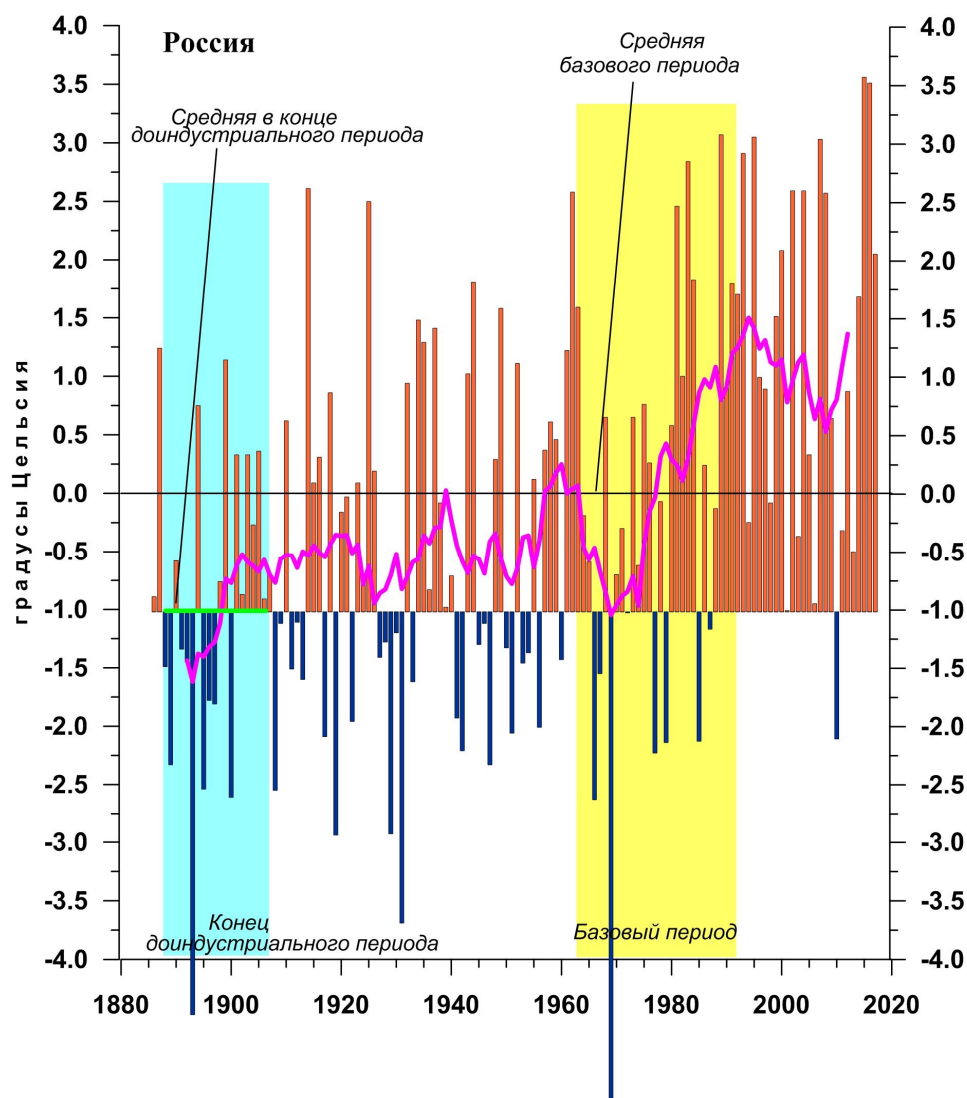


ФГБУ «Институт Глобального Климата и Экологии»



## ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2017

**ЗИМА: декабрь 2016 – февраль 2017**

Обзор состояния и тенденций изменения  
климата России

★  
Москва 2017

## ОГЛАВЛЕНИЕ<sup>1</sup>

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ (зимний сезон).....	6
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗИМЫ 2016/17 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, 1936-2017 гг.....	19
5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2017 гг. (зимний сезон) .....	23
ВЫВОДЫ .....	26
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности зимы 2016/17 гг. на территории Республики Беларусь .....	28

---

<sup>1</sup> На обложке приведен ход средней сезонной аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2017 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 базовом архиве ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН». Архив включает данные инструментальных наблюдений на 1383 станциях земного шара, в том числе 455 станций стран СНГ и Балтии (из них 310 станций России). В настоящем выпуске использованы данные 251 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 наблюденного 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.

Регионально осредненные аномалии рассчитываются в два этапа. На первом этапе территория региона покрывается регулярной сеткой  $2.5^{\circ}$  широты \*  $5.0^{\circ}$  долготы, и

в каждой ячейке сетки рассчитывается среднее арифметическое из попавших в эту ячейку стационарных аномалий. Затем выполняется взвешенное осреднение ячейечных средних с весами, пропорциональными площади пересечения ячейки с территорией региона.

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



**Рисунок 2 - Федеральные округа Российской Федерации**

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

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\*.

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

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»).

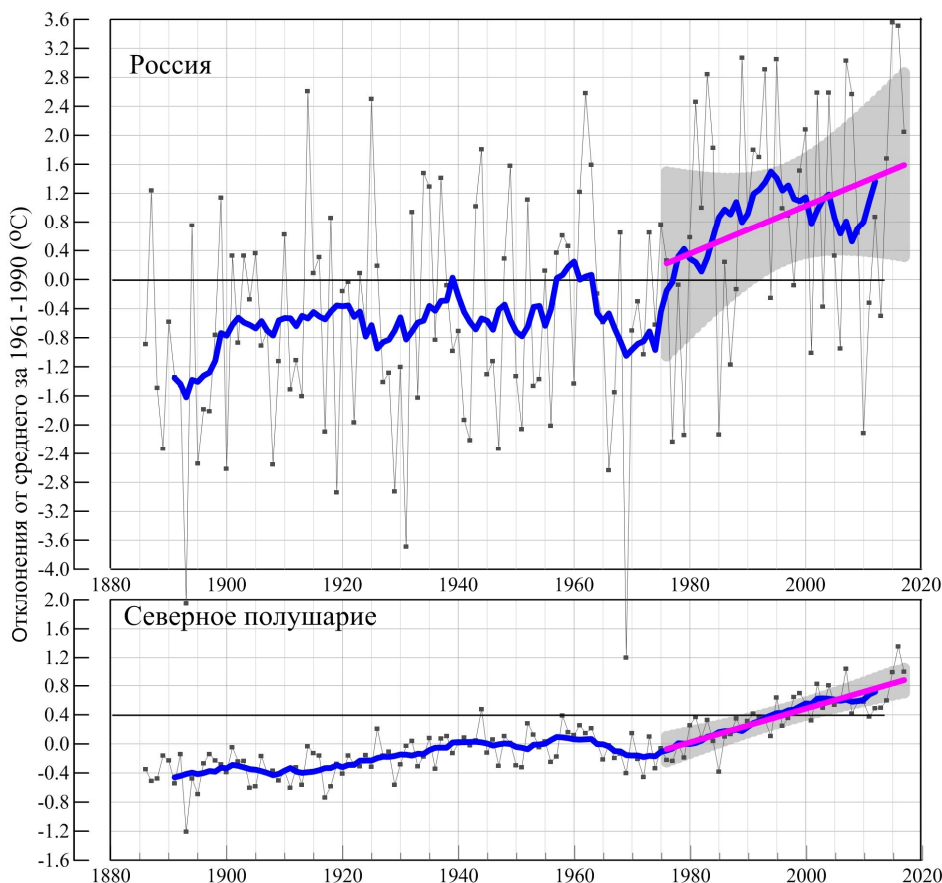
---

\*\* 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, Е.С. Щичилина

# 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 2016/17: декабрь 2016 - февраль 2017), 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](http://www.cru.uea.ac.uk)). Временной ряд для территории России рассчитан по стационарным данным о температуре приземного воздуха ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН». Представлен также линейный тренд за 1976-2017 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% покрывающая истинную линию тренда.



**Рисунок 1.1** – Сезонная аномалия (зима: декабрь 2016 – февраль 2017) температуры приземного воздуха, осредненная по Северному полушарию (суша) и территории России за 1886-2017 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 1976-2017 гг. Использованы данные Университета Восточной Англии (СП) и данные ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» (Россия).*

Аномалия температуры воздуха над сушей СП зимой составила  $+0.990^{\circ}\text{C}$  (при стандартном отклонении  $0.41^{\circ}\text{C}$ ) – третья по величине положительная аномалия с 1886 г. (после рекордной зимы 2016 года: аномалия  $+1.354^{\circ}\text{C}$  и зимы 2007 года: аномалия  $+1.031^{\circ}\text{C}$ ).

Для России в целом средняя сезонная аномалия температуры приземного воздуха составила  $+2.05^{\circ}\text{C}$  при величине стандартного отклонения  $1.82^{\circ}\text{C}$  – лишь 16-я в ряду.

Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений зимних температур за период 1976-2017 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 течении периода с 1976 по 2017 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 2016 – февраль 2017) 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 1976-2017 гг.

Регионы	$\nu T_{2017}$	$s_{1961-90}$	$b, ^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$	$D \%$
СП	0.99	0.41	0.23	63
Россия	2.05	1.82	0.33	6

*Примечание:*  $\nu T$  – аномалия температуры,  $s$  - стандартное отклонение за период 1961-1990,  $b$  – коэффициент линейного тренда,  $D$  - вклад тренда в дисперсию.

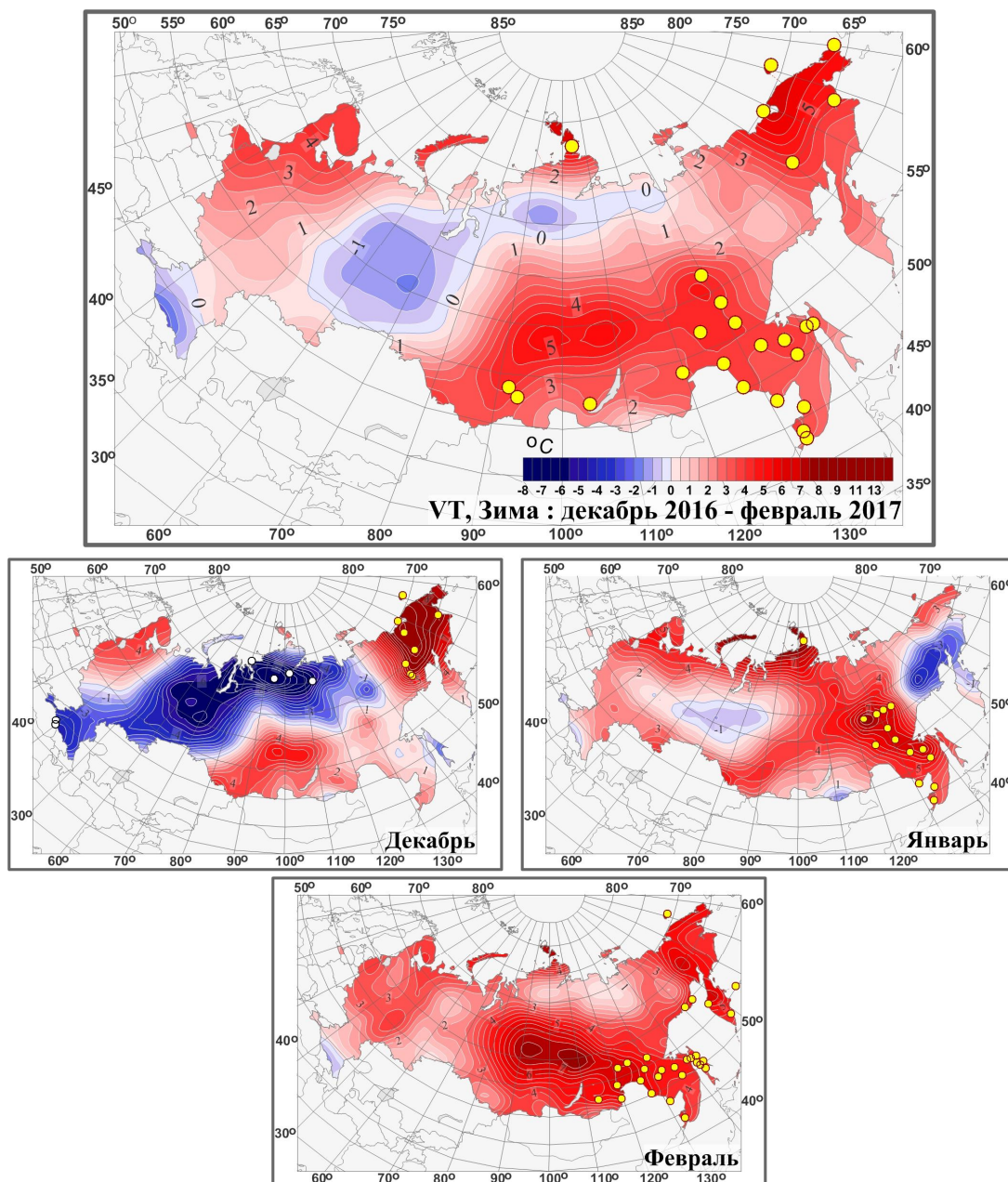
## **2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗИМЫ 2016/17 гг. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ**

