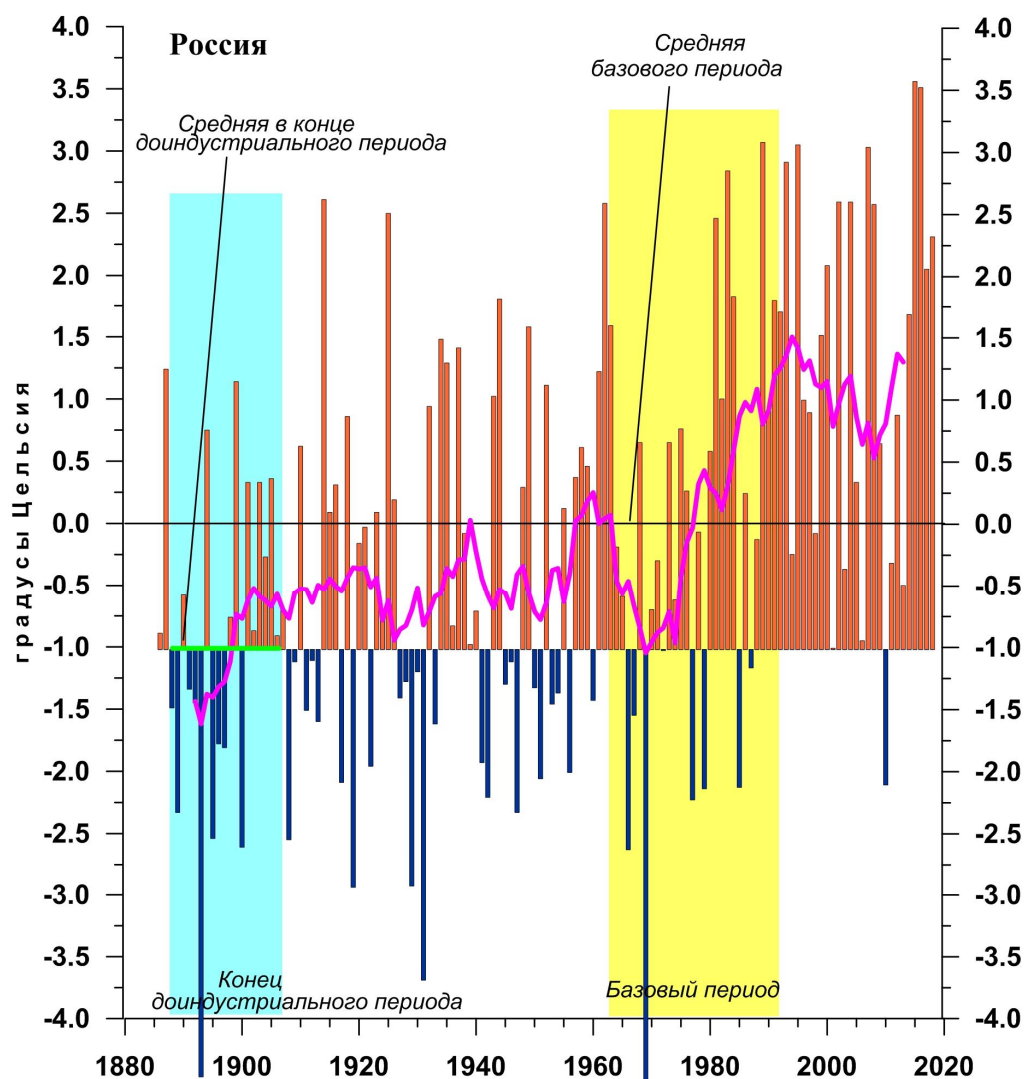


ФГБУ «Институт Глобального Климата и Экологии»



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2018

ЗИМА: декабрь 2017 – февраль 2018

Обзор состояния и тенденций изменения
климата России

★
Москва 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ¹

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ (зимний сезон).....	6
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗИМЫ 2017/18 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, 1936-2018 гг.....	20
5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2018 гг. (зимний сезон)	24
ВЫВОДЫ	27
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности зимы 2017/18 гг. на территории Республики Беларусь	29

¹ На обложке приведен ход средней сезонной аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2018 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 Росгидромета и РАН». 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 (576) станций России). В настоящем выпуске использованы данные 251 (399) 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 превышения текущего значения климатической переменной (или ее аномалии) рассчитывается как доля наблюдений в прошлом, в которых значение этой переменной (или ее аномалии) было не больше текущего.

Регионально осредненные оценки приводятся в Бюллетене для физико-географических регионов России (рис. 1) и Федеральных округов РФ (рис. 2) по данным с 1936 г., так как до этого срока в архиве имеются массовые пропуски данных наблюдений.



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

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

Для температуры воздуха все данные в тексте и на картах приведены по архиву Т3288, а осредненные по регионам данные на графиках и в таблицах – по двум архивам: Т3288 и Т1383. Для осадков все оценки приведены по базовому архиву R1383.

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

Аналогично, для каждого региона по данным о станционных нормах рассчитываются регионально осредненные нормы. Региональные средние значения самих климатических переменных рассчитываются суммированием регионально осредненных норм и регионально осредненных аномалий (такая процедура уменьшает смещение средних вследствие пропусков в рядах наблюдений).



Рисунок 2 - Федеральные округа Российской Федерации

Индексы экстремальности климата соответствуют площади под экстремальными аномалиями заданной обеспеченности. Это вероятностные индексы, в основе которых лежат значения эмпирической функции распределения $F(X_0)$, соответствующие наблюдаемым значениям рассматриваемой величины X_0 в точках поля или на станциях: $F(X_0) = P(x \leq X_0)$. Значение $F(X_0)$ часто называют вероятностью непревышения значения X_0 , как и обеспеченностью. Региональные индексы экстремальности определяются как доля площади региона, где вероятности непревышения $F(X_0) \leq \alpha\%$ или $F(X_0) \geq 100 - \alpha\%$ и $\alpha\%$ – обеспеченность искомых экстремумов.

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

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

Бюллетень подготовлен в ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»** 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 Росгидромета и РАН»).

* Раздел подготовлен в рамках программы Союзного государства "Совершенствование системы обеспечения населения и отраслей экономики Российской Федерации и Республики Беларусь информацией о сложившихся и прогнозируемых погодно-климатических условиях, состоянии и загрязнении природной среды"

** В выпуске принимали участие сотрудники Отдела мониторинга и вероятностного прогноза климата ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»: М.Ю. Бардин (руководитель), Г.В. Груза, Э.Я. Ранькова, Э.В. Рочева, Т.В. Платова, О.Ф. Самохина, Ю.Ю. Соколов

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 2017/18: декабрь 2017 - февраль 2018), осредненных по суше Северного полушария (СП) и по территории России. Временной ряд сезонных аномалий температуры над СП рассчитан по среднемесячным данным Университета Восточной Англии (массив crut4nh.txt на сайте www.cru.uea.ac.uk). Временные ряды для территории России рассчитаны по станционным данным о температуре приземного воздуха ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» по двум базовым архивам, содержащим 3288 (T3288: начальный год 1901) и 1383 (T1383: с 1886 г.: архив, использовавшийся в предыдущей версии бюллетеня) станции на поверхности суши Земного шара соответственно. Представлен также линейный тренд за 1976-2018 гг.

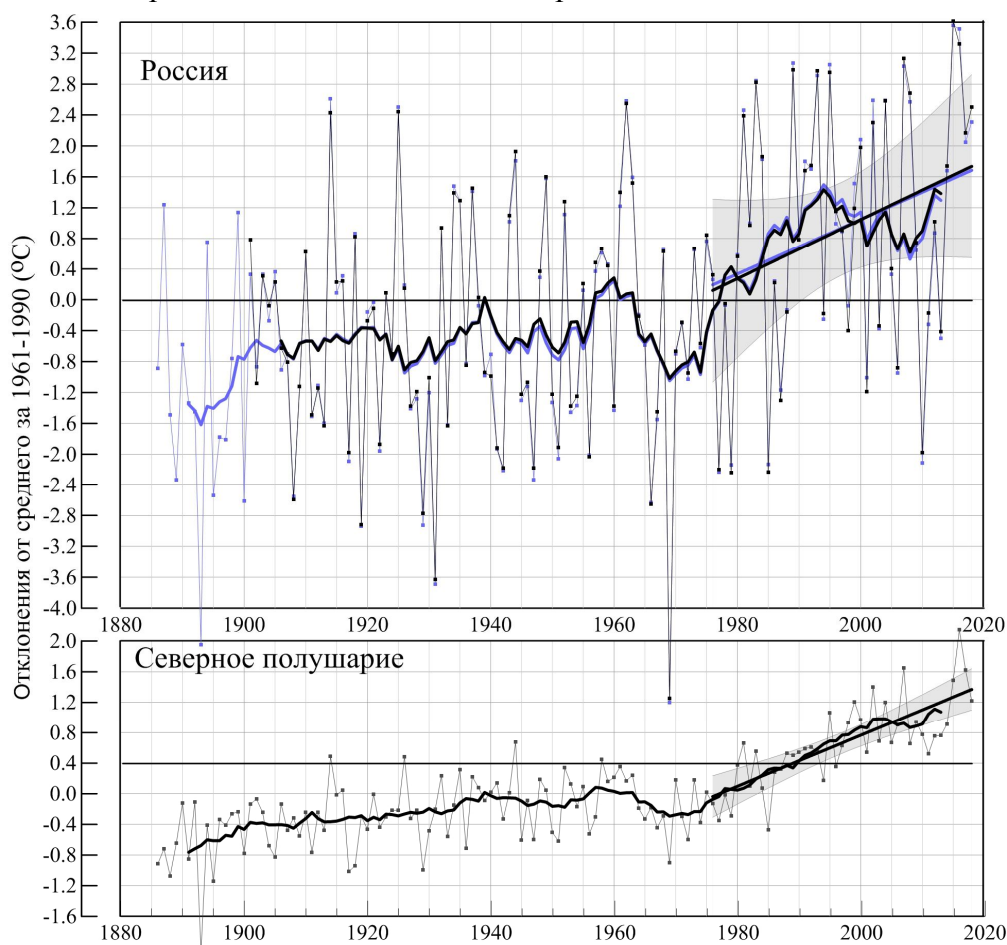


Рисунок 1.1 – Сезонная аномалия (зима: декабрь 2017 – февраль 2018) температуры приземного воздуха, осредненная по Северному полушарию (суша) и территории России за 1886-2018 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от средней за базовый период 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Показаны м.н.к. – оценка линейного тренда и 95%-я доверительная область для линии тренда за 1976-2018 гг. (доверительная область для России показана для архива T3288). Использованы данные Университета Восточной Англии (СП) и данные ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» (Россия).

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 +1.220°C (при стандартном отклонении 0.41°C) – шестая по величине положительная аномалия с 1886 г.

Для России в целом средняя сезонная аномалия температуры приземного воздуха составила +2.50°C при величине стандартного отклонения 1.82°C – лишь 11-я в ряду.

Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений зимних температур за период 1976-2018 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 2018 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, так что формально положительный тренд статистически незначим. Для суши СП наблюдается сходная картина, но похолодание наблюдалось с первого пятилетия 21 века и значительно менее выражено.

Таблица 1.1

Сезонные (зима: декабрь 2017 – февраль 2018) аномалии температуры приземного воздуха относительно норм базового периода 1961-1990 гг. (°C), осредненные по суше СП и России и оценки линейного тренда за период 1976-2018 гг.

Регионы		νT_{2018}	$s_{1961-90}$	$b, \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$	$D \%$
СП		1.22	0.41	0.33	59
Россия	T3288	2.50	1.80	0.39	9
	T1383	2.31	1.82	0.36	7

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

2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗИМЫ 2017/18 гг. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

На рис. 2.1 и 2.3 представлены карты сезонных и месячных аномалий температуры (полученные по данным T3288) и осадков (T1383) на территории России зимы 2017/18 гг. На картах указано местоположение станций с экстремумами ниже 5-го выше 95-го перцентилей. Значения аномалий, осредненных по регионам, представлены в таблицах 2.1 и 2.2.

Температура воздуха. Осредненная по территории РФ сезонная аномалия +2.5°C (ранг 11). Положительные аномалии температуры наблюдались на большей части страны (за исключением южных пограничных с Казахстаном районов и

отдельных южных и центральных районов ДВФО). Экстремально тепло (повсеместно фиксировались 95%-е процентиля, аномалии на станциях более $+6^{\circ}\text{C}$) на Северном Урале, на Ямале, в Восточной Сибири (аномалия $+4.13^{\circ}\text{C}$ – максимальная величина в ряду), на юге ЮФО и СКФО.

Температуры ниже нормы наблюдались на юге Западной Сибири (в пограничных с Казахстаном районах, наименьшая аномалия зафиксирована на станции Онгудай республики Алтай: -2.7°C), в и отдельных южных и центральных районах ДВФО (аномалии до -1°C).

