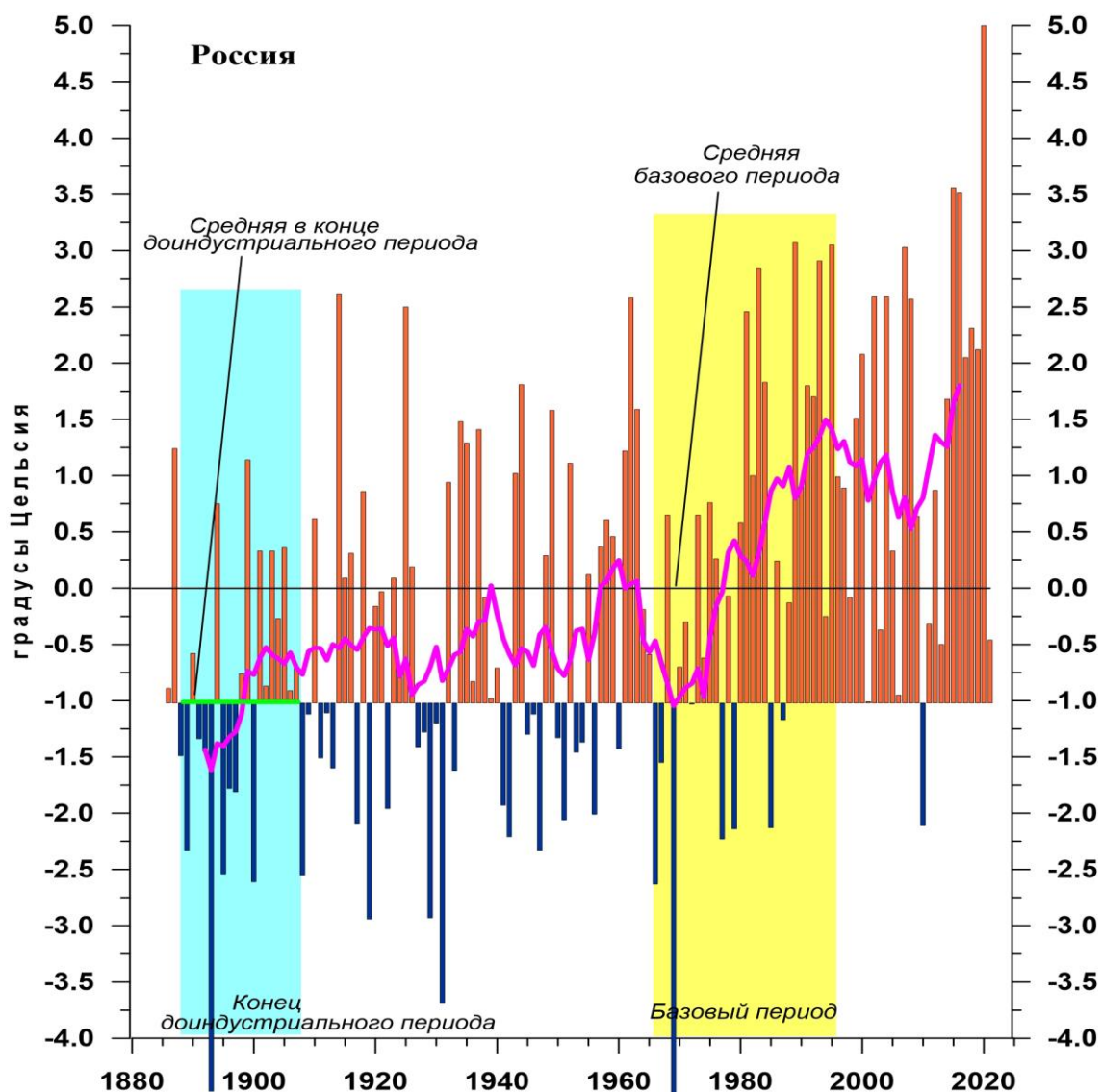


Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ФГБУ «Институт Глобального Климата и Экологии»



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2021

ЗИМА: декабрь 2020 – февраль 2021

Обзор состояния и тенденций изменения климата России

★
Москва 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ¹

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ (зимний сезон).....	6
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗИМЫ 2020/21 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, 1936-2021 ГГ.....	19
5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2021 ГГ. (ЗИМНИЙ СЕЗОН)	24
ВЫВОДЫ	27
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности зимы 2020/21 гг. на территории Республики Беларусь	30

¹ На обложке приведен ход средней сезонной аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1886 – 2021 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 2020/21: декабрь 2020 - февраль 2021), осредненных по суше Северного полушария (СП) и по территории России.

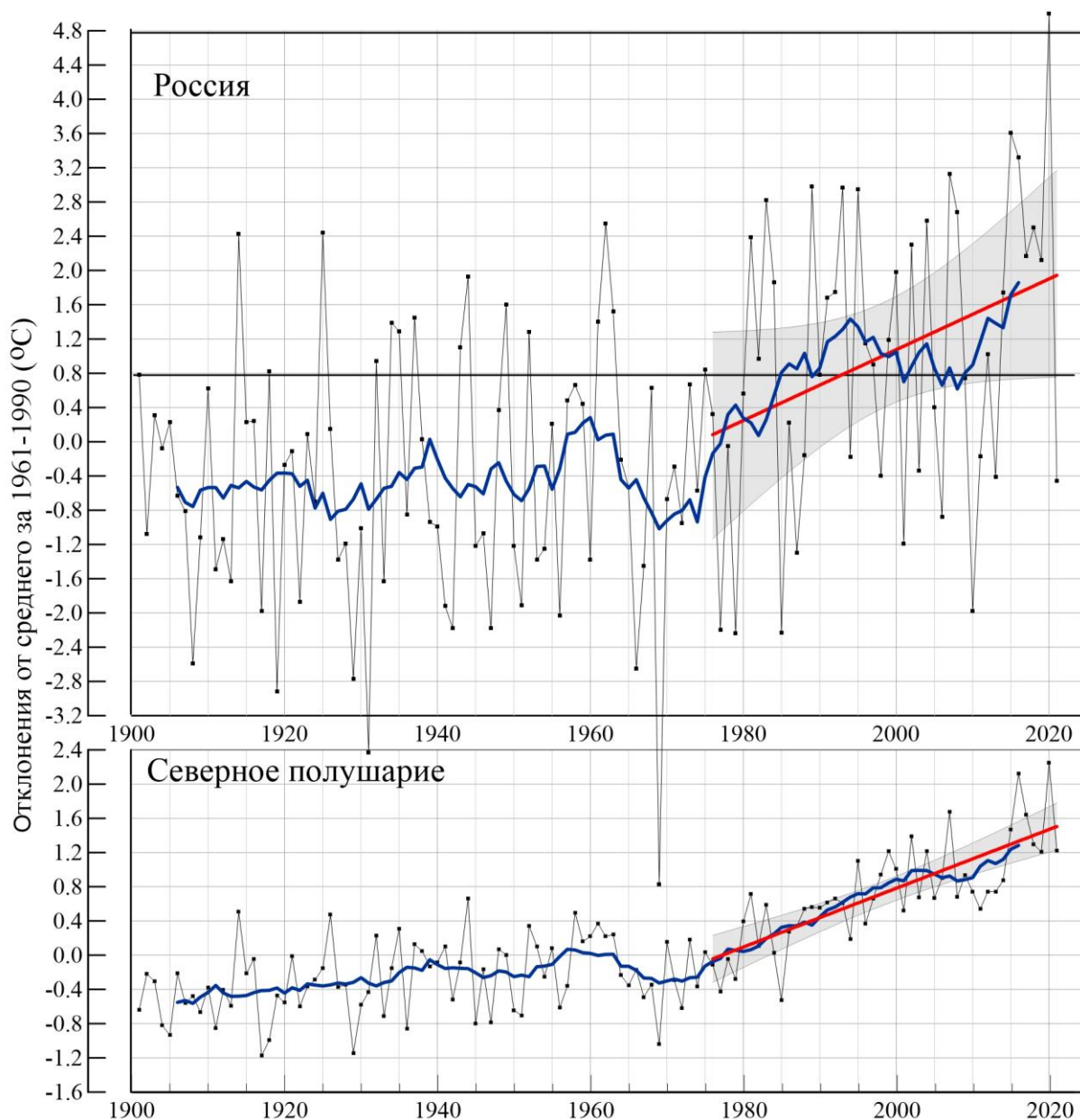


Рисунок 1.1 – Изменение зимней температуры приземного воздуха, осредненной по Северному Полушарию (суша) и территории России.

Температуры выражены как аномалии – отклонения от средней за базовый период 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Показан линейный тренд за 1976-2021гг 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 T3288, содержащему 3288 станции

(начальный год 1901) на поверхности суши Земного шара. Представлен также линейный тренд за 1976-2021 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 +1.222°C (при стандартном отклонении 0.425°C) – восьмая величина в ряду с 1886 г.

Для России в целом средняя сезонная аномалия температуры приземного воздуха составила -0.46°C при величине стандартного отклонения 1.82°C.

Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений зимних температур за период 1976-2021 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 2021 гг. наблюдался очень интенсивный рост температур с середины 1970-х до середины 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 2021) аномалии температуры приземного воздуха относительно норм базового периода 1961-1990 гг. (°C), осредненные по суше СП и России и оценки линейного тренда за период 1976-2021 гг.

Регионы	νT_{2021}	$s_{1961-90}$	$b, \text{°C}/10 \text{ лет}$	$D \%$
СП	1.22	0.43	0.34	60
Россия	-0.46	1.82	0.42	11

Примечание: νT – 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 T3288), а на рисунке 2.3 – карты сезонных и месячных осадков (полученные по данным T1383) на территории России зимы 2020/21 гг. На картах указано местоположение станций с экстремумами ниже 5-го выше 95-го процентилей. Значения аномалий, осредненных по регионам, представлены в таблицах 2.1 и 2.2.

Температура воздуха. Осредненная по территории РФ сезонная аномалия -0.46°C. Температуры ниже наблюдались в центре и на востоке ЕЧР, в центральных

районах АЧР, наиболее холодные условия сложились в Западной Сибири (осредненная по региону аномалия составила -2.38°C).

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

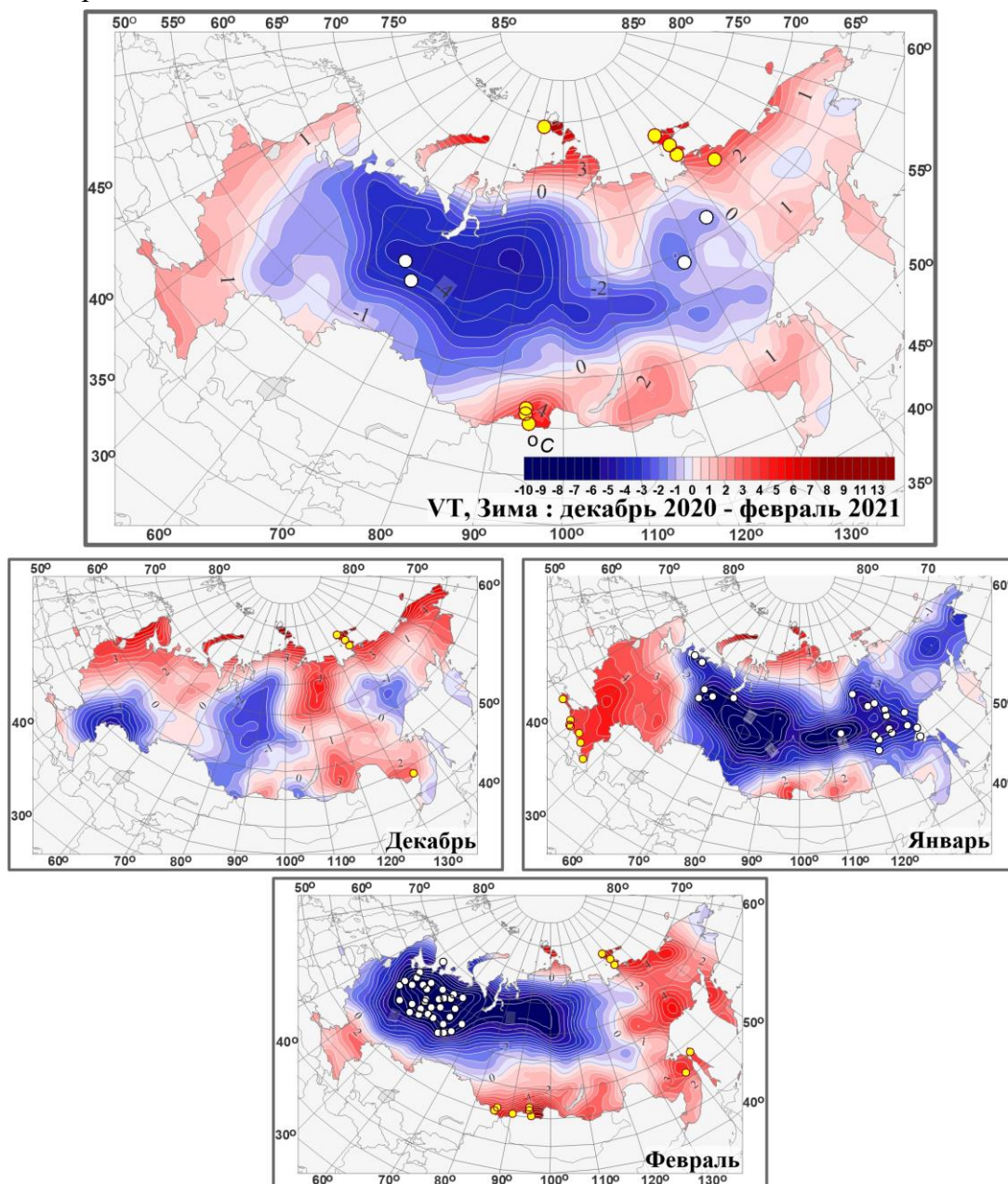


Рисунок 2.1 – Поля средней сезонной и средних месячных аномалий температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России зимой 2021/20 гг. Кружками белого цвета показано местоположение станционных экстремумов ниже 5-го перцентиля, желтого – выше 95-го перцентиля.

