. в среднем по Республике Беларусь

Сезон	Температура		Осадки	
	$b_{1976-2022}$ °С/10 лет	$D_{1976-2022}$ %	$b_{1976-2022}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2022}$ %
<i>Зима 2021/22</i>	0.70	16	2.3	17
Декабрь 2021	0.66	10	1.2	1
Январь	0.59	5	2.5	5
Февраль	0.93	11	3.3	13