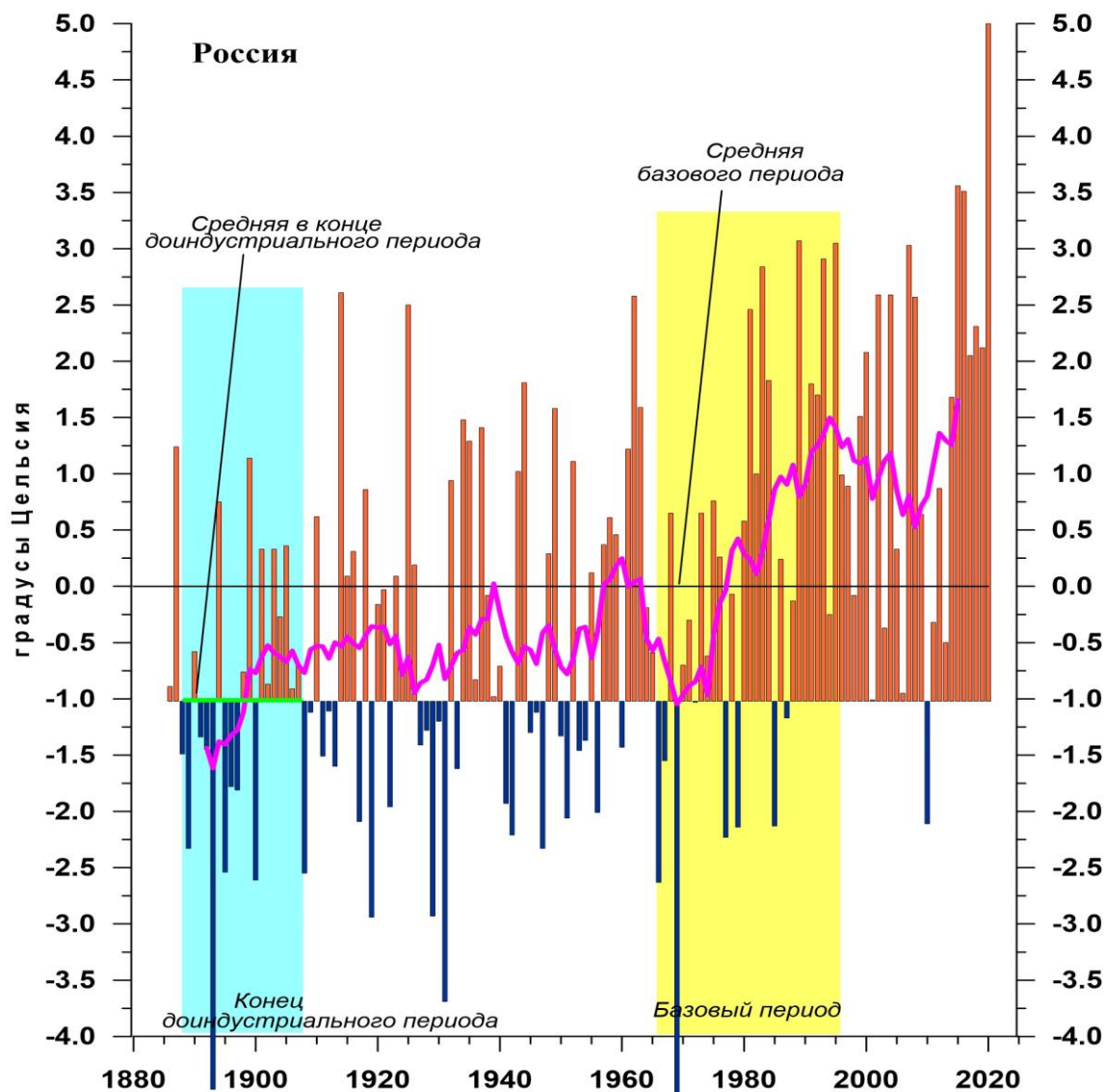


Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ФГБУ «Институт Глобального Климата и Экологии»



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2020

ЗИМА: декабрь 2019 – февраль 2020

Обзор состояния и тенденций изменения
климата России

★
Москва 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ¹

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ (зимний сезон).....	6
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗИМЫ 2019/20 ГГ. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	7
3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В ЗИМНИЙ СЕЗОН.....	14
4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ЗИМНЕГО СЕЗОНА В РЕГИОНАХ РОССИИ, 1936-2020 ГГ.....	19
5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2020 ГГ. (ЗИМНИЙ СЕЗОН)	23
ВЫВОДЫ	26
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности зимы 2019/20 гг. на территории Республики Беларусь	29

¹ На обложке приведен ход средней сезонной аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2020 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

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 2019/20: декабрь 2019 - февраль 2020), осредненных по суше Северного полушария (СП) и по территории России.

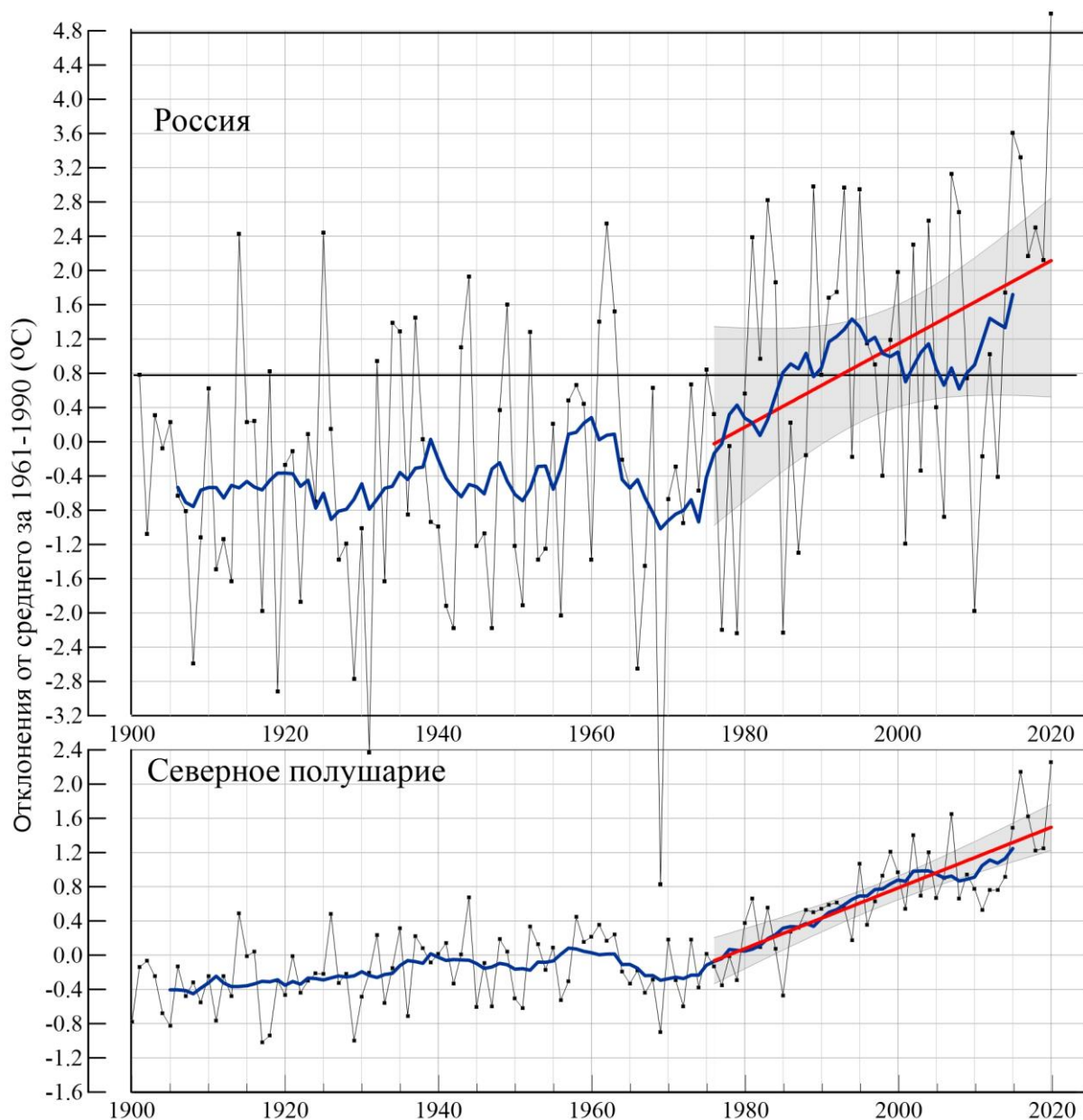


Рисунок 1.1 – Изменение зимней температуры приземного воздуха, осредненной по Северному Полушарию (суша) и территории России.

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

Показан линейный тренд за 1976-2020гг с 95% -й доверительной областью.

Использованы данные Университета Восточной Англии (СП) и данные ФГБУ «ИГКЭ» им. Израэля (Россия).

Временной ряд сезонных аномалий температуры над СП рассчитан по среднемесячным данным Университета Восточной Англии (массив crut4nh.txt на сайте www.cru.uea.ac.uk). Временные ряды для территории России рассчитаны по

станционным 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 1976-2020 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 $+2.254^{\circ}\text{C}$ (при стандартном отклонении 0.41°C) – рекордная величина в ряду с 1886 г.

Для России в целом средняя сезонная аномалия температуры приземного воздуха составила $+5.00^{\circ}\text{C}$ при величине стандартного отклонения 1.82°C – также максимальная величина в ряду.

Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений зимних температур за период 1976-2020 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 2020 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 2019 – февраль 2020) аномалии температуры приземного воздуха относительно норм базового периода 1961-1990 гг. ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по суше СП и России и оценки линейного тренда за период 1976-2020 гг.

Регионы	νT_{2020}	$s_{1961-90}$	$b, ^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$	$D \%$
СП	2.25	0.41	0.35	62
Россия	5.00	1.82	0.48	14

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

2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗИМЫ 2019/20 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 2019/20 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 $+5.00^{\circ}\text{C}$ – максимальная величина в ряду. Экстремально тепло (осредненные по регионам аномалии температуры – максимальные в рядах): в ЕЧР (аномалии на станциях до $+8.5^{\circ}\text{C}$), в Западной и Средней Сибири. На юге ДФО аномалии температуры не большие (до $+3^{\circ}\text{C}$). На Чукотке в некоторых регионах наблюдались небольшие отрицательные аномалии температуры (до -1.9°C), в основном за счет февраля.