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

Распределение средних сезонных температур на рис. 2.2 позволяет проследить рассмотренные особенности несколько под другим углом. В ЕЧР изотермы 5° , 10° совпадают со своим климатическим положением, изотермы 15° , 20° , 25° на ЕЧР и в Западной Сибири смещены к югу примерно на 2 град. с.ш. и к западу примерно на 2-3

град. в.д.. На востоке страны (восточнее течения Лены) сезонные изотермы почти совпадают со своим климатическим положением.

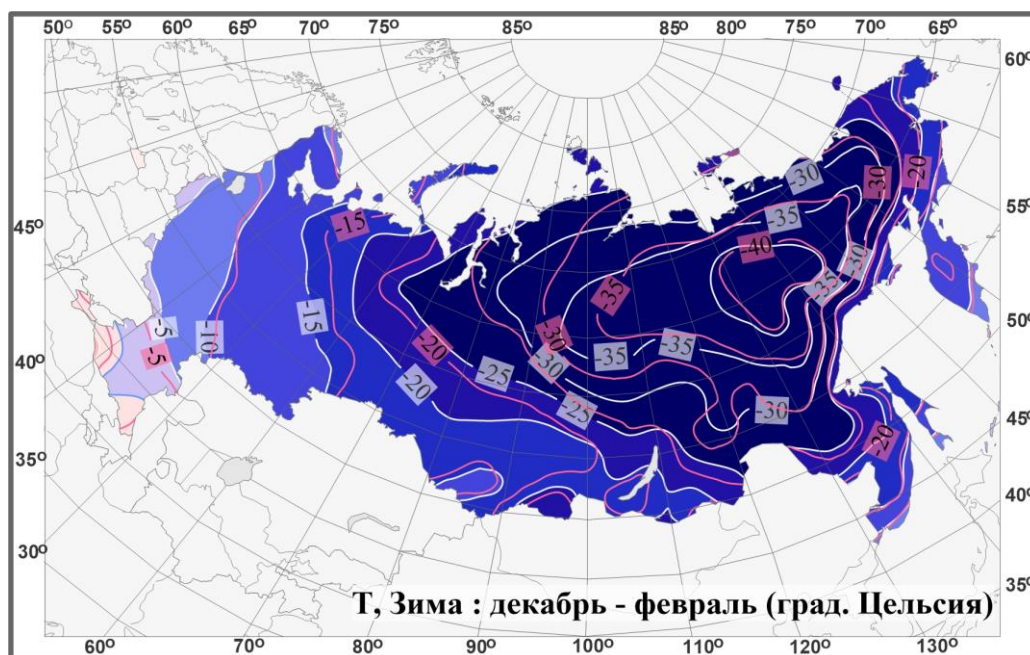


Рисунок 2.2 – Поля средней сезонной температуры приземного воздуха (°С) на территории России зимой 2020/21 гг. Розовые изолинии: средние изотермы за период 1961-1990 гг.

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

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

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

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

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

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

Атмосферные осадки. Осредненные осадки за зимний сезон в целом по РФ составили 114% нормы (ранг 12-13), по ЕЧР – 115% нормы (ранг 15-16), по АЧР – 112% (ранг 13)). Распределение осадков по территории страны во многом напоминает февральское: значительный избыток осадков (на ряде станций фиксировались 95%-е экстремумы) в центре и на юге страны, дефицит осадков – на севере. Осредненные осадки по Прибайкалью и Забайкалью составили 159% нормы (ранг 2), по СФО – 148 (ранг 4).

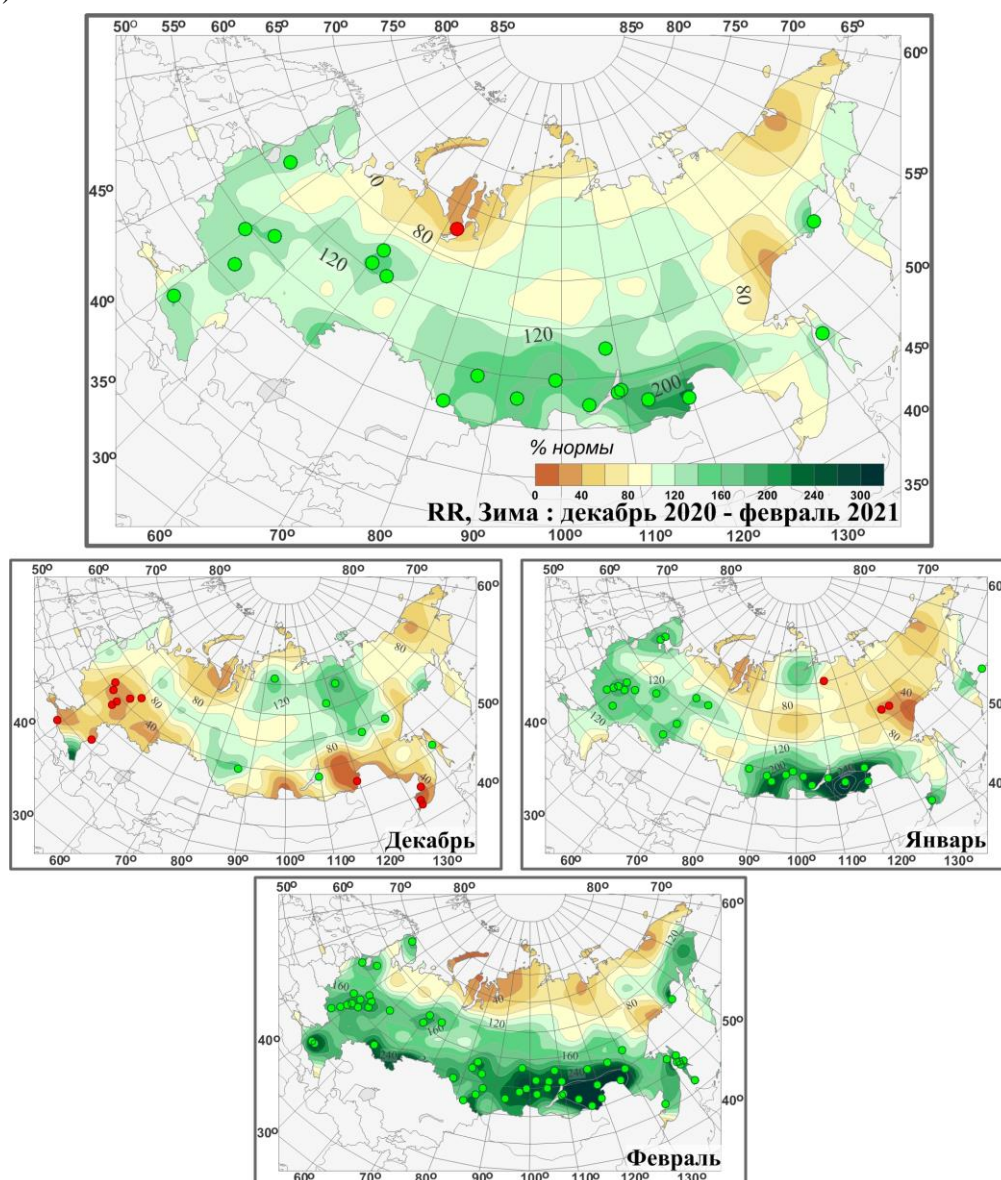


Рисунок 2.3 – Поля аномалий средних сезонных и месячных сумм осадков (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.) на территории России зимы 2020/21гг. (декабрь 2020 г. – февраль 2021 г.). Кружками красного цвета показаны станционные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го перцентиля.

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

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

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

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

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

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

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

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 процентиль, 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 -0.46°C . Отрицательные аномалии температуры зафиксированы в ЕЧР (а также в СЗФО и ПФО), и в АЧР (а также в Западной Сибири и Средней Сибири, в УФО и СФО). Наиболее холодные условия наблюдались в УФО (аномалия -2.85°C – среди десяти самых холодных в ряду).

Положительные аномалии температуры зафиксированы в Прибайкалье и Забайкалье, в Приамурье и Приморье, в ЦФО, в ЮФО, в СКФО и в ДФО.

Таблица 2.1

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

Регионы	νT_{2021}	$S_{1961-90}$	
Российская Федерация	-0.46	1.80	32.9
Физико-географические регионы России			
Европейская часть России	-0.16	2.35	41.2
Азиатская часть России	-0.57	1.86	34.1
Западная Сибирь	-2.38	2.91	14.1
Средняя Сибирь	-1.62	2.81	22.4
Прибайкалье и Забайкалье	1.32	1.80	71.8
Приамурье и Приморье	0.64	1.50	61.2
Восточная Сибирь	0.54	1.37	61.2
Федеральные округа РФ			
Северо-Западный	-0.91	2.82	25.9
Центральный	0.77	2.72	47.1
Приволжский	-0.69	2.57	31.8
Южный	1.44	2.08	69.4
Северо-Кавказский	1.83	1.64	80.0
Уральский	-2.85	3.09	10.6
Сибирский	-0.67	2.53	35.3
Дальневосточный	0.18	1.43	50.6

Примечание: Аномалии νT_{2021} ($^{\circ}\text{C}$) рассчитаны как отклонения от нормы 1961-1990 гг.; s ($^{\circ}\text{C}$) – среднее квадратическое отклонение за базовый период; вероятности неперевышения $P(t \leq T_{2021})$ рассчитаны по выборке за 1936-2020 гг. и выражены в %. Выделены экстремальные значения, попавшие в 5% максимальных. Из месяцев выделяется январь в АЧР (аномалия -2.57°C – среди десяти самых холодных в ряду), особенно в Западной Сибири (аномалия -4.22°C), Средней Сибири (аномалия -4.00°C), в УФО (аномалия -3.95°C) десятая, девятая и девятая величины среди самых холодных в

соответствующих рядах. Кроме того, в феврале очень холодно было в СЗФО (аномалия -5.69°C – среди пяти самых холодных в ряду).

Зимой (табл. 2.2) в РФ в целом количество выпавших осадков составило 114%. Особенно много осадков выпало в Прибайкалье и Забайкалье (159% нормы – ранг 2) и в СФО (141% - ранг 2).

Из месяцев особо выделяется февраль (выпало 157% нормы – ранг 2), особенно много осадков выпало в АЧР (154% - ранг 2), а также в Западной Сибири (174% - ранг 3), в Прибайкалье и Забайкалье (242% - ранг 1), в Приамурье и Приморье (175% - ранг 5), в СФО (187% - ранг 1), в ПФО (177% - ранг 5). В январе много осадков выпало в Прибайкалье и Забайкалье (198% - ранг 1), а в декабре в СКФО (170% - ранг 2).