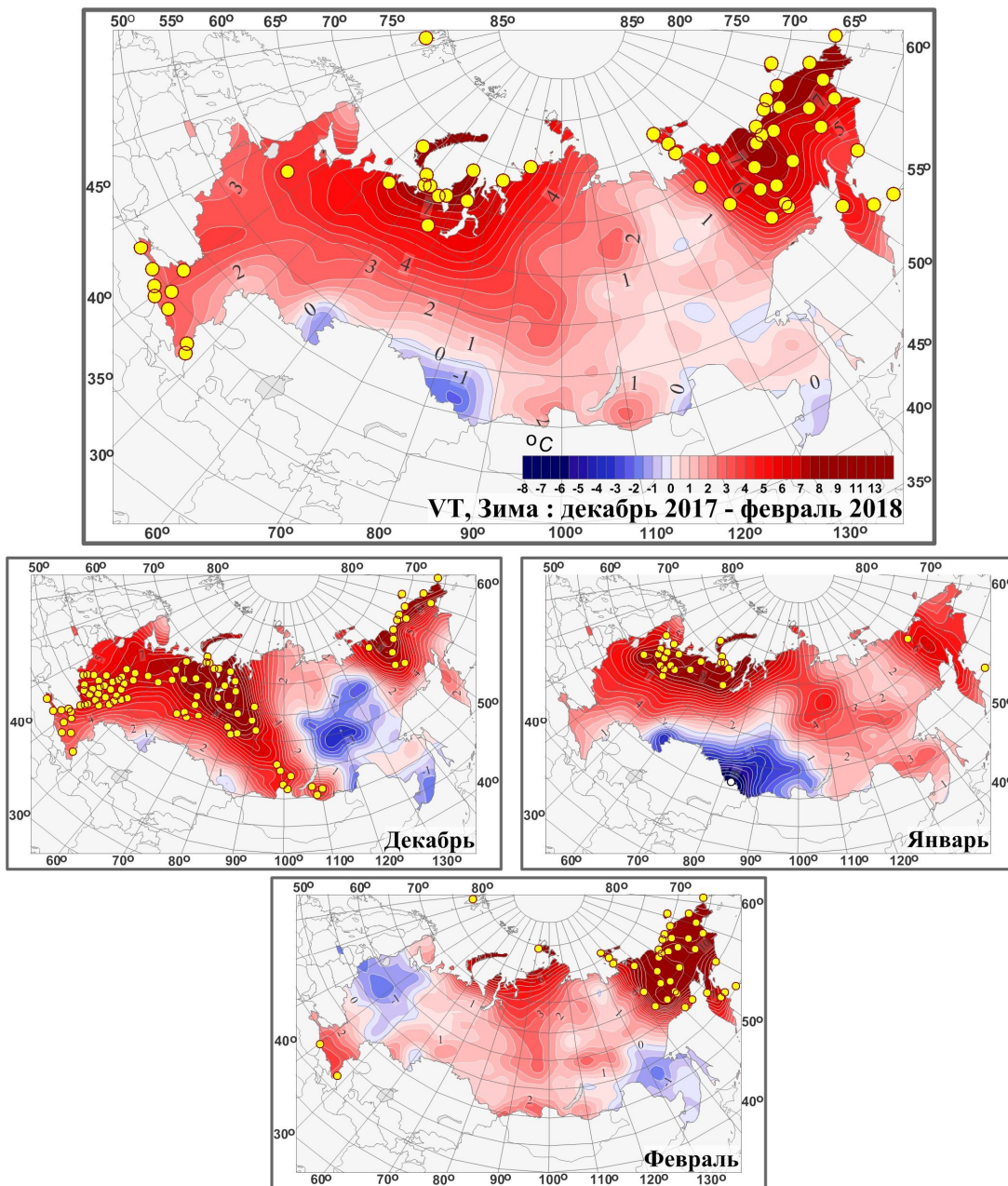


Рисунок 2.1 – Поля средней сезонной и средних месячных аномалий температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России зимой 2017/18 гг. Кружками белого цвета показано местоположение станционных экстремумов ниже 5-го перцентиля, желтого – выше 95-го перцентиля.

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 и Средней Сибири сезонные изотермы смещены к востоку примерно на 4°-5° долготы от своего климатического положения. На северо-востоке страны изотермы смещены на запад примерно на 2°-3° долготы. Поэтому область крайне низких сезонных температур (ниже 30°C) меньше по площади, чем в среднем многолетнем. На юге ДВФО сезонные изотермы практически совпадают со своим климатическим положением.

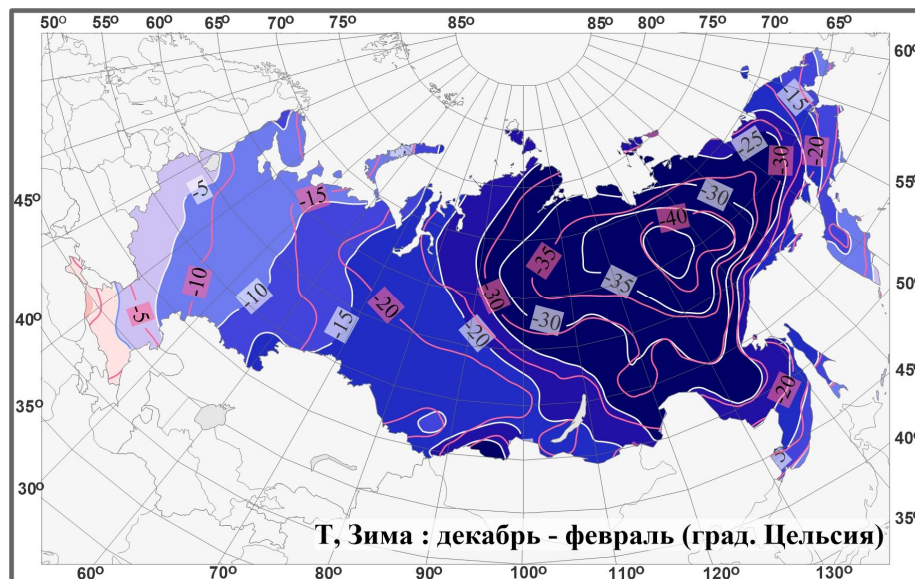


Рисунок 2.2 – Поля средней сезонной температуры приземного воздуха (°C) на территории России зимой 2017/18 гг. Розовые изолинии: средние изотермы за период 1961-1990 гг.

Декабрь. Осредненная по территории РФ аномалия температуры 3.19°C (ранг 6). Значительные положительные аномалии температуры наблюдались в ЕЧР, в Западной и Средней Сибири, на Чукотке (на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы, аномалии более 10°C в Ямало-Ненецком АО). Холодно (аномалии до -3°C) в течении Лены и ее притоков, в Приморье.

Январь. Осредненная в целом по России аномалия температуры составила 2.39°C. На большей части России тепло, значительные положительные аномалии температуры (повсеместно 95%-е экстремумы) наблюдались на севере ЕЧР (осредненная по СЗФО аномалия 7.10°C – ранг 3) и севере Западной Сибири, наибольшая аномалия зафиксирована на станции мыс Болванский (12°C).

Холодно на юге страны от Южного Урала до Байкала, аномалии до -7.7°C (на станции Змеиногорск).

Февраль. Осредненная в целом по России аномалия температуры составила 1.90°C. Экстремально тепло в Восточной Сибири, осредненная по региону аномалия температуры составила +6.47°C – ранг 2 (более высокая аномалия (+6.55°C) отмечалась здесь лишь в феврале 1994 года); повсеместно на станциях отмечались 95%-е экстремумы, наибольшая аномалия зафиксирована на побережье Восточно-Сибирского

моря на станции Валькаркай: +12.4°C. Очень тепло (аномалии выше 2°C) было в Южном и СКФО, на Северном Урале, на севере и в центре Красноярского края.

Температуры ниже климатической нормы наблюдались в ЦФО (в среднем по ЦФО аномалия составила -0.57°C), в южных районах СЗФО, в Приамурье и Приморье (-0.66°C).

Атмосферные осадки. Осредненные осадки за зимний сезон составили 113% нормы. Экстремальное количество осадков выпало на западе и в центре ЕЧР, в Байкальском регионе, на севере Красноярского края (за счет экстремального декабря), в бассейне реки Омолон, на Камчатке (за счет экстремального января и февраля).

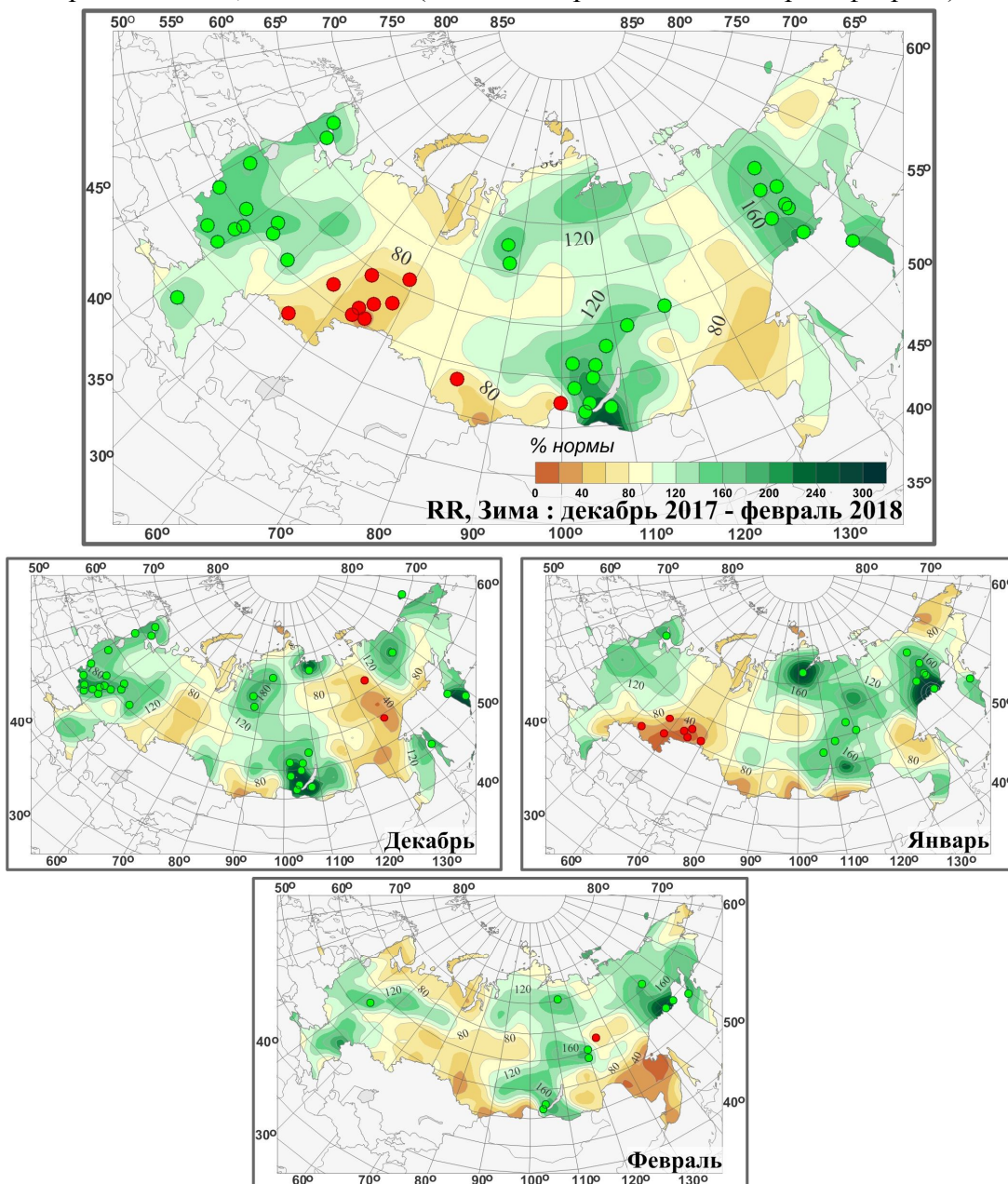


Рисунок 2.3 – Поля аномалий средних сезонных и месячных сумм осадков (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.) на территории России зимы 2017/18гг. (декабрь 2017 г. – февраль 2018 г.). Кружками красного цвета показаны стационарные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го перцентиля.

Дефицит осадков (60%-80% нормы, повсеместно отмечались 5%-е экстремумы) наблюдался на Южном Урале и юге Западной Сибири (за счет экстремально «сухого» января).

Декабрь 2017 г. Осредненные по РФ осадки: 124% нормы – ранг 3. Экстремальный избыток осадков (на многих станциях 95%-е экстремумы) наблюдался в ЕЧР (128% - ранг 2) - особенно на северо-западе, западе и в центре, в районе Байкала (в Прибайкалье и Забайкалье выпало 159% нормы – ранг 2), в Средней Сибири (126% - ранг 4), в Якутии, на Чукотке, на Камчатке, в Приморье. Дефицит осадков (40-80%) наблюдался в восточных и центральных районах ДВФО, в УФО (83% нормы), на Алтае.

Январь. Осредненные по РФ осадки: 109% нормы. Значительный избыток осадков наблюдался на севере СФО и на большей части ДВФО (кроме Чукотки и Приамурья, всего по ДВФО выпало 129% нормы – ранг 8), на многих станциях Магаданской области и верховья Лены фиксировались 95%-е экстремумы), наибольшее количество осадков зафиксировано на станции Хатанга (333% нормы). Избыток осадков наблюдался в западных районах ЕЧР (максимальное количество осадков выпало на станции Гридино (239%).

Сильный дефицит осадков наблюдался в Приволжском ФО, в Уральском ФО (66% - среди десяти самых сухих январей) - особенно в южных районах – на многих станциях фиксировались 5%-е экстремумы, на станциях Верхнеуральск и Курган выпало лишь 5% месячной нормы осадков. Дефицит осадков (40-80%) наблюдался на юге Сибирского ФО, в Приамурье, на Чукотке.

Февраль. Осредненные по РФ осадки 101%.

Избыток осадков (более 120%) наблюдался в центре ЕЧР, в центральных и восточных областях АЧР, наибольшее количество осадков выпало в Магаданской области (в Магадане выпало 333% февральской нормы).

Дефицит осадков наблюдался в Приамурье и Приморье (в среднем по региону выпало 47% - февраль здесь среди одиннадцати самых «сухих»), на юге Западной и Средней Сибири, на севере ЕЧР, на Ямале (менее 80% нормы).

В таблицах 2.1 и 2.2 представлены регионально осредненные аномалии температуры и осадков, рассчитанные по значениям станционных аномалий зимнего сезона; для характеристики масштаба аномалий приведены также средние квадратические отклонения региональных аномалий за базовый период 1961-90 гг. Оценки приведены для физико-географических регионов (рис.1) и федеральных округов (рис.2) Российской Федерации.