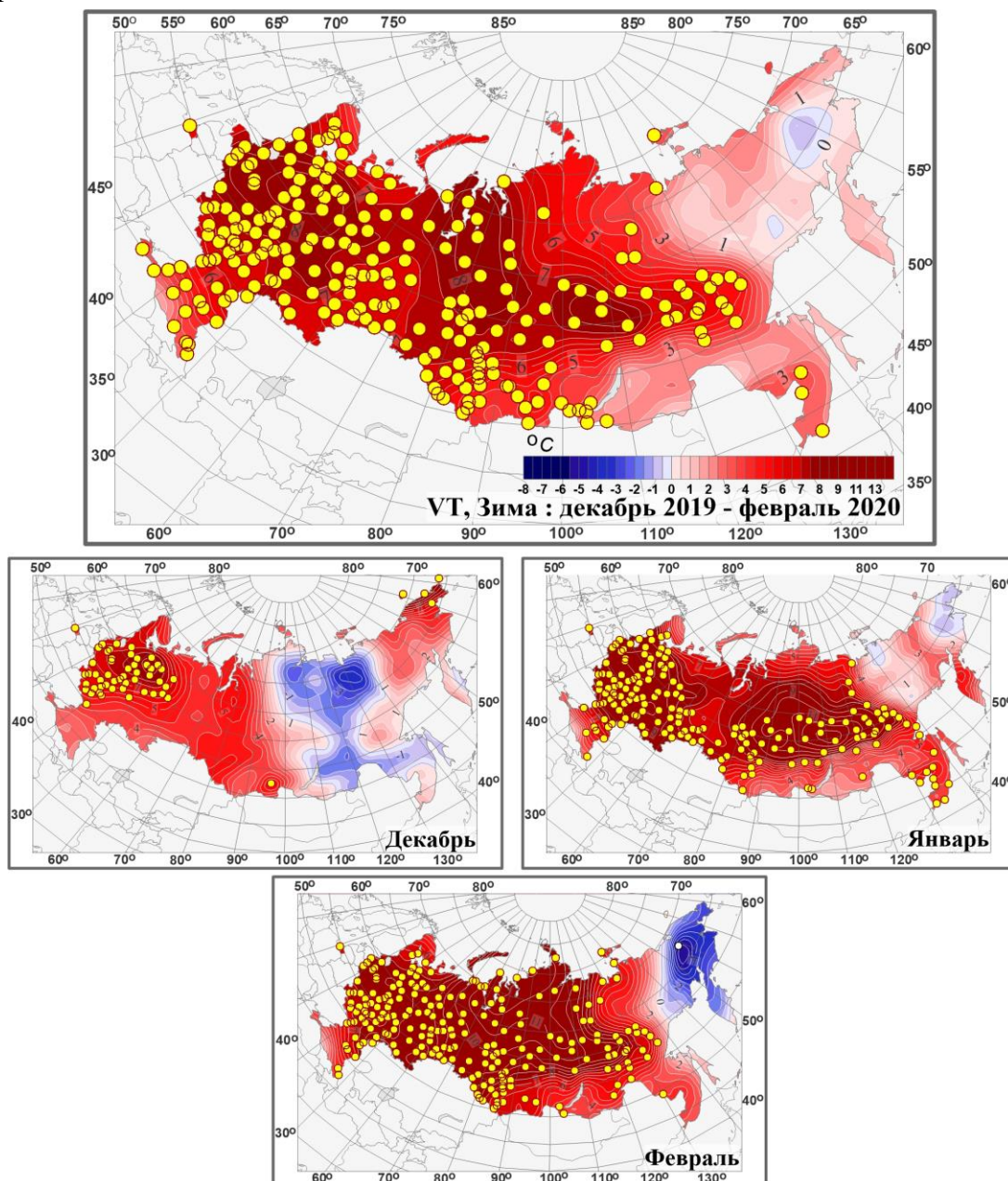


Рисунок 2.1 – Поля средней сезонной и средних месячных аномалий температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России зимой 2019/20 гг. Кружками белого цвета показано местоположение станционных экстремумов ниже 5-го перцентиля, желтого – выше 95-го перцентиля.

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 в Западной Сибири изотермы 5°, 10°, 15° смещены к востоку до 15°-20° долготы от своего климатического положения. В Средней Сибири изотермы 20°, 25°, 30°, 35° смещены на север примерно на 5° широты и на восток примерно на 10° долготы. Поэтому область крайне низких сезонных температур (ниже 35°C) значительно меньше по площади, чем в среднем многолетнем. На востоке страны сезонные изотермы почти совпадают со своим климатическим положением.

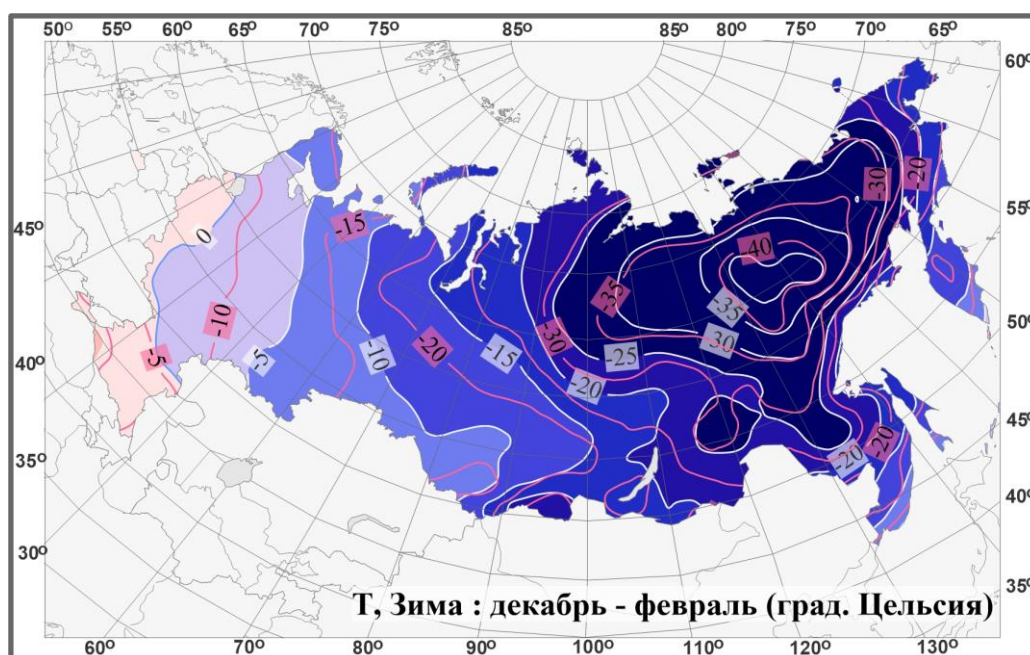


Рисунок 2.2 – Поля средней сезонной температуры приземного воздуха (°C) на территории России зимой 2019/20 гг. Розовые изолинии: средние изотермы за период 1961-1990 гг.

Декабрь. Осредненная по территории РФ аномалия температуры +2.64°C, а осредненная по ЕЧР: 5.25°C - ранг 2 (особенно тепло в ЦФО). Повсеместно в центре и на западе ЕЧР отмечались 95%-е экстремумы, аномалии на станциях до 8.3°C. Отрицательные аномалии температуры в декабре наблюдались на Среднесибирском плоскогорье (до -4.5°C), в Забайкалье, в Приамурье.

Январь. Осредненная в целом по России аномалия температуры составила 6.22°C – ранг 2 (после рекордного января 2007 г: аномалия 6.55°C), осредненная по ЕЧР: 7.89°C – рекордное значение в ряду, осредненная аномалия по АЧР: 5.58°C - ранг 2. Экстремально тепло (аномалии 4°C - 13°C, повсеместно фиксировались 95%-е экстремумы) всюду (кроме востока Якутии и Чукотки).

На востоке Якутии аномалии около 0°C- 2°C, на Чукотке: до -1.5°C

Февраль. Осредненная в целом по России аномалия температуры составила 6.20°C – вторая величина в ряду после рекордного февраля 1995 года (аномалия +6.43°C). Экстремально тепло (повсеместно отмечались 95% -е экстремумы) от западных границ до Якутии.

Температуры ниже нормы наблюдались в феврале в Магаданской области, на Чукотке, на Камчатке, аномалии до -7.3°C (на станции Илirianей Чукотского АО).

Атмосферные осадки. Осредненные осадки за зимний сезон в целом по РФ составили 120% нормы – третья величина в ряду с 1936 года, а по АЧР – 119% нормы – четвертая величина. Значительный избыток осадков (более 120% нормы, на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы) наблюдался в СЗФО (149% нормы – максимальная величина в ряду), на большей части Западной Сибири (140% нормы – четвертая величина) и Средней Сибири (136% - рекордное значение в ряду).

Дефицит осадков (60%-80%) наблюдался в ЮФО и СКФО, в Забайкалье, в Приамурье и Приморье, на северо-востоке страны.

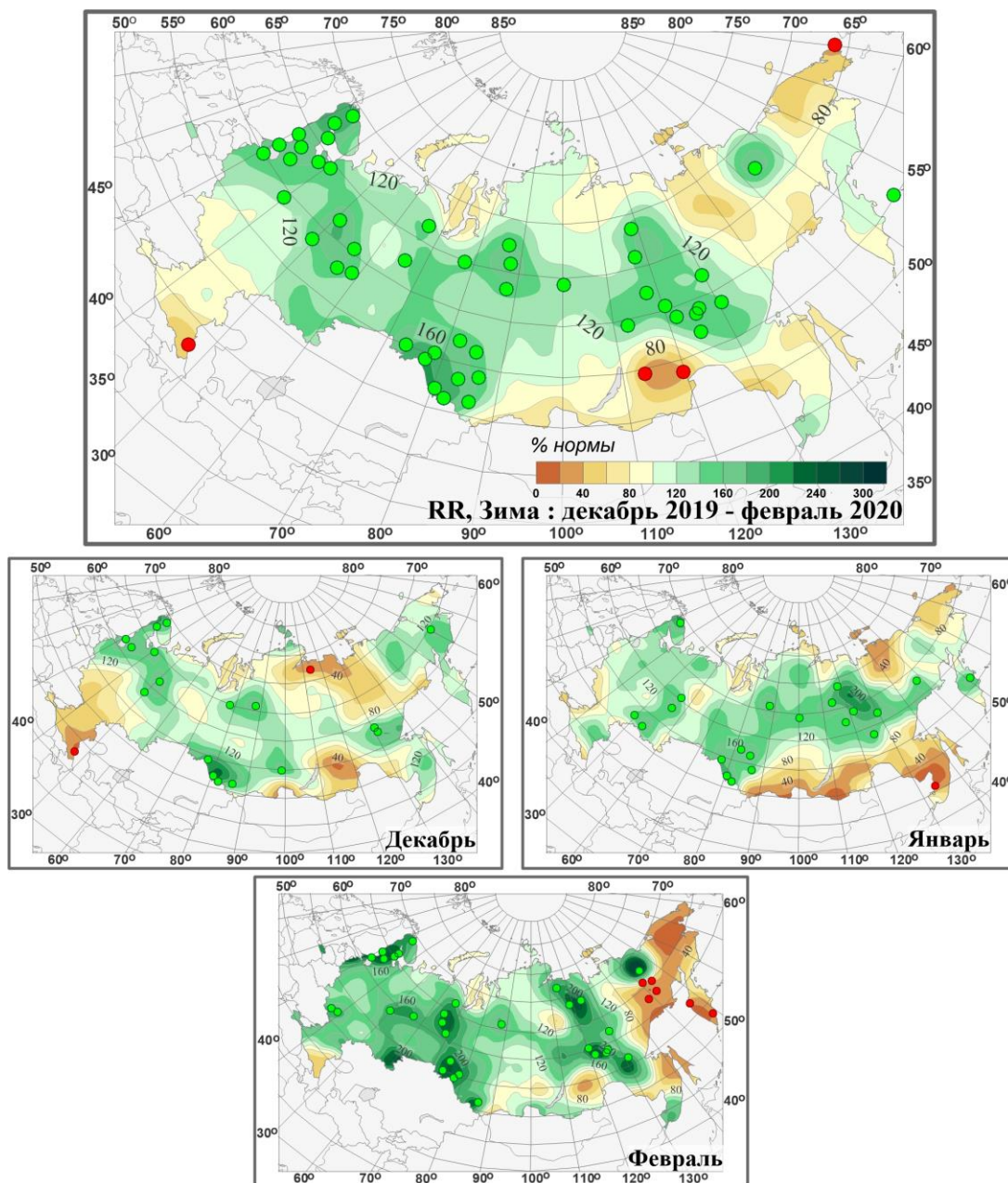


Рисунок 2.3 – Поля аномалий средних сезонных и месячных сумм осадков (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.) на территории России зимы 2019/20гг. (декабрь 2019 г. – февраль 2020 г.). Кружками красного цвета показаны станционные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го перцентиля.

Декабрь 2019 г. (рис. 2.4) Осредненные по РФ осадки 110% нормы. Значительный избыток осадков (120%-160%) наблюдался в СЗФО (147% - максимальная величина в ряду). Значительный избыток осадков наблюдался также в бассейне Енисея, на Алтае, на северо-востоке страны, на юге Хабаровского края, в Приморье.

Сильный дефицит осадков (40%-80% нормы) наблюдался на юге ЕЧР, в Якутии, в Забайкалье.

Январь. Осредненные по РФ осадки: 117% нормы. Избыток осадков наблюдался на большей части ЕЧР (в среднем по региону выпало 118% нормы), на ряде станций Приволжского ФО отмечались 95%-е экстремумы. В АЧР значительный избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался в центральных районах. Сильный дефицит осадков (40%-80%) наблюдался в районе Байкала, в Приамурье и Приморье, на востоке Якутии, на Чукотке.

Февраль. Осредненные по РФ осадки 138% нормы – четвертая величина в ряду. Значительный избыток осадков наблюдался на большей части страны, кроме СКФО, района Байкала, Восточной Сибири. Экстремальный избыток осадков наблюдался в СЗФО (166% - ранг 4), в Западной Сибири (176% нормы – ранг 2), в Средней Сибири (156% - ранг 4).

Сильный дефицит осадков (40-80% нормы) наблюдался на большей части Восточной Сибири: выпало 59% нормы (среди десяти «самых сухих» февралей в ряду).