На рис. 2.1 и 2.3 представлены карты сезонных и месячных аномалий температуры и осадков на территории России зимы 2016/17 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  $+2.05^{\circ}\text{C}$ . Положительные аномалии температуры наблюдались от западных границ РФ до предгорья Урала (кроме части Южного ФО и в Северо-Кавказском ФО); а также в АЧР восточнее  $80^{\circ}$  в.д. (кроме Северо-Сибирской низменности). Осредненные по регионам Прибайкалье и Забайкалье и Приамурье и Приморье сезонные аномалии температуры  $3.12^{\circ}\text{C}$  и  $3.49^{\circ}\text{C}$  – пятая и третья величины в соответствующих рядах; а по

Дальневосточному ФО:  $2.94^{\circ}\text{C}$  – максимальная величина в ряду. Аномально теплым был декабрь на Чукотке; и январь и, особенно, февраль на юге Дальневосточного ФО; на многих станциях зимой здесь фиксировались 95%-е экстремумы.

Температуры ниже нормы наблюдались на Урале, большей части Западной Сибири и на территории Северо-Сибирской низменности, аномалии температуры до  $-2^{\circ}\text{C}$  (Ханты-Мансийск) за счет аномально холодного декабря; а также на юге Южного ФО и в Северо-Кавказском ФО до  $-1.9^{\circ}\text{C}$  (Сочи).

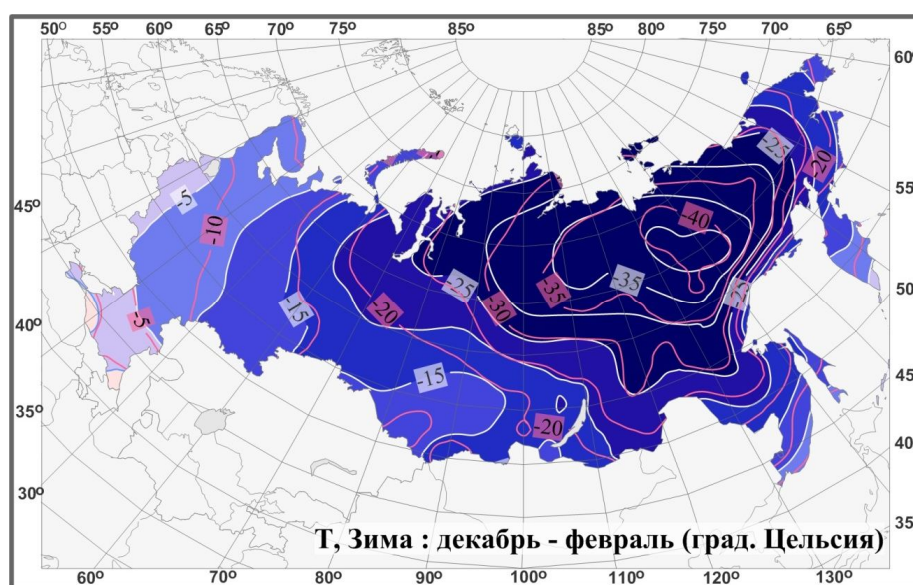


**Рисунок 2.1** – Поля средней сезонной и средних месячных аномалий температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) на территории России зимой 2016/17 гг. Кружками белого цвета показано местоположение станционных экстремумов ниже 5-го перцентиля, желтого – выше 95-го перцентиля.

*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 южных районах ЕЧР сезонные изотермы практически совпадают, в западных и центральных районах ЕЧР сезонные изотермы смещены к востоку примерно на 3°-4° долготы. На Урале и в Западной Сибири изотермы зимы 2016/17 гг. и климатические изотермы практически совпадают, а далее на восток сезонные изотермы (особенно 30° и 35°) смещены от своего климатического положения к востоку (на 2°-3° долготы) и к северу (на 2°-3° широты). На северо-востоке страны и Приамурье и Приморье изотермы смещены на запад примерно на 5° долготы от своего климатического положения. Поэтому область крайне низких сезонных температур (ниже 30°C) меньше по площади, чем в среднем многолетнем.



**Рисунок 2.2** – Поля средней сезонной температуры приземного воздуха (°C) на территории России зимой 2016/17 гг. Розовые изолинии: средние изотермы за период 1961-1990 гг.

**Декабрь.** Осредненная по территории РФ декабрьская аномалия температуры 0.1°C.

Холодно в огромной полосе от юго-запада страны до нижнего течения Лены, (на станции Волочанка на севере Красноярского края аномалия: -10.5°C), на ряде станций Карачаево-Черкессии и Таймырского АО отмечались 5%-е экстремумы.

Очень тепло на северо-востоке страны (на Чукотке аномалии около +8°C, на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы, на станции Островное аномалия: +10.8°C), на юге Сибирского и Дальневосточного ФО (кроме Сахалина), на северо-западе страны (аномалии до +4.5°C).

**Январь.** Осредненная в целом по России аномалия температуры составила 2.4°C, на большей части страны было тепло. Очень тепло (аномалии выше 4°C) на севере страны от Кольского п-ва до Таймыра и, далее на юго-восток до побережья Охотского и Японского морей (осредненная по Приамурью и Приморью аномалия температуры: 4.87°C – третья в ряду, на многих станциях юга Якутии и Приамурья и Приморья

фиксируются 95%-е экстремумы, на станции Тонгулах в Якутии аномалия составила 9.5°C); тепло также на Алтае и в предгорьях Саян.

Очень холодно в Магаданской и Камчатской областях: аномалии до -6°C (на станции Сусуман в Магаданской области). Холодно в Кировской области и, далее в центральных районах Западной Сибири (в Ханты-Мансийске: -1.4°C); в Крыму и на юге Южного ФО; на западе Читинской области (в Кыре: -2.9°C).

**Февраль.** Февраль – самый теплый месяц в сезоне, осредненная аномалия температуры по РФ составила 3.65°C – восьмая величина в ряду с 1936 года. Температуры выше климатической нормы наблюдались всюду, кроме части Южного ФО и в Северо-Кавказском ФО. Аномалии температуры выше 3°C фиксировались на большей части Сибирского ФО и Дальневосточного ФО (на станции Витим аномалия температуры 8°C), в центре и на севере ЕЧР. 95-е экстремумы фиксировались в бассейне Амура, в Приморье, в Магаданской области, на Камчатке.

Осредненные по регионам Прибайкалье и Забайкалье и Приамурье и Приморье аномалии температуры: 5.09°C и 4.95°C – пятая и третья величины в соответствующих рядах.

**Атмосферные осадки.** Осредненные осадки за зимний сезон составили 110% нормы.

Экстремальное количество осадков выпало в АЧР на юге Западной Сибири, на многих станциях фиксировались 95-е экстремумы (за счет экстремального декабря). Избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался на востоке Якутии (за счет января); на севере и востоке ЕЧР.

Дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался на побережье моря Лаптевых (дефицит осадков здесь наблюдался во все месяцы сезона), на Чукотке и на юге Сибирского ФО – за счет февраля.

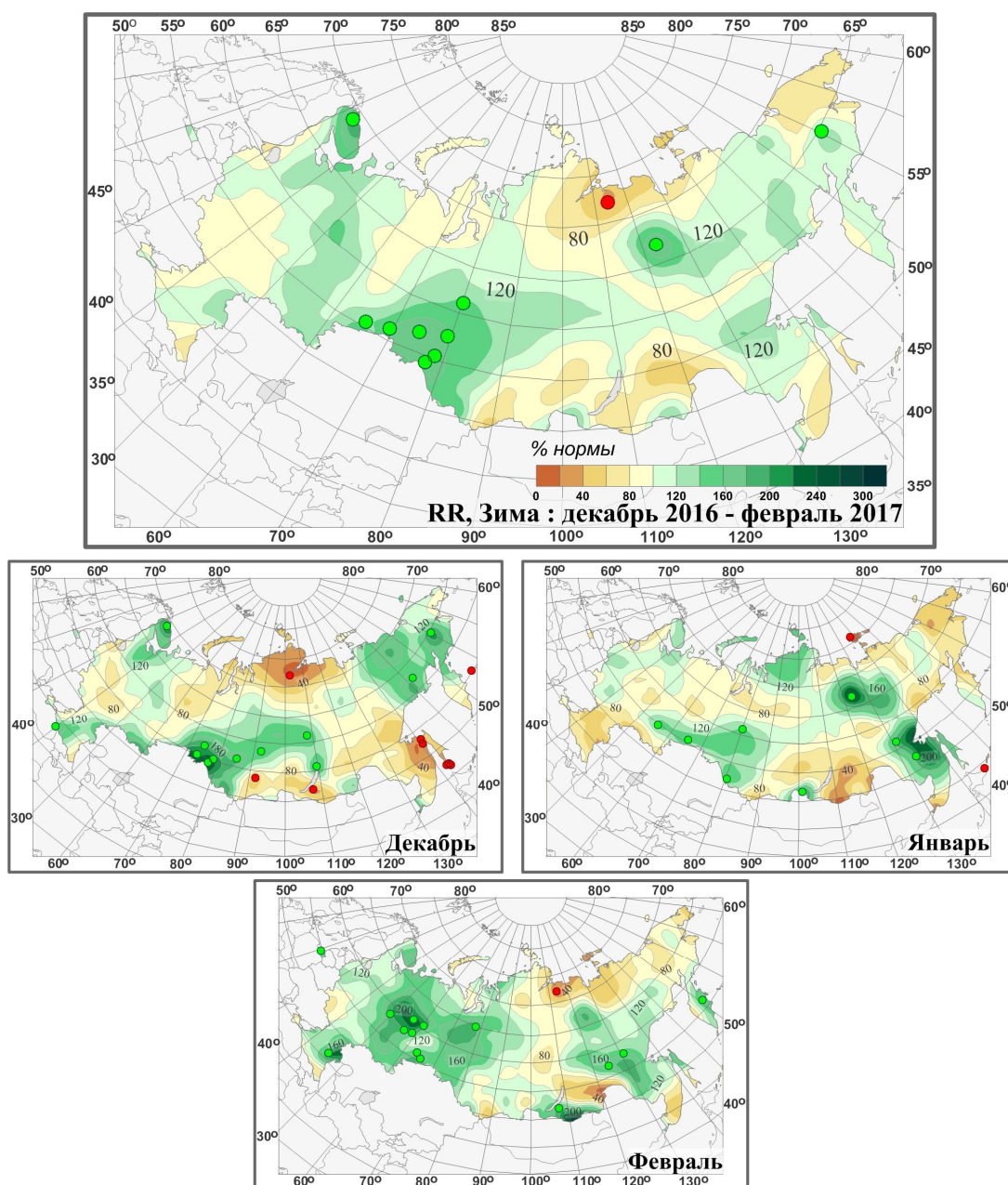
**Декабрь 2016 г.** Осредненные по территории РФ декабрьские осадки составили 108% нормы. Значительный избыток (более 120% нормы) осадков наблюдался на юге ЕЧР (в Сочи выпало 189%), на юге Западной и Средней Сибири (на большинстве станций Алтая выпало более двух норм или более 95-го перцентиля), а также в Восточной Сибири. Избыток осадков наблюдался также на севере ЕЧР (в Мурманске выпало 304% месячной нормы).