Для осадков (табл. 2.2) дополнительно к отклонениям от нормы приведены относительные аномалии, т.е. отношение осредненной по территории региона сезонной суммы осадков к средней по региону сезонной норме, выраженное в процентах (о процедуре регионального осреднения см. во введении). Из-за выраженной асимметрии распределения осадков для характеристики масштаба аномалий разного знака приводятся величины разности между медианой и первым квартилем (25-й перцентиль, т.е. точка, отсекающая 1-ю четверть распределения) функции распределения для характеристики величины дефицита осадков, а для оценки величины избытка осадков -

разности между третьим квартилем и медианой, рассчитанные для базового периода. (приводится также величина аномалии, соответствующая медиане распределения, что позволяет судить о величине асимметрии). Кроме того, в таблицах приведены значения эмпирической вероятности (вероятности неперевышения) региональных аномалий по данным за 1936-2018 годы.

Как показывает таблица 2.1, различие оценок региональных среднесезонных аномалий, полученных по двум архивам, для ЕЧР и ее федеральных округов не превышает 0.16°C (кроме СЗФО); несколько больше различия в АЧР, особенно в Западной и Восточной Сибири, где архив Т3288 содержит значительно больше станций.

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

Как уже отмечалось выше, осредненная по России зимняя аномалия температуры (см. табл. 2.1) составила 2.50°C - величина аномалии выше среднеквадратического отклонения.

Таблица 2.1
Регионально осредненные аномалии температуры зимой 2017/18 гг. (оценки двух базовых архивов ИГКЭ)

Регионы	Архив Т3288			Архив Т1383		
	vT_{2018}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2018})$	vT_{2018}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2018})$
Российская Федерация	2.50	1.80	87.8	2.31	1.82	85.4
Физико-географические регионы России						
Европейская часть России	3.30	2.35	87.8	3.14	2.32	86.6
Азиатская часть России	2.19	1.86	84.1	1.98	1.89	82.9
Западная Сибирь	2.38	2.91	78.0	1.91	2.91	73.2
Средняя Сибирь	1.60	2.81	68.3	1.76	2.74	69.5
Прибайкалье и Забайкалье	0.96	1.80	70.7	0.97	1.90	69.5
Приамурье и Приморье	0.30	1.50	56.1	0.27	1.67	56.1
Восточная Сибирь	4.13	1.37	100	3.87	1.39	100
Федеральные округа РФ						
Северо-Западный	4.52	2.82	91.5	4.33	2.88	90.2
Центральный	3.31	2.72	82.9	3.32	2.69	85.4
Приволжский	2.21	2.57	75.6	2.10	2.54	73.2
Южный	2.61	2.08	86.6	2.65	2.08	86.6
Северо-Кавказский	2.65	1.64	93.9	2.71	1.59	95.1
Уральский	3.80	3.09	86.6	3.34	3.12	81.7
Сибирский	1.26	2.53	68.3	1.24	2.57	67.1
Дальневосточный	2.40	1.43	93.9	2.18	1.46	92.7

Примечание: Аномалии vT_{2018} (°C) рассчитаны как отклонения от нормы 1961-1990 гг.; s (°C) – среднее квадратическое отклонение за базовый период; вероятности неперевышения

$P(t \leq T_{2018})$ рассчитаны по выборке за 1936-2018гг. и выражены в %. Выделены экстремальные значения, попавшие в 5% максимальных.

Таблица 2.1.1

Регионально осредненные аномалии температуры в осенние месяцы. (оценки базовых архивов ИГКЭ, черным цветом показаны оценки, полученные по архиву Т3288, синим – по архиву Т1383)

Регионы	Декабрь			Январь			Февраль		
	vT_{2017}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2017})$	vT_{2018}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2018})$	vT_{2018}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2018})$
Российская Федерация	3.19	1.91	93.9	2.39	2.30	76.8	1.90	2.46	74.4
	3.05	1.94	91.5	2.19	2.33	76.8	1.67	2.46	70.7
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	4.93	2.83	97.6	4.47	3.47	86.6	0.49	3.03	53.7
	4.81	2.75	97.6	4.14	3.49	81.7	0.42	3.00	51.2
Азиатская часть России	2.52	2.08	90.2	1.59	2.15	73.2	2.44	2.64	81.7
	2.35	2.14	85.4	1.40	2.20	68.3	2.16	2.67	75.6
Западная Сибирь	5.01	3.38	92.7	0.72	3.83	54.9	1.41	3.57	59.8
	4.48	3.48	89.0	0.10	3.90	50.0	1.15	3.57	57.3
Средняя Сибирь	1.46	2.84	69.5	1.73	3.67	58.5	1.64	4.07	58.5
	1.80	2.83	70.7	1.73	3.60	58.5	1.78	4.01	59.8
Прибайкалье и Забайкалье	1.63	2.43	73.2	0.17	2.35	53.7	1.08	2.57	52.4
	1.66	2.55	74.4	0.35	2.43	57.3	0.92	2.68	51.2
Приамурье и Приморье	-0.24	2.29	46.3	1.76	2.09	69.5	-0.66	2.08	28.0
	-0.09	2.37	47.6	1.72	2.16	72.0	-0.84	2.09	22.0
Восточная Сибирь	3.05	2.34	85.4	2.89	2.67	89.0	6.47	2.69	98.8
	2.36	2.34	80.5	2.97	2.61	89.0	6.16	2.74	98.8
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	6.08	3.57	91.5	7.10	3.97	97.6	0.31	4.05	47.6
	5.95	3.53	91.5	6.95	4.14	97.6	-0.04	4.05	42.7
Центральный	5.90	2.98	97.6	4.60	4.25	81.7	-0.57	3.69	42.7
	5.91	2.95	97.6	4.62	4.19	80.5	-0.57	3.65	41.5
Приволжский	3.76	3.47	87.8	2.56	4.02	65.9	0.31	3.07	56.1
	3.73	3.41	87.8	2.33	3.96	62.2	0.25	3.05	53.7
Южный	3.85	2.12	98.8	1.86	3.36	59.8	2.07	3.28	68.3
	3.86	2.11	98.8	1.93	3.30	59.8	2.11	3.21	68.3
Северо-Кавказский	2.98	1.71	95.1	1.64	2.79	69.5	3.33	2.58	87.8
	3.09	1.69	95.1	1.67	2.63	72.0	3.38	2.42	90.2
Уральский	6.52	3.63	98.8	3.40	4.10	78.0	1.48	3.93	57.3
	6.09	3.70	98.8	2.74	4.19	69.5	1.18	3.92	54.9
Сибирский	2.77	2.93	80.5	-0.51	3.28	45.1	1.51	3.35	57.3
	2.78	2.99	80.5	-0.50	3.31	45.1	1.44	3.38	57.3
Дальневосточный	1.20	2.03	65.9	2.55	1.82	87.8	3.39	2.41	91.5
	0.81	2.07	65.9	2.58	1.86	87.8	3.06	2.42	89.0

Осредненные по всем регионам аномалии положительные. Экстремально теплой была зима в Восточной Сибири, осредненная по региону аномалия: 4.13°C – максимальная величина в ряду. Из месяцев сезона (см. табл. 2.1.1) отмечается

экстремально теплый декабрь в ЦФО (6.52°C – ранг 3), в ЮФО (3.85°C – ранг 2), в СКФО (2.98°C – ранг 5), в УФО (5.90°C – ранг 5); январь в СЗФО (7.10°C – ранг 3); февраль в Восточной Сибири: (6.47°C – ранг 2).

Зима (табл. 2.2) в РФ в целом была достаточно снежной, количество выпавших осадков составило 113% нормы. В большинстве регионов в среднем осадков выпало больше нормы, лишь в Западной Сибири и Приамурье и Приморье осадков выпало меньше нормы. Экстремально снежной зима была в Прибайкалье и Забайкалье (144% нормы – ранг 3) и Восточной Сибири (130% - ранг 5), а также в ЦФО (144% - ранг 3).

Из месяцев сезона особенно выделяется экстремально «снежный» декабрь 2017 года: в среднем по РФ выпало 124% нормы – ранг 3 (особенно много осадков выпало в ЕЧР (128% нормы – ранг 2), в Средней Сибири (126% - ранг 4), в Прибайкалье и Забайкалье (159% - ранг 2). Особо выделяется Западная Сибирь (Уральский ФО), где в среднем во все месяцы сезона осадков выпало меньше климатической нормы.

Таблица 2.2

Регионально осредненные аномалии осадков зимой 2017/18 гг.

Регионы	νR_{2018}	RR_{2018}	m	$m-q1$	$q3-m$	$P(r \leq R_{2018})$
Российская Федерация	3.0	113	-0.50	0.98	1.58	84.1
Физико-географические регионы России						
Европейская часть России	5.6	115	-1.05	2.15	5.27	84.1
Азиатская часть России	2.0	111	-0.35	0.92	1.32	85.4
Западная Сибирь	-4.5	80	0.10	3.10	2.40	20.7
Средняя Сибирь	3.6	122	-0.05	1.40	1.55	93.9
Прибайкалье и Забайкалье	4.7	144	-0.50	0.78	1.60	97.6
Приамурье и Приморье	-0.6	97	-0.15	3.25	2.35	50.0
Восточная Сибирь	6.7	130	-0.45	2.32	2.92	95.1
Федеральные округа РФ						
Северо-Западный	6.5	118	0.00	3.85	4.08	81.7
Центральный	17.7	144	-1.10	5.38	8.12	97.6
Приволжский	-0.8	98	0.95	6.88	4.40	48.8
Южный	1.5	104	1.40	10.18	4.65	61.0
Северо-Кавказский	7.8	116	-1.65	9.63	7.72	78.0
Уральский	-5.4	78	-0.10	2.10	3.28	17.1
Сибирский	2.6	115	-0.55	1.15	2.48	85.4
Дальневосточный	3.4	119	0.00	2.25	1.58	92.7

Примечание: Аномалии νR_{2018} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за базовый период 1961-1990 гг.), RR_{2018} – отношение R_{2018} к норме, выраженное в %, $q1$, $q3$ и m – соответственно первый, третий квартиль и медиана аномалий (мм/месяц) за базовый период; вероятности превышения $P(r \leq R_{2018})$ – рассчитаны по выборке за 1936-2018 гг. и выражены в %. Выделены экстремальные значения, попавшие в 5% максимальных.

Таблица 2.2.1

Регионально осредненные аномалии осадков в зимние месяцы.

Регионы	Декабрь 2017г.	Январь	Февраль
---------	----------------	--------	---------

	νR_{2017}	RR_{2017}	$P(r \leq R_{2017})$	νR_{2018}	RR_{2018}	$P(r \leq R_{2018})$	νR_{2018}	RR_{2018}	$P(r \leq R_{2018})$
Российская Федерация	6.9	124	97.6	2.1	109	70.7	0.2	101	52.4
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	12.8	128	98.8	3.3	109	57.3	0.8	103	50.0
Азиатская часть России	4.5	120	92.7	1.7	109	75.6	-0.1	99	56.1
Западная Сибирь	-3.2	88	31.7	-6.2	74	24.4	-4.0	77	24.4
Средняя Сибирь	5.9	126	96.3	3.8	121	84.1	2.1	116	73.2
Прибайкалье и Забайкалье	8.8	159	98.8	2.9	131	78.0	2.4	133	78.0
Приамурье и Приморье	4.8	123	76.8	-0.1	99	50.0	-6.8	47	14.6
Восточная Сибирь	8.7	136	93.9	8.3	135	90.2	3.7	120	80.5
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	11.4	127	86.6	9.5	127	86.6	-1.8	93	42.7
Центральный	32.5	167	97.6	11.8	130	79.3	8.8	129	72.0
Приволжский	6.5	116	74.4	-8.0	78	26.8	-0.9	97	47.6
Южный	3.3	106	70.7	-0.7	98	47.6	1.7	105	51.2
Северо-Кавказский	16.4	128	80.5	7.1	114	64.6	0.0	101	52.4
Уральский	-4.8	83	26.8	-8.9	66	12.2	-2.5	87	32.9
Сибирский	7.4	132	93.9	0.7	104	64.6	-0.2	99	42.7
Дальневосточный	4.6	121	92.7	5.3	129	91.5	0.6	104	62.2

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 1976-2018 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 и севера Корякского АО.

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 $+1^{\circ}\text{C}/10$ лет. В феврале интенсивность потепления везде, где оно наблюдается, немного ниже (лишь на западе ЕЧР и в Западной Сибири более $+0.8^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Отрицательный тренд зимних температур за период с 1976 г. сохраняется на дальнем северо-востоке страны: на севере Корякского АО (маленькая область похолодания, до $-0.1^{\circ}\text{C}/10$ лет) за счет января и февраля (декабрьские температуры в этой области растут). Другая 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 $-0.4^{\circ}\text{C}/10$ лет), а второй минимум – на юге Средней Сибири – только в декабре. В феврале наблюдается похолодание на севере Восточной Сибири (кроме крайнего северо-востока). Следует отметить, что площадь области и интенсивность похолодания зимой на северо-востоке уменьшились (из-за экстремально теплой зимы) по сравнению с оценками за период 1976-2017 гг.