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 1936-2019 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 5.00°C – максимальная величина в ряду. В большинстве регионов (кроме Приамурья и Приморья и Восточной Сибири) и во всех федеральных округах аномалии температуры были рекордными в соответствующих рядах, либо были среди пяти наибольших.

Таблица 2.1

Регионально осредненные аномалии температуры зимой 2019/20 гг. (оценки базового архива Т3288 ИГКЭ)

Регионы	νT_{2020}	$s_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2020})$
Российская Федерация	5.00	1.80	100
Физико-географические регионы России			
Европейская часть России	6.82	2.35	100
Азиатская часть России	4.30	1.86	100
Западная Сибирь	7.04	2.91	100
Средняя Сибирь	6.01	2.81	100
Прибайкалье и Забайкалье	3.37	1.80	95.2
Приамурье и Приморье	2.33	1.50	89.3
Восточная Сибирь	1.50	1.37	82.1
Федеральные округа РФ			
Северо-Западный	7.30	2.82	100
Центральный	7.55	2.72	100
Приволжский	7.24	2.57	100
Южный	4.92	2.08	100
Северо-Кавказский	2.97	1.64	96.4
Уральский	7.41	3.09	100
Сибирский	5.47	2.53	100
Дальневосточный	2.64	1.43	96.4

Примечание: Аномалии νT_{2020} (°C) рассчитаны как отклонения от нормы 1961-1990 гг.; s (°C) – среднее квадратическое отклонение за базовый период; вероятности превышения $P(t \leq T_{2020})$ рассчитаны по выборке за 1936-2019 гг. и выражены в %. Выделены экстремальные значения, попавшие в 5% максимальных. Из месяцев выделяется январь (осредненная по РФ аномалия температуры 6.22°C – ранг 2) и февраль (аномалия 6.20°C – ранг 2) – аномально высокие температуры наблюдались на большей части страны. В декабре экстремально высокие температуры в ЕЧР (аномалия 5.25°C – ранг 2).

Зимой (табл. 2.2) в РФ в целом количество выпавших осадков составило 120% нормы – среди трех наибольших величин в ряду. Особенно много осадков выпало в СЗФО (149% - максимальная величина в ряду), в АЧР (119% нормы – ранг 4), при этом в АЧР экстремальное количество осадков выпало в Западной Сибири (140% - ранг 4), в Средней Сибири (136% - ранг 1); а из федеральных округов выделяется СФО (133% нормы – ранг 3). Дефицит осадков зимой наблюдался с Приамурье и Приморье (85%), в Восточной Сибири (95%), в ЮФО (86%), в СКФО (78%).

Из месяцев особо выделяется февраль (выпало 138% нормы – ранг 4).

Таблица 2.1.1

Регионально осредненные аномалии температуры в зимние месяцы.

Регионы	Декабрь			Январь			Февраль		
	vT_{2019}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2019})$	vT_{2020}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2020})$	vT_{2020}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2020})$
Российская Федерация	2.64	1.91	85.5	6.22	2.30	98.8	6.20	2.46	98.8
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	5.25	2.83	98.8	7.89	3.47	100	7.32	3.03	97.6
Азиатская часть России	1.63	2.08	74.7	5.58	2.15	98.8	5.77	2.64	98.8
Западная Сибирь	4.50	3.38	90.4	7.07	3.83	97.6	9.54	3.57	100
Средняя Сибирь	0.51	2.84	61.4	9.05	3.67	98.8	8.63	4.07	100
Прибайкалье и Забайкалье	0.78	2.43	62.7	4.05	2.35	94.0	5.49	2.57	97.6
Приамурье и Приморье	-0.29	2.29	44.6	4.00	2.09	92.9	3.36	2.08	90.5
Восточная Сибирь	1.44	2.34	72.3	2.29	2.67	81.0	0.78	2.69	60.7
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	6.27	3.57	94.0	7.77	3.97	100	7.86	4.05	97.6
Центральный	6.11	2.98	98.8	9.07	4.25	100	7.48	3.69	96.4
Приволжский	4.60	3.47	95.2	9.16	4.02	98.8	7.97	3.07	97.6
Южный	3.29	2.12	90.4	5.82	3.36	97.6	5.64	3.28	95.2
Северо-Кавказский	2.39	1.71	86.7	3.04	2.79	84.5	3.47	2.58	89.3
Уральский	4.54	3.63	89.2	7.46	4.10	95.2	10.25	3.93	98.8
Сибирский	2.87	2.93	77.1	6.65	3.28	97.6	7.67	3.35	100
Дальневосточный	0.33	2.03	54.2	4.31	1.82	98.8	3.22	2.41	88.1

Таблица 2.2

Регионально осредненные аномалии осадков зимой 2019/20 гг.

Регионы	vR_{2020}	RR_{2020}	m	$m-q1$	$q3-m$	$P(r \leq R_{2020})$
Российская Федерация	4.7	120	-0.50	0.98	1.58	97.6
Физико-географические регионы России						
Европейская часть России	7.6	120	-1.05	2.15	5.27	91.7
Азиатская часть России	3.5	119	-0.35	0.92	1.32	96.4
Западная Сибирь	9.1	140	0.10	3.10	2.40	96.4
Средняя Сибирь	6.3	136	-0.05	1.40	1.55	100
Прибайкалье и Забайкалье	0.4	104	-0.50	0.78	1.60	52.4
Приамурье и Приморье	-2.4	85	-0.15	3.25	2.35	34.5
Восточная Сибирь	-1.1	95	-0.45	2.32	2.92	59.5
Федеральные округа РФ						
Северо-Западный	17.2	149	0.00	3.85	4.08	100
Центральный	3.6	108	-1.10	5.38	8.12	58.3
Приволжский	7.8	123	0.95	6.88	4.40	85.7
Южный	-5.9	86	1.40	10.18	4.65	28.6
Северо-Кавказский	-10.6	78	-1.65	9.63	7.72	14.3
Уральский	7.3	130	-0.10	2.10	3.28	94.0
Сибирский	5.9	133	-0.55	1.15	2.48	97.6
Дальневосточный	0.5	103	0.00	2.25	1.58	67.9

Примечание: Аномалии vR_{2020} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за базовый период 1961-1990 гг.), RR_{2020} – отношение R_{2020} к норме, выраженное в %, $q1$, $q3$ и m – соответственно первый, третий квартиль и медиана аномалий (мм/месяц) за базовый период; вероятности неперевышения $P(r \leq R_{2020})$ – рассчитаны по выборке за 1936-2019 гг. и выражены в %. Выделены экстремальные значения, попавшие в 5% максимальных.

Таблица 2.2.1

Регионально осредненные аномалии осадков в зимние месяцы.

Регионы	Декабрь 2019г.			Январь			Февраль		
	vR_{2019}	RR_{2019}	$P(r \leq R_{2019})$	vR_{2020}	RR_{2020}	$P(r \leq R_{2020})$	vR_{2020}	RR_{2020}	$P(r \leq R_{2020})$
Российская Федерация	2.8	110	83.1	4.1	117	91.7	7.0	138	96.4
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	0.0	100	56.6	6.9	118	72.6	15.2	153	91.7
Азиатская часть России	3.9	117	88.0	3.0	116	88.1	3.6	125	91.7
Западная Сибирь	7.0	125	86.7	7.1	130	88.1	13.2	176	98.8
Средняя Сибирь	4.4	120	89.2	7.5	142	94.0	7.2	156	96.4
Прибайкалье и Забайкалье	1.2	108	67.2	-1.6	83	17.9	1.3	118	69.0
Приамурье и Приморье	-0.4	98	51.8	-5.1	60	16.7	-1.5	88	58.3
Восточная Сибирь	3.8	116	81.9	0.0	100	71.4	-7.3	59	11.9
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	19.9	147	100	11.8	134	89.3	17.8	166	96.4
Центральный	-9.3	81	36.1	4.0	110	56.0	16.1	152	85.7
Приволжский	-1.1	97	44.6	7.8	122	82.1	16.4	162	90.5
Южный	-25.8	50	10.8	-3.5	92	42.9	13.1	141	75.0
Северо-Кавказский	-23.4	60	15.7	1.5	103	57.1	-8.7	78	22.6
Уральский	4.2	115	74.7	3.6	114	78.6	14.1	174	95.2
Сибирский	7.9	130	88.0	5.6	132	94.0	6.0	146	92.9
Дальневосточный	1.5	108	72.3	0.8	104	70.2	-1.3	91	47.6

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 1976-2020 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).

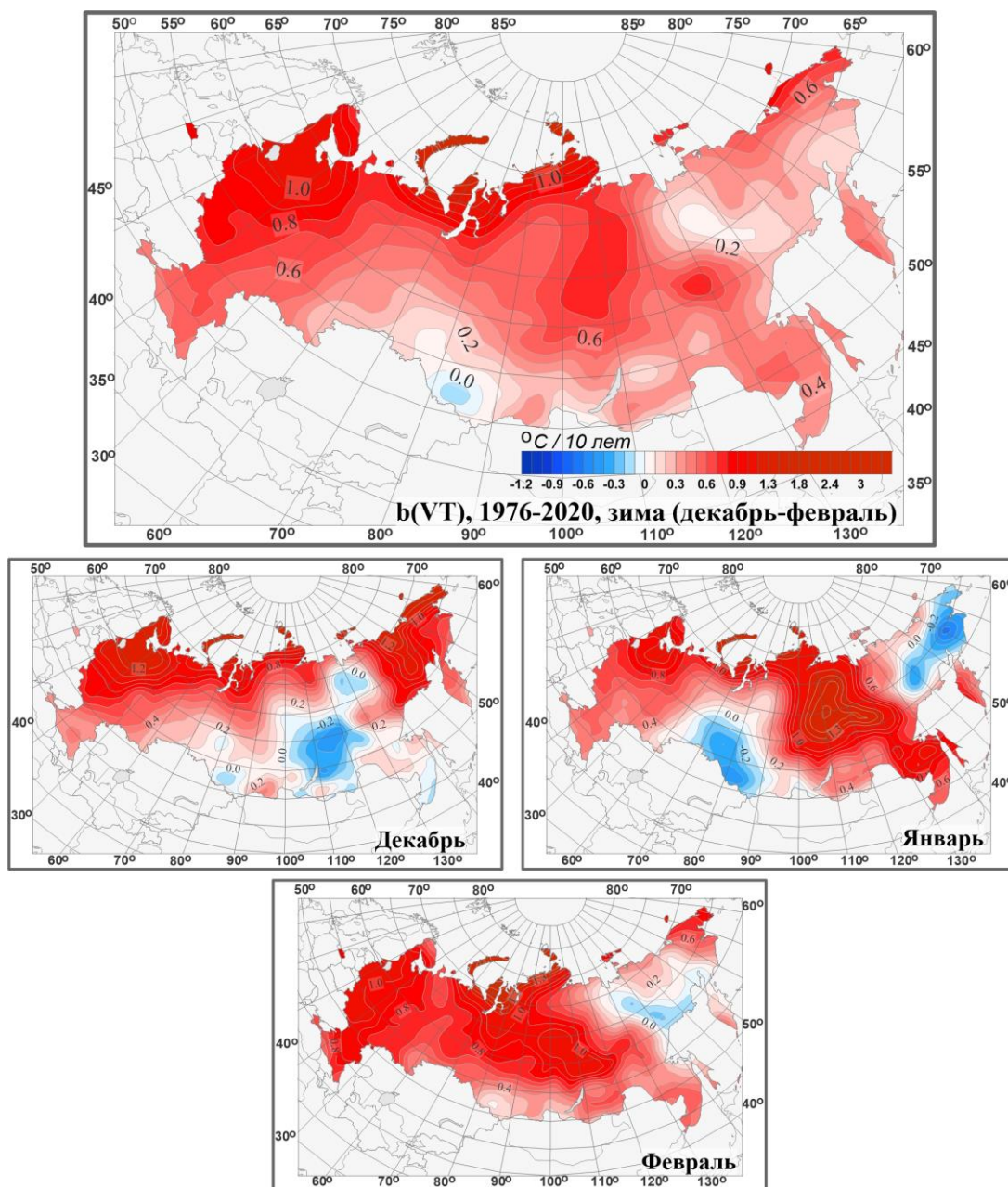


Рисунок 3.1 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий температуры ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) на территории России по данным за 1976-2020 (зима)

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 $-0.2^{\circ}\text{C}/10$ лет), а второй минимум – в Средней Сибири – только в декабре. В феврале наблюдается похолодание на севере Восточной Сибири

(вдоль побережья Охотского моря).