Сильный дефицит осадков (60%-20%) наблюдался на Таймыре (на станции Хатанга выпало 10% нормы), в районе Байкала, в Хабаровском крае, в Приамурье и Приморье, на ряде станций отмечались 5%-е экстремумы. Дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался в Центральном ФО и в Дагестане.

**Январь.** Осредненные осадки в целом по России были равны норме (100%). Но в ряде районов осадки были экстремальны: это дельта Амура (на станции Аян Хабаровского края выпало 280%) и центр Якутии (в Жиганске выпало 301% нормы); юг Западной Сибири (выпало более 120% нормы, на ряде станций отмечались 95%-е экстремумы).

Дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался на юге ЕЧР (особенно в Южном ФО: 62% нормы), в районе Байкала, на побережье Северного Ледовитого

океана восточнее Таймыра и на Чукотке (на о. Котельный в архипелаге Новосибирские острова осадков не выпало совсем).



**Рисунок 2.3** – Поля аномалий средних сезонных и месячных сумм осадков (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.) на территории России зимы 2016/17гг. (декабрь 2016 г. – февраль 2017 г.). Кружками красного цвета показаны стационарные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го перцентиля.

**Февраль.** Осредненные по РФ осадки 126%.

Избыток осадков преобладал. Избыток осадков (более 120%) наблюдался в Южном ФО, в центре и на востоке ЕЧР и далее, на большей части Западной Сибири (осредненные осадки по Уральскому ФО: 157% - ранг 7, в Приволжском ФО на ряде станций фиксировались 95%-е экстремумы); а также на большей части

Дальневосточного ФО и в Забайкалье (на ряде станций выпало более двух норм осадков, на станции Кыра Забайкальского края: 333%).

Дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался на побережье Северного Ледовитого океана восточнее Таймыра, в верховье Амура.

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 1936-2016 годы.

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

Как уже отмечалось выше, осредненная по России зимняя аномалия температуры (см. табл. 2.1) составила  $2.05^{\circ}\text{C}$ , величина аномалии выше среднеквадратического отклонения. Очень теплой была зима в Прибайкалье и Забайкалье и в Приамурье и Приморье, осредненные по этим регионам аномалии:  $3.12^{\circ}\text{C}$  и  $3.49^{\circ}\text{C}$  – пятая и третья величины в соответствующих рядах. Из федеральных округов необходимо отметить Дальневосточный ФО (аномалия  $+2.94^{\circ}\text{C}$  – максимальная величина в ряду). Из особенностей месяцев (см. табл. 2.1.1) выделяются: экстремально теплые январь (аномалия  $4.87^{\circ}\text{C}$ ) и февраль (аномалия  $4.95^{\circ}\text{C}$ ) в Приамурье и Приморье – эти месяцы среди трех самых теплых с 1936 года; февраль (аномалия  $5.09^{\circ}\text{C}$ ) – в Прибайкалье и Забайкалье – среди пяти самых теплых февралей здесь.

Зима (табл. 2.2) в РФ в целом была достаточно снежной, количество выпавших осадков составило 110% нормы. В большинстве регионов в среднем осадков выпало больше нормы, лишь в Прибайкалье и Забайкалье и в Приамурье и Приморье осадков выпало меньше нормы. Из месяцев сезона выделяется февраль (в среднем по РФ выпало 126% нормы) – избыток осадков в среднем наблюдался во всех регионах.

Таблица 2.1

Регионально осредненные аномалии температуры зимой 2016/17 гг.

Регионы	$vT_{2017}$	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2017})$
Российская Федерация	2.05	1.82	84.0
<b>Физико-географические регионы России</b>			
Европейская часть России	1.14	2.32	58.0
Азиатская часть России	2.42	1.89	86.4
Западная Сибирь	0.62	2.91	59.3
Средняя Сибирь	3.00	2.74	85.2
Прибайкалье и Забайкалье	<b>3.12</b>	<b>1.90</b>	<b>95.1</b>
Приамурье и Приморье	<b>3.49</b>	<b>1.67</b>	<b>97.5</b>
Восточная Сибирь	2.68	1.39	92.6
<b>Федеральные округа РФ</b>			
Северо-Западный	2.36	2.88	65.4
Центральный	1.69	2.69	64.2
Приволжский	0.51	2.54	53.1
Южный	-0.02	2.08	49.4
Северо-Кавказский	-0.94	1.59	24.7
Уральский	-0.60	3.12	38.3
Сибирский	2.84	2.57	85.2
Дальневосточный	<b>2.94</b>	<b>1.46</b>	<b>100</b>

**Примечание:** Аномалии  $vT_{2015}$  ( $^{\circ}C$ ) рассчитаны как отклонения от нормы 1961-1990 гг.;  $s$  ( $^{\circ}C$ ) – среднее квадратическое отклонение за базовый период; вероятности не превышения  $P(t \leq T_{2017})$  рассчитаны по выборке за 1936-2016 гг. и выражены в %. Выделены экстремальные значения, попавшие в 5% максимальных. **Таблица 2.1.1**

Регионально осредненные аномалии температуры в зимние месяцы.

Регионы	Декабрь 2016			Январь			Февраль		
	$vT_{2016}$	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2016})$	$vT_{2017}$	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2017})$	$vT_{2017}$	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2017})$
Российская Федерация	0.10	1.92	53.8	2.40	2.35	79.0	3.65	2.42	91.4
<b>Физико-географические регионы России</b>									
Европейская часть России	-0.97	2.70	33.8	2.05	3.46	58.0	2.31	2.95	74.1
Азиатская часть России	0.53	2.14	82.5	2.54	2.20	82.7	4.18	2.67	92.6
Западная Сибирь	-2.29	3.46	32.5	1.17	3.90	60.5	2.99	3.52	75.3
Средняя Сибирь	0.09	2.78	61.3	3.96	3.59	81.5	4.94	3.94	87.7
Прибайкалье и Забайкалье	2.23	2.57	78.8	2.03	2.40	82.7	<b>5.09</b>	<b>2.66</b>	<b>95.1</b>
Приамурье и Приморье	0.60	2.33	60.0	<b>4.87</b>	<b>2.36</b>	<b>97.5</b>	<b>4.95</b>	<b>2.08</b>	<b>97.5</b>
Восточная Сибирь	3.19	2.30	87.5	1.33	2.59	69.1	3.53	2.70	90.1
<b>Федеральные округа РФ</b>									
Северо-Западный	0.89	3.53	47.5	3.20	4.14	67.9	2.96	4.05	75.3
Центральный	0.57	2.95	51.2	1.71	4.19	54.3	2.84	3.65	76.5
Приволжский	-2.55	3.41	20.0	1.55	3.96	53.1	2.54	3.05	75.3
Южный	-2.82	2.13	16.2	1.67	3.32	59.3	1.09	3.23	55.6
Северо-Кавказский	-3.38	1.68	6.3	0.74	2.63	53.1	-0.19	2.42	46.9
Уральский	-4.74	3.70	15.0	0.38	4.18	48.1	2.56	3.92	66.7
Сибирский	1.28	2.99	63.7	2.35	3.31	76.5	4.89	3.38	90.1
Дальневосточный	1.43	2.06	78.8	3.36	1.85	92.6	4.02	2.42	93.8

Таблица 2.2

Регионально осредненные аномалии осадков зимой 2016/17 гг.

Регионы	$\nu R_{2017}$	$RR_{2017}$	$m$	$m-q1$	$q3-m$	$P(r \leq R_{2017})$
Российская Федерация	2.4	110	-0.50	0.98	1.58	82.7
<b>Физико-географические регионы России</b>						
Европейская часть России	3.5	109	-1.05	2.15	5.27	71.6
Азиатская часть России	1.9	110	-0.35	0.92	1.32	84.0
Западная Сибирь	5.7	125	0.10	3.10	2.40	88.9
Средняя Сибирь	1.6	109	-0.05	1.40	1.55	74.1
Прибайкалье и Забайкалье	-1.1	89	-0.50	0.78	1.60	22.2
Приамурье и Приморье	-0.7	96	-0.15	3.25	2.35	48.1
Восточная Сибирь	1.6	107	-0.45	2.32	2.92	75.3
<b>Федеральные округа РФ</b>						
Северо-Западный	7.0	120	0.00	3.85	4.08	85.2
Центральный	0.1	100	-1.10	5.38	8.12	50.6
Приволжский	2.9	108	0.95	6.88	4.40	67.9
Южный	-0.9	98	1.40	10.18	4.65	51.9
Северо-Кавказский	1.4	103	-1.65	9.63	7.72	50.6
Уральский	3.5	114	-0.10	2.10	3.28	75.3
Сибирский	3.0	117	-0.55	1.15	2.48	86.4
Дальневосточный	0.7	104	0.00	2.25	1.58	76.5

**Примечание:** Аномалии  $\nu R_{2017}$  (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за базовый период 1961-1990 гг.),  $RR_{2017}$  – отношение  $R_{2017}$  к норме, выраженное в %,  $q1$ ,  $q3$  и  $m$  – соответственно первый, третий квартиль и медиана аномалий (мм/месяц) за базовый период; вероятности неперевышения  $P(r \leq R_{2017})$  – рассчитаны по выборке за 1936-2016 гг. и выражены в %. Выделены экстремальные значения, попавшие в 5% максимальных.

Таблица 2.2.1

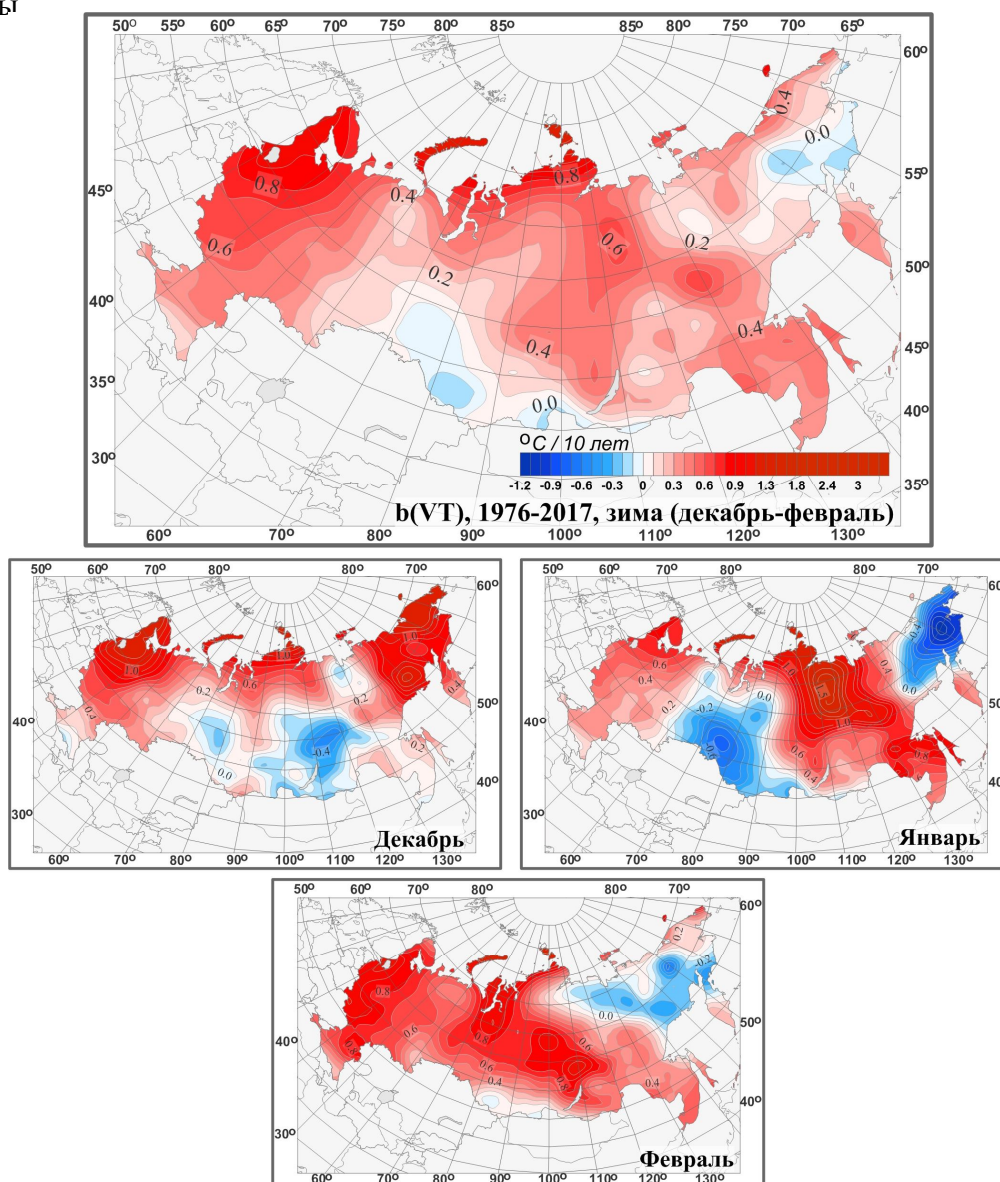
Регионально осредненные аномалии осадков в зимние месяцы.