Особо следует отметить дефицит осадков в декабре в СЗФО, ЦФО (выпало 64%), в ПФО (46% - среди семи «самых сухих»), в ЮФО (46% - среди девяти «самых сухих»), в УФО и в ДФО.

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_{2021}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2021})$	νT_{2021}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2021})$
Российская Федерация	0.51	1.91	56.5	-1.28	2.30	23.5	-0.62	2.46	30.6
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	0.48	2.83	50.6	2.22	3.47	57.6	-3.20	3.03	15.3
Азиатская часть России	0.52	2.08	61.2	-2.57	2.15	10.6	0.33	2.64	42.4
Западная Сибирь	-0.59	3.38	44.7	-4.22	3.83	10.6	-2.32	3.57	21.2
Средняя Сибирь	0.47	2.84	61.2	-4.00	3.67	9.4	-1.31	4.07	24.7
Прибайкалье и Забайкалье	1.28	2.43	69.4	0.08	2.35	49.4	2.60	2.57	72.9
Приамурье и Приморье	1.09	2.29	70.6	-1.28	2.09	30.6	2.02	2.08	75.3
Восточная Сибирь	0.96	2.34	64.7	-1.68	2.67	22.4	2.34	2.69	78.8
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	2.64	3.57	64.7	0.32	3.97	34.1	-5.69	4.05	4.7
Центральный	0.91	2.98	54.1	3.87	4.25	71.8	-2.46	3.69	23.5
Приволжский	-1.97	3.47	29.4	2.92	4.02	70.6	-3.01	3.07	17.6
Южный	-1.62	2.12	29.4	4.26	3.36	87.1	1.67	3.28	61.2
Северо-Кавказский	0.17	1.71	56.5	3.77	2.79	92.9	1.56	2.58	62.4
Уральский	-0.05	3.63	47.1	-3.95	4.10	9.4	-4.54	3.93	11.8
Сибирский	-0.16	2.93	48.2	-2.51	3.28	20.0	0.66	3.35	44.7
Дальневосточный	1.20	2.03	74.1	-2.12	1.82	11.8	1.44	2.41	72.9

Таблица 2.2

Регионально осредненные аномалии осадков зимой 2020/21 гг.

Регионы	νR_{2021}	RR_{2021}	m	$m-q1$	$q3-m$	$P(r \leq R_{2021})$
Российская Федерация	3.3	114	-0.50	0.98	1.58	87.1
Физико-географические регионы России						
Европейская часть России	5.8	115	-1.05	2.15	5.27	83.5
Азиатская часть России	2.3	112	-0.35	0.92	1.32	85.9
Западная Сибирь	4.6	120	0.10	3.10	2.40	85.9
Средняя Сибирь	2.1	112	-0.05	1.40	1.55	80.0
Прибайкалье и Забайкалье	6.2	159	-0.50	0.78	1.60	98.8
Приамурье и Приморье	1.2	109	-0.15	3.25	2.35	69.4
Восточная Сибирь	-2.0	91	-0.45	2.32	2.92	51.8
Федеральные округа РФ						
Северо-Западный	2.3	106	0.00	3.85	4.08	60.0
Центральный	10.3	125	-1.10	5.38	8.12	85.9
Приволжский	4.1	112	0.95	6.88	4.40	74.1
Южный	3.2	108	1.40	10.18	4.65	69.4
Северо-Кавказский	23.0	148	-1.65	9.63	7.72	96.5
Уральский	3.2	113	-0.10	2.10	3.28	70.6
Сибирский	5.0	128	-0.55	1.15	2.48	94.1
Дальневосточный	-0.3	99	0.00	2.25	1.58	57.6

Примечание: Аномалии νR_{2021} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за базовый период 1961-1990 гг.), RR_{2021} - отношение R_{2021} к норме, выраженное в %, $q1$, $q3$ и m - соответственно первый, третий квартиль и медиана аномалий (мм/месяц) за базовый период; вероятности превышения $P(r \leq R_{2021})$ - 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 2020г.			Январь			Февраль		
	νR_{2020}	RR_{2020}	$P(r \leq R_{2020})$	νR_{2021}	RR_{2021}	$P(r \leq R_{2021})$	νR_{2021}	RR_{2021}	$P(r \leq R_{2021})$
Российская Федерация	-4.4	85	23.8	3.1	113	83.5	10.4	157	98.8
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	-13.4	70	13.1	10.9	129	94.1	17.0	159	94.1
Азиатская часть России	-0.9	96	45.2	0.0	100	60.0	7.8	154	98.8
Западная Сибирь	-0.6	98	44.0	1.4	106	64.7	12.8	174	97.6
Средняя Сибирь	2.9	113	78.6	-2.0	89	30.6	5.1	140	91.8
Прибайкалье и Забайкалье	-1.0	93	42.9	9.2	198	100	10.2	242	100
Приамурье и Приморье	-7.9	61	21.4	1.7	113	61.2	9.6	175	95.3
Восточная Сибирь	-2.0	92	45.2	-6.0	75	25.9	2.7	115	77.6
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	-5.0	88	43.5	5.9	117	67.1	6.0	122	69.4
Центральный	-17.3	64	20.0	23.7	161	92.9	23.5	176	94.1
Приволжский	-21.7	46	7.1	11.5	132	89.4	20.6	177	95.3
Южный	-27.8	46	9.4	9.1	121	74.1	21.6	168	89.4
Северо-Кавказский	40.8	170	98.8	-1.9	96	49.4	28.7	174	90.6
Уральский	-4.3	85	28.2	3.0	111	75.3	10.5	155	90.6
Сибирский	4.3	119	78.8	3.0	117	82.4	11.3	187	100
Дальневосточный	-1.4	94	48.2	-3.3	82	28.2	4.1	128	88.2

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 1976-2021 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 северных районах страны в декабре (всюду на севере, кроме нижнего течения Лены) и в январе – на северо-западе ЕЧР и в Средней Сибири; и местами превосходит $+1.4^{\circ}\text{C}/10$ 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 наблюдается в южной части Сибири (проявилась впервые несколько лет назад); похолодание здесь наблюдается в основном для декабря и января, причем один минимум на юге Западной Сибири имеется в оба месяца и более выражен на сезонной карте (достигает $-0.3^{\circ}\text{C}/10$ лет), а второй минимум – в Средней Сибири – только в декабре.

Область похолодания и очень слабого потепления (до $-0.2^{\circ}\text{C}/10$ лет) наблюдается на востоке Якутии и на севере Камчатского края за счет большой области похолодания в Восточной Сибири в январе, небольшой области похолодания в Восточной Сибири – в декабре и области похолодания на востоке Якутии и вдоль побережья Охотского моря феврале.

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

Для всех зимних месяцев наблюдается рост осадков на северо-западе ЕЧР (максимум – в феврале) и в СКФО, в Байкальском регионе и Приморье (особенно в декабре и январе). В декабре заметен рост осадков в Центральном и Приволжском ФО. Максимум роста на севере Западной и Средней Сибири – в январе.

Убывание сезонных осадков в северо-восточных регионах АЧР происходит за счет января и февраля. В декабре происходит убывание осадков в центральных районах Средней Сибири.

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 1976-2021 гг. положителен: он составляет $0.42^{\circ}\text{C}/10$ лет, объясняет лишь 11% 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.

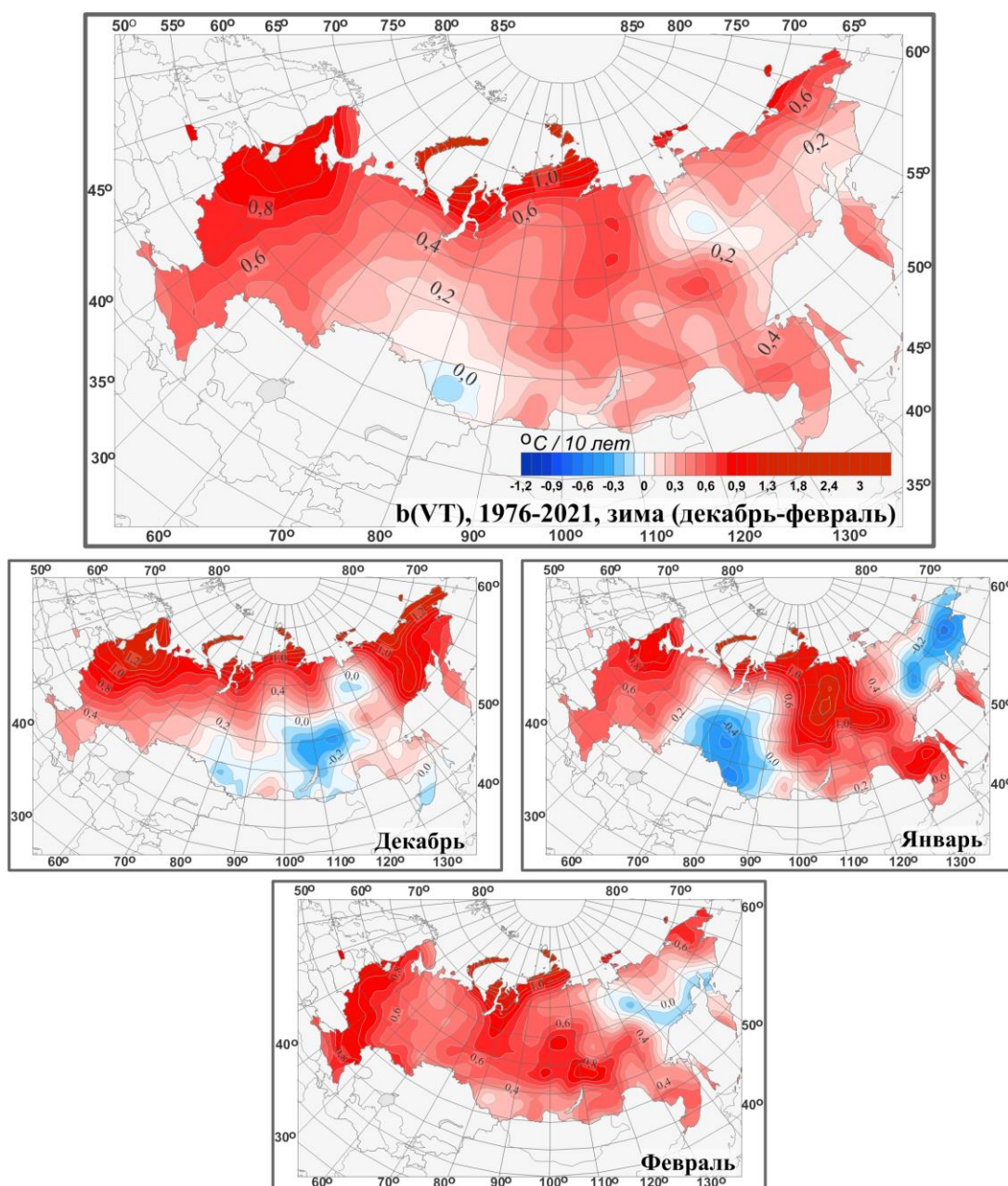


Рисунок 3.1 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий температуры ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) на территории России по данным за 1976-2021 (зима)