Область очень слабого потепления (до $0.2^{\circ}\text{C}/10$ лет - $0.3^{\circ}\text{C}/10$ лет) наблюдается на востоке Якутии и на севере Чукотского АО за счет большой области похолодания в Восточной Сибири в январе, и небольших областей похолодания на востоке Восточной Сибири – в декабре и 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.

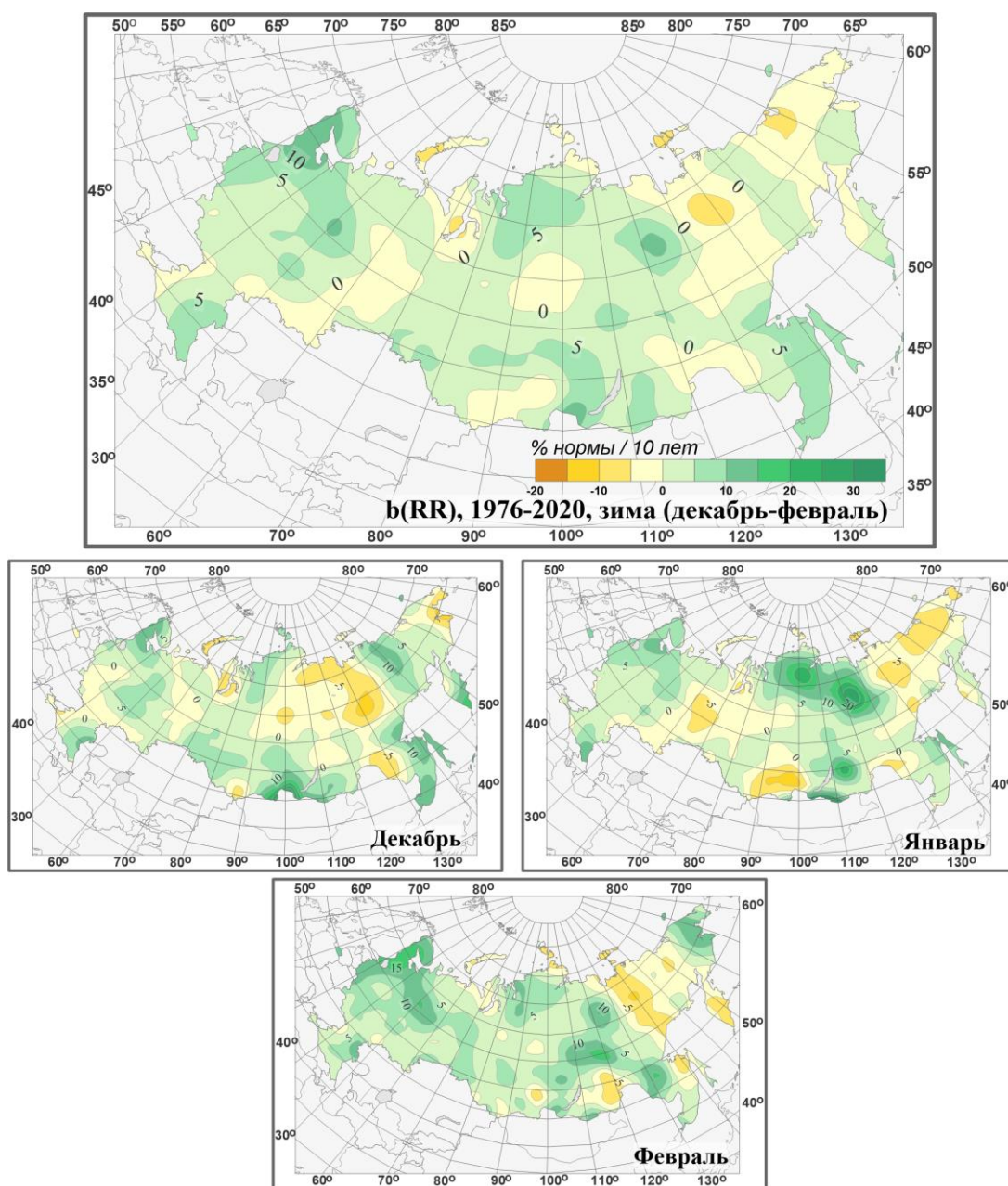


Рисунок 3.2 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий осадков (% нормы /10 лет) на территории России по данным за 1976-2020 (зима).

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 1976-2020 гг. положителен: он составляет $0.48^{\circ}\text{C}/10$ лет, объясняет лишь 14% 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. Тренды как среднесезонных, так и месячных температур за период с 1976 г. незначимы на фоне межгодовой изменчивости.

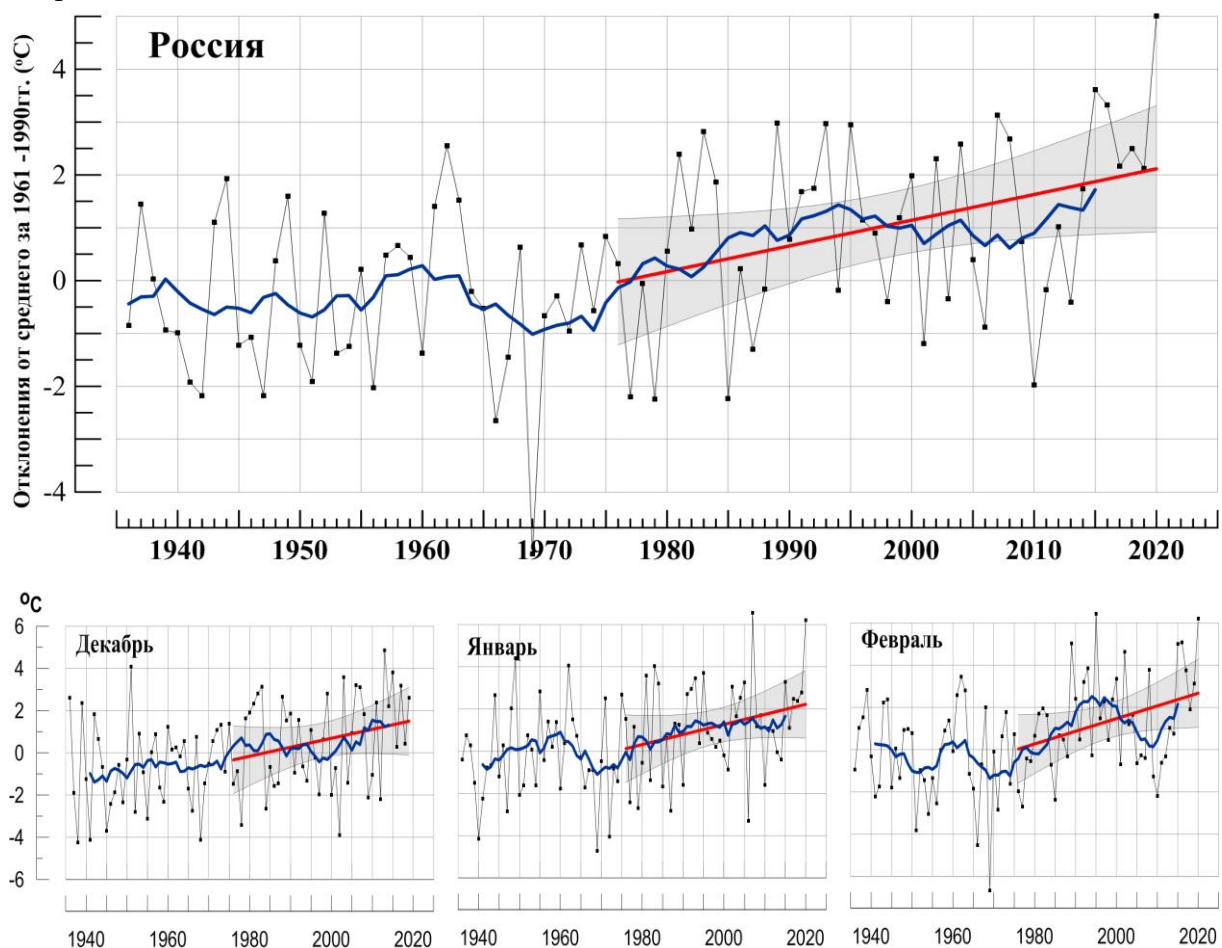


Рисунок 3.3 – Аномалия средней сезонной (вверху) и для месяцев сезона температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) осредненная по территории РФ.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2020 гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда.

Таблица 3.1

Оценки линейного тренда температуры приземного воздуха и суммы осадков, осредненных по территории России и за зимний сезон, за 1976-2020 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> , %
<i>Зима</i>	0.48	14	0.7	16
Декабрь	0.42	6	0.7	6
Январь	0.48	8	0.4	3
Февраль	0.60	12	0.8	11

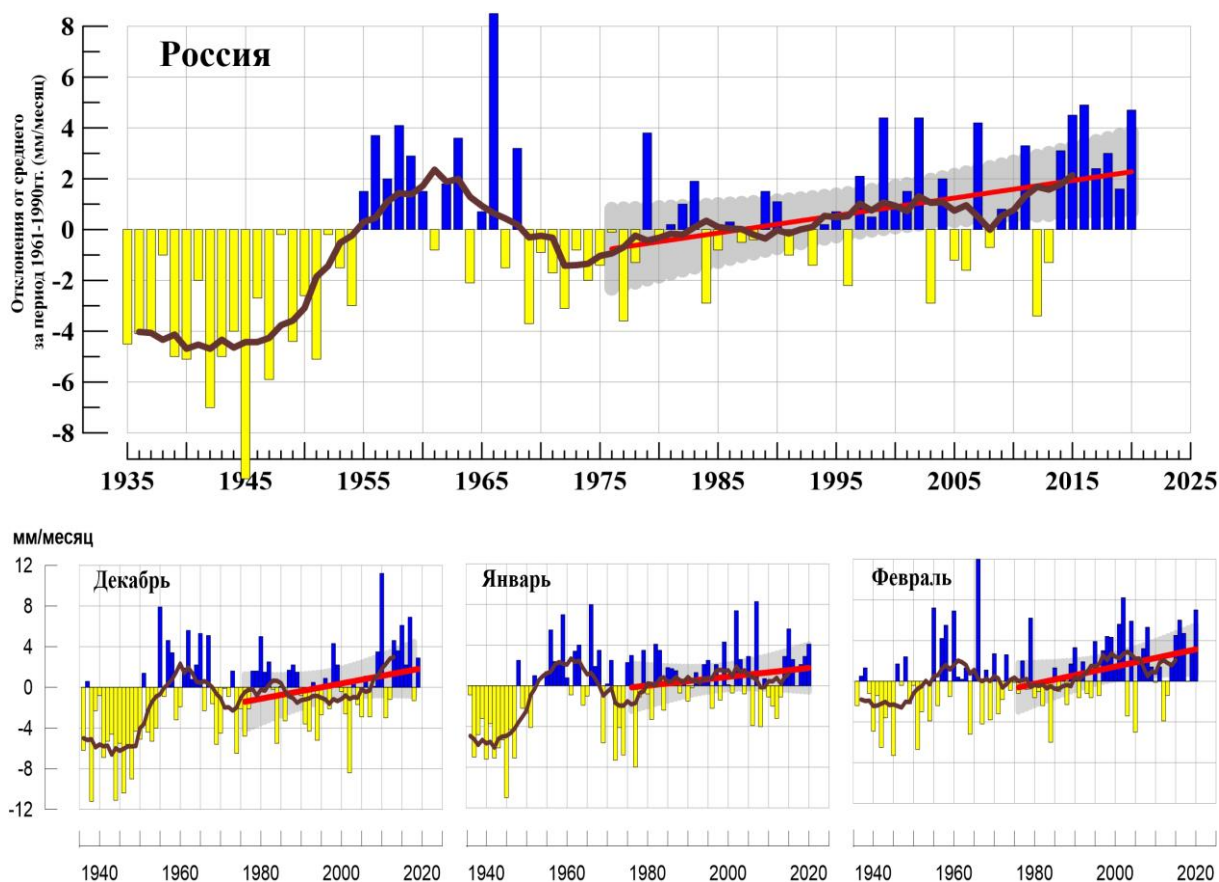


Рисунок 3.4 – То же, что на рис. 3.3, но для атмосферных осадков (мм/мес).

Зимние осадки в целом по России довольно устойчиво растут с 1970-х гг.; тренд значим на уровне 5%. 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).

4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ЗИМНЕГО СЕЗОНА В РЕГИОНАХ РОССИИ ЗА ПЕРИОД 1936-2020 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 – 2020 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2020 гг., рассчитанные методом наименьших квадратов. Величины трендов и объясненные трендами доли дисперсии рядов представлены в таблице 4.1.