Регионы	Декабрь 2016г.			Январь			Февраль		
	$\nu R_{2016}$	$RR_{2016}$	$P(r \leq R_{2016})$	$\nu R_{2017}$	$RR_{2017}$	$P(r \leq R_{2017})$	$\nu R_{2015}$	$RR_{2015}$	$P(r \leq R_{2015})$
Российская Федерация	2.2	108	80.0	0.0	100	51.9	4.7	126	87.7
<b>Физико-географические регионы России</b>									
Европейская часть России	4.1	109	75.0	-2.8	93	33.3	8.6	130	81.5
Азиатская часть России	1.4	106	80.0	1.2	106	71.6	3.2	122	91.4
Западная Сибирь	6.5	124	82.5	3.6	115	79.0	6.9	140	88.9
Средняя Сибирь	2.1	109	73.8	0.5	103	60.5	2.1	116	72.8
Прибайкалье и Забайкалье	-2.7	82	25.0	-1.5	84	21.0	1.0	114	63.0
Приамурье и Приморье	-9.0	56	18.8	4.7	137	75.3	1.8	114	71.6
Восточная Сибирь	3.2	113	81.3	-0.8	97	70.4	2.6	114	76.5
<b>Федеральные округа РФ</b>									
Северо-Западный	8.5	120	77.5	1.5	104	50.6	9.4	135	81.5
Центральный	-3.1	94	58.7	0.7	102	51.9	2.9	109	53.1
Приволжский	-0.1	100	50.0	-4.4	88	37.0	13.3	150	84.0
Южный	7.2	114	76.2	-16.6	62	17.3	6.6	121	61.7
Северо-Кавказский	8.3	114	68.8	-3.2	93	46.9	-1.0	98	50.6

Уральский	-1.2	96	47.5	1.1	104	61.7	10.8	157	92.6
Сибирский	5.6	124	86.3	1.5	108	70.4	1.7	113	69.1
Дальневосточный	-1.4	94	48.8	1.2	107	71.6	2.4	116	82.7

### 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 1976-2017 гг. температуры приземного воздуха и атмосферных осадков на территории России для зимнего сезона в целом и для каждого из месяцев зимы

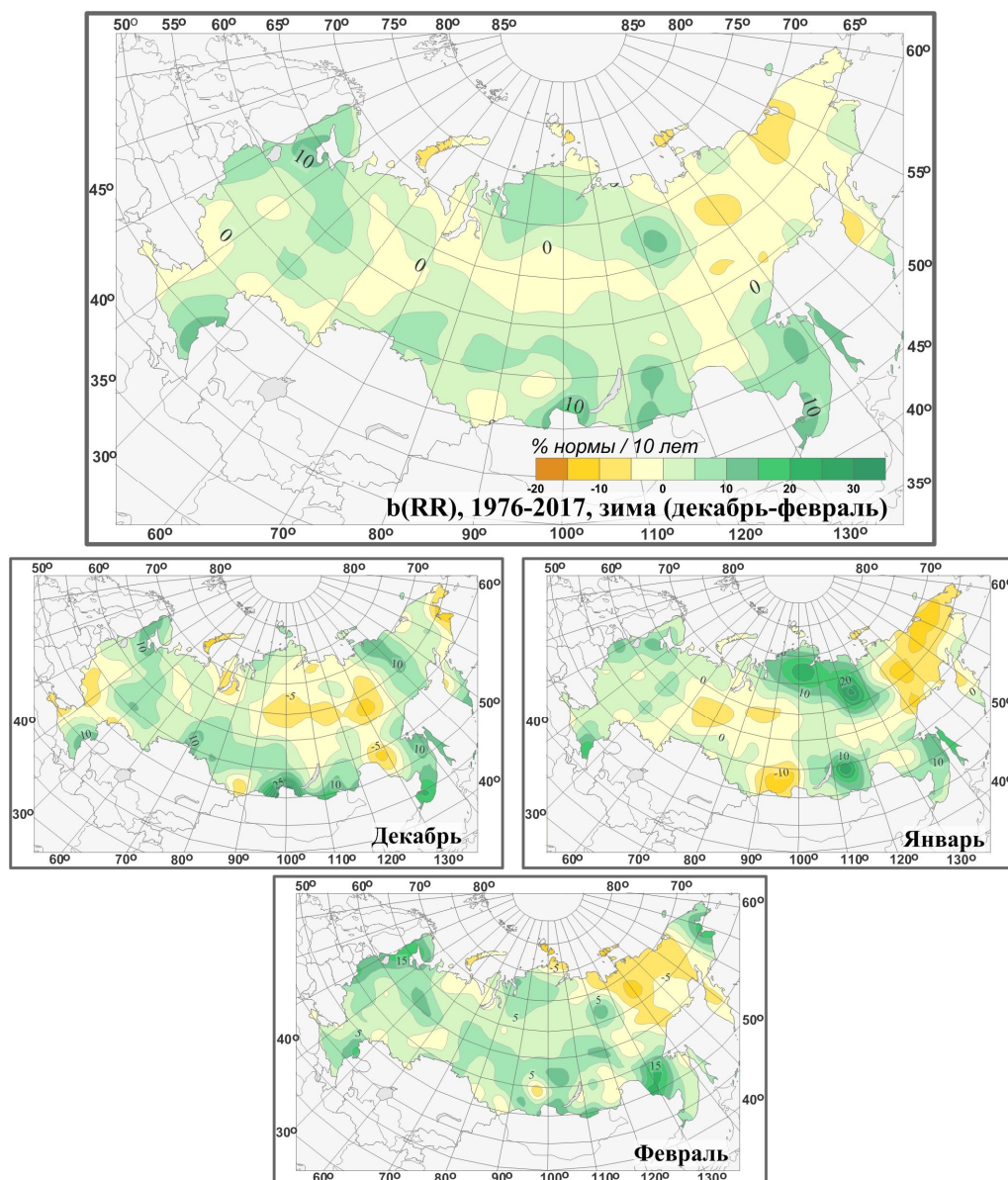


**Рисунок 3.1** – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий температуры ( $^{\circ}\text{C}/10$  лет) на территории России по данным за 1976-2017 (зима)

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 юга Чукотского и севера Корякского АО.



**Рисунок 3.2** – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий осадков (% нормы /10 лет) на территории России по данным за 1976-2017 (зима).

Наибольшее потепление отмечается в северных районах страны в декабре (всюду на севере, кроме нижнего течения Лены) и в январе – на северо-западе ЕЧР и на севере Средней Сибири; и местами превосходит  $+1^{\circ}\text{C}/10$  лет. В феврале интенсивность потепления везде, где оно наблюдается, значительно ниже (лишь в отдельных районах более  $+0.8^{\circ}\text{C}/10$  лет).

Отрицательный тренд зимних температур за период с 1976 г. сохраняется на дальнем северо-востоке страны: на юге Чукотского и на севере Корякского АО 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 Средней Сибири и на северо-востоке ЕЧР. Следует отметить, что интенсивность похолодания в области отрицательных трендов за период 1976-2017 гг. на юге Сибири уменьшилась по сравнению с периодом 1976-2016 гг.

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 и на юге Западной и Средней Сибири; в Приморье и на Сахалине. Область убывания осадков зимой - Восточная Сибирь.

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

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

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

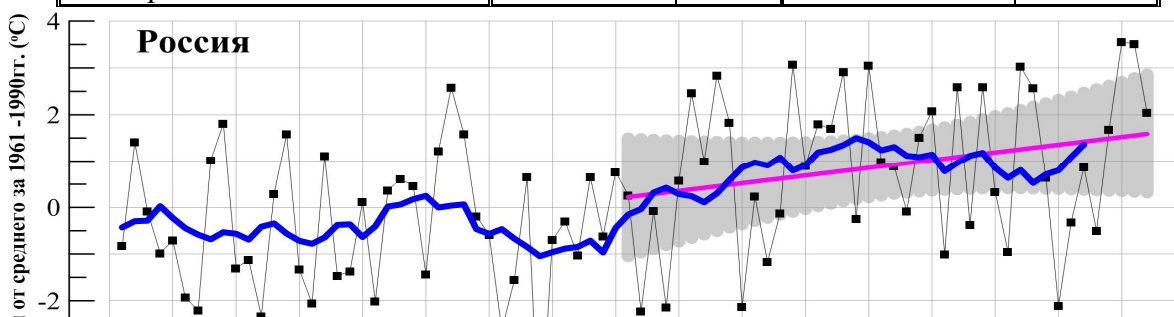
Тренд средней по России зимней температуры за период 1976-2017 гг. положителен: он составляет  $0.33^{\circ}\text{C}/10$  лет, но объясняет лишь 6% межгодовой изменчивости (табл. 3.1). Как видно из рис. 3.3, рост средней по РФ зимней температуры наблюдался в период с 1970 до середины 1990-х гг., затем 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.

**Таблица 3.1**

Оценки линейного тренда температуры приземного воздуха и суммы осадков, осредненных по территории России и за зимний сезон, за 1976-2017 гг.

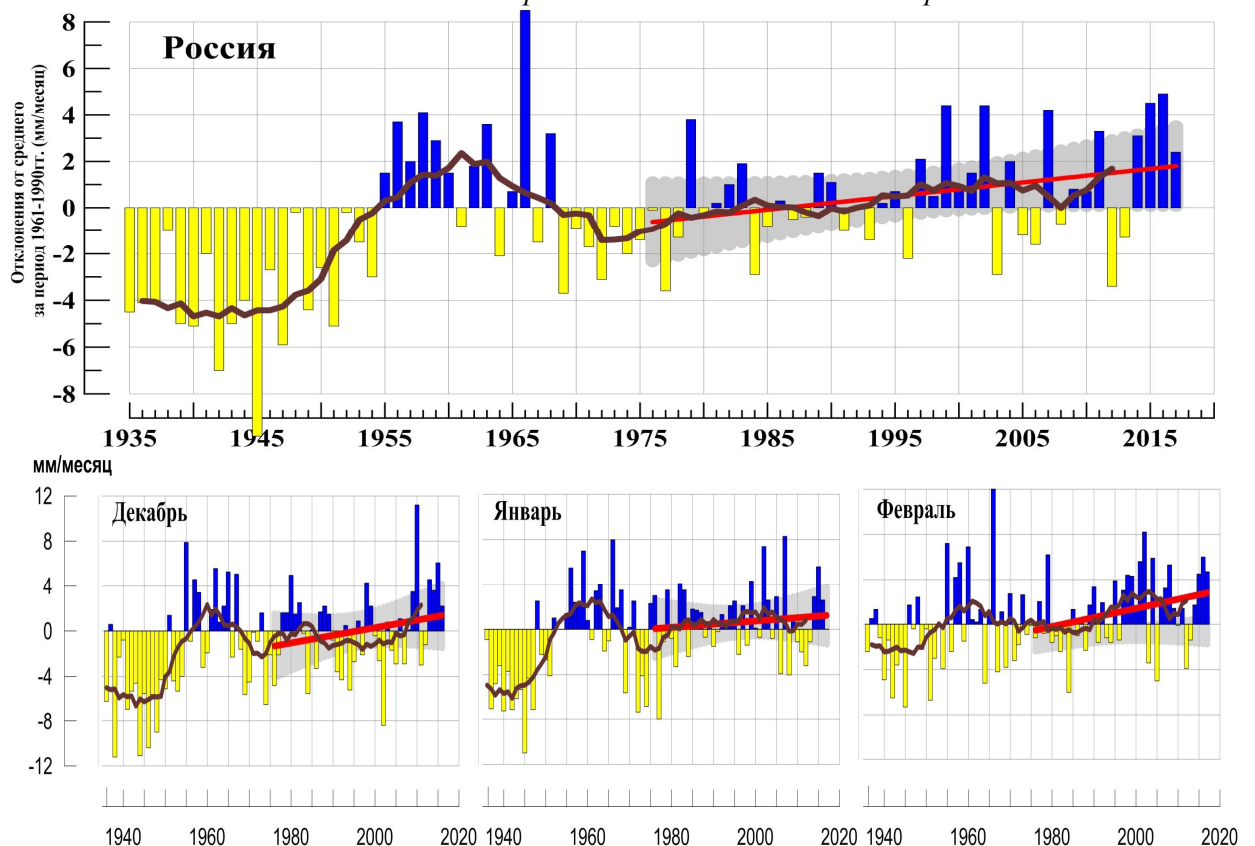
*b* – коэффициенты линейного тренда, *D* – вклад тренда в дисперсию ряда.