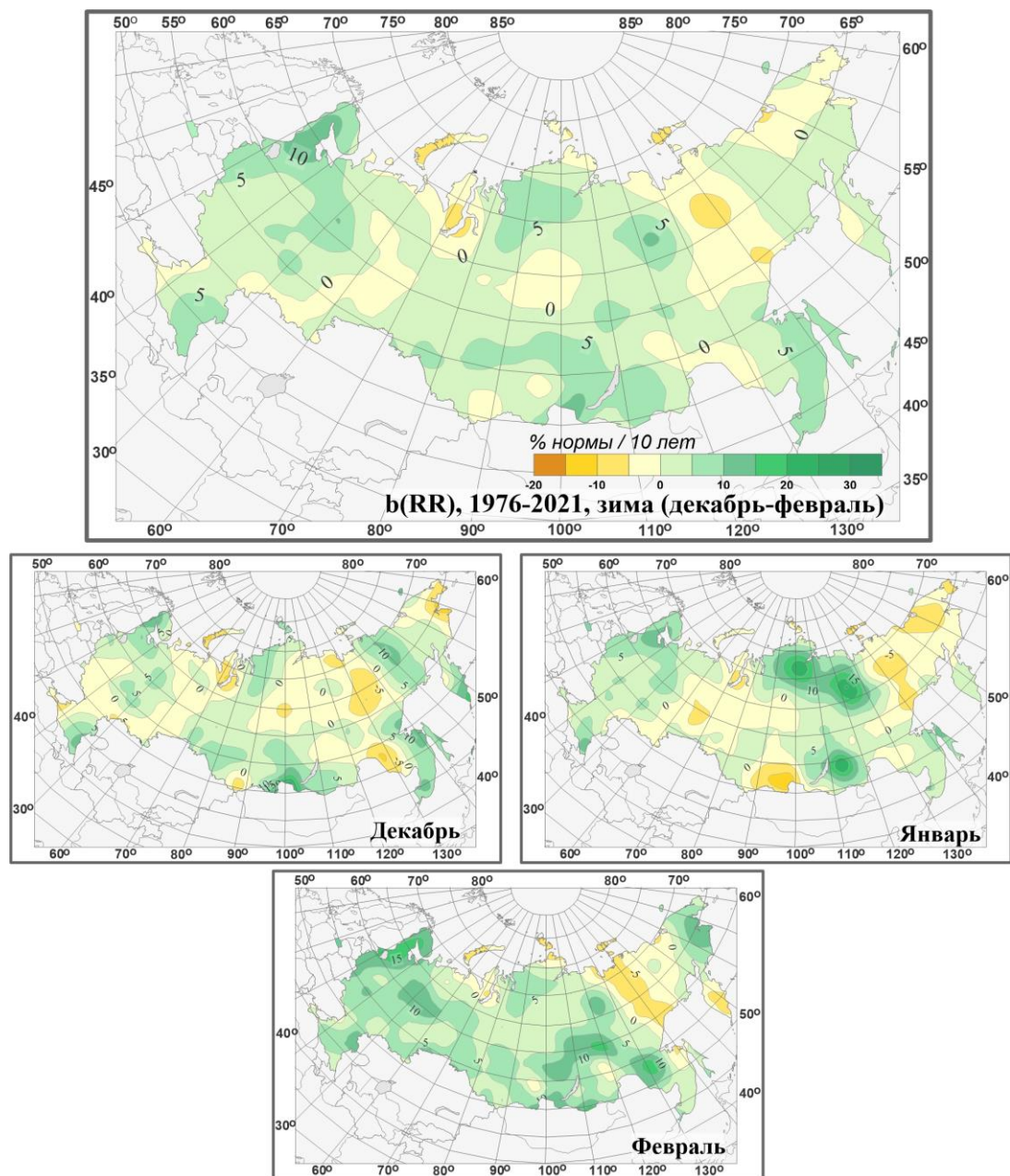


Рисунок 3.2 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий осадков (% нормы / 10 лет) на территории России по данным за 1976-2021 (зима).

Таблица 3.1

Оценки линейного тренда температуры приземного воздуха и суммы осадков, осредненных по территории России и за зимний сезон, за 1976-2021 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	11	0.7	18
Декабрь	0.40	6	0.6	4
Январь	0.38	5	0.5	5
Февраль	0.51	9	1.0	16

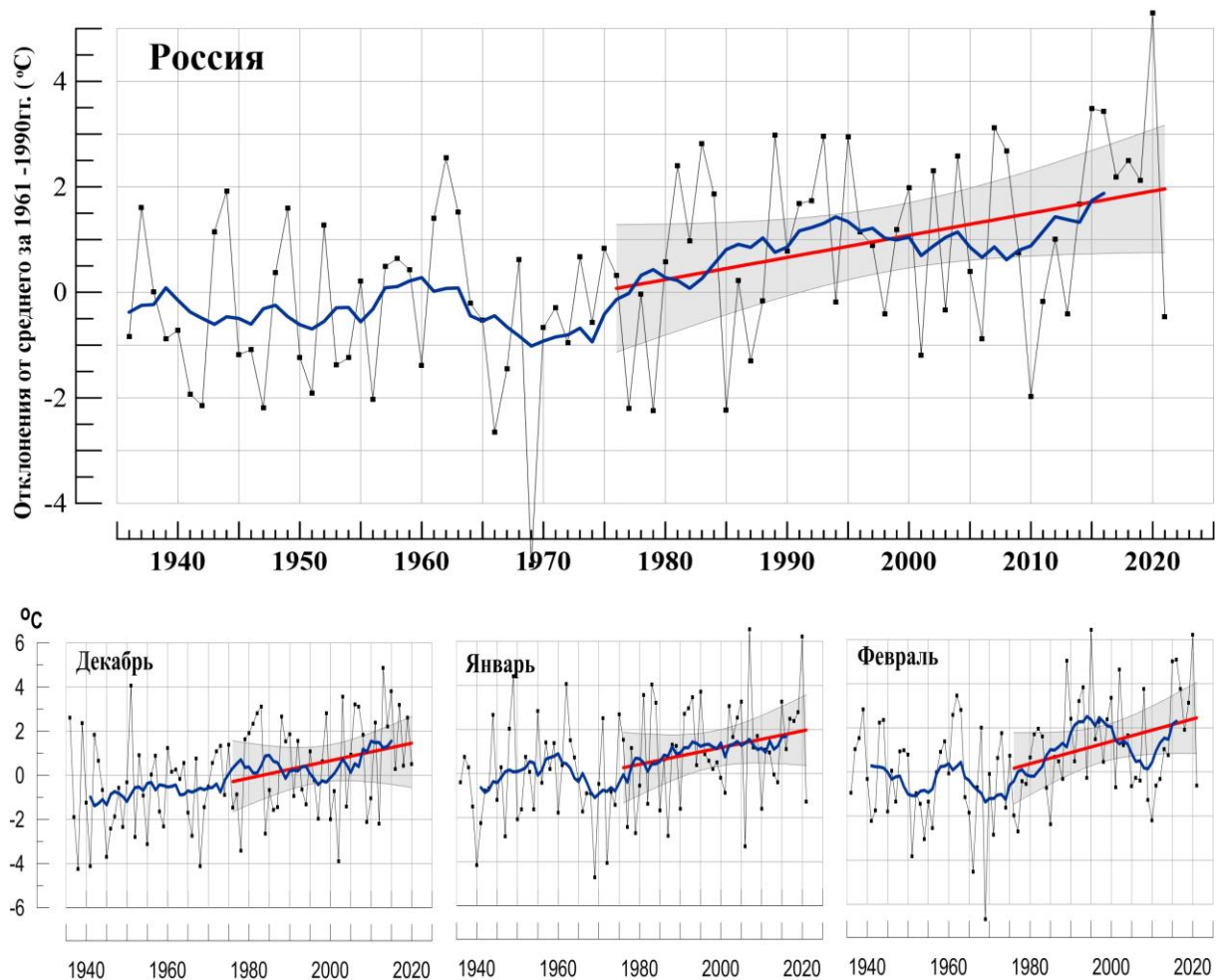


Рисунок 3.3 – Аномалия средней сезонной (вверху) и для месяцев сезона температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) осредненная по территории РФ.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2021 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).

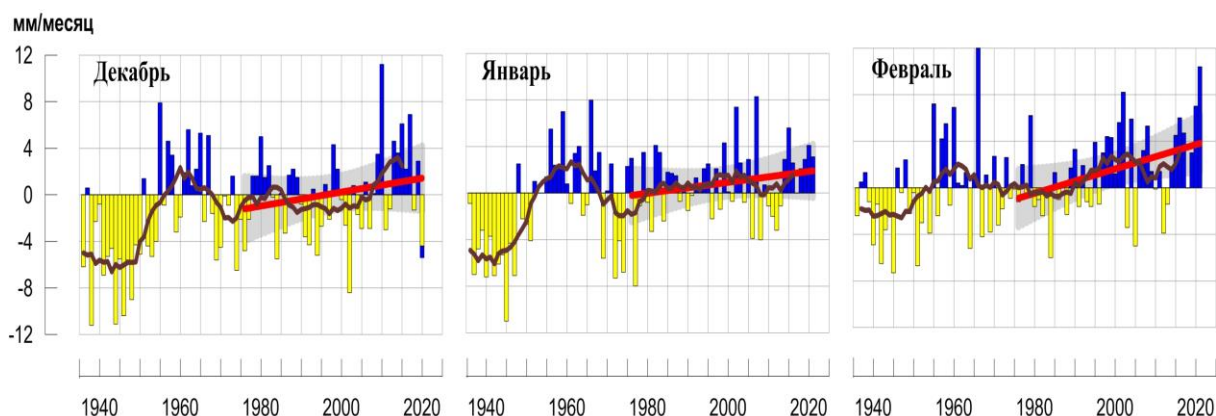
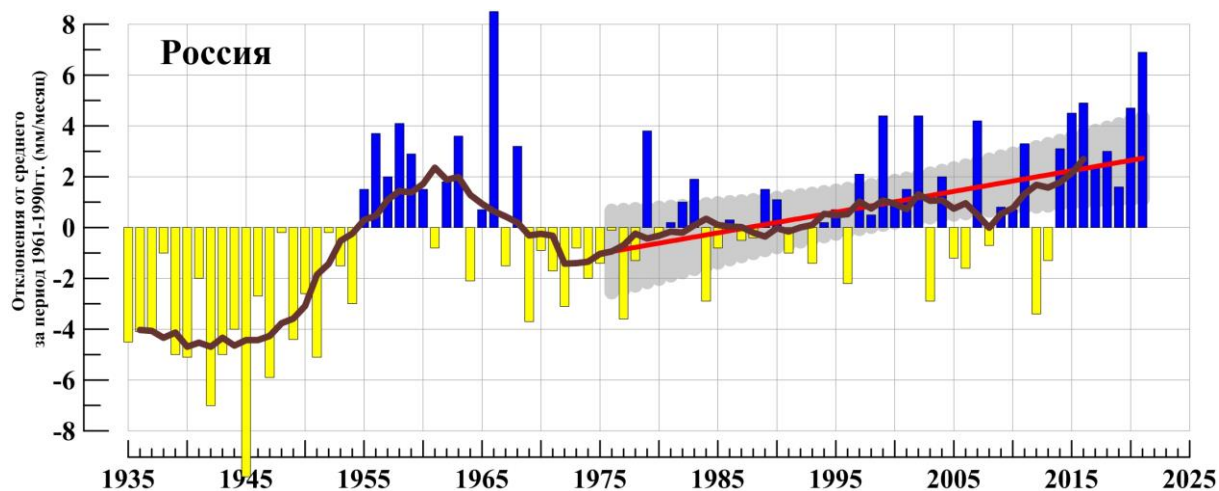


Рисунок 3.4 – То же, что на рис. 3.3, но для атмосферных осадков (мм/мес).

4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ЗИМНЕГО СЕЗОНА В РЕГИОНАХ РОССИИ ЗА ПЕРИОД 1936-2021 гг.

В разделе анализируется характер изменения регионально-осредненных температур и осадков для физико-географических регионов России и Федеральных округов. На рис. 4.1 – 4.4 приведены временные ряды осредненных по регионам аномалий средней месячной температуры приземного воздуха (°C) и месячных сумм осадков (мм/месяц) зимнего сезона за 1936 – 2021 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2021 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 1976-2021 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 1976-2020 гг. во всех регионах (кроме Прибайкалья и Забайкалья и СКФО) заметно уменьшились (на 0.03-0.13°C/10 лет) за счет холодной зимы). В регионе тренд увеличился лишь на 0.01°C/10 лет, а в СКФО не изменился (зима в этих регионах была теплее климатической нормы, но не была экстремальной).

Для осадков региональные оценки сезонных трендов по сравнению с периодом 1976-2020 гг. немного изменились: оценки трендов увеличились (на 0.1 - 0.6% / мес / 10 лет) в регионах Западная Сибирь, Прибайкалье и Забайкалье, а также в ЦФО, ПФО, ЮФО, СКФО, УФО, СФО (за счет значительного избытка осадков в этих регионах зимой); оценки трендов уменьшились в регионе Приамурье и Приморье и в СЗФО (на 0.2-0.5% / мес / 10 лет).