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.

В таблице 4.1 приведены оценки линейных трендов регионально осредненных значений температуры и осадков за 1976-2020 гг. для физико-географических регионов и федеральных округов РФ.

Таблица 4.1

Оценки линейного тренда осредненных по территории России среднесезонных аномалий температуры приземного воздуха и сумм осадков за 1976-2020 гг. (зимний сезон), b – коэффициенты линейного тренда, D - вклад тренда в дисперсию ряда.

Регионы	Температура		Осадки		
	b °C/10 лет	D , %	b мм/мес/10 лет	b , %/10 лет	D , %
Россия	0.48	14	0.7	2.9	16
Физико-географические регионы России					
Европейская часть России	0.72	17	1.1	3.0	10
Азиатская часть России	0.40	10	0.5	2.7	12
Западная Сибирь	0.35	3	0.4	1.5	1
Средняя Сибирь	0.54	7	0.6	3.2	7
Прибайкалье и Забайкалье	0.29	4	0.4	4.0	10
Приамурье и Приморье	0.42	14	0.8	5.1	6
Восточная Сибирь	0.35	11	0.4	1.9	2
Федеральные округа РФ					
Северо-Западный	0.88	16	2.1	5.9	20
Центральный	0.82	18	1.2	3.1	4
Приволжский	0.56	9	0.4	1.3	1
Южный	0.58	16	-0.1	-0.2	0
Северо-Кавказский	0.49	21	0.9	1.9	2
Уральский	0.50	5	0.2	1.0	1
Сибирский	0.34	3	0.5	3.0	8
Дальневосточный	0.41	19	0.5	2.9	8

По сравнению с периодом 1976-2019 гг. во всех регионах (кроме Приамурья и Приморья и Восточной Сибири) тренды заметно увеличились (на 0.04-0.16°C/10 лет) в ЕЧР и в Приамурье и Приморье (за счет экстремально теплой зимы в этих регионах). В регионе Приамурье и Приморье тренд увеличился лишь на 0.01°C/10 лет, а в Восточной Сибири не изменился (зима на большей части этих регионов была теплее климатической нормы, но не была экстремальной).

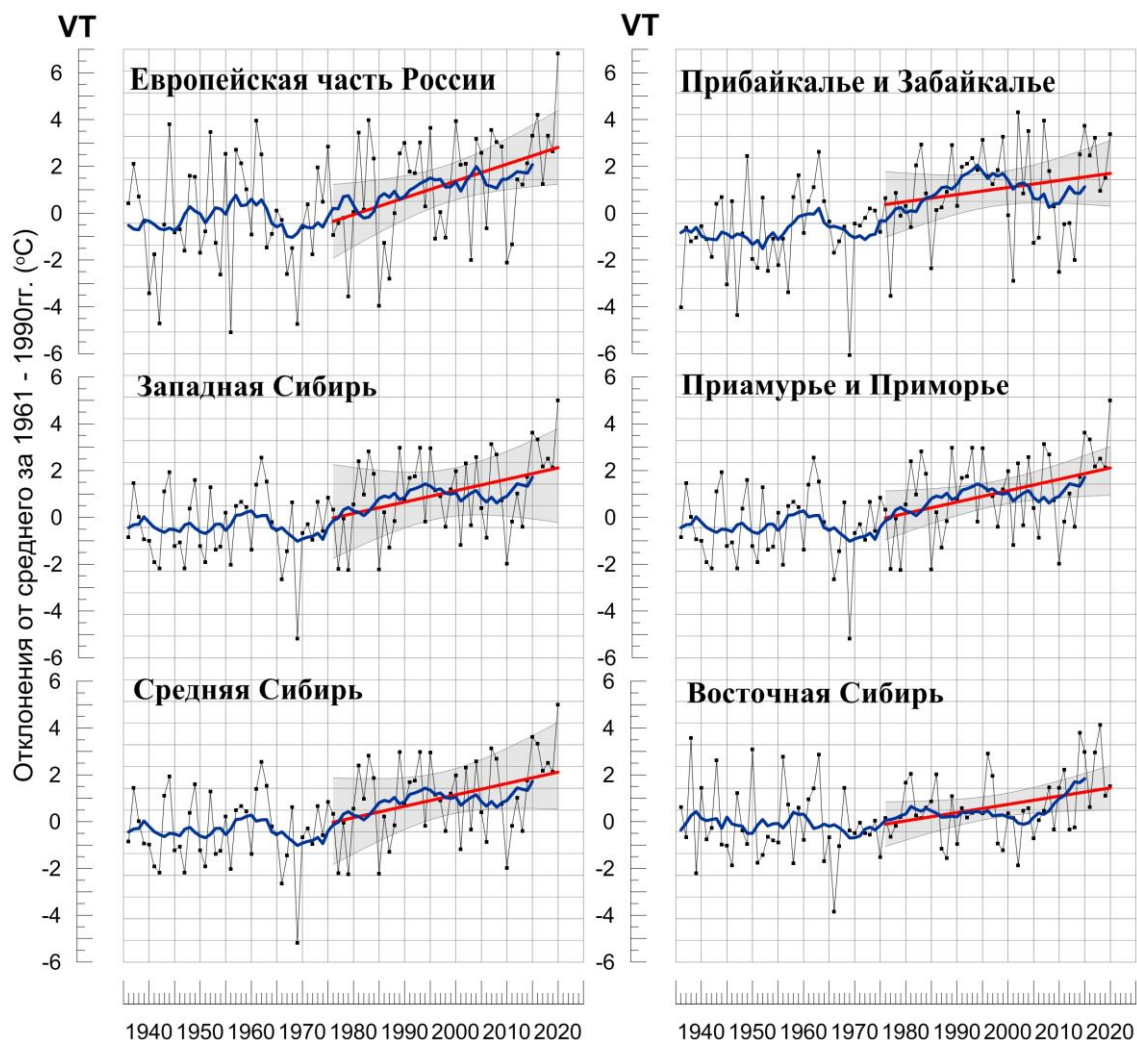


Рисунок 4.1 - Сезонные аномалии температуры приземного воздуха (°C), усредненные по территории физико-географических регионов РФ, зима 2019/20 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим усреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2020 гг. Показана 95%-я доверительная область для линии тренда.

Для осадков региональные оценки сезонных трендов по сравнению с периодом 1976-2019 гг. немного изменились: оценки трендов увеличились (на 0.3 - 0.9 % / мес / 10 лет) в регионах ЕЧР, Западная Сибирь, Средняя Сибирь (за счет значительного избытка осадков в этих регионах зимой); оценки трендов уменьшились в регионах: Прибайкалье и Забайкалье (на 0.2 % / мес / 10 лет) и в Приамурье и Приморье (на 1.0 % / мес / 10 лет). Из федеральных округов следует отметить ЮФО (тренд здесь уменьшился на 0.4 % / мес / 10 лет и стал отрицательным) и СКФО (оценки трендов уменьшились на 1.6 % / мес / 10 лет).

Тренд для всех регионов и ФО (кроме ЮФО) 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).