Регион Российская Федерация	Температура		Осадки	
	<i>b</i> $^{\circ}\text{C}/10$ лет	<i>D</i> , %	<i>b</i> мм/мес/10 лет	<i>D</i> , %
<b>Зима</b>	0.33	6	0.6	10
Декабрь	0.30	2	0.7	5
Январь	0.29	3	0.3	1
Февраль	0.47	6	0.8	9



**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 1976-2017 гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда.*



**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 1936-2017 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 – 2017 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2017 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 1976-2017 гг. для физико-географических регионов и федеральных округов РФ. По сравнению с периодом 1976-2016 гг. в ЕЧР (и во всех федеральных округах ЕЧР) и в Западной Сибири тренды уменьшились на 0.01-0.07 $^{\circ}\text{C}/10$  лет (за счет зимы, которая была здесь холоднее, чем зима 2015/16 гг. и во многих районах холоднее климатической нормы). В физико-географических регионах востока страны заметно увеличение трендов (за счет очень теплой зимы здесь) на 0.04-0.07 $^{\circ}\text{C}/10$  лет.

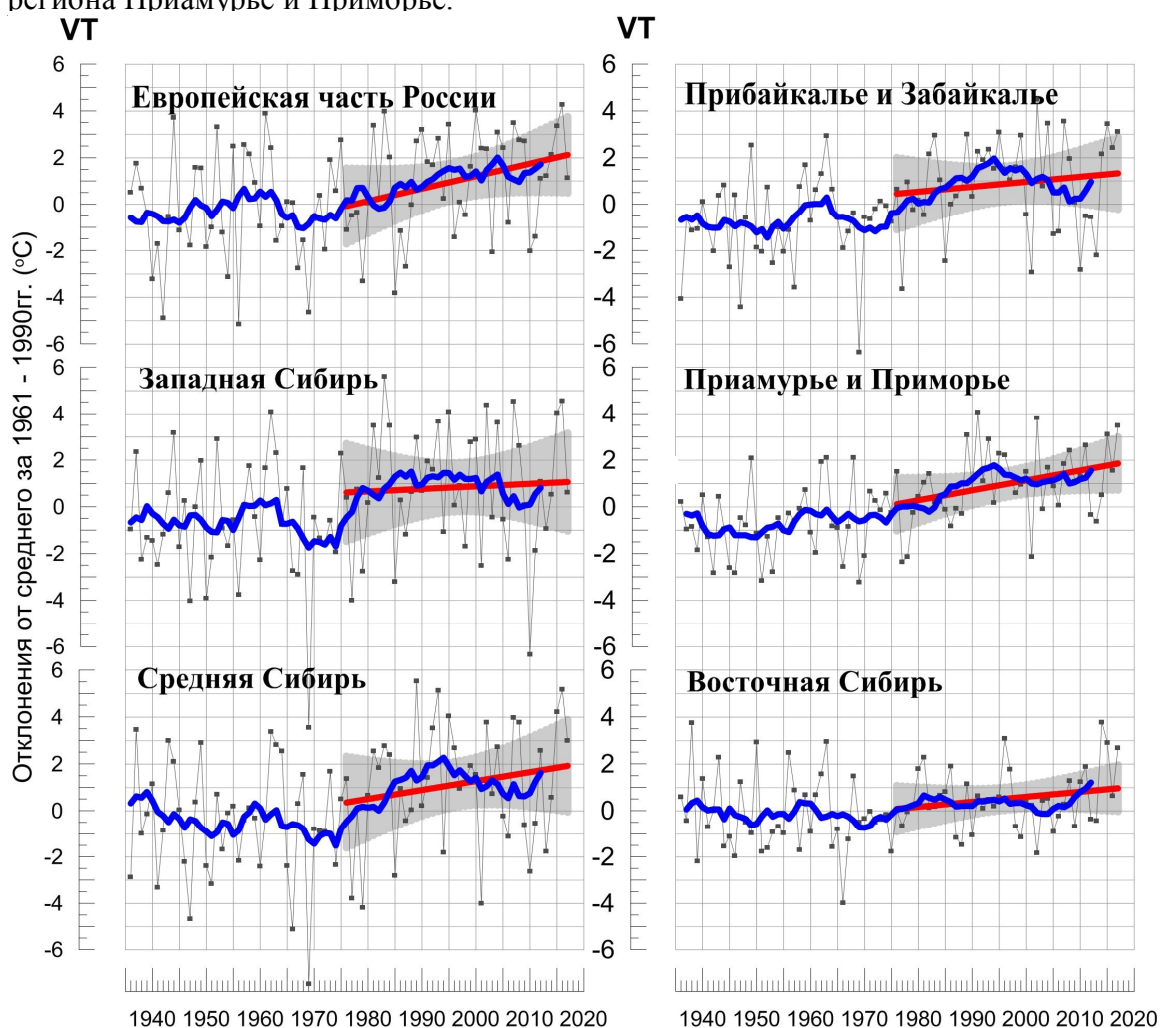
**Таблица 4.1**

Оценки линейного тренда осредненных по территории России среднесезонных аномалий температуры приземного воздуха и сумм осадков за 1976-2017 гг. (зимний сезон), *b* – коэффициенты линейного тренда, *D* - вклад тренда в дисперсию ряда.

Регионы	Температура		Осадки		
	<i>b</i> $^{\circ}\text{C}/10$ лет	<i>D</i> , %	<i>b</i> мм/мес/10 лет	<i>b</i> , %/10 лет	<i>D</i> , %
Россия	0.33	6	0.6	2.4	11
<b>Физико-географические регионы России</b>					
Европейская часть России	0.54	9	0.9	2.5	6
Азиатская часть России	0.26	4	0.4	2.4	8
Западная Сибирь	0.11	0	0.5	2.3	3
Средняя Сибирь	0.38	3	0.3	1.6	2
Прибайкалье и Забайкалье	0.22	2	0.4	3.8	8
Приамурье и Приморье	0.43	12	1.2	7.9	12
Восточная Сибирь	0.22	4	0.1	0.3	0
<b>Федеральные округа РФ</b>					

Северо-Западный	0.71	10	1.4	4.9	13
Центральный	0.64	11	0.8	2.1	2
Приволжский	0.39	4	0.4	1.1	0
Южный	0.44	8	-0.1	-0.2	0
Северно-Кавказский	0.31	9	1.4	2.8	3
Уральский	0.21	1	0.4	1.8	1
Сибирский	0.21	1	0.5	2.7	6
Дальневосточный	0.32	11	0.4	2.1	4

Для осадков региональные оценки сезонных трендов по сравнению с периодом 1976-2016 гг. практически не изменились. Следует отметить Западную Сибирь и Среднюю Сибирь: здесь оценки трендов увеличились на 0.2-0.4 %/мес/10 лет (за счет экстремально снежной зимы на юге Сибири. Тренд для всех регионов и ФО положителен (кроме Южный ФО). Вклад региональных трендов в суммарную изменчивость почти везде статистически незначим (на 5%-ом уровне), за исключением региона Приамурье и Приморье.



**Рисунок 4.1** - Сезонные аномалии температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ), осредненные по территории физико-географических регионов РФ, зима 2016/17 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2017гг. Показана 95%-я доверительная область для линии тренда.

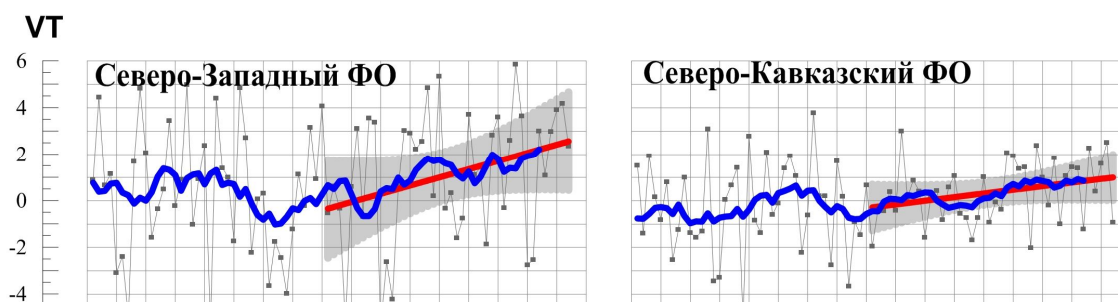
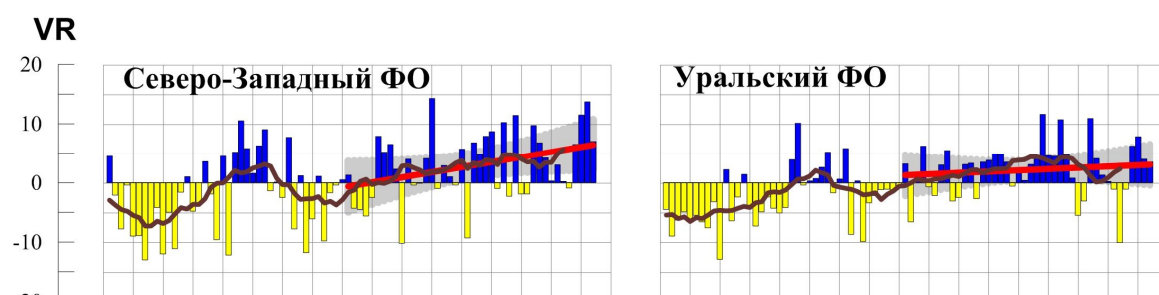
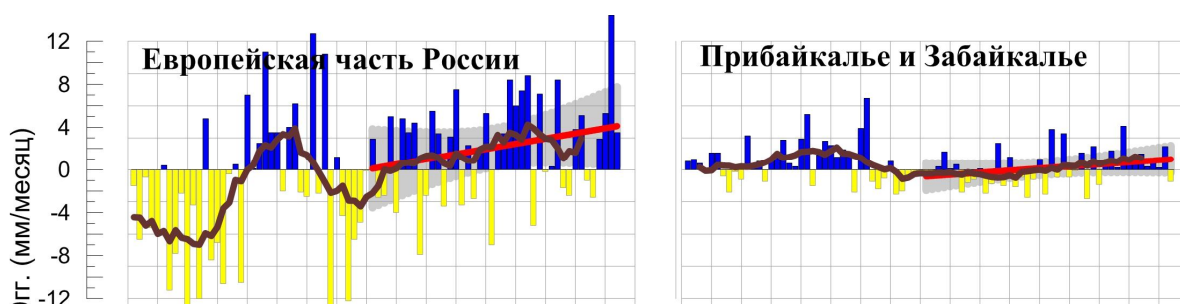


Рисунок 4.2 – То же, что на рис.4.1, но для федеральных округов



**Рисунок 4.3** - Сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории федеральных округов, зима 2016/17 гг.

Условные обозначения см. на рис. 4.1.