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 1976-2021 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	11	0.7	3.0	18
Физико-географические регионы России					
Европейская часть России	0.64	14	1.1	3.0	11
Азиатская часть России	0.34	7	0.5	2.8	13
Западная Сибирь	0.24	1	0.4	1.8	2
Средняя Сибирь	0.45	5	0.6	3.3	8
Прибайкалье и Забайкалье	0.30	4	0.6	5.3	15
Приамурье и Приморье	0.39	12	0.7	4.9	6
Восточная Сибирь	0.32	10	0.4	1.8	2
Федеральные округа РФ					
Северо-Западный	0.77	13	1.9	5.4	18
Центральный	0.76	16	1.4	3.4	5
Приволжский	0.49	7	0.5	1.4	1
Южный	0.56	16	0.0	0.1	0
Северно-Кавказский	0.49	22	1.5	3.0	4
Уральский	0.37	3	0.3	1.0	1
Сибирский	0.29	3	0.6	3.5	10
Дальневосточный	0.37	16	0.5	2.8	8

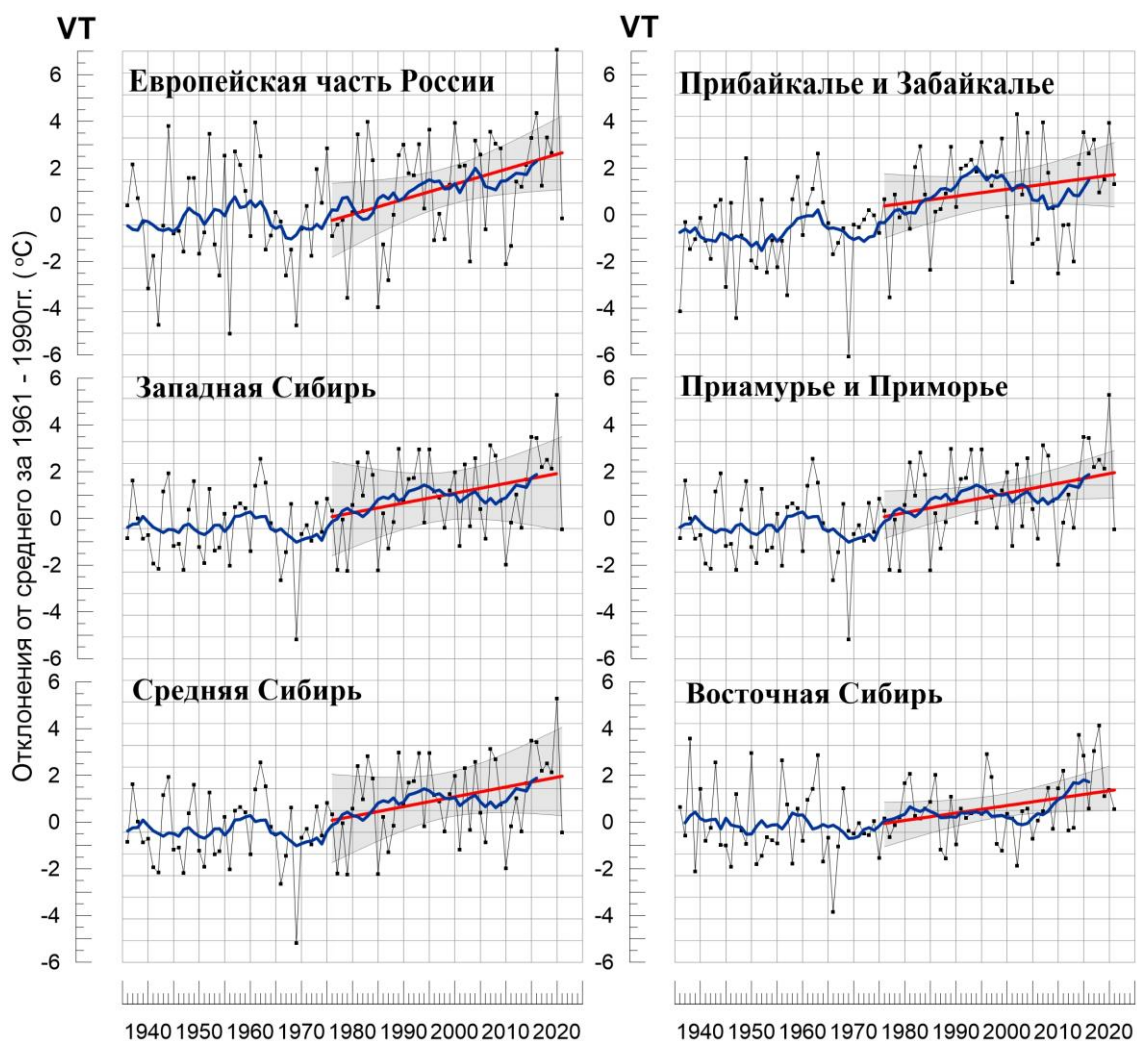


Рисунок 4.1 - Сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории физико-географических регионов РФ, зима 2020/21 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2021 гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда.

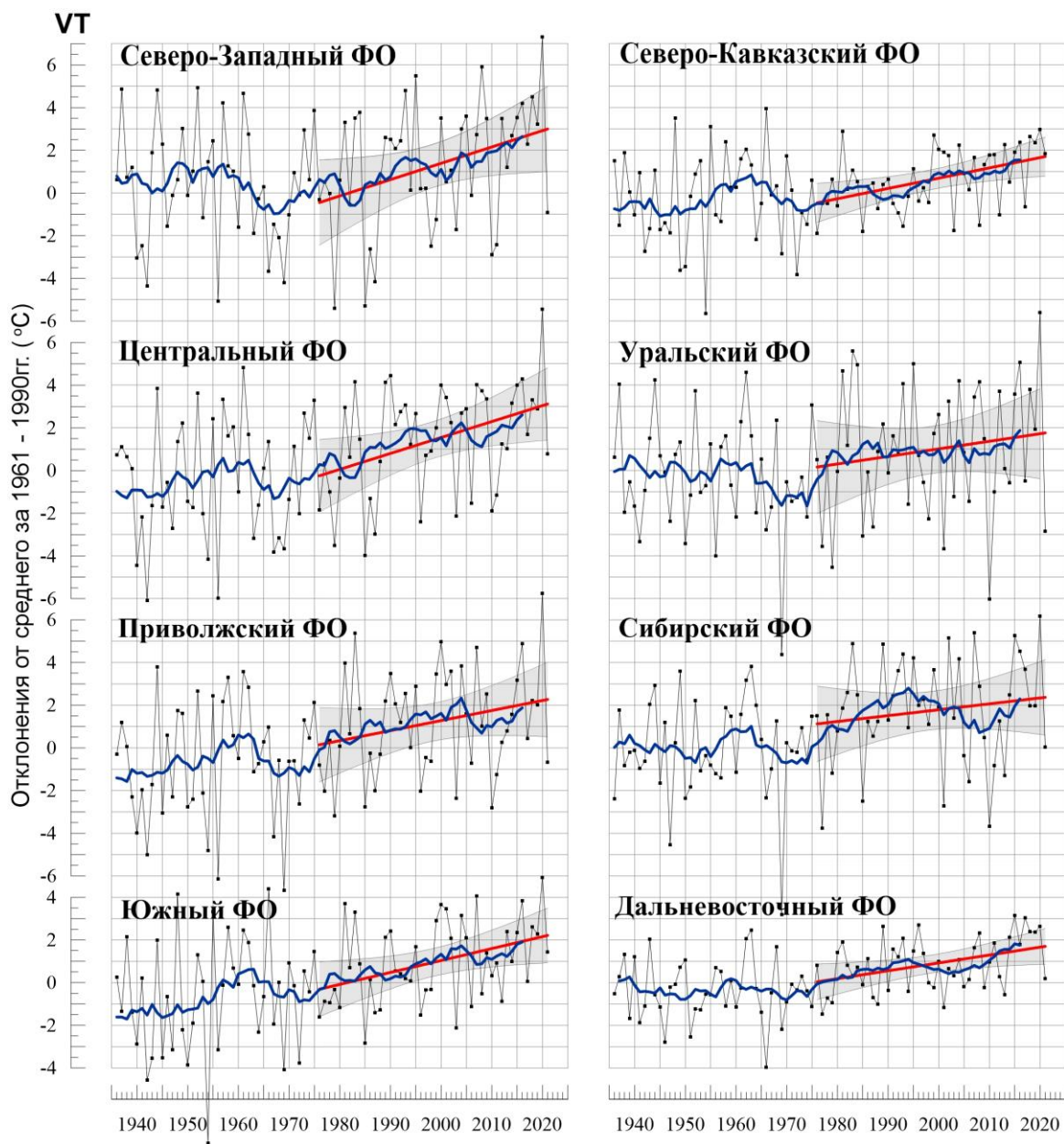


Рисунок 4.2 – То же, что на рис.4.1, но для федеральных округов

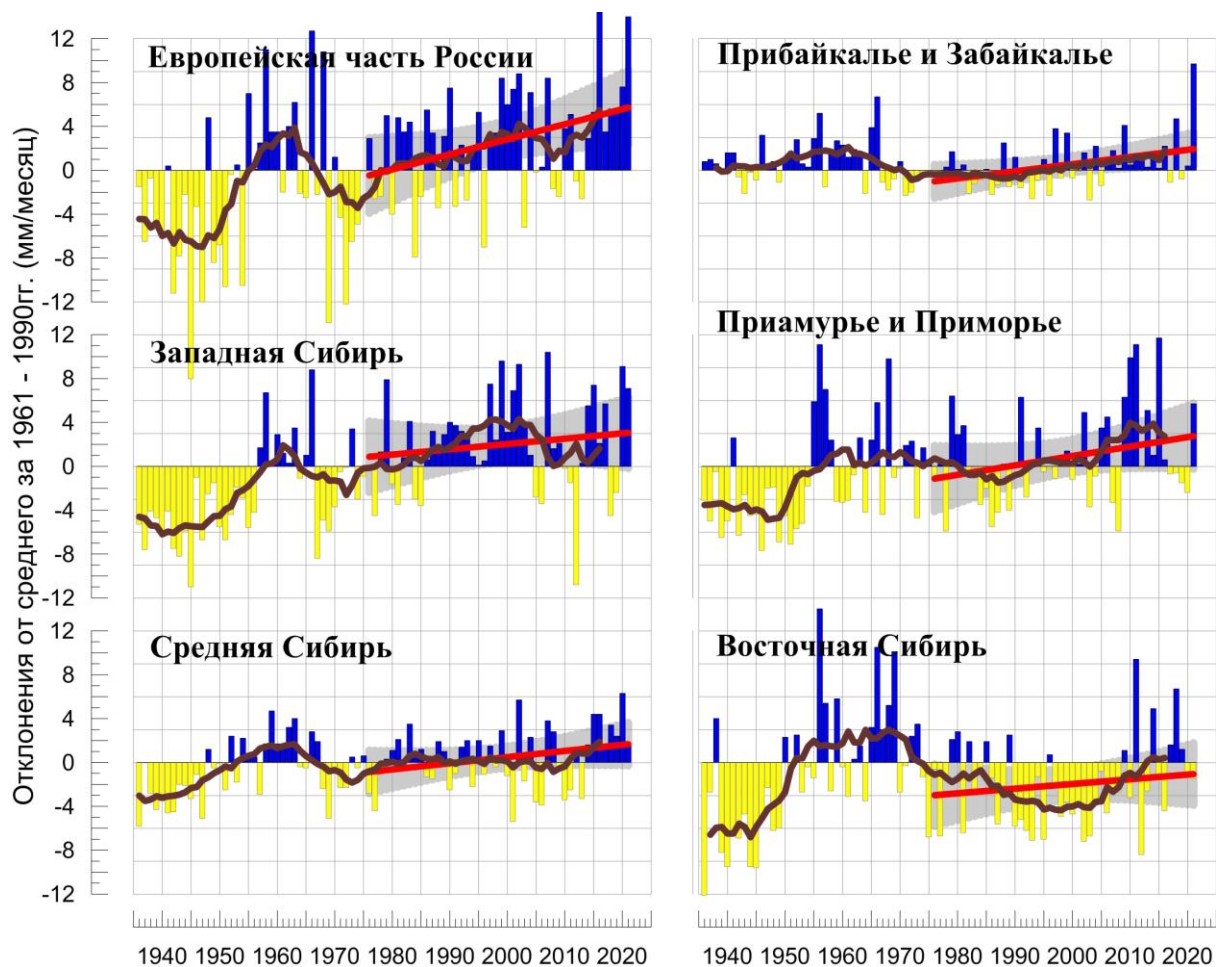


Рисунок 4.3 - Сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по регионам РФ, зима 2020/21 гг.