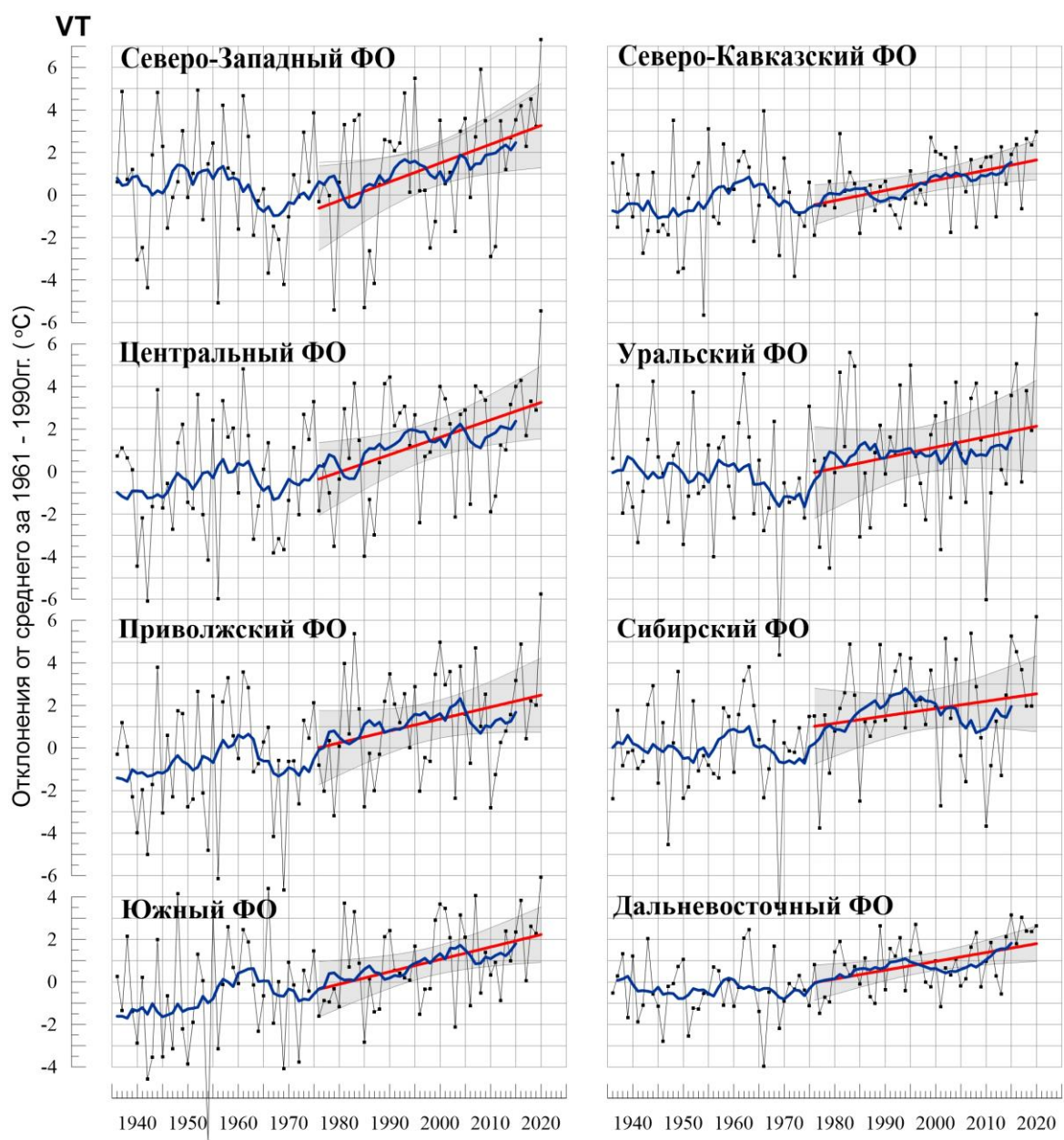


Рисунок 4.2 – То же, что на рис.4.1, но для федеральных округов

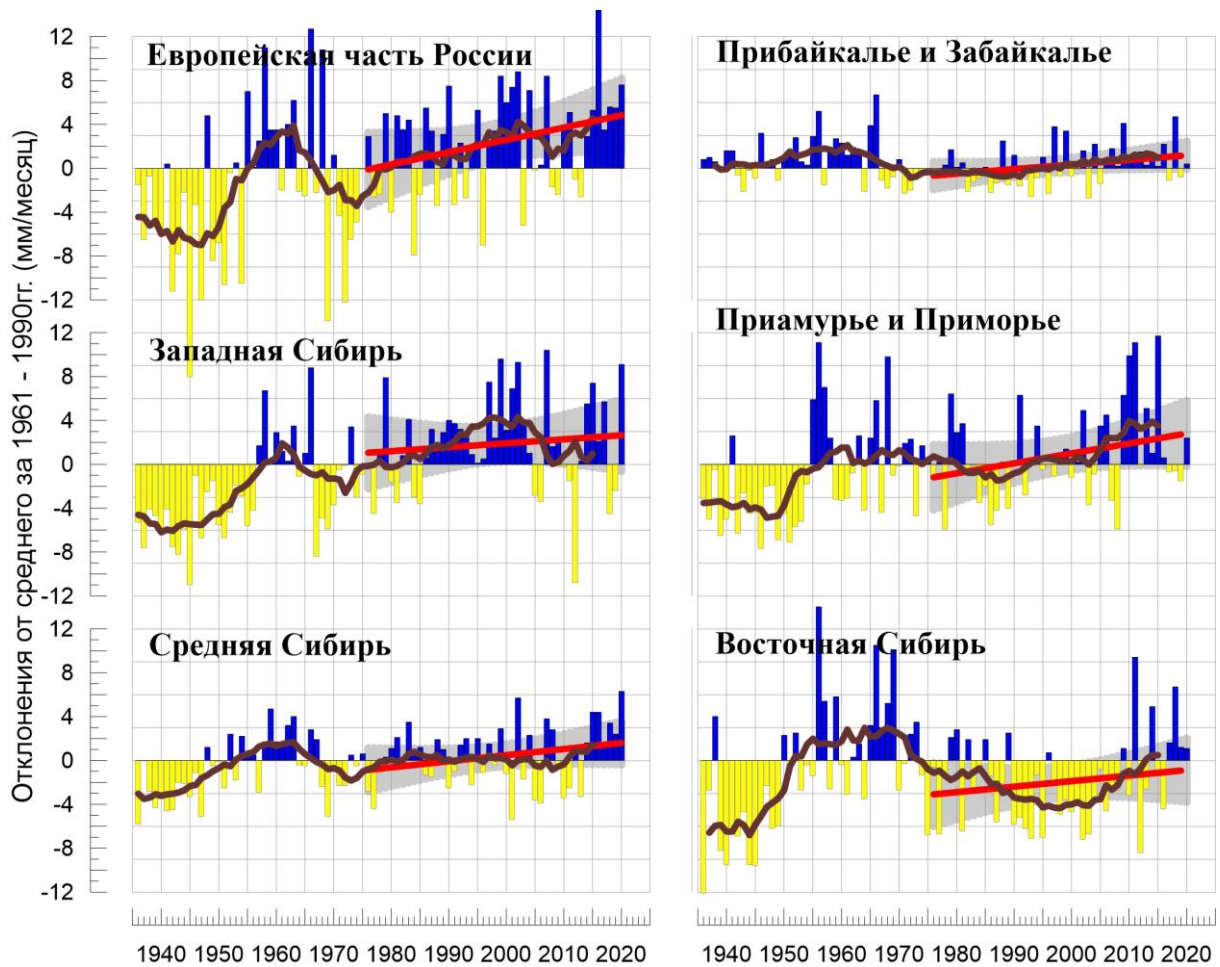


Рисунок 4.3 - Сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по регионам РФ, зима 2019/20 гг.

Условные обозначения см. на рис. 4.1.

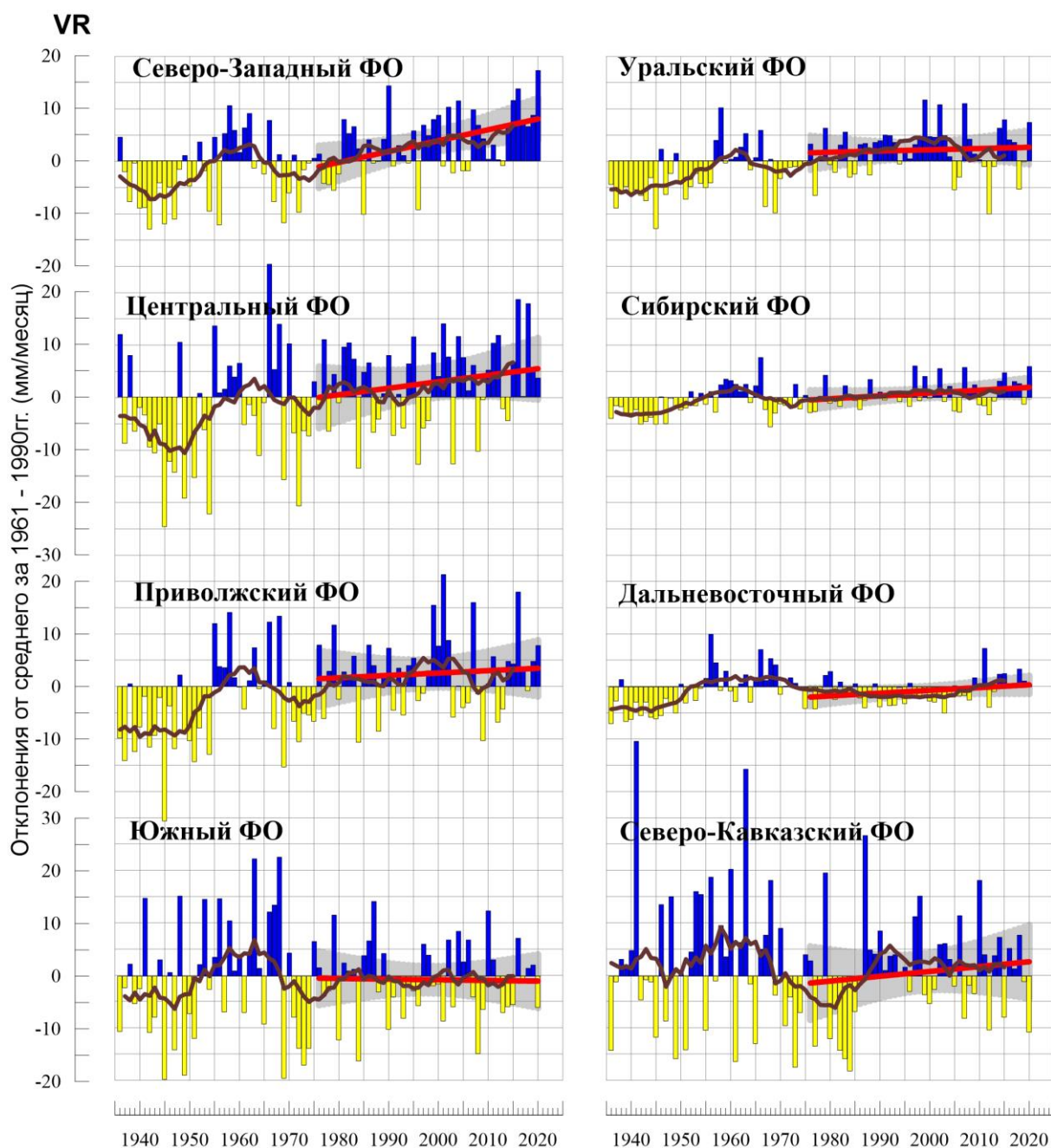


Рисунок 4.4 – То же, что на рис.4.3, но по территории федеральных округов

5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2020 гг. (зимний сезон)

В разделе приведены некоторые индексы экстремальности и аномальности для зимнего сезона в целом по территории России за период 1936 -2020 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 2019/20 гг. (рис. 5.1) площадь, занятая крупными положительными аномалиями (выше 80-го перцентиля) составила 83% (максимальная величина в ряду), отрицательными аномалиями - 1%. 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 1976-2020 составляет 5.4%/10 лет и объясняет 9% дисперсии ряда). Тренд суммарной площади с крупными аномалиями обоих знаков составляет 2.9%/10 лет, дисперсия тренда 4%.

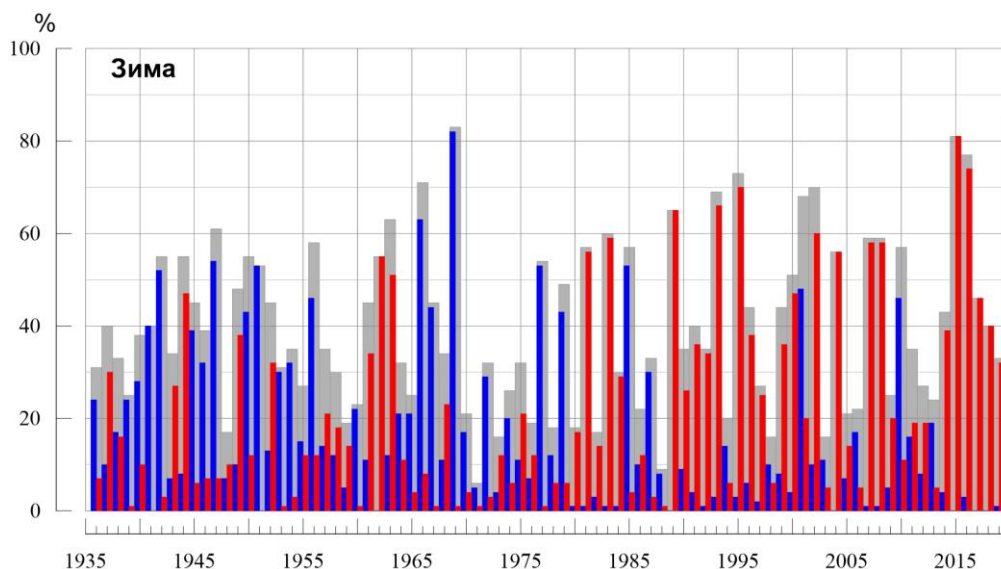


Рисунок 5.1 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями температуры, 1936-2020 гг. (зима):

— 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 2019/20 гг. доля площади под экстремальными положительными аномалиями на территории России составила 44% (максимальная величина в ряду), под экстремальными отрицательными 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%).

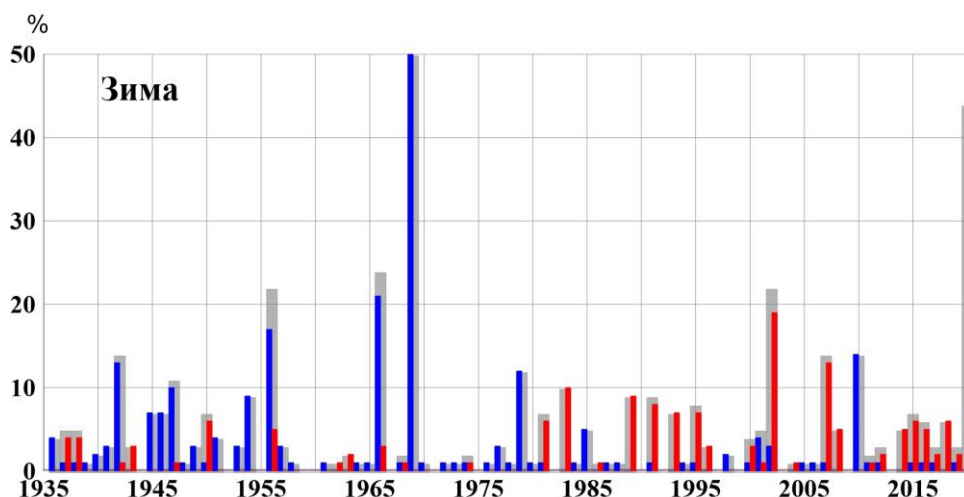


Рисунок 5.2 - Доля площади РФ (в процентах) с экстремальными (сезонная аномалия меньше -2σ : синие столбики, больше $+2\sigma$: красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры зимой, 1936-2020 гг. Базовый период для расчета статистик: 1961-1990 гг.

Индекс аномальности Багрова (рис. 5.3) зимой составил 2 единицы (вторая величина после зимы 1969 (2.2 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 14% общей дисперсии ряда за период 1976-2020 гг.

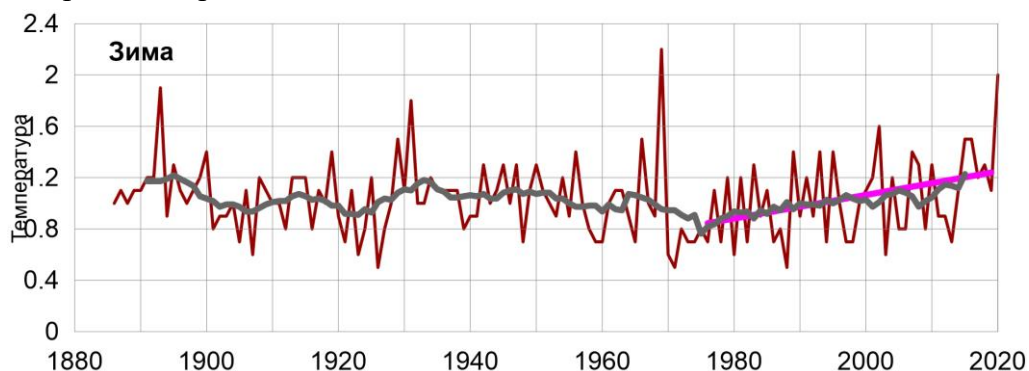


Рисунок 5.3. - Индекс аномальности (индекс Багрова) температурного режима на территории России зимой 1886-2020 гг.