**Рисунок 4.4** – То же, что на рис.4.3, но для регионов РФ

## **5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2017 гг. (зимний сезон)**

В разделе приведены некоторые индексы экстремальности и аномальности для зимнего сезона в целом по территории России за период 1936 -2017 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.

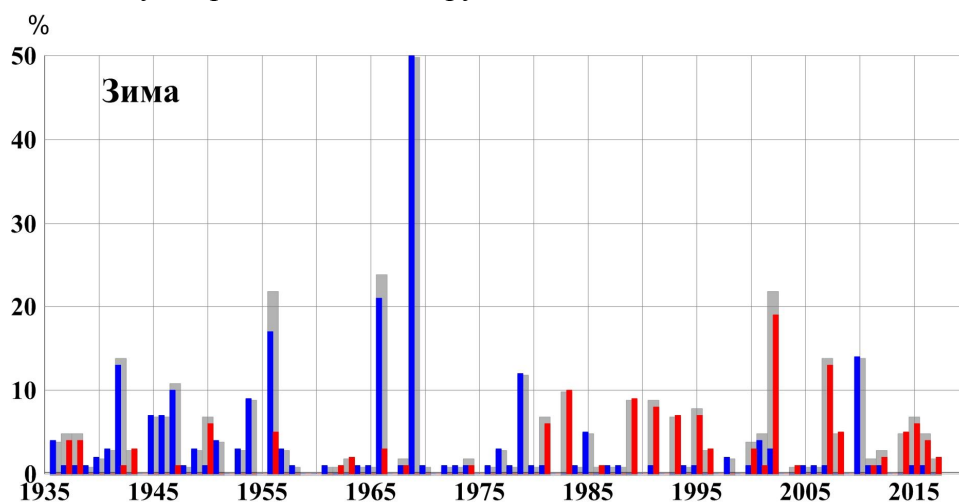
**Температура.** Зимой 2016/17 гг. (рис. 5.1) площадь, занятая крупными положительными аномалиями (выше 80-го перцентиля) составила 46%, отрицательными аномалиями - 0%. В период до 1975 года на территории РФ преобладали крупные отрицательные аномалии (зимой 1969 года доля площади с крупными отрицательными аномалиями составила 82%). После 1980 г. напротив, преобладают площади с крупными положительными аномалиями (тренд за период 1976-2017 составляет 5.9%/10 лет и объясняет 9% дисперсии ряда). Тренд суммарной площади с крупными аномалиями обоих знаков составляет 3.7%/10 лет, дисперсия тренда 5%.

На рис.5.2 представлены ряды доли площади под экстремальными (выше  $2\sigma$  и ниже  $-2\sigma$ ) 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, 1936-2017 гг. (зима):

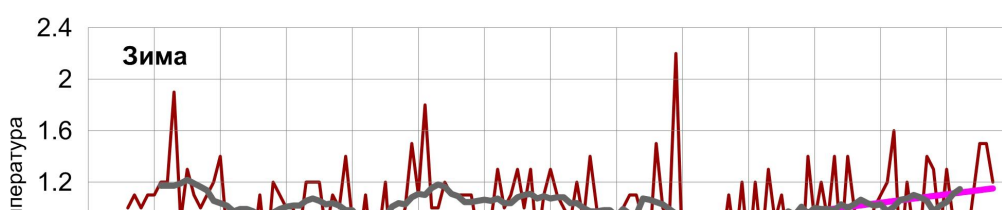
■ ниже 20-го перцентиля, ■ выше 80-го перцентиля,  
■ суммарная площадь с крупными аномалиями обоих знаков.



**Рисунок 5.2** - Доля площади РФ (в процентах) с экстремальными (сезонная аномалия меньше  $-2\sigma$ : синие столбики, больше  $+2\sigma$ : красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры зимой, 1936-2017 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 2016/17 гг. доля площади под экстремальными положительными аномалиями на территории России составила лишь 2%, под экстремальными отрицательными аномалиями – 0%.

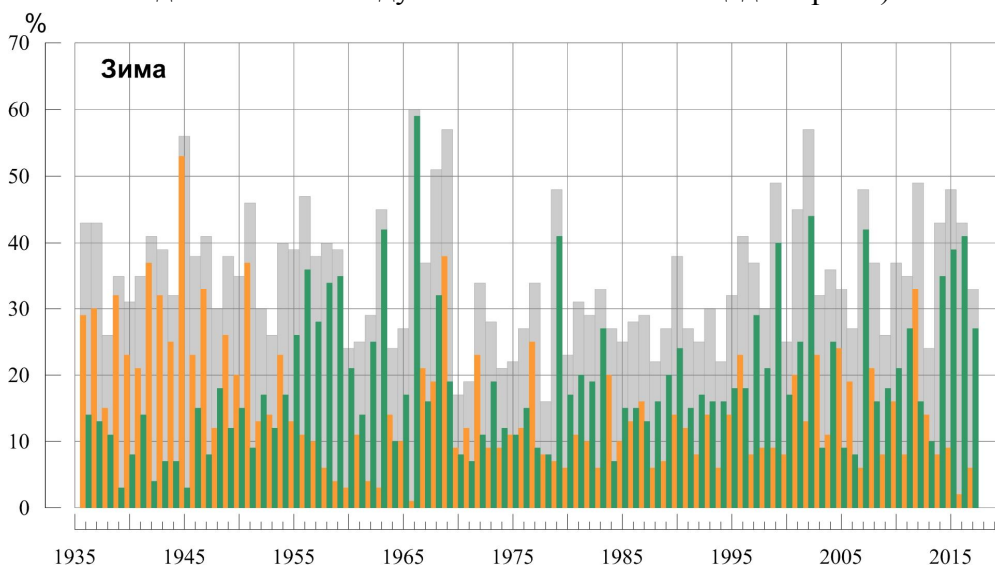
Анализ изменений индекса аномальности Багрова (рис. 5.3) показывает, что с начала 1970-х гг. аномальность температурного режима на территории РФ в зимний сезон очень слабо растет – тренд объясняет 8% общей дисперсии ряда за период 1976-2017 гг.





**Рисунок 5.3.** - Индекс аномальности (индекс Багрова) температурного режима на территории России зимой 1886-2017 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, 1936-2017 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 1976-2017 гг. составляет 2.8%/10 лет и объясняет 11% дисперсии ряда). Зимой 2016/17 гг. площадь, занятая крупными аномалиями выше 80 перцентиля составила 27% (четыре года подряд площади, занятые аномалиями выше 80 перцентиля больше занимают 25% территории страны), ниже 20-го перцентиля – 6%.

## ВЫВОДЫ

1. Зима 2016/17 гг. для Северного Полушария в целом была экстремально теплой: аномалия температуры  $+0.99^{\circ}\text{C}$  – третья в ряду с 1886 года, в целом по России зима была теплее, чем в среднем многолетнем (аномалия  $+2.05^{\circ}\text{C}$  – ранг 16). Особенно тепло в районе Байкала (осредненная по Прибайкалью и Забайкалью аномалия температуры  $3.12^{\circ}\text{C}$  – пятая в ряду) и на юге и северо-востоке Дальневосточного ФО (аномалия  $2.94^{\circ}\text{C}$  – ранг 1). Холоднее, чем в среднем многолетнем, на Урале, в Западной Сибири, в Северо-Сибирской низменности (сезонные аномалии до  $-2^{\circ}\text{C}$ ); а также на юге Южного ФО и в Северо-Кавказском ФО до (аномалии до  $-1.9^{\circ}\text{C}$ ).

2. Доля площади территории России, занятая крупными положительными среднесезонными аномалиями температуры (выше 80-го перцентиля), составила 46%, а доля площади РФ под экстремальными положительными аномалиями (выше  $2\sigma$ ) составила 2%.

3. Самым теплым был февраль – осредненная по РФ аномалия температуры  $+3.65^{\circ}\text{C}$  – ранг 8. Тепло всюду (кроме части Южного и Северо-Кавказского ФО), аномалии температуры выше  $3^{\circ}\text{C}$  фиксировались на большей части Сибирского ФО и Дальневосточного ФО (здесь же отмечались 95%-е экстремумы), в центре и на севере ЕЧР.

В декабре холодно в огромной полосе от юго-запада страны до нижнего течения Лены, на ряде станций отмечались 5%-е экстремумы. (на севере Красноярского края аномалии около  $-10^{\circ}\text{C}$ ); очень тепло на северо-востоке страны (аномалии около  $+8^{\circ}\text{C}$ ), на юге Сибирского ФО, на северо-западе страны (аномалии до  $+4.5^{\circ}\text{C}$ )

В январе на большей части страны тепло, особенно на Таймыре, в Якутии, в Приамурье и в Приморье (аномалии выше  $4^{\circ}\text{C}$ , на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы, осредненная по Приамурью и Приморью аномалия температуры:  $4.87^{\circ}\text{C}$  – ранг 3). Очень холодно в Магаданской и Камчатской областях (аномалии до  $-6^{\circ}\text{C}$ ), в центре Западной Сибири (аномалии около  $-1^{\circ}\text{C}$ ), на западе Читинской области (аномалии около  $-2^{\circ}\text{C}$ ), на юге Южного ФО.

4. Зимой в среднем по РФ выпало 110% нормы осадков. Избыток осадков преобладал. Избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался на юге Западной Сибири (выпало более полутора норм осадков, на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы), на востоке Якутии; на севере и востоке ЕЧР.

Дефицит осадков (менее 80% нормы) зимой наблюдался на побережье моря Лаптевых, на Чукотке и на юге Сибирского ФО.

5. Зимой 2016/17 гг. площадь, занятая крупными аномалиями осадков больше 80 перцентиля составила 27% (седьмая наибольшая величина в ряду), ниже 20-го перцентиля – 6%.

6. В феврале осредненные по РФ осадки составили 126% нормы. Избыток осадков наблюдался в ЕЧР, в Западной Сибири (на ряде станций фиксировались 95%-е экстремумы, осредненные по Уральскому ФО осадки: 157% - ранг 7), на большей части Дальневосточного ФО и в Забайкалье. Дефицит осадков (менее 80% нормы)

наблюдался на побережье Северного Ледовитого океана восточнее Таймыра, в верховье Амура.

В декабре много осадков выпало на юге западной и Средней Сибири (на Алтае выпало более двух норм), в Восточной Сибири, в Карелии и на Кольском п-ве. Сильный дефицит осадков (60%-20%) наблюдался на Таймыре, в районе Байкала, в Хабаровском крае, в Приамурье и Приморье, на ряде станций отмечались 95%-е экстремумы.

В январе значительный избыток осадков наблюдался на Таймыре, в Якутии, в Приамурье, на юге Западной Сибири (на ряде станций отмечались 95%-е экстремумы). Дефицит осадков наблюдался на юге ЕЧР (в Южном ФО выпало 62% нормы), в районе Байкала, на Чукотке

7. Линейный тренд средней по России зимней температуры воздуха за период 1976-2017 гг. составил  $+0.33^{\circ}\text{C}/10$  лет при вкладе тренда в дисперсию ряда лишь 6%. 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. То же происходит и ходом аномалий температуры для Северного полушария (похолодание наблюдалось с первого пятилетия 21 века и значительно менее выражено), тренд составляет  $+0.23^{\circ}\text{C}/10$  лет, вклад в дисперсию 63%.

Основная географическая особенность климатических изменений температуры на территории России в зимний период – две области отрицательного тренда зимних температур: первая постоянно наблюдается на юге Чукотского и севере Корякского АО, вторая - в южной части Сибири - впервые проявилась в 2010 г. Интенсивность похолодания в области отрицательных трендов за период 1976-2017 гг. на юге Сибири уменьшилась по сравнению с периодом 1976-2016 гг.

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 дальнем северо-востоке – в январе и феврале (а в декабре – сильное потепление), похолодание в Сибири (в основном в декабре и январе), потепление в Приморье – в январе и феврале.