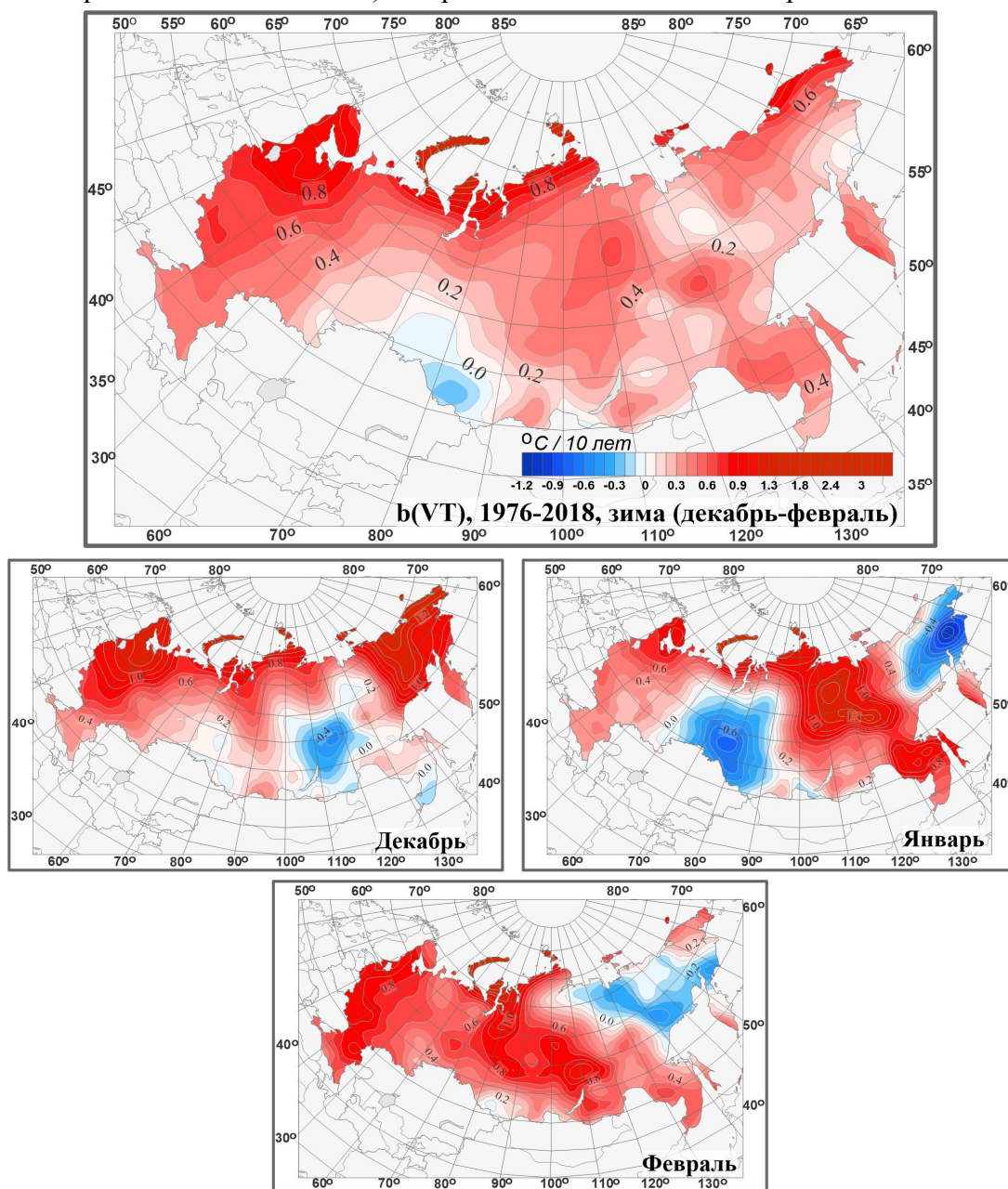


Рисунок 3.1 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий температуры ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) на территории России по данным за 1976-2018 (зима)

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.

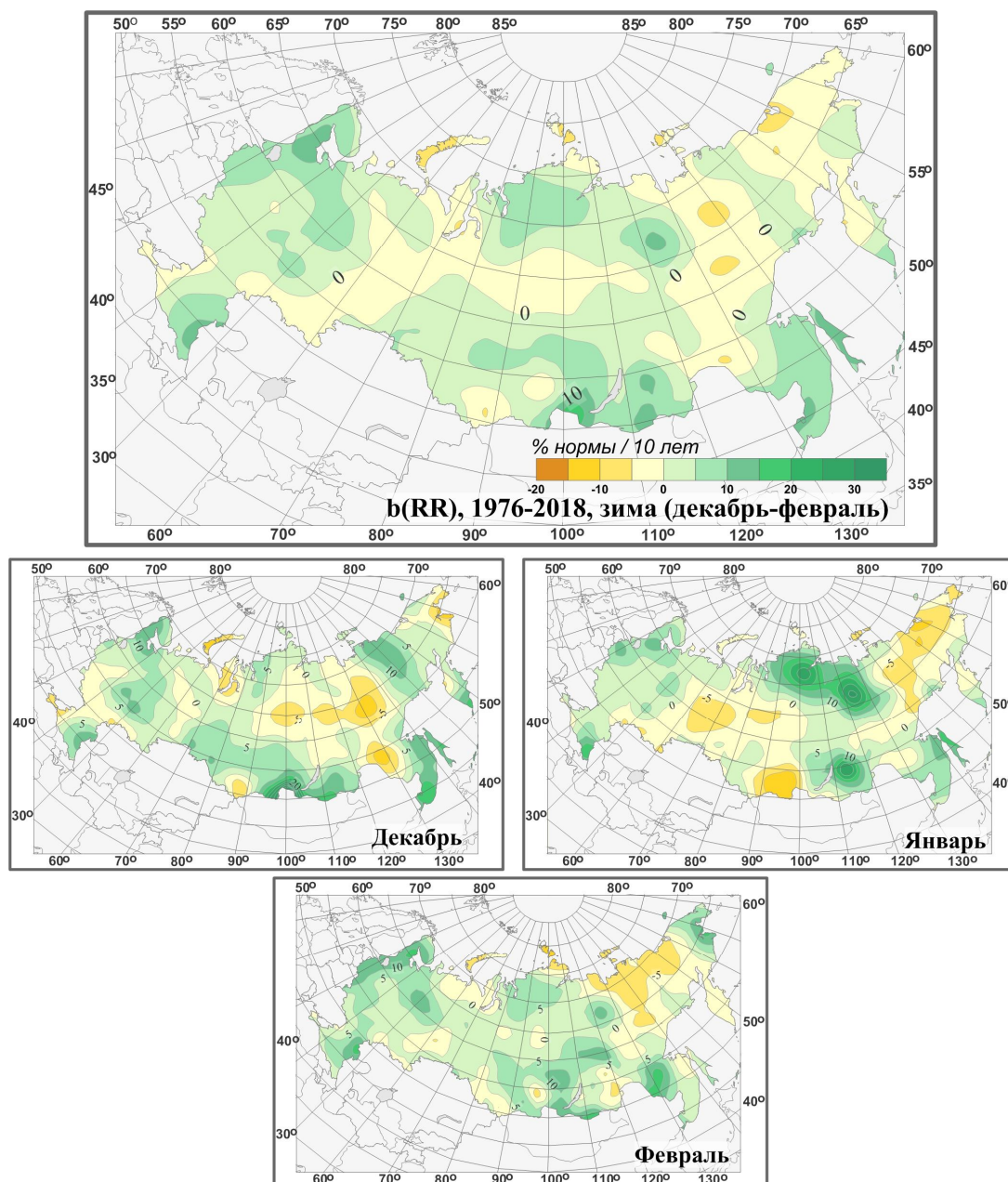


Рисунок 3.2 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий осадков (% нормы /10 лет) на территории России по данным за 1976-2018 (зима).

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 1976-2018 гг. положителен: он составляет $0.39^{\circ}\text{C}/10$ лет, но объясняет лишь 9% 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.

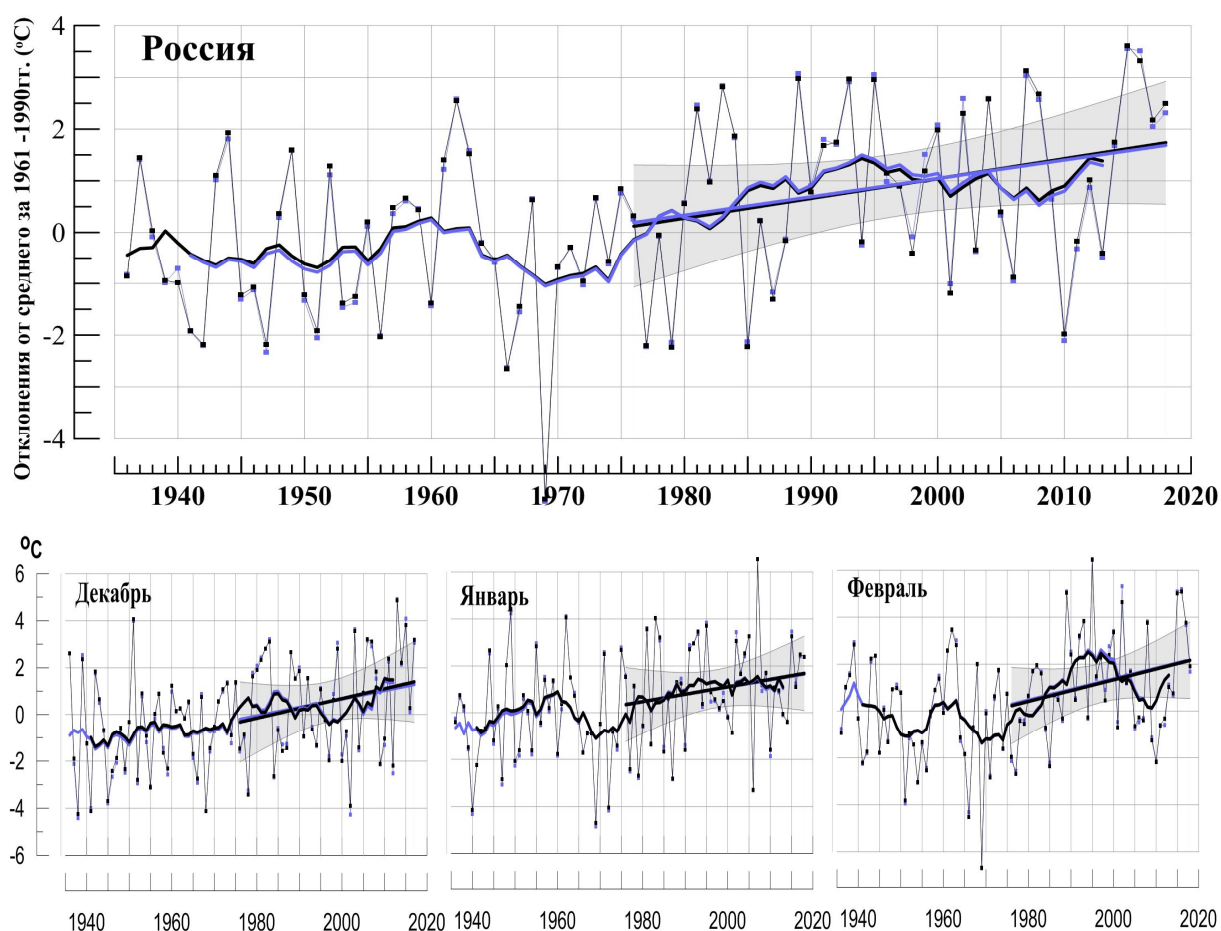


Рисунок 3.3 – Аномалия средней сезонной (вверху) и для месяцев сезона температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) осредненная по территории РФ.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2018 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 1976-2018 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>	0.39	9	0.6	12
Декабрь	0.42	5	0.8	8
Январь	0.32	4	0.3	2
Февраль	0.46	7	0.7	8

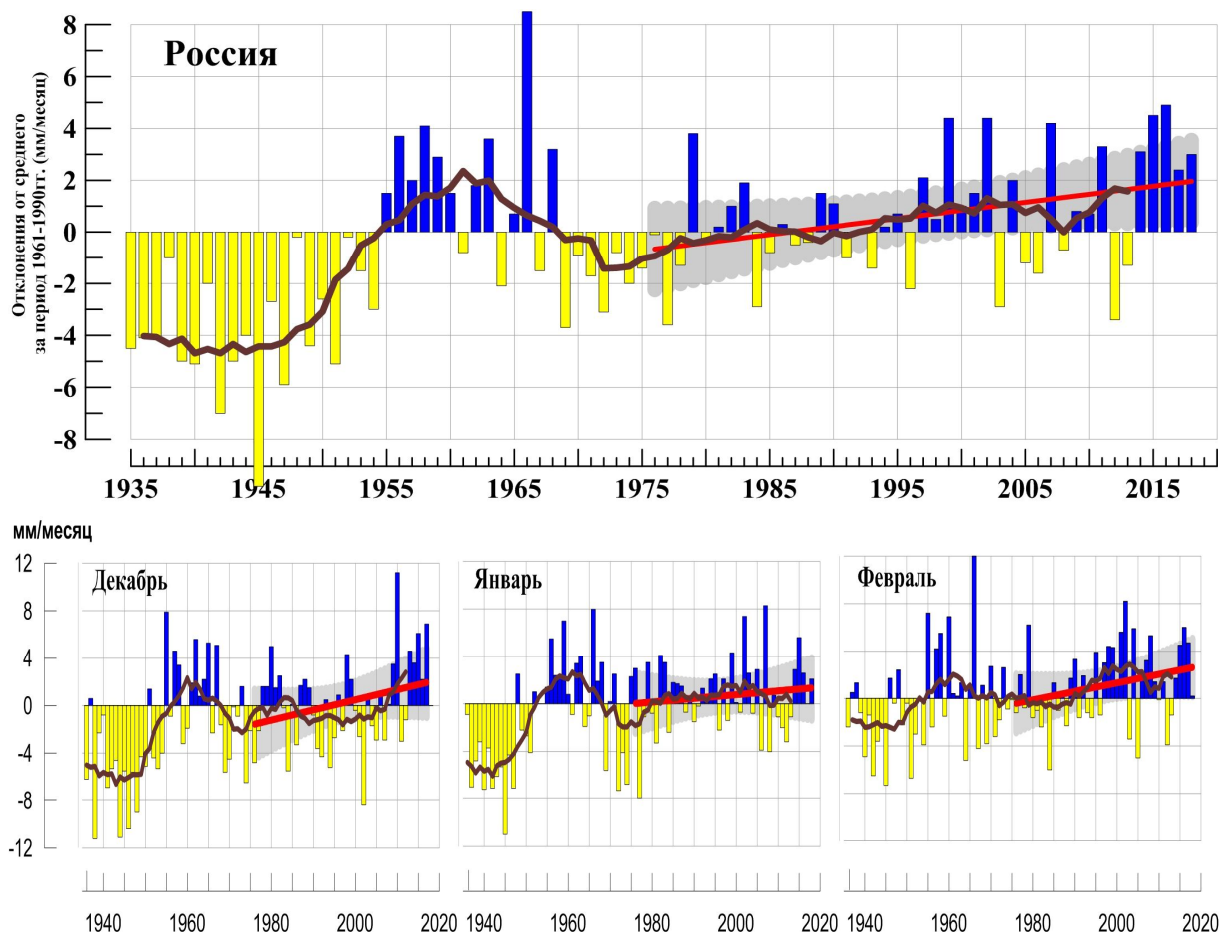


Рисунок 3.4 – То же, что на рис. 3.3, но для атмосферных осадков (мм/мес).