Условные обозначения см. на рис. 4.1.

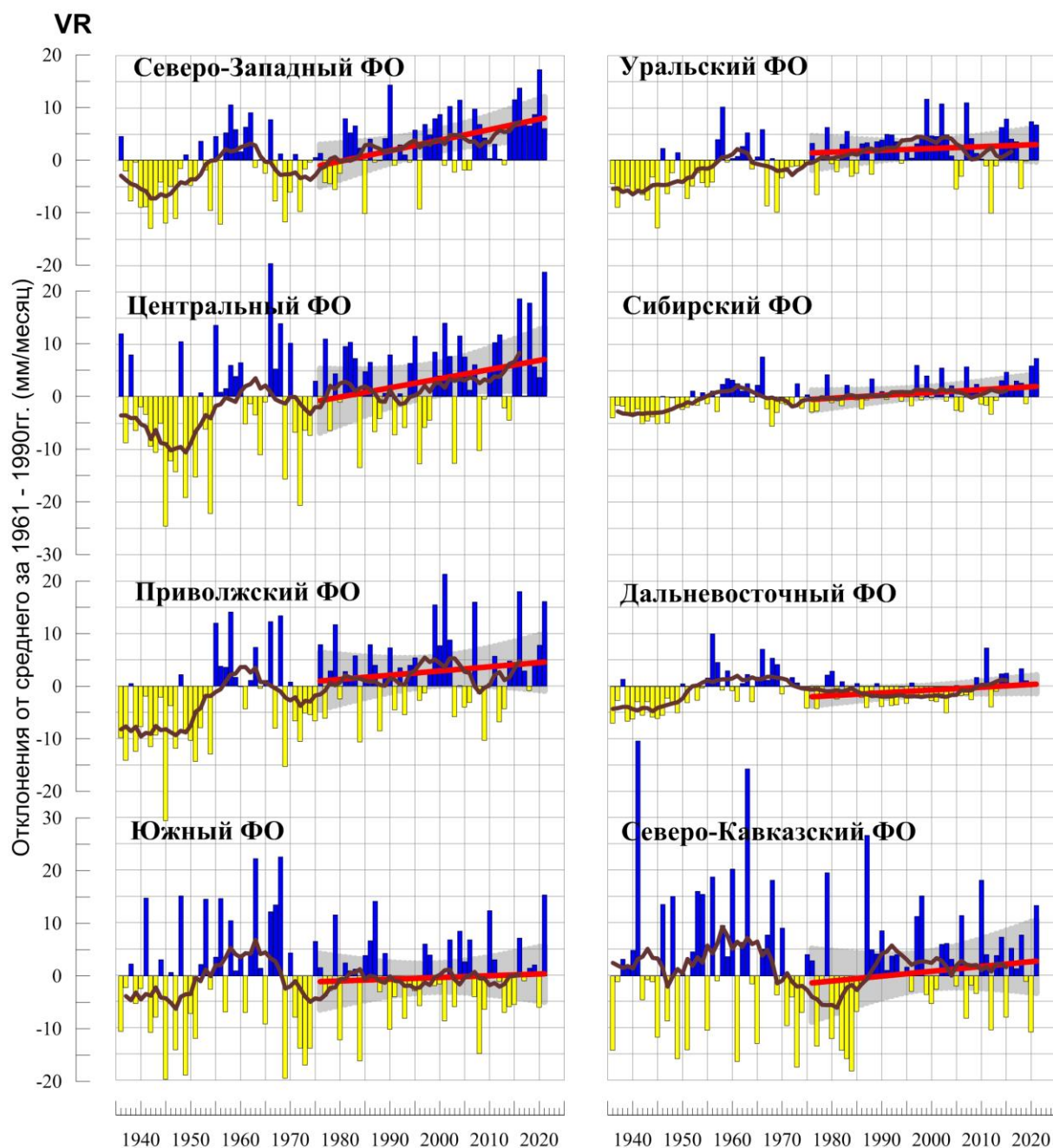


Рисунок 4.4 – То же, что на рис.4.3, но по территории федеральных округов

5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2021 гг. (зимний сезон)

В разделе приведены некоторые индексы экстремальности и аномальности для зимнего сезона в целом по территории России за период 1936 -2021 гг. (рис. 5.1. – 5.4). В качестве индексов экстремальности рассматриваются доли площади под крупными аномалиями температуры и осадков (вероятности 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 20% (27-28 величина

в ряду, почти такую же площадь страны крупные отрицательные аномалии занимали в 2013 году), положительными аномалиями - 5%. 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 1976-2021 составляет 6.6%/10 лет и объясняет 13% дисперсии ряда). Тренд суммарной площади с крупными аномалиями обоих знаков составляет 3.3%/10 лет, дисперсия тренда 4%.

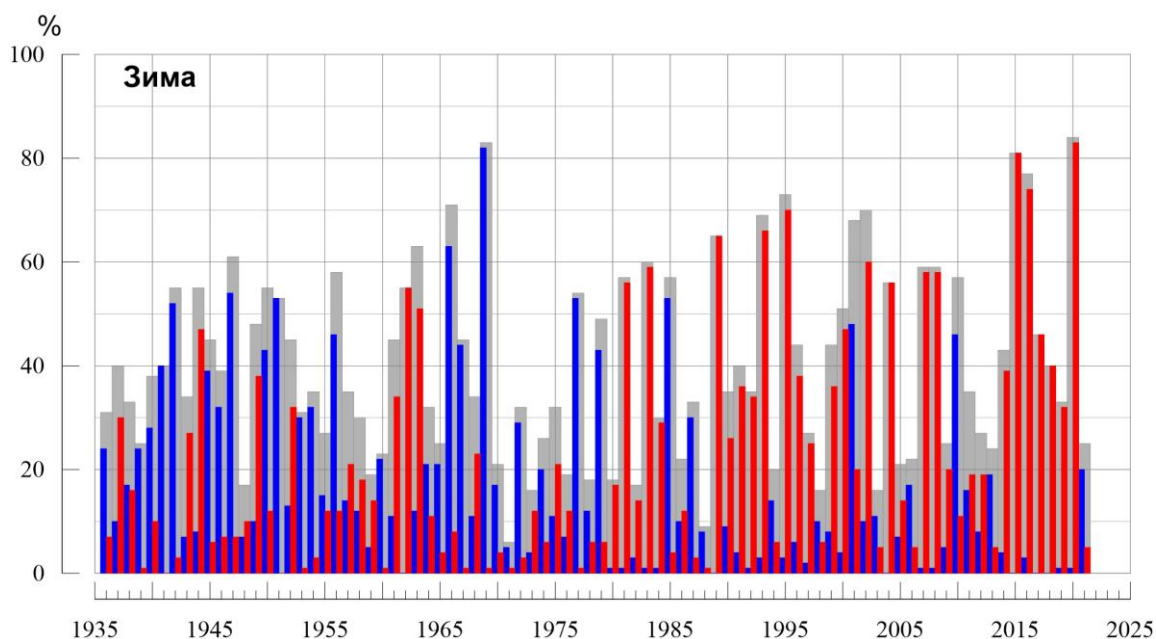


Рисунок 5.1 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями температуры, 1936-2021 гг. (зима):

— 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 1%, под экстремальными положительными аномалиями – 0%.

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%).

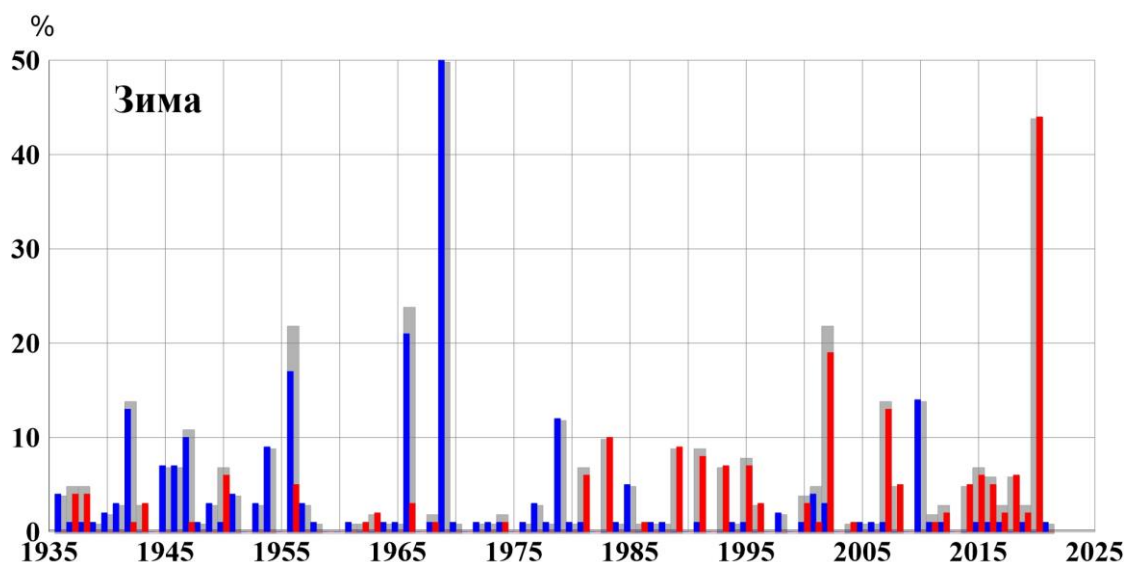


Рисунок 5.2 - Доля площади РФ (в процентах) с экстремальными (сезонная аномалия меньше -2σ : синие столбики, больше $+2\sigma$: красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры зимой, 1936-2021 гг. Базовый период для расчета статистик: 1961-1990 гг.

Индекс аномальности Багрова (рис. 5.3) зимой составил 0.7 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 10% общей дисперсии ряда за период 1976-2021 гг.

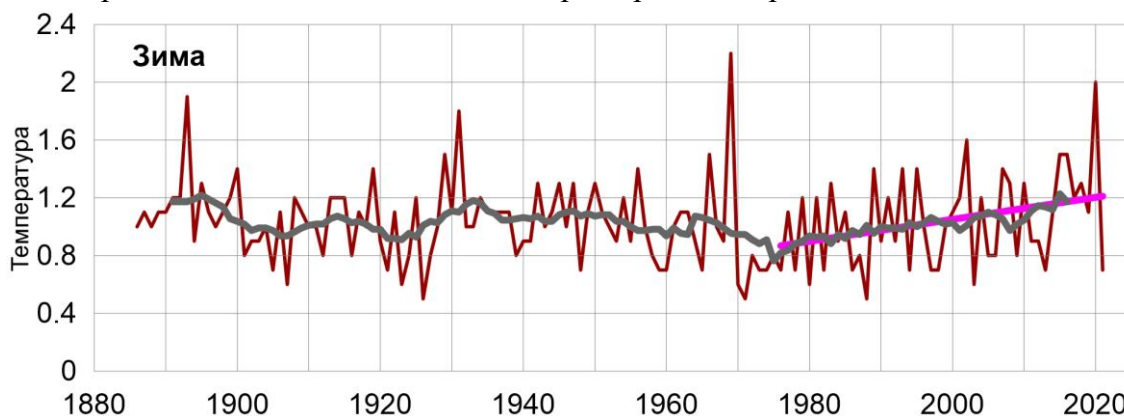


Рисунок 5.3. - Индекс аномальности (индекс Багрова) температурного режима на территории России зимой 1886-2021 гг.

Осадки. Зимой 2020/21 гг. площадь, занятая крупными аномалиями выше 80 перцентиля составила 26%; ниже 20-го перцентиля – 5%.

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 1976-2021 гг. составляет 2.9%/10 лет и объясняет 14% дисперсии ряда).