7. Тренд зимних сумм осадков для России в целом положителен: составляет  $+2.4\%/10$  лет, (объясняет 11% межгодовой изменчивости). Рост осадков отмечается в северо-западных районах ЕЧР (за счет всех месяцев, особенно за счет февраля), на севере Западной и Средней Сибири и на юге АЧР (максимум роста – в январе). Значимый региональный тренд наблюдается в Приамурье и Приморье:  $+7.9\%/10$  лет, объясняет 12% дисперсии. Во все месяцы наблюдается рост осадков в СКФО. По сравнению с периодом 1976-2016 гг. оценки сезонных трендов практически не изменились; следует отметить Западную Сибирь и Среднюю Сибирь: здесь оценки трендов увеличились на 0.2-0.4 %/мес. 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

Российская  
Академия Наук

ФГБУ «Институт Глобального климата и экологии»

# Обзор состояния и тенденций изменения климата на территории Республики Беларусь

## ЗИМА 2016/17



## ВВЕДЕНИЕ

В настоящем Приложении<sup>\*</sup> приводится информация о состоянии приземного климата (температура приземного воздуха и атмосферные осадки) зимой 2016/17 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 наблюденного 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»

---

<sup>\*</sup> 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 2016/17гг.

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 нормы, аномалии от +1.05°C (в Бресте) до +2.50°C (в Витебске). Сезонная аномалия температуры, осредненная по территории республики +1.83°C – 29-ая величина в ряду. Тепло было во все месяцы сезона, кроме января на юго-западе республики.

**Таблица 2**

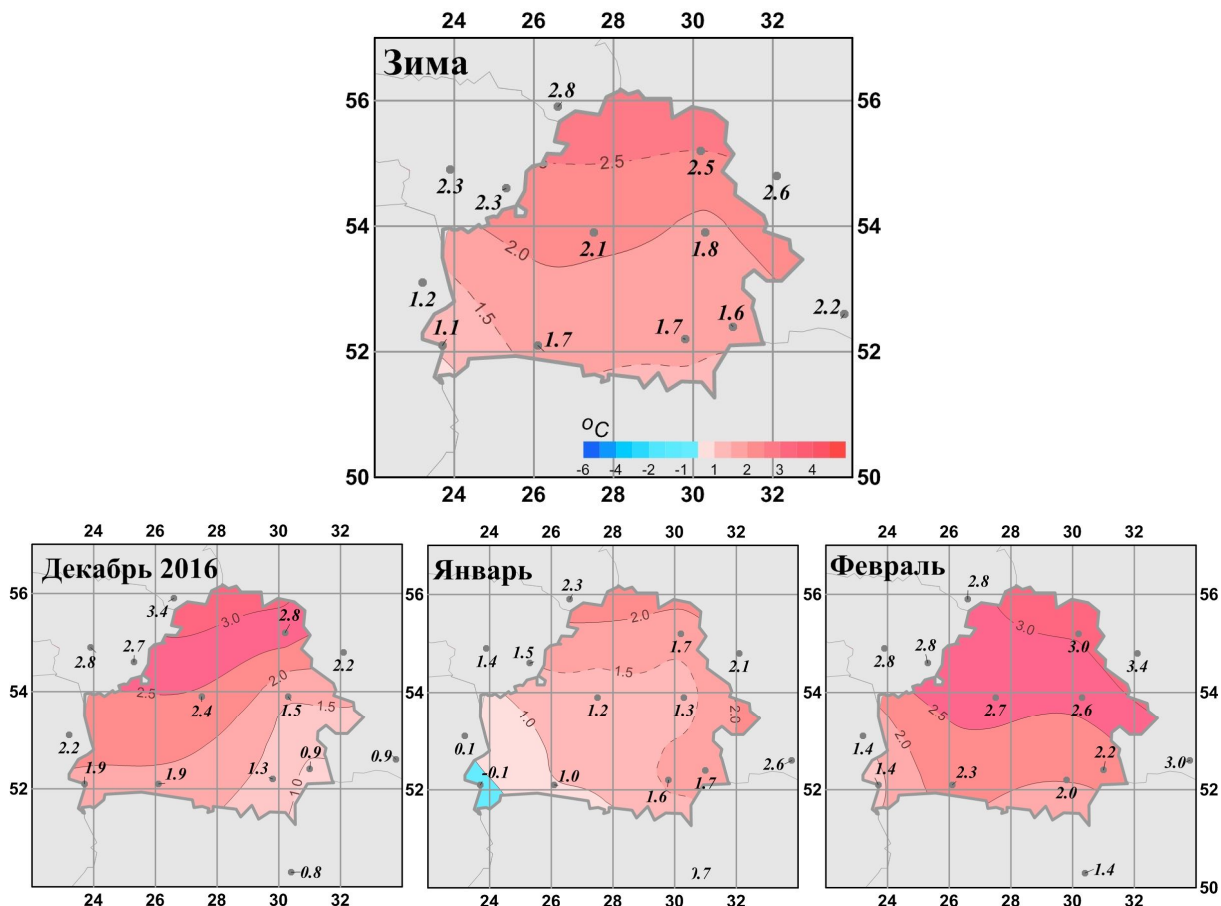
Характеристики температурного режима на станциях Беларуси зимой 2016/17 г.

	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Могилев</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	<b>26666</b>	<b>26850</b>	<b>26863</b>	<b>33008</b>	<b>33019</b>	<b>33038</b>	<b>33041</b>
а) температура (град. Цельсия)							
<i>Зима 2016/17</i>	<b>-4.10</b>	<b>-3.40</b>	<b>-4.43</b>	<b>-2.07</b>	<b>-2.50</b>	<b>-3.50</b>	<b>-3.97</b>
Декабрь 2016	-2.0	-1.4	-2.6	0.2	-0.7	-2.0	-2.7
Январь	-6.5	-5.7	-6.7	-4.6	-4.7	-5.2	-5.6
Февраль	-3.8	-3.1	-4.0	-1.8	-2.1	-3.3	-3.6
б) аномалия температуры (град. Цельсия)							
<i>Зима 2016/17</i>	<b>2.50</b>	<b>2.11</b>	<b>1.80</b>	<b>1.05</b>	<b>1.73</b>	<b>1.67</b>	<b>1.59</b>
Декабрь 2016	2.80	2.42	1.48	1.90	1.88	1.33	0.90
Январь	1.67	1.22	1.28	-0.15	1.03	1.65	1.72
Февраль	3.04	2.69	2.64	1.39	2.28	2.02	2.16

В декабре аномалии температуры от +0.90°C (в Гомеле, на юго-востоке) до +2.80°C (в Витебске, на севере). Осредненная по республике декабрьская аномалия температуры 1.86°C (24-25 в ряду).

В январе аномалии от  $-0.15^{\circ}\text{C}$  (в Бресте, на юго-западе) до  $+1.72^{\circ}\text{C}$  (в Гомеле, на юго-востоке). Январская аномалия температуры, осредненная по территории республики  $1.30^{\circ}\text{C}$ .

В феврале аномалии от  $+1.39^{\circ}\text{C}$  (в Бресте, на юго-западе) до  $+3.04^{\circ}\text{C}$  (в Витебске, на северо-востоке). Февральская аномалия, осредненная по территории республики температуры  $+2.33^{\circ}\text{C}$  – 24-ая величина в ряду.



**Рисунок 1** - Средние сезонные и средние месячные аномалии температуры ( $^{\circ}\text{C}$ ) приземного воздуха на территории республики Беларусь зимой 2016/17 г.

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

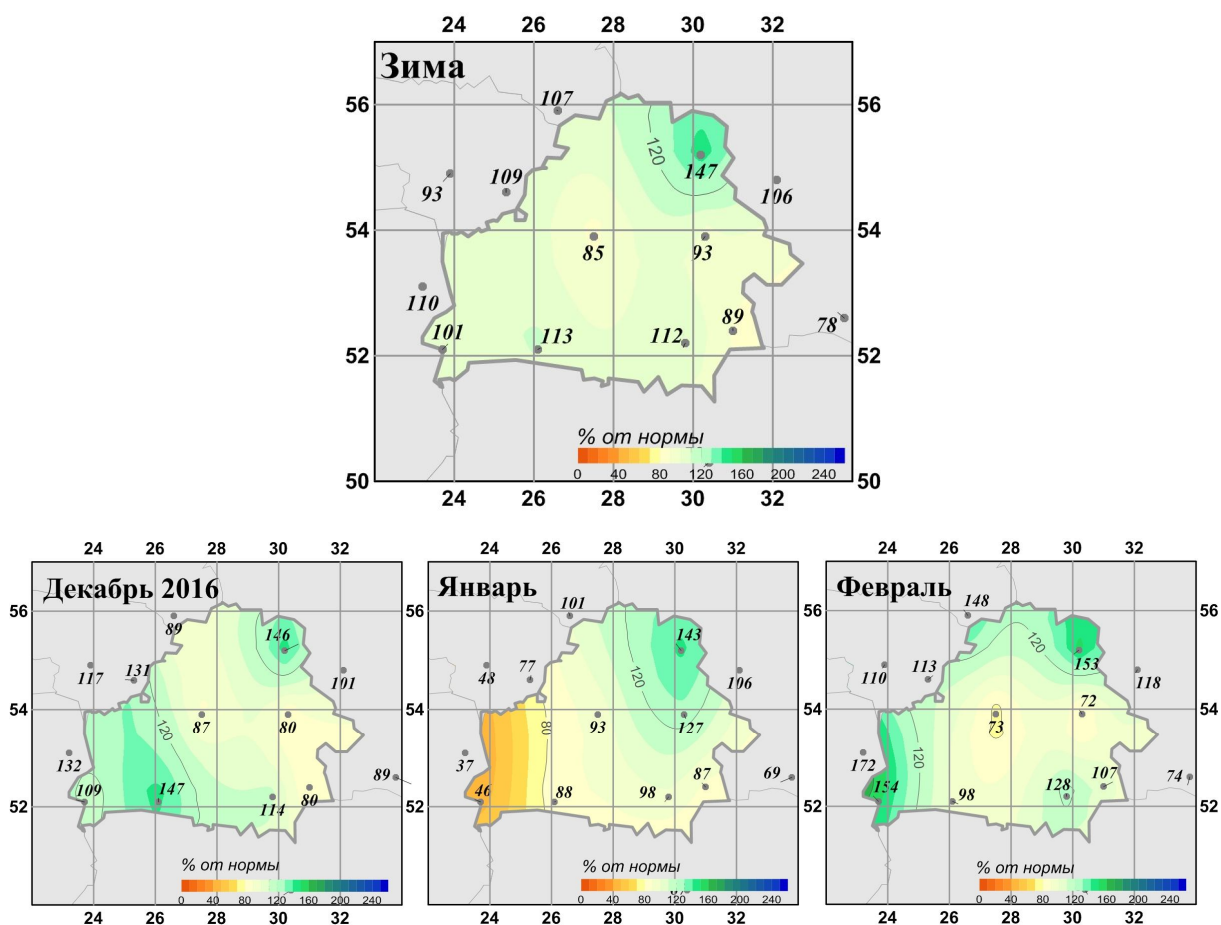
**Зимой** (рис. 2) осредненные по территории республики осадки составили 105% сезонной нормы. Наибольшее количество осадков выпало в Витебске (147% нормы).

Осадки выше нормы наблюдались на станциях севера и юга республики, в центральных районах республики наблюдался дефицит осадков.

В декабре избыток осадков наблюдался на юго-западе республики (147% в Пинске) и на северо-востоке (146% - в Витебске), в центральных районах – дефицит осадков, наиболее значительный в Могилеве и в Гомеле (выпало 80% нормы).

В январе дефицит осадков наблюдался на юго-западе республики (в Бресте выпало от 46%), на северо-востоке – избыток осадков (Витебске выпало 143%).

В феврале осадков выпало от 72% нормы (в Могилеве, в центре республики) до 153% нормы (в Витебске, на северо-востоке) и 154% нормы (в Бресте, на юго-западе).