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 1936-2018 гг.

В разделе анализируется характер изменения регионально-осредненных температур и осадков для физико-географических регионов России и Федеральных округов. На рис. 4.1 – 4.4 приведены временные ряды осредненных по регионам аномалий средней месячной температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) и месячных сумм осадков (мм/месяц) зимнего сезона за 1936 – 2018 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2018 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, особенно в регионах: Западная Сибирь, Средняя Сибирь, Прибайкалье и Забайкалье. В Северо-Кавказском 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 1976-2018 гг. для физико-географических регионов и федеральных округов РФ (архив Т3288). По сравнению с периодом 1976-2017 гг. во всех регионах и федеральных округах РФ (кроме Приамурья и Приморья) тренды немного увеличились на $0.05\text{-}0.11^{\circ}\text{C}/10$ лет (за счет зимы, которая была в этих регионах теплее, чем зима 2016/17 гг.). В регионе Приамурье и Приморье тренд немного уменьшился (на $0.04^{\circ}\text{C}/10$ лет), так как зима на юге Приморского края была холоднее климатической нормы.

Таблица 4.1

Оценки линейного тренда осредненных по территории России среднесезонных аномалий температуры приземного воздуха и сумм осадков за 1976-2018 гг. (зимний сезон), b – коэффициенты линейного тренда, D - вклад тренда в дисперсию ряда.

Регионы	Температура		Осадки		
	b $^{\circ}\text{C}/10$ лет	D , %	b мм/мес/10 лет	b , %/10 лет	D , %
Россия	0.39	9	0.6	2.6	12
Физико-географические регионы России					
Европейская часть России	0.58	11	1.0	2.6	7
Азиатская часть России	0.31	6	0.5	2.5	9
Западная Сибирь	0.20	1	0.3	1.3	1
Средняя Сибирь	0.38	4	0.4	2.2	3
Прибайкалье и Забайкалье	0.25	3	0.5	4.8	13
Приамурье и Приморье	0.39	11	1.1	7.1	10
Восточная Сибирь	0.36	11	0.4	1.6	1
Федеральные округа РФ					
Северо-Западный	0.74	11	1.7	4.9	14
Центральный	0.68	13	1.3	3.2	4
Приволжский	0.41	5	0.3	0.7	0
Южный	0.49	11	0.0	0.0	0

Северно-Кавказский	0.41	14	1.5	3.1	4
Уральский	0.32	2	0.2	0.7	0
Сибирский	0.24	2	0.5	2.8	7
Дальневосточный	0.37	14	0.5	2.7	7

Для осадков региональные оценки сезонных трендов по сравнению с периодом 1976-2017 гг. практически не изменились. Следует отметить ЦФО: здесь оценки трендов увеличились на 1.2 %/мес/10 лет (за счет экстремально снежной зимы) и УФО: здесь оценки трендов уменьшились на 1.1 %/мес/10 лет (за счет малоснежной зимы). Тренд для всех регионов и ФО положителен (кроме ЮФО). Вклад региональных трендов в суммарную изменчивость почти везде статистически незначим (на 5%-ом уровне), за исключением региона Прибайкалье и Забайкалье).

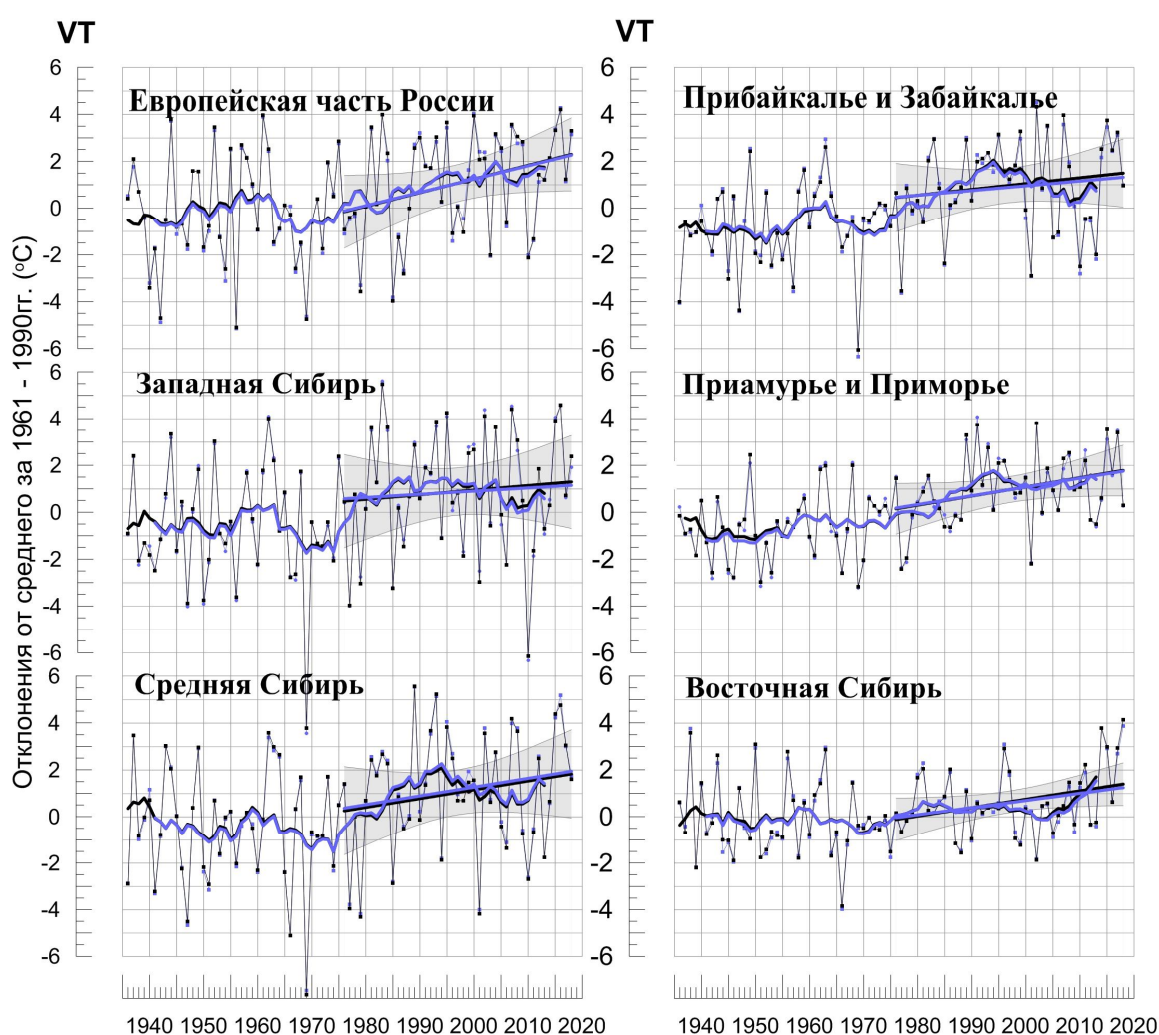


Рисунок 4.1 - Сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории физико-географических регионов РФ, зима 2017/18 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2018гг. Показана 95%-я доверительная область для линии тренда (по архиву T3288).

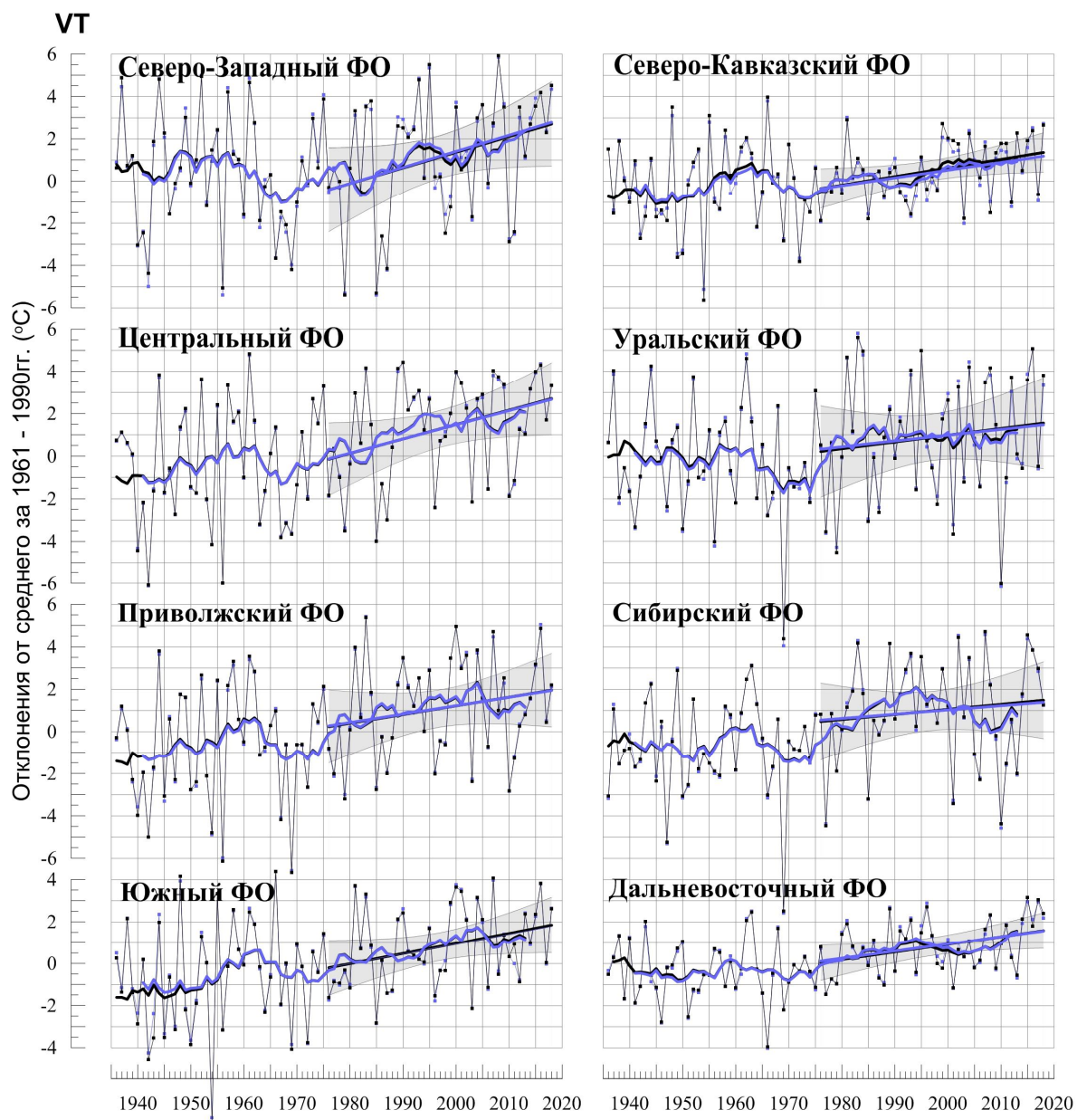


Рисунок 4.2 – То же, что на рис.4.1, но для федеральных округов

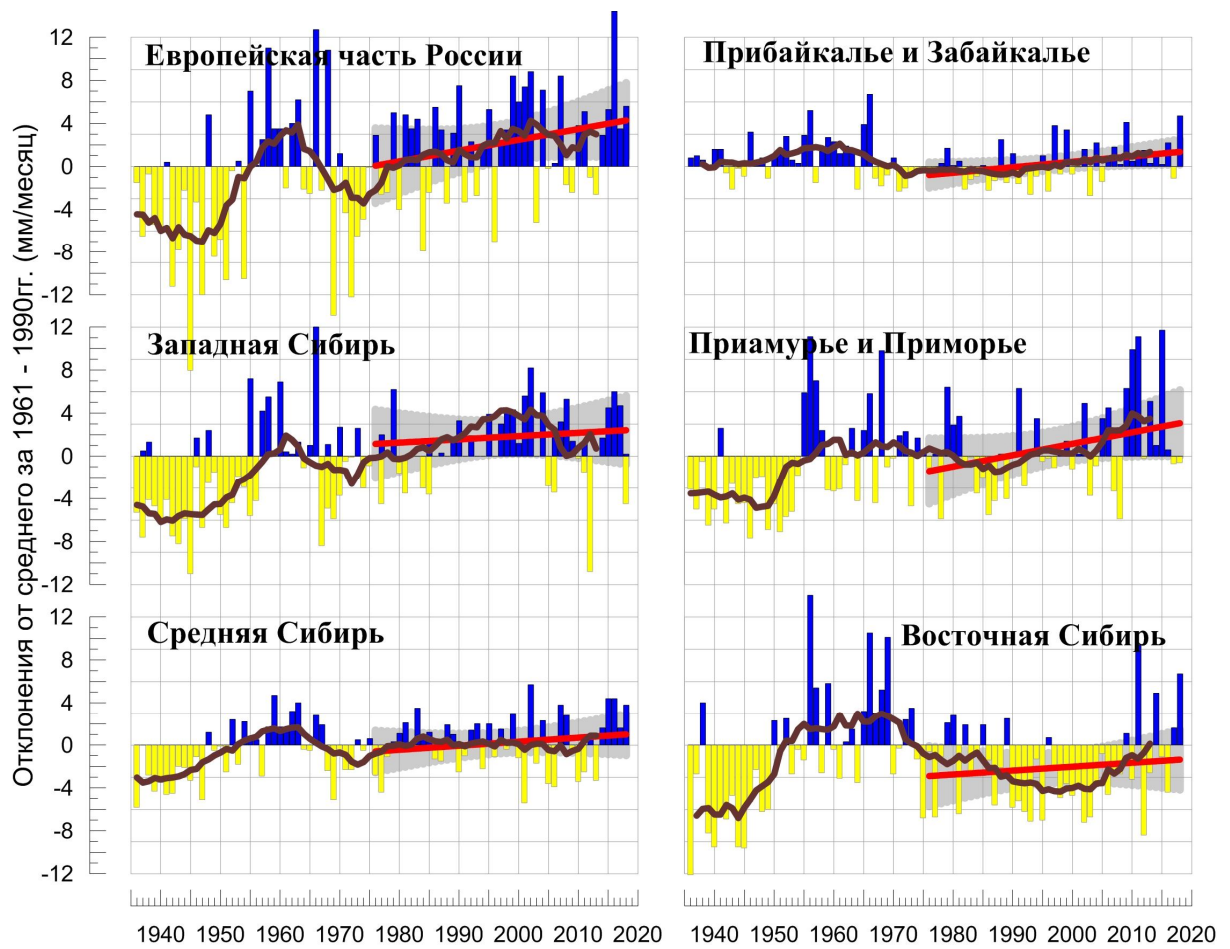


Рисунок 4.3 - Сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по регионам РФ, зима 2017/18 гг.