Осадки. Зимой 2019/20 гг. площадь, занятая крупными аномалиями выше 80-го перцентиля составила 43% (третья величина после зимы 1966 (59%) и зимы 2002 (44%)); 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 1976-2020 гг. составляет 2.5%/10 лет и объясняет 10% дисперсии ряда).

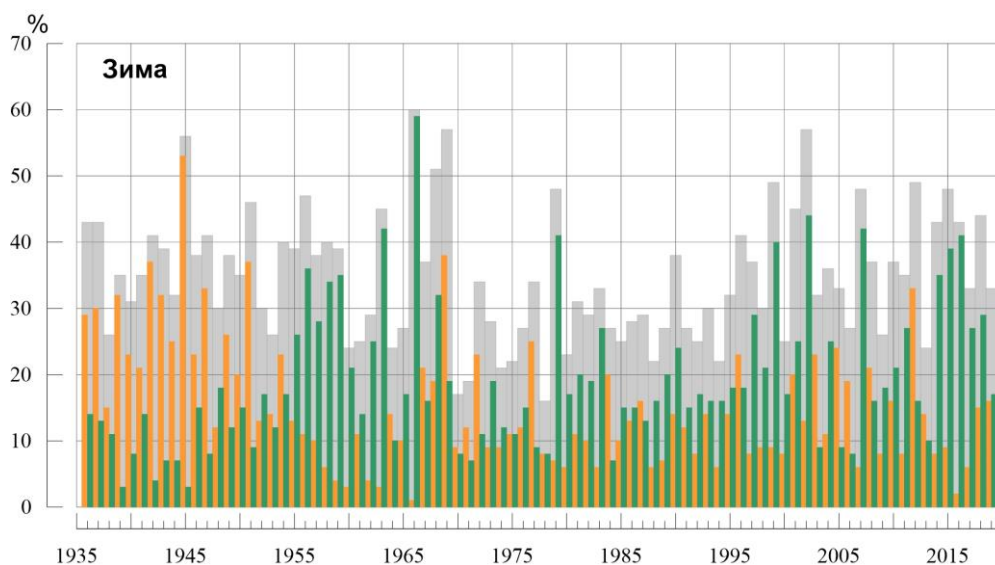


Рисунок 5.4 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями осадков, 1936-2020 гг. (зима):

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

ВЫВОДЫ

1. Зима 2019/20 гг. для Северного Полушария в целом была очень теплой: аномалия температуры $+2.254^{\circ}\text{C}$ – максимальная величина в ряду с 1886 года, и в целом по России зима была также рекордно теплой: аномалия $+5.00^{\circ}\text{C}$. Экстремальные температуры зимой (95%-е экстремумы) повсеместно наблюдались от западных границ страны до Якутии. Положительные аномалии температуры наблюдались всюду, лишь в некоторых регионах Чукотки наблюдались небольшие отрицательные аномалии температуры (до -1.9°C).

2. Доля площади территории России, занятая крупными положительными среднесезонными аномалиями температуры (выше 80-го перцентиля), составила 83%, а доля площади РФ под экстремальными положительными аномалиями (выше 2σ) составила 44% - максимальные величины в соответствующих рядах. Индекс аномальности Багрова составил 2 единицы (вторая величина).

3. Из месяцев выделяется январь (осредненная по РФ аномалия температуры 6.22°C – ранг 2) и февраль (аномалия 6.20°C – ранг 2) – аномально высокие температуры (95%-е экстремумы) наблюдались на большей части страны (кроме северо-восточных районов). Области отрицательных аномалий температуры наблюдались в январе (до -1.5°C) и феврале (до -7.3°C) на северо-востоке страны.

В декабре экстремально высокие температуры (95%-е экстремумы) наблюдались в ЕЧР (аномалия 5.25°C – ранг 2). Отрицательные аномалии температуры наблюдались на Среднесибирском плоскогорье (до -4.5°C), в Забайкалье, в Приамурье.

4. Зимой в среднем по РФ выпало 120% нормы осадков – третья величина в ряду с 1936 года. Экстремальный избыток осадков наблюдался в СЗФО (149% нормы – максимальная величина в ряду); на западе и в центре АЧР (119% нормы – четвертая величина), особенно в Западной Сибири (140% нормы – четвертая величина) и в Средней Сибири (136% - рекордное значение в ряду).

Дефицит осадков (60%-80%) зимой наблюдался на юге ЕЧР, на юге и востоке ДФО.

5. Зимой 2019/20 гг. площадь, занятая крупными аномалиями осадков больше 80 процентиля составила 43% - третья величина в ряду, ниже 20-го процентиля – 8%.

6. Во все месяцы сезона преобладал избыток осадков. Особенно выделяется февраль: осредненные по РФ осадки составили 138% нормы – четвертая величина в ряду. Экстремальный избыток осадков наблюдался в СЗФО (166% - ранг 4), в Западной Сибири (176% нормы – ранг 2), в Средней Сибири (156% - ранг 4). Сильный дефицит осадков (40-80% нормы) в феврале наблюдался на большей части Восточной Сибири: выпало 59% нормы (среди десяти «самых сухих» февралей в ряду), в СКФО.

В декабре осредненные по РФ осадки составили 110% нормы. Значительный избыток осадков (120%-160%) наблюдался в СЗФО (147% - максимальная величина в ряду), в бассейне Енисея, на Алтае, в Восточной Сибири, на юге Хабаровского края, в Приморье. Сильный дефицит осадков (40%-80% нормы) наблюдался на юге ЕЧР, в Якутии, в Забайкалье.

В январе осредненные по РФ осадки составили 117% нормы. Избыток осадков наблюдался на большей части ЕЧР и в центральных районах АЧР. Сильный дефицит осадков (40%-80%) наблюдался в районе Байкала, в Приамурье и Приморье, на востоке Якутии, на Чукотке.

7. Линейный тренд средней по России зимней температуры воздуха за период 1976-2020 гг. составил $+0.48^{\circ}\text{C}/10$ лет при вкладе тренда в дисперсию ряда 14%. 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 $+0.33^{\circ}\text{C}/10$ лет, вклад в дисперсию 61%.

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

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).

7. Тренд зимних сумм осадков для России в целом положителен: составляет +2.9%/10лет, (объясняет 16% 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: +4.0%/10 лет, объясняет 10% дисперсии и в Северо-Западном ФО (+5.9%/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 2019/20



ВВЕДЕНИЕ

В настоящем Приложении* приводится информация о состоянии приземного климата (температура приземного воздуха и атмосферные осадки) зимой 2019/20 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 2019 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 2019/20гг.

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 2019/20 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 2019/20</i>	0.77	<i>0.97</i>	<i>1.67</i>	<i>1.30</i>	<i>0.83</i>	0.80
Декабрь 2019	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2
Январь	1.1	1.2	1.7	1.2	0.4	0.6
Февраль	1.0	1.5	3.0	2.5	1.9	1.6
б) аномалия температуры (град. Цельсия)						
<i>Зима 2019/20</i>	7.84	<i>6.98</i>	<i>5.65</i>	<i>6.26</i>	<i>6.53</i>	6.99
Декабрь 2019	6.40	5.52	4.60	4.98	5.13	5.70
Январь	9.27	8.12	6.15	6.93	7.25	7.92
Февраль	7.84	7.29	6.19	6.88	7.22	7.36

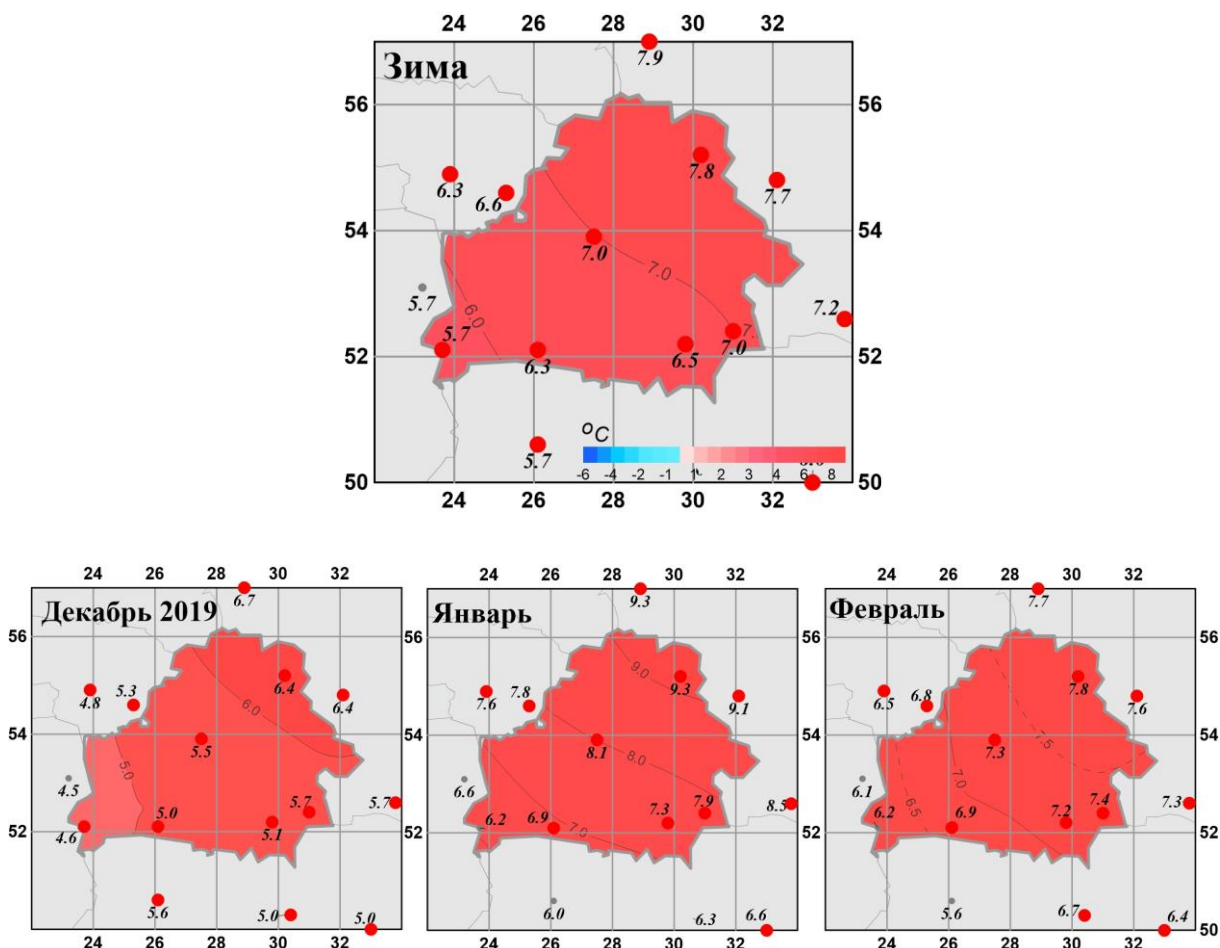


Рисунок 1 - Средние сезонные и средние месячные аномалии температуры (°C) приземного воздуха на территории республики Беларусь зимой 2019/20 гг. Аномалии рассчитаны относительно периода 1961-1990 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) на станциях. Красными кружками показаны станционные экстремумы – выше 95-го перцентиля

Таблица 3

Характеристики режима осадков на станциях Беларуси зимой 2019/20 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 2019/20</i>	<i>57.0</i>	<i>44.3</i>	<i>37.3</i>	<i>25.0</i>	<i>43.3</i>	<i>38.3</i>
Декабрь 2019	70	39	41	15	54	44
Январь	48	45	31	23	36	31
Февраль	53	49	40	37	40	40
б) Аномалия сумм осадков / (мм/месяц)						
<i>Зима 2019/20</i>	<i>21.1</i>	<i>11.1</i>	<i>-1.8</i>	<i>-2.6</i>	<i>0.6</i>	<i>3.2</i>
Декабрь 2019	29.5	13.4	-6.9	-6.1	-3.4	1.5
Январь	10.3	5.0	-6.0	-10.9	-2.7	-4.8
Февраль	23.5	14.9	7.5	9.3	7.9	11.9
в) Относительная аномалия сумм осадков (% от нормы)						
<i>Зима 2019/20</i>	<i>154</i>	<i>126</i>	<i>95</i>	<i>92</i>	<i>101</i>	<i>108</i>
Декабрь 2019	157	125	84	85	93	103
Январь	127	113	84	68	93	87
Февраль	180	144	123	134	125	147