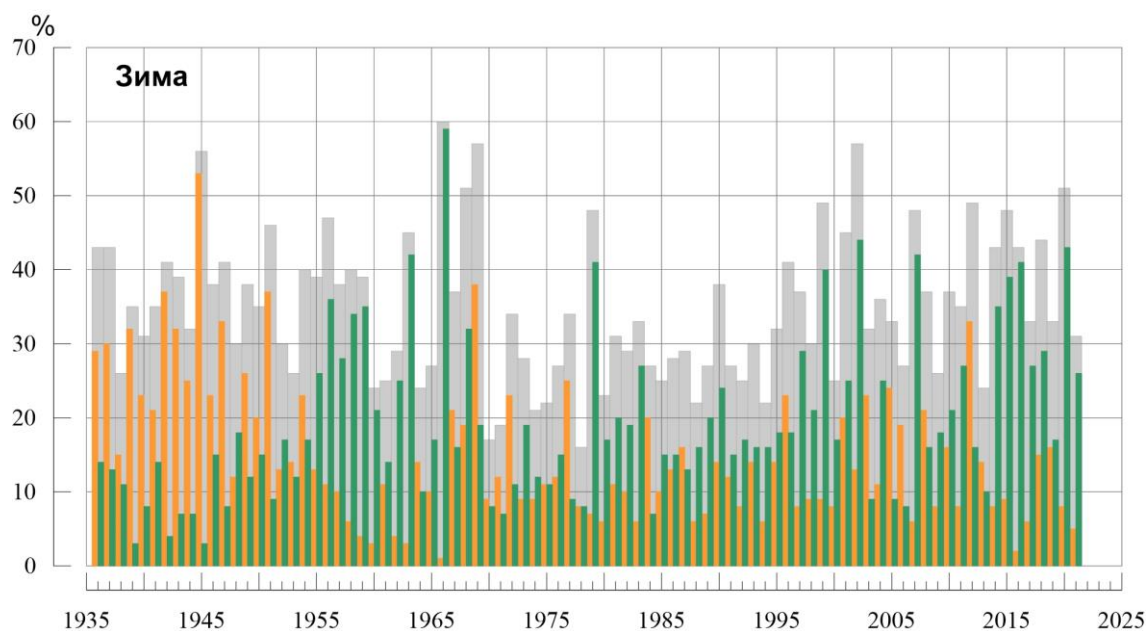


Рисунок 5.4 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями осадков, 1936-2021 гг. (зима):

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

ВЫВОДЫ

1. Зима 2020/21 гг. для Северного Полушария в целом была теплой: аномалия температуры $+1.222^{\circ}\text{C}$ – восьмая величина в ряду с 1886 года. В целом по России зимой на большей территории (за исключением западных областей ЕЧР, севера и юга АЧР) температуры были ниже нормы, аномалия составила -0.46°C . Наиболее холодные условия сложились в Западной Сибири (осредненная по региону аномалия составила -2.38°C).

2. Доля площади территории России, занятая крупными отрицательными среднесезонными аномалиями температуры (ниже 20-го перцентиля), составила 20%, а под экстремальными отрицательными аномалиями (ниже 2σ) - лишь 1%.

Доля площади РФ, занятая крупными положительными аномалиями (выше 80%) составила 5%.

3. Во все месяцы сезона наблюдались обширные территории, где температуры были ниже климатической нормы.

4. Особенно выделяется январь в АЧР (аномалия -2.57°C – среди десяти самых холодных в ряду, 5% экстремумы на севере Западной Сибири и в Якутии), при этом на ЕЧР в январе температуры были выше нормы, особенно на юге (в предгорьях Кавказа фиксировались 95%-е экстремумы).

5. В феврале температуры ниже нормы наблюдались от западных границ (не захватывая южные округа ЕЧР) до течения Лены (не захватывая юг Сибири). Особенно

холодно в феврале было на северо-востоке ЕЧР (на многих станциях фиксировались 5%-е экстремумы, в СЗФО аномалия температуры: -5.69°C – среди пяти самых холодных в ряду).

6. В декабре осредненная по территории РФ аномалия температуры составила $+0.51^{\circ}\text{C}$. Температуры выше климатической нормы наблюдались в северных районах страны, на западе Якутии, в Забайкалье и в Приамурье. Температуры ниже климатической нормы наблюдались на юге ЕЧР (аномалии до -5.8°C), на Среднесибирском плоскогорье, кроме СКФО, в Хабаровском крае (аномалии около -3°C).

4. Зимой в среднем по РФ выпало 114% нормы осадков (ранг 12-13). Значительный избыток осадков (на ряде станций фиксировались 95%-е экстремумы) в центре и на юге страны, дефицит осадков – на севере. Осредненные осадки по Прибайкалью и Забайкалью составили 159% нормы (ранг 2), по СФО – 148 (ранг 4).

5. Зимой 2020/21 гг. площадь, занятая крупными аномалиями выше 80 перцентиля составила 26%; ниже 20-го перцентиля – 5%.

6. Из месяцев особо выделяется февраль – избыток осадков в центре и на юге страны, дефицит осадков – на севере (этот месяц, в основном, определил расположение сезонных осадков), в целом в феврале выпало 157% нормы (ранг 2), особенно много осадков выпало в АЧР (154% - ранг 2).

7. В январе много осадков выпало в Прибайкалье и Забайкалье (198% - ранг 1) и в ЕЧР, дефицит осадков в центре и на севере АЧР.

8. Декабрь характеризовался преимущественно дефицитом осадков: осредненные по РФ осадки 88% нормы. Сильный дефицит осадков (менее 60% нормы) наблюдался на большей части ЕЧР (кроме СКФО), так в ПФО и ЮФО выпало лишь 46% нормы; на юге Сибири (в Приморском крае количество выпавших осадков составило около 20% нормы и ниже) и на северо-востоке страны. Избыток осадков в декабре наблюдался в центральных районах АЧР и в СКФО (170% - ранг 2).

9. Линейный тренд средней по России зимней температуры воздуха за период 1976-2021 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 60%.

10. Основная географическая особенность климатических изменений температуры на территории России в зимний период – область похолодания и очень слабого потепления в южной части Сибири (до $-0.3^{\circ}\text{C}/10$ лет, область впервые проявилась в 2010 г.), и на востоке Якутии и на севере Камчатской области (до $-0.2^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Некоторые черты изменения сезонных температур проявляются для всех трех зимних месяцев: рост температуры в ЕЧР и в районе Таймыра; другие – в отдельные месяцы: похолодание на северо-востоке – в январе и частично в феврале (а в декабре – сильное потепление), похолодание в Сибири (в декабре и январе), потепление в

Приморье (в январе и феврале).

12. Тренд зимних сумм осадков для России в целом положителен: составляет +3.0%/10лет, (объясняет 18% 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: +5.3%/10 лет, объясняет 15% дисперсии и в Северо-Западном ФО (+5.4%/10 лет, 18%).

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 погодно-климатических условиях, состоянии и загрязнении природной среды".

Все оценки получены по данным о средних месячных значениях температуры приземного воздуха и месячных суммах атмосферных осадков в базовом архиве ИГКЭ, содержащем данные гидрометеорологических наблюдений на 455 станциях стран СНГ и Балтии (из них 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 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 2020/21гг.

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 2020/21 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 2020/21</i>	-4.57	-4.10	-1.27	-2.30	-3.60	-3.80
Декабрь 2021	-1.4	-1.2	1.4	0.2	-1.0	-1.1
Январь	-4.5	-4.3	-2.0	-2.7	-3.7	-3.7
Февраль	-7.8	-6.8	-3.2	-4.4	-6.1	-6.6
б) аномалия температуры (град. Цельсия)						
<i>Зима 2020/21</i>	1.41	0.76	1.85	1.93	1.57	1.41
Декабрь 2021	2.62	1.59	3.1	2.78	2.33	2.62
Январь	2.62	3.53	2.45	3.03	3.15	2.62
Февраль	-1.01	-2.84	-0.01	-0.02	-0.78	-1.01

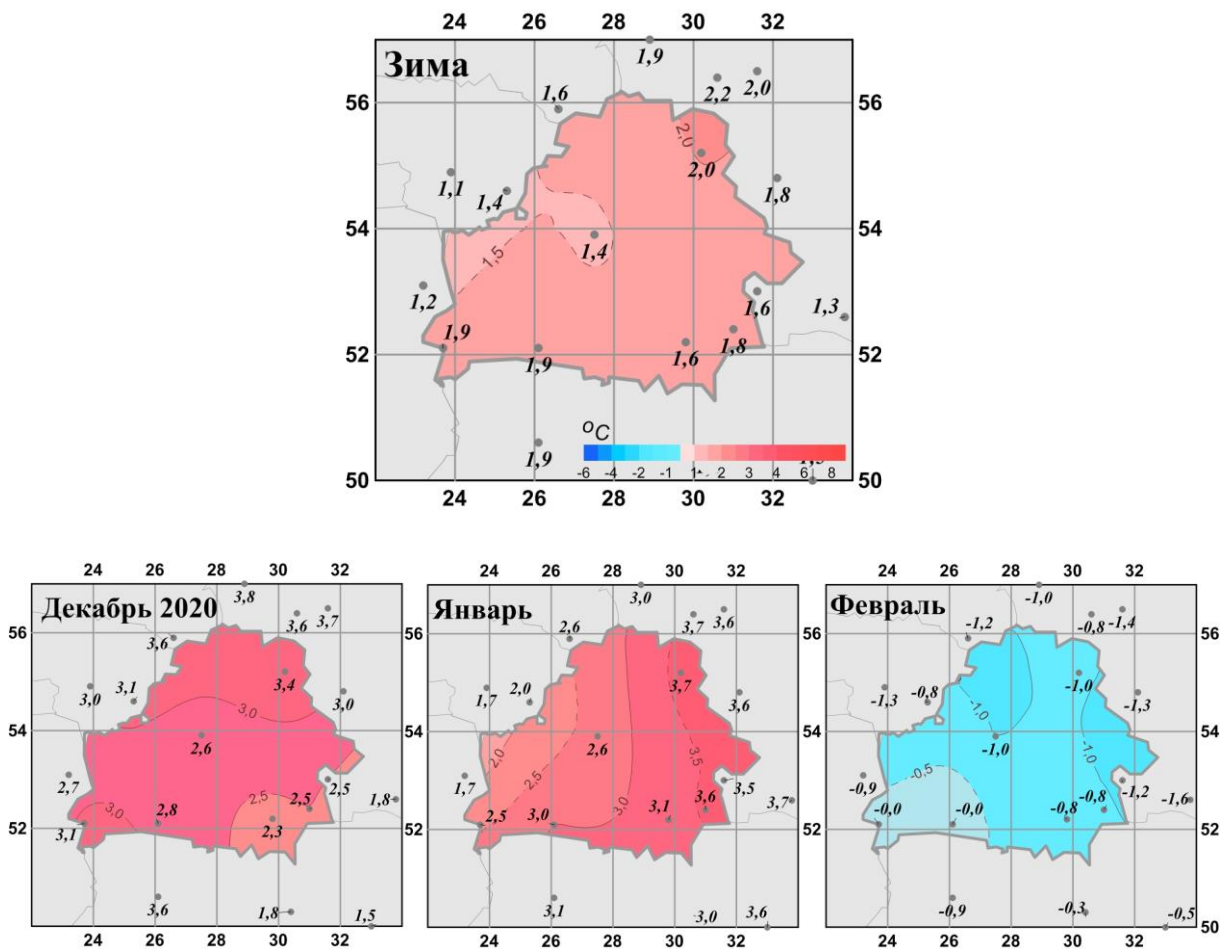


Рисунок 1 - Средние сезонные и средние месячные аномалии температуры (°С) приземного воздуха на территории республики Беларусь зимой 2020/21 гг.