Условные обозначения см. на рис. 4.1.

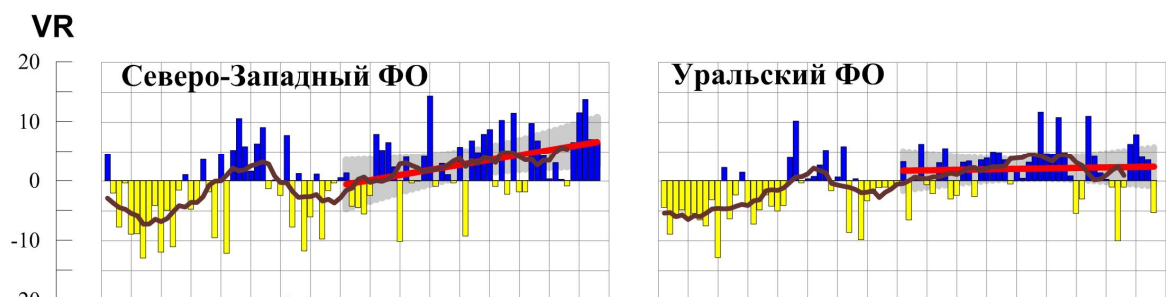


Рисунок 4.4 – То же, что на рис.4.3, но по территории федеральных округов

5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2018 гг. (зимний сезон)

В разделе приведены некоторые индексы экстремальности и аномальности для зимнего сезона в целом по территории России за период 1936 -2018 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 2017/18 гг. (рис. 5.1) площадь, занятая крупными положительными аномалиями (выше 80-го перцентиля) составила 40%, отрицательными аномалиями - 0%. 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 1976-2018 составляет 5.9%/10 лет и объясняет 9% дисперсии ряда). Тренд суммарной площади с крупными аномалиями обоих знаков составляет 3.4%/10 лет, дисперсия тренда 5%.

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).

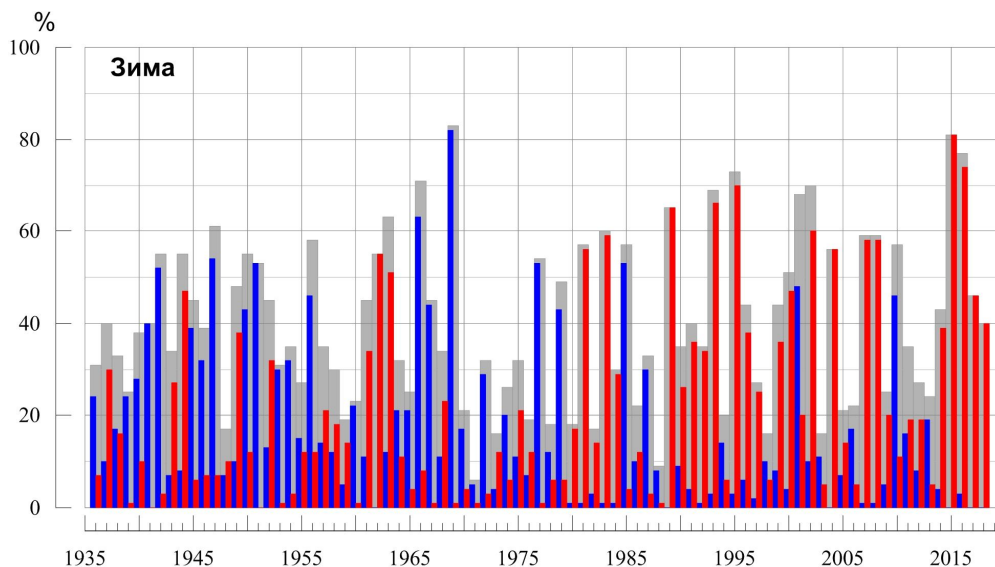


Рисунок 5.1 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями температуры, 1936-2018 гг. (зима):

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

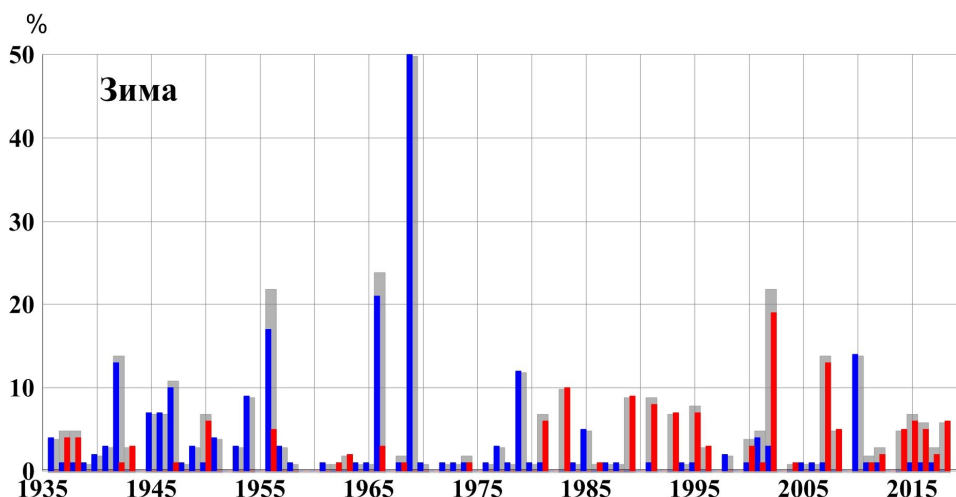


Рисунок 5.2 - Доля площади РФ (в процентах) с экстремальными (сезонная аномалия меньше -2σ : синие столбики, больше $+2\sigma$: красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры зимой, 1936-2018 гг. Базовый период для расчета статистик: 1961-1990 гг.

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. Максимальные

площади под экстремальными положительными аномалиями зимой наблюдались в 2002 (19%) и в 2007 (13%). Зимой 2017/18 гг. доля площади под экстремальными положительными аномалиями на территории России составила 6%, под экстремальными отрицательными аномалиями – 0%.

Анализ изменений индекса аномальности Багрова (рис. 5.3) показывает, что с начала 1970-х гг. аномальность температурного режима на территории РФ в зимний сезон очень слабо растет – тренд объясняет 9% общей дисперсии ряда за период 1976-2018 гг.

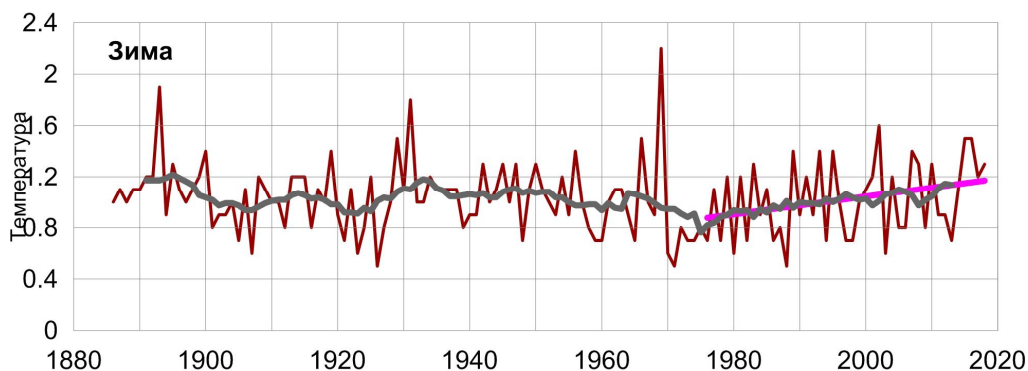


Рисунок 5.3. - Индекс аномальности (индекс Багрова) температурного режима на территории России зимой 1886-2018 гг.

Осадки. 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).

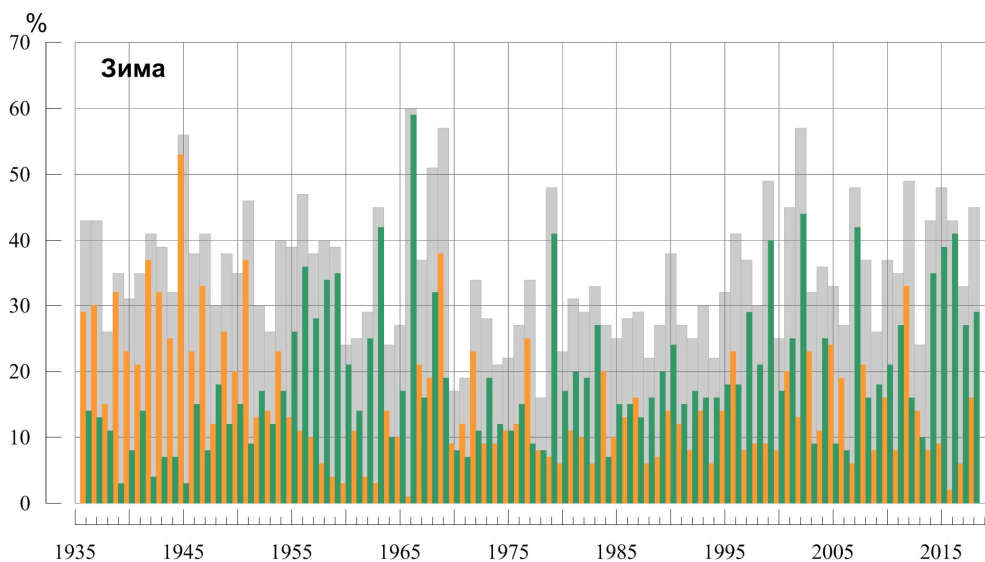


Рисунок 5.4 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями осадков, 1936-2018 гг. (зима):

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

Начиная с 1955 года преобладают крупные аномалии выше 80-го перцентиля и наблюдается их рост с середины 1970-х гг. (тренд за период 1976-2018 гг. составляет

2.9%/10 лет и объясняет 12% дисперсии ряда). Зимой 2017/18 гг. площадь, занятая крупными аномалиями выше 80 перцентиля составила 29% (пять лет подряд площади, занятые аномалиями выше 80 перцентиля занимают более 25% территории страны), ниже 20-го перцентиля – 16%.

ВЫВОДЫ

1. Зима 2017/18 гг. для Северного Полушария в целом была очень теплой: аномалия температуры $+1.220^{\circ}\text{C}$ – шестая в ряду с 1886 года, в целом по России зима была теплой: аномалия $+2.50^{\circ}\text{C}$ – ранг 11. Тепло на большей части страны (за исключением ряда районов юга АЧР). Экстремально тепло (аномалии на станциях более $+6^{\circ}\text{C}$) на Северном Урале, на Ямале, в Восточной Сибири, на юге ЮФО и СКФО. Холоднее, чем в среднем многолетнем, на юге Западной Сибири (аномалии -0.5°C - -2.5°C), в отдельных южных и центральных районах ДВФО (аномалии до -1°C).

2. Доля площади территории России, занятая крупными положительными среднесезонными аномалиями температуры (выше 80-го перцентиля), составила 40%, а доля площади РФ под экстремальными положительными аномалиями (выше 2σ) составила 6%.

3. Самым теплым был декабрь - осредненная по РФ аномалия температуры $+3.19^{\circ}\text{C}$ – ранг 6. Экстремально тепло (на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы, аномалии на станциях более $+4^{\circ}\text{C}$) в ЕЧР ($+4.93^{\circ}\text{C}$ – ранг 3), в Западной и Средней Сибири, на Чукотке. Холодно (аномалии до -3°C) в бассейне Лены, в Приморье.

В январе (в целом по РФ аномалия составила 2.39°C), на большей части России тепло, экстремально тепло на севере ЕЧР (осредненная по СЗФО аномалия 7.10°C – ранг 3). Холодно на юге страны от Южного Урала до Байкала (аномалии до -7.7°C).

В феврале экстремально тепло в Восточной Сибири ($+6.47^{\circ}\text{C}$ – ранг 2). Очень тепло (аномалии выше 2°C) в ЮФО и СКФО, на Северном Урале, на севере и в центре Красноярского края. Холодно в ЦФО (-0.57°C), в южных районах СЗФО, в Приамурье и Приморье (-0.66°C).