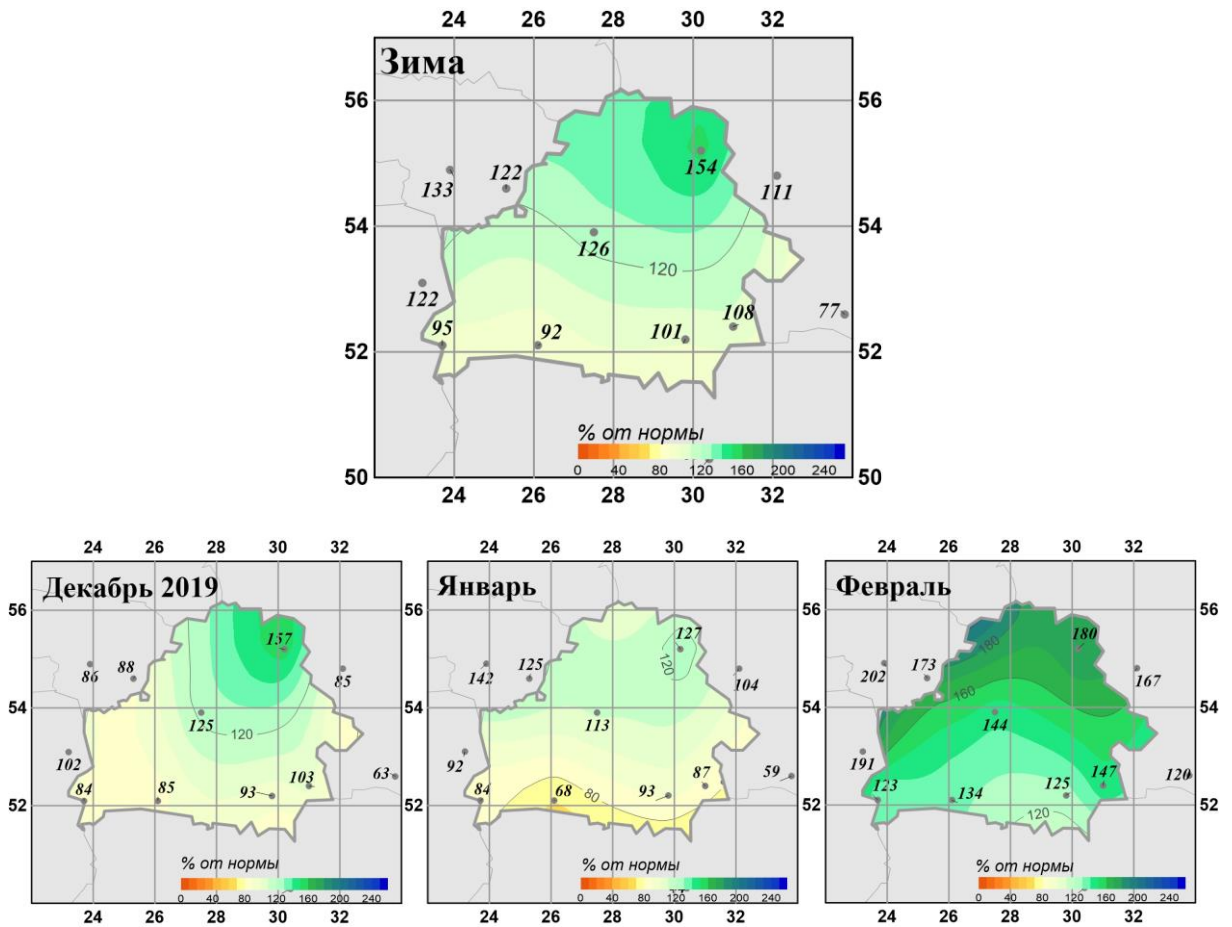


Рисунок 2 - Средние сезонные и месячные аномалии атмосферных осадков (% от нормы) на территории республики Беларусь зимой 2019/20 гг. Аномалии рассчитаны относительно периода 1961-1990 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) и осадков (в % от нормы) на станциях. Красным кружком показан стационарный экстремум – ниже 5-го процента

На рисунках 3, 4 показаны временные ряды осредненных по территории Беларуси сезонных и месячных аномалий температуры воздуха и осадков с 1936 по 2020 гг.

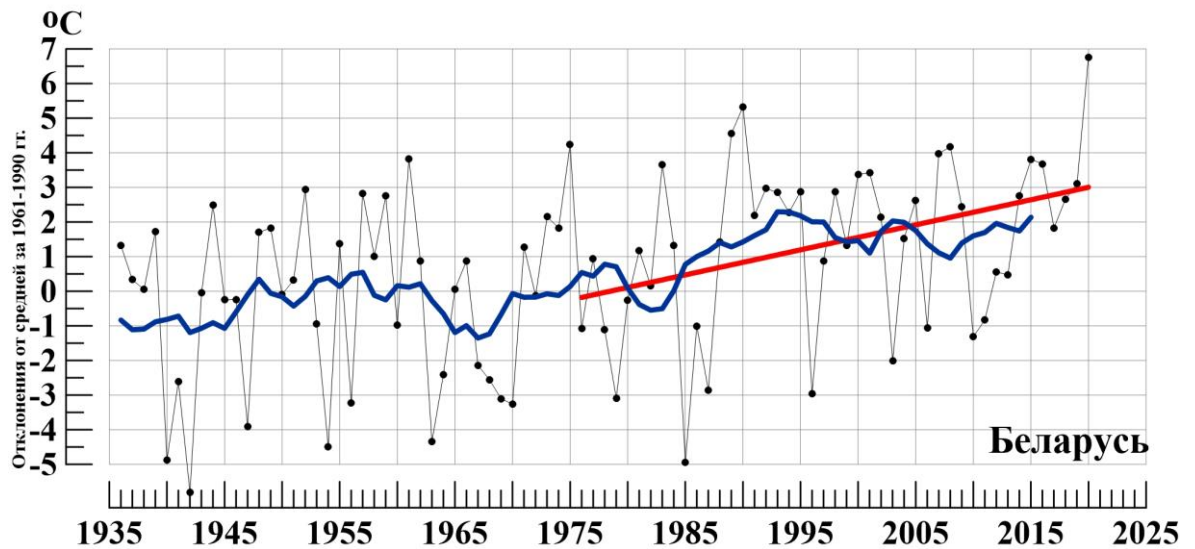


Рисунок 3 - Сезонные (декабрь - февраль) аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь.
Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2020гг.

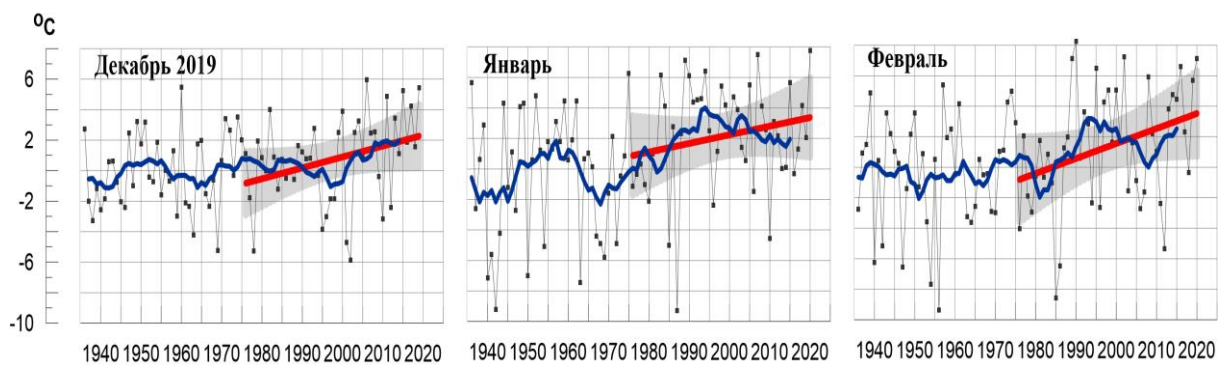


Рисунок 4 - Средние месячные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рисунке 3.

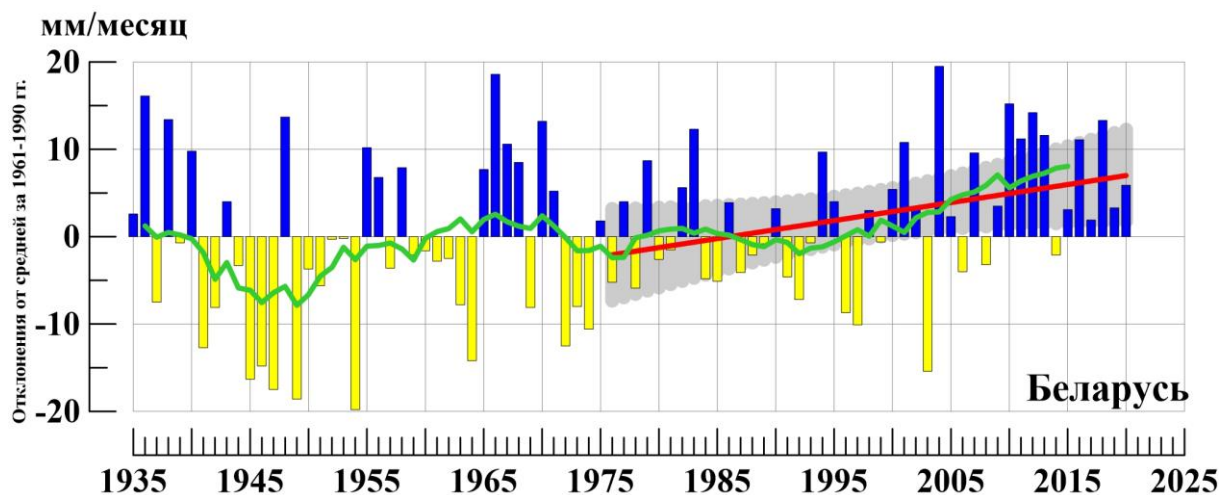


Рисунок 5 - Сезонные (декабрь - февраль) аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.

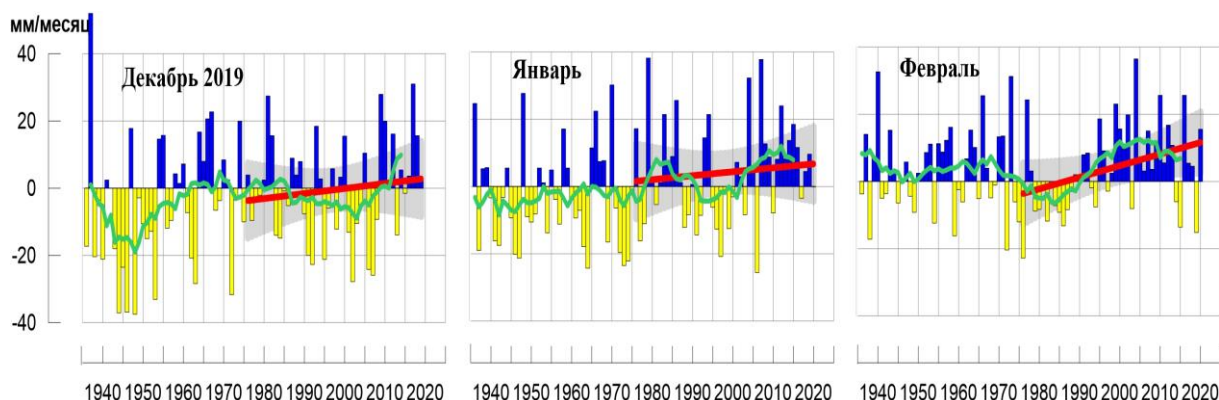


Рисунок 6 - Средние месячные аномалии атмосферных осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.

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_{2020}	s	νR_{2020}	s	RR_{2020}
<i>Зима 2019/20</i>	6.76	2.71	5.9	8.1	115
Декабрь 2019	5.43	2.39	2.3	14.4	134
Январь	7.74	4.17	-0.1	16.7	126
Февраль	7.11	3.70	15.5	13.0	49

Примечание: Аномалии νT_{2020} ($^{\circ}C$), νR_{2020} (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 1976-2020 гг. в среднем по Республике Беларусь

Сезон	Температура		Осадки	
	$b_{1976-2020}$ °С/10 лет	$D_{1976-2020}$ %	$b_{1976-2020}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2020}$ %
<i>Зима 2019/20</i>	0.72	15	2.1	13
Декабрь 2019	0.71	10	1.5	2
Январь	0.57	4	1.2	1
Февраль	0.98	11	3.5	12