Аномалии рассчитаны относительно периода 1961-1990 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) на станциях. Красными кружками показаны станционные экстремумы – выше 95-го процентиля

Таблица 3

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

	Витебск	Минск	Брест	Пинск	Василевичи	Гомель
	26666	26850	33008	33019	33038	33041
а) Сумма осадков (мм/месяц)						
Зима 2020/20	58.3	65.7	44.0	41.3	56.7	38.0
Декабрь 2020	71	49	28	30	35	24
Январь	74	109	66	53	76	44
Февраль	30	39	38	41	59	46
б) Аномалия сумм осадков / (мм/месяц)						
Зима 2020/20	18.8	23.4	6.2	7.4	17.6	2.5
Декабрь 2020	19.5	-3.6	-15.9	-10.1	-11.4	-19.5
Январь	36.3	69	29	19.1	37.3	8.2
Февраль	0.5	4.9	5.5	13.3	26.9	18.9
в) Относительная аномалия сумм осадков (% от нормы)						
Зима 2020/20	148	156	116	121	144	106
Декабрь 2020	138	93	64	75	75	55
Январь	196	273	179	156	196	123
Февраль	102	114	117	148	184	170

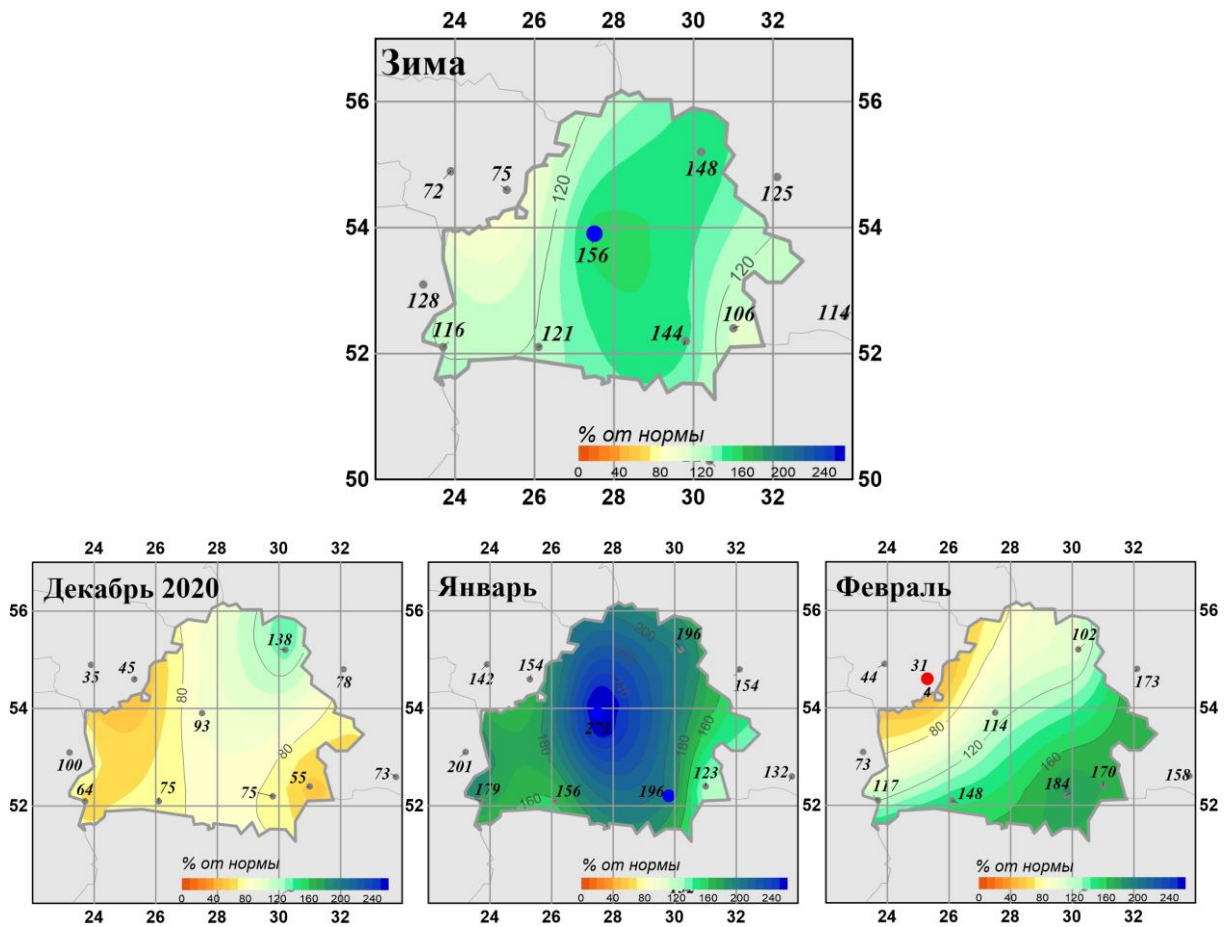


Рисунок 2 - Средние сезонные и месячные аномалии атмосферных осадков (% от нормы) на территории республики Беларусь зимой 2020/21 гг. Аномалии рассчитаны относительно периода 1961-1990 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) и осадков (в % от нормы) на станциях. Красным кружком показан стационарный экстремум – ниже 5-го перцентиля

На рисунках 3, 4 показаны временные ряды осредненных по территории Беларуси сезонных и месячных аномалий температуры воздуха и осадков с 1936 по 2021 гг.

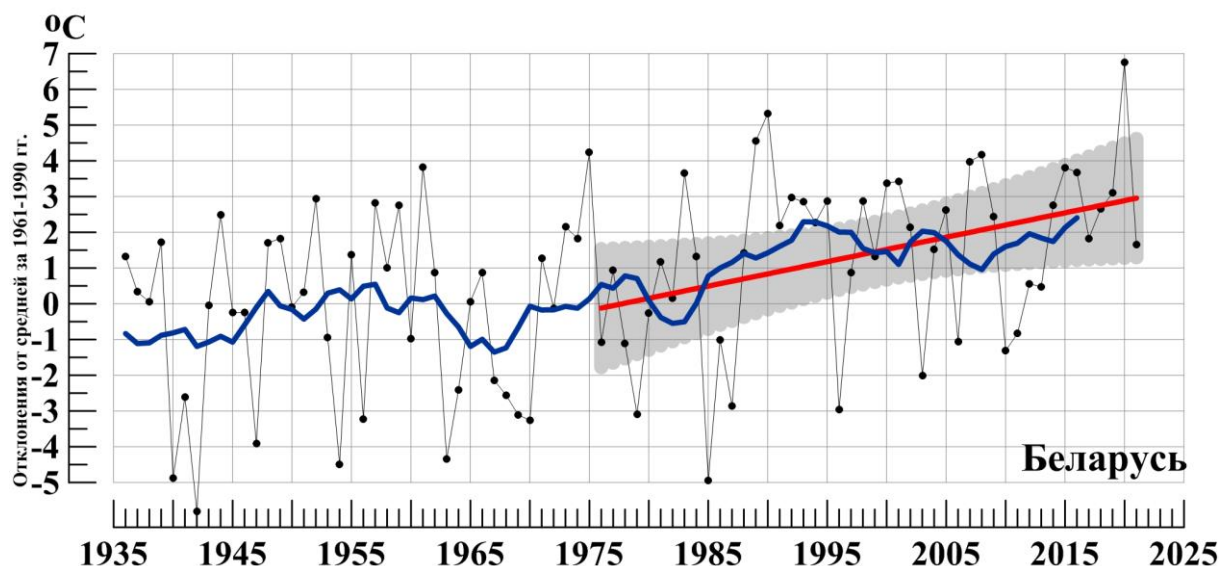


Рисунок 3 - Сезонные (декабрь - февраль) аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь.
Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2021гг.

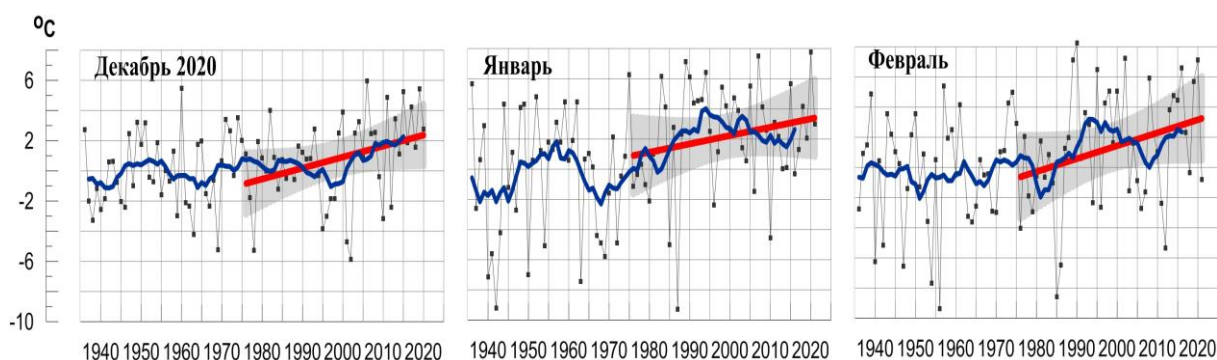


Рисунок 4 - Средние месячные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рисунке 3.

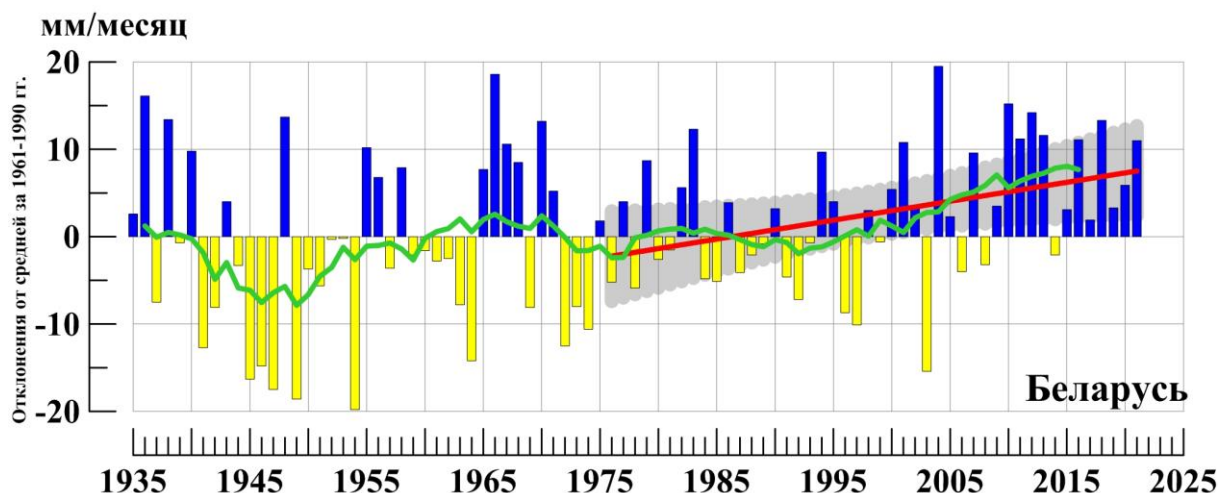


Рисунок 5 - Сезонные (декабрь - февраль) аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рис. 3

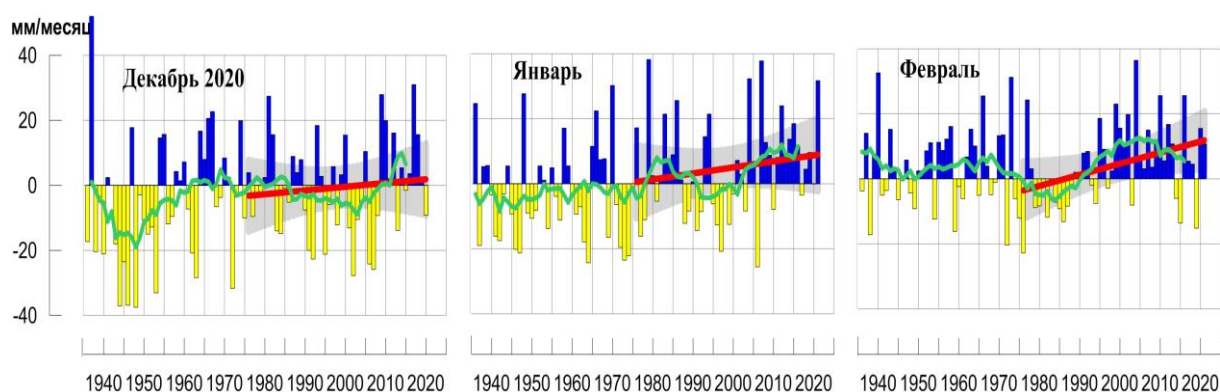


Рисунок 6 - Средние месячные аномалии атмосферных осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рисунке 3.

Таблица 4

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

	νT_{2021}	s	νR_{2021}	s	RR_{2021}
<i>Зима 2020/21</i>	1.65	2.71	11.0	8.1	128
Декабрь 2020	2.76	2.39	-9.2	14.4	80
Январь	2.97	4.17	31.7	16.7	185
Февраль	-0.80	3.70	10.7	13.0	136

Примечание: Аномалии νT_{2021} ($^{\circ}C$), νR_{2021} (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 1976-2021 гг. в среднем по Республике Беларусь

Сезон	Температура		Осадки	
	$b_{1976-2021}$ °С/10 лет	$D_{1976-2021}$ %	$b_{1976-2021}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2021}$ %
<i>Зима 2020/21</i>	0.68	14	2.2	15
Декабрь 2020	0.72	11	1.1	1
Январь	0.55	5	1.9	3
Февраль	0.86	9	3.4	13