**Рисунок 2** - Средние сезонные и месячные аномалии атмосферных осадков (% от нормы) на территории республики Беларусь зимой 2016/17 г. Аномалии рассчитаны относительно периода 1961-1990 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) и осадков (в % от нормы) на станциях. Красным кружком показан стационарный экстремум – ниже 5-го перцентиля

**Таблица 3**

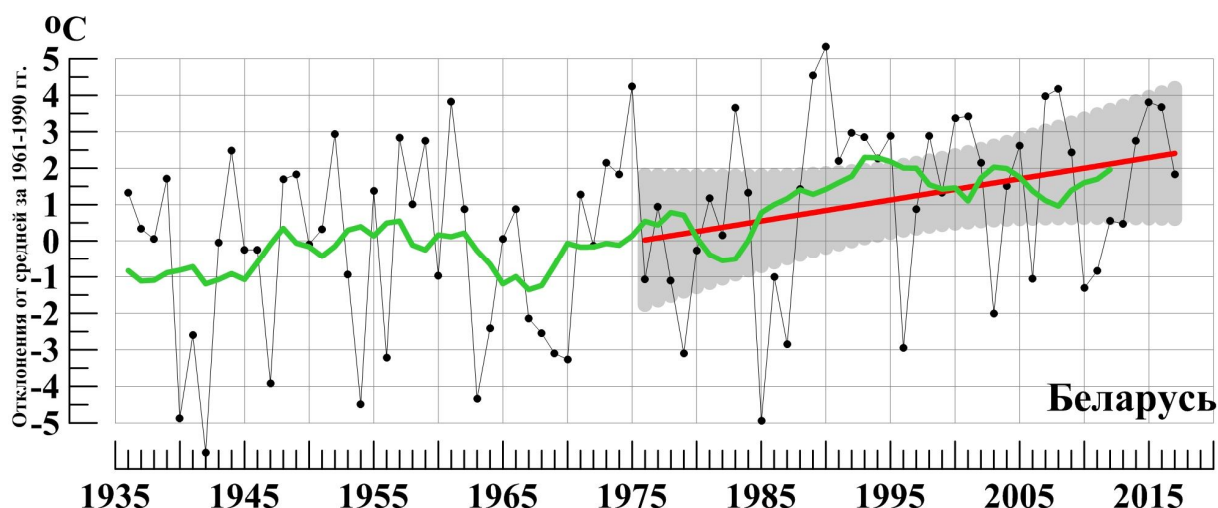
Характеристики режима осадков на станциях Беларуси зимой 2016/17 гг.

	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Могилев</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	<b>26666</b>	<b>26850</b>	<b>26863</b>	<b>33008</b>	<b>33019</b>	<b>33038</b>	<b>33041</b>
<b>а) Сумма осадков (мм/месяц)</b>							
<i>Зима 2016/17</i>	<b>58.0</b>	<b>36.0</b>	<b>33.3</b>	<b>38.3</b>	<b>38.7</b>	<b>44.0</b>	<b>31.7</b>
Декабрь 2016	75	46	35	48	59	53	35
Январь	54	37	45	17	30	38	31
Февраль	45	25	20	50	27	41	29
<b>б) Аномалия сумм осадков / (мм/месяц)</b>							
<i>Зима 2016/17</i>	<b>18.4</b>	<b>-6.2</b>	<b>-2.3</b>	<b>0.5</b>	<b>4.8</b>	<b>4.9</b>	<b>-3.8</b>
Декабрь 2016	23.5	-6.6	-8.9	4.1	18.9	6.6	-8.5
Январь	16.3	-3.0	9.6	-20.0	3.9	-0.7	-4.8

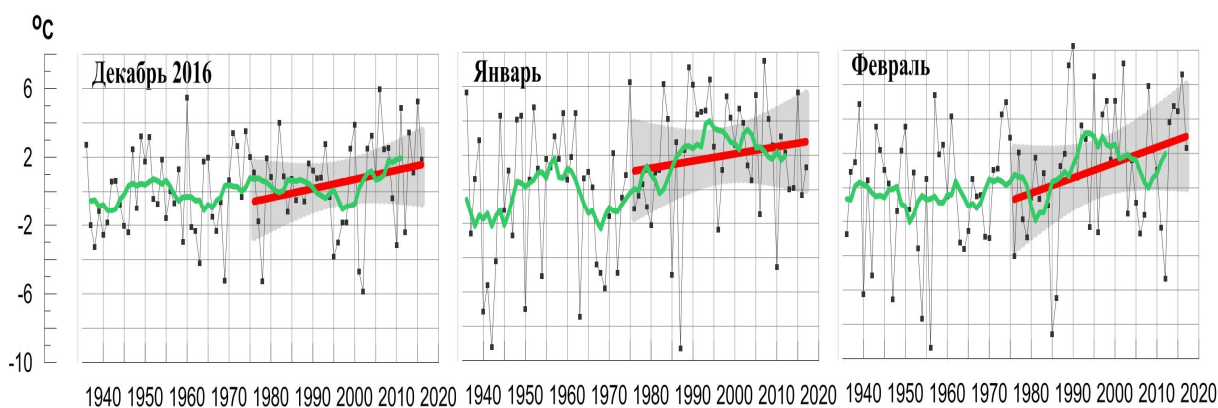


Февраль	15.5	-9.1	-7.6	17.5	-0.7	8.9	1.9
<b>в) Относительная аномалия сумм осадков (% от нормы)</b>							
<i>Зима 2016/17</i>	<i>147</i>	<i>85</i>	<i>93</i>	<i>101</i>	<i>113</i>	<i>112</i>	<i>89</i>
Декабрь 2016	146	87	80	109	147	114	80
Январь	143	93	127	46	88	98	87
Февраль	153	73	72	154	98	128	107

На рисунках 3, 4 показаны временные ряды осредненных по территории Беларуси сезонных и месячных аномалий температуры воздуха и осадков с 1936 по 2017 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 1976-2017 гг.

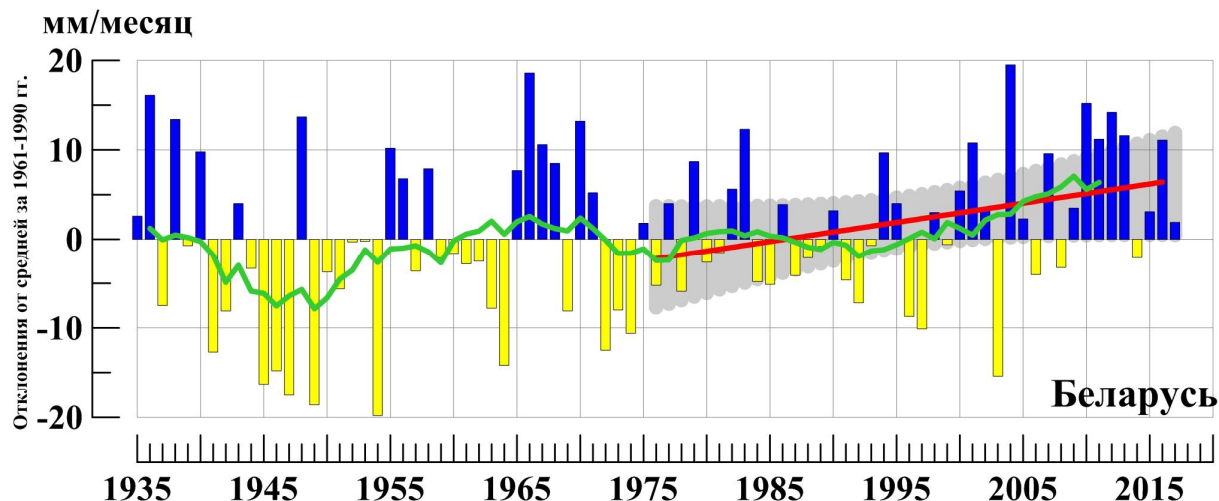


**Рисунок 4** - Средние месячные аномалии температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ), осредненные по территории Республики Беларусь. Условные обозначения см. на рисунке 3.

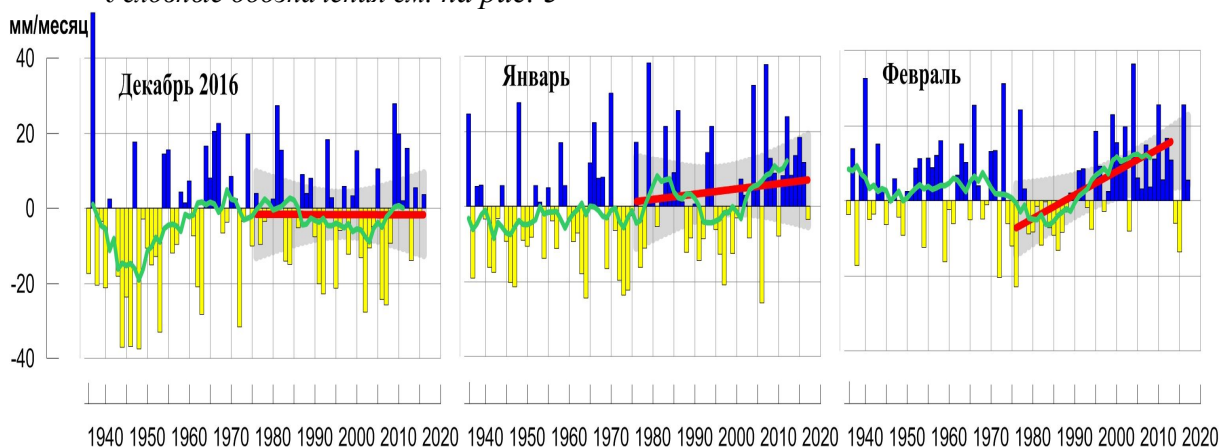
Тренд зимних температур, в среднем по территории Беларуси, составил  $+0.58^{\circ}\text{C}/10$  лет (ответствен за 9% дисперсии) (зимой 2015/16гг.  $+0.55^{\circ}\text{C}/10$  лет и 7% соответственно). Во все месяцы сезона тренд положителен, но незначим даже на уровне 5%. Наибольшее потепление наблюдается в феврале: тренд составил  $+0.89^{\circ}\text{C}/10$  лет

(ответствен за 8% дисперсии ряда).

В изменении регионально осредненных осадков сезонный тренд составил 5.3 мм/месяц/10 лет (ответствен за 10% дисперсии). В декабре тренд осадков не прослеживается, наибольшее увеличение осадков наблюдается в феврале: 4.5 мм/месяц/10 лет (тренд ответствен за 18% дисперсии).



**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.

	$\nu T_{2017}$	$s$	$\nu R_{2017}$	$s$	$RR_{2017}$
<i>Зима 2016/17</i>	<b>1.83</b>	<b>2.71</b>	<b>1.9</b>	<b>8.1</b>	<b>105</b>
Декабрь 2016	1.86	2.39	3.6	14.4	108
Январь	1.30	4.17	-3.5	16.7	91
Февраль	2.33	3.70	5.4	13.0	118

**Примечание:** Аномалии  $vT_{2017}$  ( $^{\circ}C$ ),  $vR_{2017}$  (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 1976-2017 гг. в среднем по Республике Беларусь

Сезон	Температура		Осадки	
	$b_{1976-2017}$ $^{\circ}C/10$ лет	$D_{1976-2017}$ %	$b_{1976-2017}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2017}$ %
<b>Зима 2016/17</b>	<b>0.58</b>	<b>9</b>	<b>5.3</b>	<b>10</b>
Декабрь 2016	0.54	5	0.0	0
Январь	0.42	2	1.4	1
Февраль	0.89	8	4.5	18

## ВЫВОДЫ

1. Зима в Беларуси была теплой, осредненная по территории республики сезонная аномалия температуры  $+1.83^{\circ}C$  – 29-ая величина в ряду. На всех станциях республики сезонные аномалии были положительными. Наиболее теплым был февраль, на большинстве станций аномалии температуры были выше  $2^{\circ}C$ .

2. В среднем по Беларуси осадки составили 105% нормы. Избыток осадков наблюдался на северо-востоке республики во все месяцы сезона. Дефицит осадков наблюдался в центральных районах республики также во все месяцы сезона. Наиболее сильный дефицит осадков наблюдался в январе на юго-западе республики.

3. В среднем по территории Беларуси отмечается тенденция к потеплению, как в среднем за сезон (линейный тренд составил  $0.58^{\circ}C/10$  лет, ответствен за 9% дисперсии), так и в отдельные зимние месяцы, но тренд незначим даже на уровне 5%. Наибольшее потепление наблюдается в феврале: тренд составил  $+0.89^{\circ}C/10$  лет.

В целом для Беларуси отмечается тенденция к увеличению осадков, линейный тренд составил 5.3 мм/месяц/10 лет (ответствен за 10% дисперсии), значимый на уровне 1% рост осадков отмечается в феврале.