4. Зимой в среднем по РФ выпало 113% нормы осадков. Зима была экстремально снежная на западе и в центре ЕЧР, в Байкальском регионе, на севере Красноярского края, в бассейне реки Омолон, на Камчатке. Дефицит осадков (60%-80% нормы, 5%-е экстремумы на станциях) наблюдался на Южном Урале и юге Западной Сибири.

5. Зимой 2017/18 гг. площадь, занятая крупными аномалиями осадков больше 80 перцентиля составила 29% ниже 20-го перцентиля – 16%.

6. Декабрь был экстремально «снежным»: в среднем по РФ выпало 124% нормы – ранг 3; экстремальное количество осадков выпало в ЕЧР (128% - ранг 2), в Средней Сибири (126% - ранг 4), в Прибайкалье и Забайкалье (159% - ранг 2). Дефицит осадков (40-80%) наблюдался в УФО (83% нормы), на Алтае, в восточных и центральных районах ДВФО.

В январе осредненные по РФ осадки: 109% нормы. Значительный избыток осадков наблюдался на севере СФО и на большей части ДВФО (129% нормы – ранг 8, на многих станциях 95%-е экстремумы), в западных районах ЕЧР. Сильный дефицит осадков наблюдался в ПФО, в Уральском ФО (66% - среди десяти самых «сухих» январей, на многих станциях 5%-е экстремумы).

В феврале избыток осадков (более 120%) наблюдался в центральных и восточных областях АЧР, в центре ЕЧР. Сильный дефицит осадков (40%-80%) наблюдался в Приамурье и Приморье (47%), дефицит осадков (менее 80%) - на юге Западной и Средней Сибири, на севере ЕЧР, на Ямале.

7. Линейный тренд средней по России зимней температуры воздуха за период 1976-2018 гг. составил $+0.39^{\circ}\text{C}/10$ лет при вкладе тренда в дисперсию ряда 9%. 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 59%.

Основная географическая особенность климатических изменений температуры на территории России в зимний период – две области отрицательного тренда зимних температур: первая наблюдается на севере Корякского АО, вторая - в южной части Сибири (впервые проявилась в 2010 г). Площадь области и интенсивность похолодания на севере Корякского АО в оценках за период 1976-2018 гг. уменьшились по сравнению с оценками за период 1976-2017 гг. (из-за экстремально теплой зимы).

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 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 $+2.6\%/10$ лет, (объясняет 12% 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: $+4.8\%/10$ лет, объясняет 13% дисперсии.

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

По сравнению с периодом 1976-2017 гг. оценки сезонных трендов практически не изменились; но следует отметить ЦФО: здесь оценки трендов увеличились на 1.2 % /мес /10 лет (за счет экстремально снежной зимы) и УФО: здесь оценки трендов уменьшились на 1.1 % /мес /10 лет (за счет малоснежной зимы).

ПРИЛОЖЕНИЕ

Федеральная служба
по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды

Российская
Академия Наук

ФГБУ «Институт Глобального климата и экологии»

Обзор состояния и тенденций изменения климата на территории Республики Беларусь

ЗИМА 2017/18



ВВЕДЕНИЕ

В настоящем Приложении^{*} приводится информация о состоянии приземного климата (температура приземного воздуха и атмосферные осадки) зимой 2017/18 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 7 станций Республики Беларусь, табл. 1).

Таблица 1.

Список используемых станций Республики Беларусь.

	Название	№ ВМО	широта	Долгота	Высота
1	Витебск	26666	55.20	30.20	169
2	Минск	26850	53.90	27.50	234
3	Могилев	26863	53.90	30.30	180
4	Брест	33008	52.10	23.70	144
5	Пинск	33019	52.10	26.10	144
6	Василевичи	33038	52.30	29.80	140
7	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 2016 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»

^{*} Материалы подготовлены в ФГБУ ИГКЭ Росгидромета и РАН с использованием данных НИУ Росгидромета: ФГБУ «Гидрометцентр РФ» и ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»

среднее (среднее арифметическое из значений аномалий на попавших в эту ячейку станциях). На втором этапе выполняется взвешенное осреднение «ячеечных» средних с весами, пропорциональными площади пересечения ячейки с территорией региона. Все расчеты, включая определение принадлежности ячейки к региону, площади их пересечения и 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 2017/18гг.

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.

Зимой (рис. 1) на всех станциях республики аномалии температуры были выше 2°C, аномалии от +2.41°C (в Бресте, на юго-западе) до +2.99°C (Гомеле, на юго-востоке). Сезонная аномалия температуры, осредненная по территории республики +2.66°C – 20-ая величина в ряду.

Таблица 2

Характеристики температурного режима на станциях Беларуси зимой 2017/18 г.

	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Могилев</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	26666	26850	26863	33008	33019	33038	33041
а) температура (град. Цельсия)							
<i>Зима 2017/18</i>	-3.77	-2.77	-3.70	-0.70	-1.33	-2.43	-2.57
Декабрь 2017	-0.1	0.5	-0.3	2.2	1.7	1.0	0.7
Январь	-3.3	-2.8	-3.5	-0.6	-1.7	-2.9	-3.0
Февраль	-7.9	-6.0	-7.3	-3.7	-4.0	-5.4	-5.4
б) аномалия температуры (град. Цельсия)							
<i>Зима 2017/18</i>	2.84	2.74	2.53	2.41	2.90	2.73	2.99
Декабрь 2017	4.70	4.32	3.78	3.90	4.28	4.33	4.30
Январь	4.87	4.12	4.48	3.85	4.03	3.95	4.32
Февраль	-1.06	-0.21	-0.66	-0.51	0.38	-0.08	0.36

Декабрь – очень теплый месяц в сезоне, осредненная по республике аномалия температуры 4.21°C - пятая величина в ряду, аномалии температуры на станциях: от +3.78°C (в Могилеве, на востоке) до +4.70°C (в Витебске, на севере). В Пинске, Минске и в Василевичах фиксировались 95%-е экстремумы температуры

Январь – также теплый месяц в сезоне, осредненная по территории республики аномалия температуры $+4.153^{\circ}\text{C}$ – ранг 21, аномалии на станциях: от 3.85°C (в Бресте, на юго-западе) до $+4.87^{\circ}\text{C}$ (в Витебске, на севере).

Февраль – прохладный месяц в сезоне, аномалия температуры, осредненная по территории республики: -0.37°C . Аномалии температуры на станциях от -1.06°C (в Витебске, на севере) до $+0.38^{\circ}\text{C}$ (в Пинске, на юге).

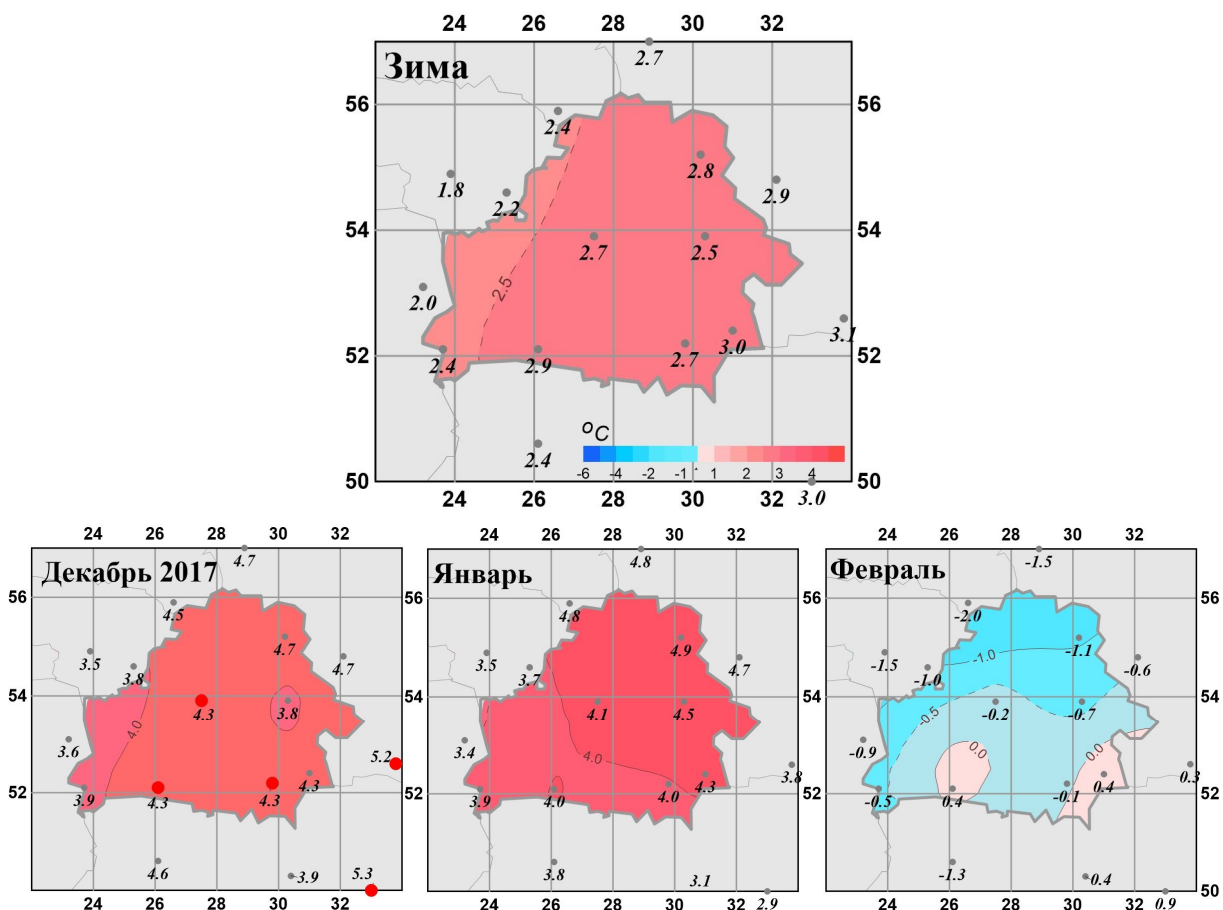


Рисунок 1 - Средние сезонные и средние месячные аномалии температуры ($^{\circ}\text{C}$) приземного воздуха на территории республики Беларусь зимой 2017/18 гг.

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 процента

Зимой (рис. 2) осредненные по территории республики осадки составили 134% сезонной нормы – это 8-9-ая величина в ряду. Избыток осадков наблюдался в центральных и восточных (особенно) областях, наибольшее количество осадков выпало в Гомеле (164% нормы). Дефицит осадков наблюдался на юго-западе: в Бресте выпало 76% нормы.

Декабрь – самый «влажный» месяц в сезоне, выпало 167% нормы – это вторая величина в ряду. На всех станциях (кроме Бреста) наблюдался избыток осадков, в Василевичах, в Гомеле и в Витебске фиксировались 95%-е экстремумы осадков.

В январе избыток осадков наблюдался на севере (Витебске выпало 164%), на юге республики - наблюдался дефицит осадков (в Бресте и в Гомеле выпало 87% месячной нормы).

В феврале избыток осадков наблюдался на востоке республики (в Гомеле выпало 173%), в центральных и западных областях республики наблюдался дефицит осадков (в Бресте выпало лишь 52% нормы).

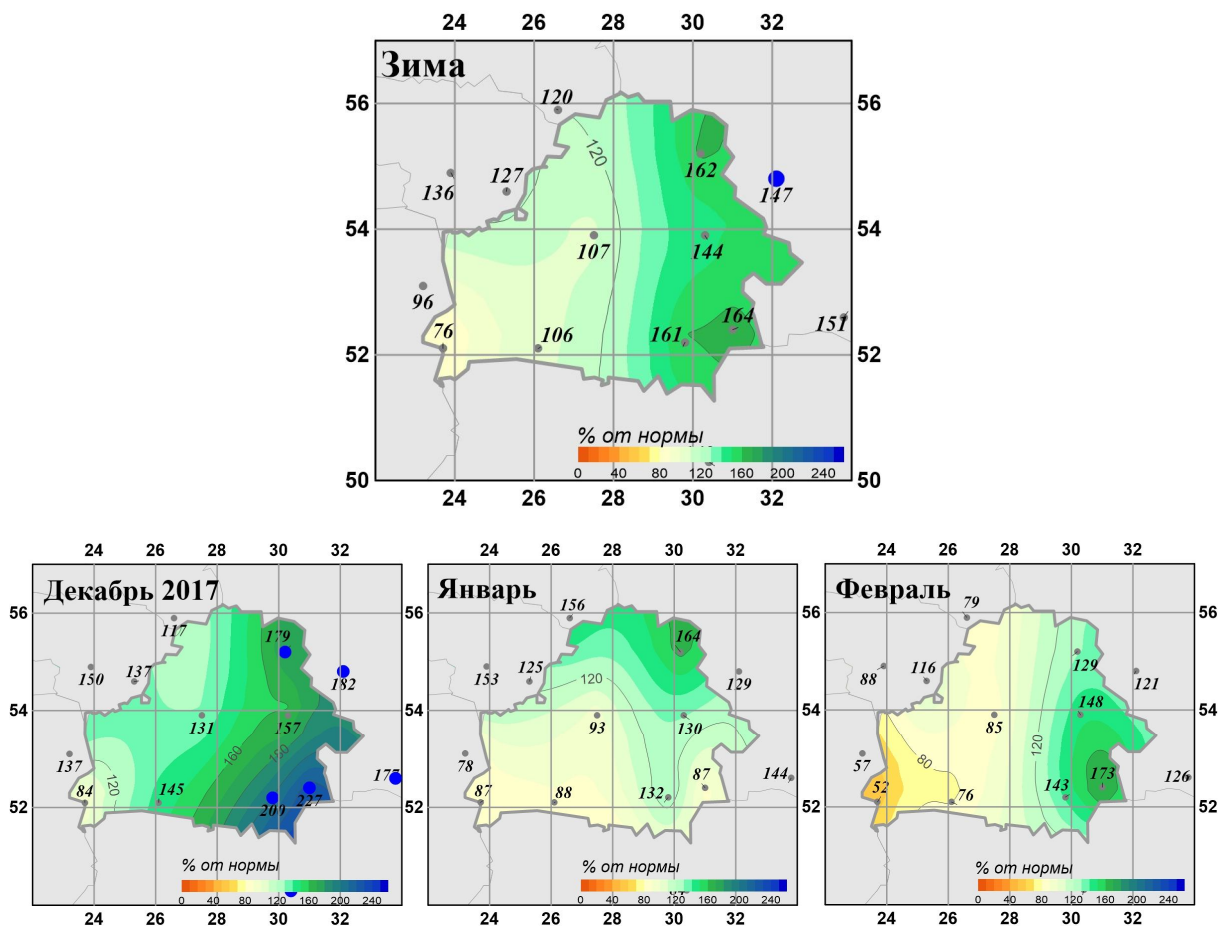


Рисунок 2 - Средние сезонные и месячные аномалии атмосферных осадков (% от нормы) на территории республики Беларусь зимой 2017/18 гг.

Аномалии рассчитаны относительно периода 1961-1990 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) и осадков (в % от нормы) на станциях. Красным кружком показан стационарный экстремум – ниже 5-го процентиля

Таблица 3

Характеристики режима осадков на станциях Беларуси зимой 2017/18 гг.

	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Могилев</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	26666	26850	26863	33008	33019	33038	33041
а) Сумма осадков (мм/месяц)							
<i>Зима 2017/18</i>	64.0	45.0	52.0	28.7	36.3	63.3	59.0
Декабрь 2017	92	69	69	37	58	93	99
Январь	62	37	46	32	30	51	31
Февраль	38	29	41	17	21	46	47
б) Аномалия сумм осадков / (мм/месяц)							
<i>Зима 2017/18</i>	24.4	3.7	16.4	-7.6	2.4	24.3	23.5
Декабрь 2017	40.5	16.4	25.1	-6.9	17.9	46.6	55.5
Январь	24.3	-0.3	10.6	-0.5	-3.9	12.3	-4.8
Февраль	8.5	-5.1	13.4	-15.5	-6.7	13.9	19.9

в) Относительная аномалия сумм осадков (% от нормы)							
Зима 2017/18	162	107	144	76	106	161	164
Декабрь 2017	179	131	157	84	145	200	227
Январь	164	93	130	87	88	132	87
Февраль	129	85	148	52	76	143	173

На рисунках 3, 4 показаны временные ряды осредненных по территории Беларуси сезонных и месячных аномалий температуры воздуха и осадков с 1936 по 2018 гг.

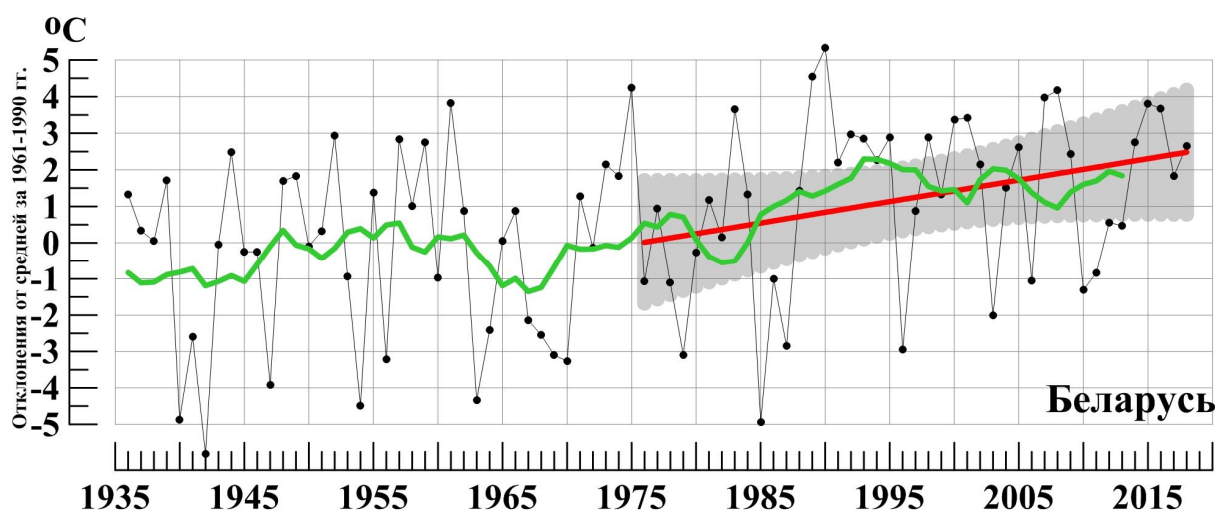


Рисунок 3 - Сезонные (декабрь - февраль) аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2018 гг.

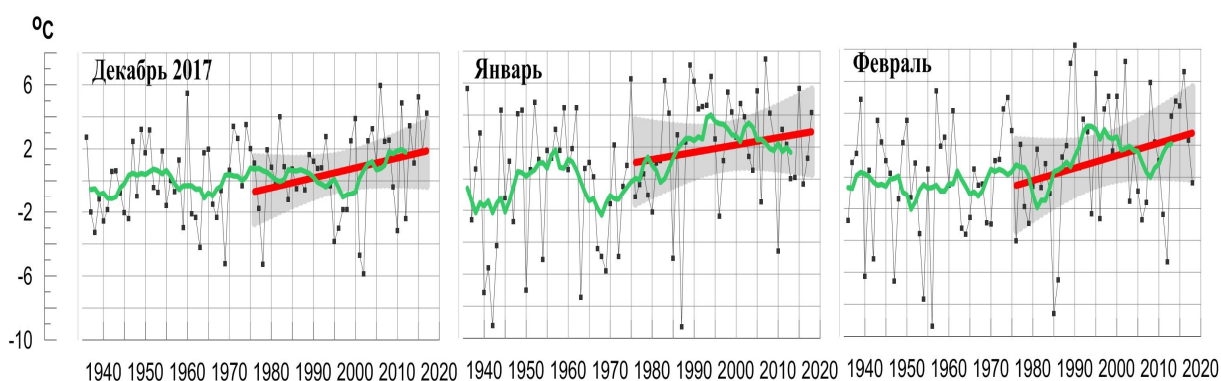


Рисунок 4 - Средние месячные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь.

Условные обозначения см. на рисунке 3.

Тренд зимних температур, в среднем по территории Беларуси, составил $+0.59^{\circ}\text{C}/10$ лет (ответствен за 10% дисперсии) (зимой 2016/17гг. $+0.58^{\circ}\text{C}/10$ лет и 9% соответственно). Во все месяцы сезона тренд положителен, но незначим даже на уровне 5%. Наибольшее потепление наблюдается в феврале: тренд составил $+0.78^{\circ}\text{C}/10$ лет (ответствен за 6% дисперсии ряда).

В изменении регионально осредненных осадков сезонный тренд составил 2.2 мм/месяц/10 лет (ответствен за 13% дисперсии). Наибольшее увеличение осадков наблюдается в феврале: 4.2 мм/месяц/10 лет (тренд ответствен за 17% дисперсии), в декабре и в январе увеличение осадков незначительное.

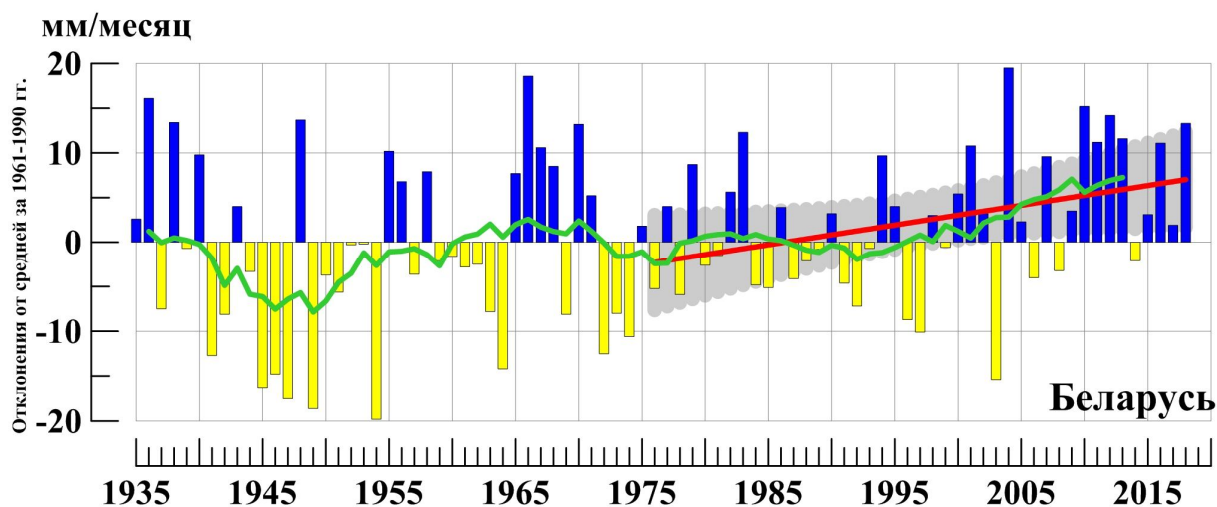


Рисунок 5 - Сезонные (декабрь - февраль) аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рис. 3

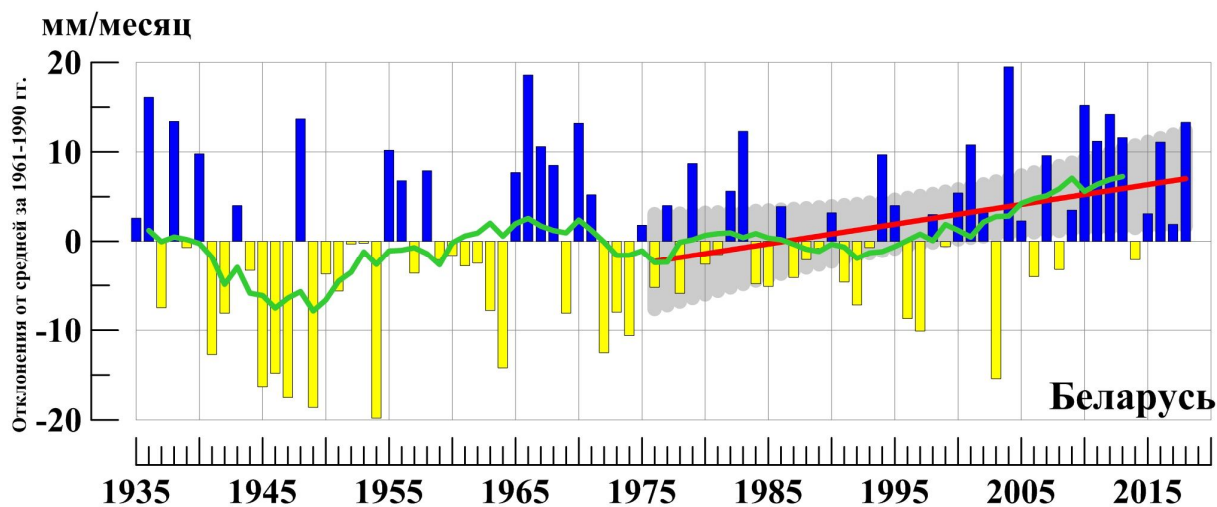


Рисунок 6 - Средние месячные аномалии атмосферных осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рисунке 3.

Таблица 4

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

	νT_{2018}	s	νR_{2018}	s	RR_{2018}
<i>Зима 2017/18</i>	2.66	2.71	13.3	8.1	134
Декабрь 2017	4.21	2.39	31.0	14.4	167
Январь	4.15	4.17	4.5	16.7	112
Февраль	-0.37	3.70	4.5	13.0	115

Примечание: Аномалии vT_{2018} ($^{\circ}C$), vR_{2018} (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 1976-2018 гг. в среднем по Республике Беларусь

Сезон	Температура		Осадки	
	$b_{1976-2018}$ $^{\circ}C/10$ лет	$D_{1976-2018}$ %	$b_{1976-2018}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2018}$ %
Зима 2017/18	0.59	10	2.2	13
Декабрь 2017	0.62	7	1.1	1
Январь	0.46	3	1.3	1
Февраль	0.78	6	4.2	17

ВЫВОДЫ

1. Зима в Беларуси была теплой, осредненная по территории республики сезонная аномалия температуры $+2.66^{\circ}C$ – 20-ая величина в ряду. На всех станциях республики сезонные аномалии были выше $2^{\circ}C$. Декабрь самый теплый месяц в сезоне, осредненная по республике аномалия температуры $4.21^{\circ}C$ - пятая величина в ряду, на ряде станций центра и юга фиксировались 95%-е экстремумы. Январь также очень теплый месяц в сезоне ($4.15^{\circ}C$), в феврале на большинстве станций аномалии температуры были отрицательными.

2. В среднем по Беларуси осадки составили 134% нормы - это 8-9-ая величина в ряду. Избыток осадков наблюдался в центральных и восточных областях (в основном, за счет декабря и февраля), на юго-востоке республики все три месяца сезона наблюдался дефицит осадков, наиболее сильный – в феврале (в Бресте выпало лишь 52% нормы).

Из месяцев сезона выделяется декабрь, в среднем по республике выпало 167% нормы – это вторая величина в ряду, на ряде станций востока фиксировались 95%-е экстремумы осадков.

3. В среднем по территории Беларуси отмечается тенденция к потеплению, как в среднем за сезон (линейный тренд составил $0.59^{\circ}C/10$ лет, ответствен за 10% дисперсии), так и в отдельные зимние месяцы, но тренд незначим даже на уровне 5%. Наибольшее потепление наблюдается в феврале: тренд составил $+0.78^{\circ}C/10$ лет.

В целом для Беларуси отмечается тенденция к увеличению осадков, линейный тренд составил 2.2 мм/месяц/10 лет (ответствен за 13% дисперсии), значимый на уровне 1% рост осадков отмечается в феврале.