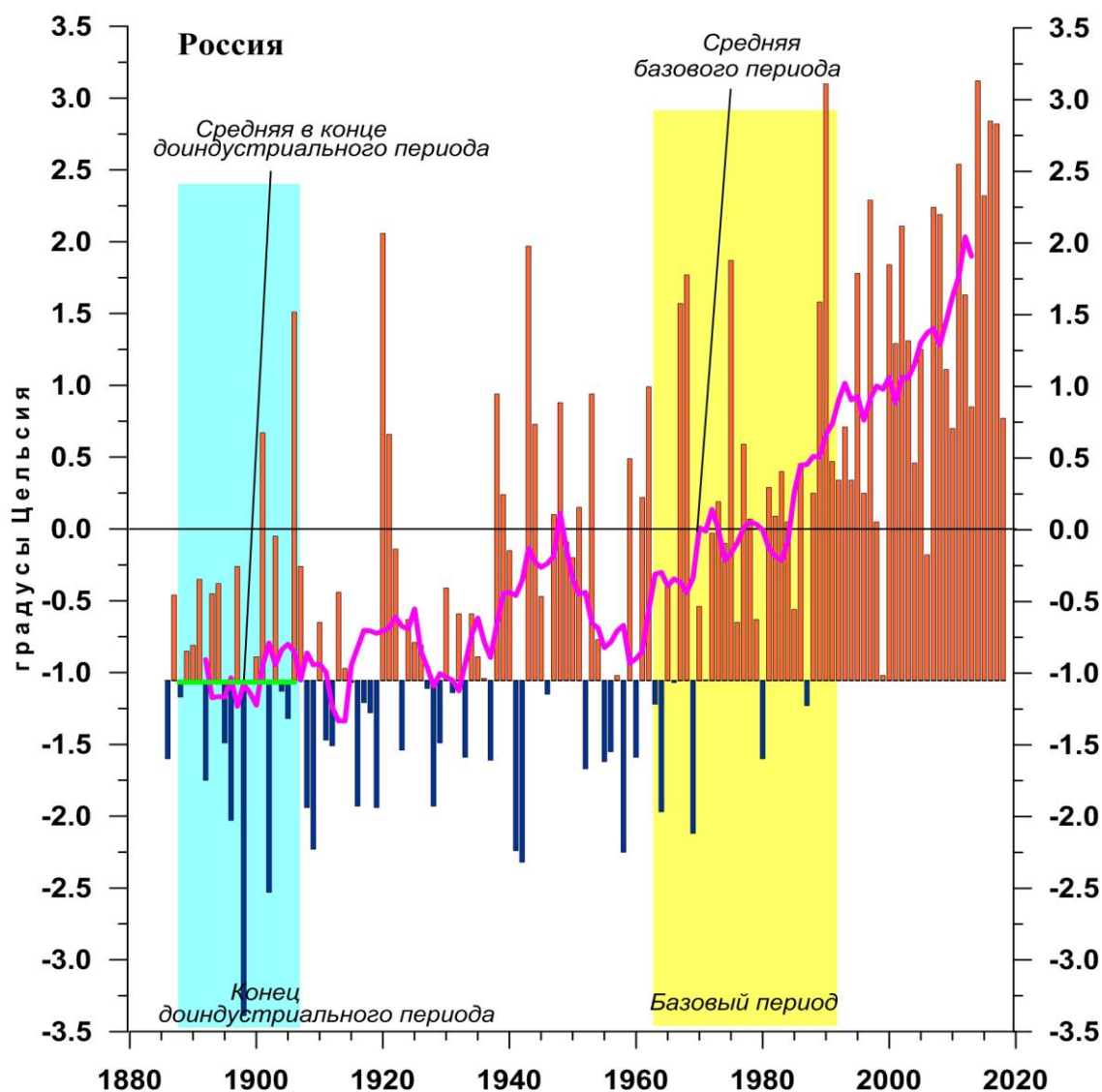


Федеральная служба  
по гидрометеорологии и мониторингу  
окружающей среды

Российская  
Академия Наук

ФГБУ «Институт Глобального Климата и Экологии»



## ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2018

ВЕСНА: март - май

Обзор состояния и тенденций изменения  
климата России

★  
Москва 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ<sup>1</sup>

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ (весенний сезон).....	6
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕСНЫ 2018 г. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ .....	7
3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В ВЕСЕННИЙ СЕЗОН.....	15
4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ВЕСЕННЕГО СЕЗОНА В РЕГИОНАХ РОССИИ, 1936-2018 гг.....	20
5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2018 гг. (весенний сезон) .....	24
ВЫВОДЫ .....	27
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности весны 2018 г. на территории Республики Беларусь .....	29

---

<sup>1</sup> На обложке приведен ход средней сезонной аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2018 гг. (весна)  
*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 (398) российских станций, по которым своевременно поступили сводки КЛИМАТ в оперативном потоке.

Под «нормой» в бюллетене понимается среднее многолетнее значение рассматриваемой климатической переменной за 1961-1990 гг. (базовый период). Аномалии температуры определяются как отклонения наблюдаемого значения от нормы. Аномалии осадков рассматриваются как в отклонениях от нормы (аналогично температуре), так и в процентах от нормы, то есть как процентное отношение количества выпавших осадков к соответствующему значению нормы. Вероятность непревышения текущего значения климатической переменной (или ее аномалии) рассчитывается как доля наблюдений в прошлом, в которых значение этой переменной (или ее аномалии) было не больше текущего.

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



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

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

Для температуры воздуха все данные 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).



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 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\*.

\* Раздел подготовлен в рамках программы Союзного государства "Совершенствование системы обеспечения населения и отраслей экономики Российской Федерации и 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»).

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»).

---

информацией о сложившихся и прогнозируемых погодно-климатических условиях, состоянии и загрязнении природной среды"

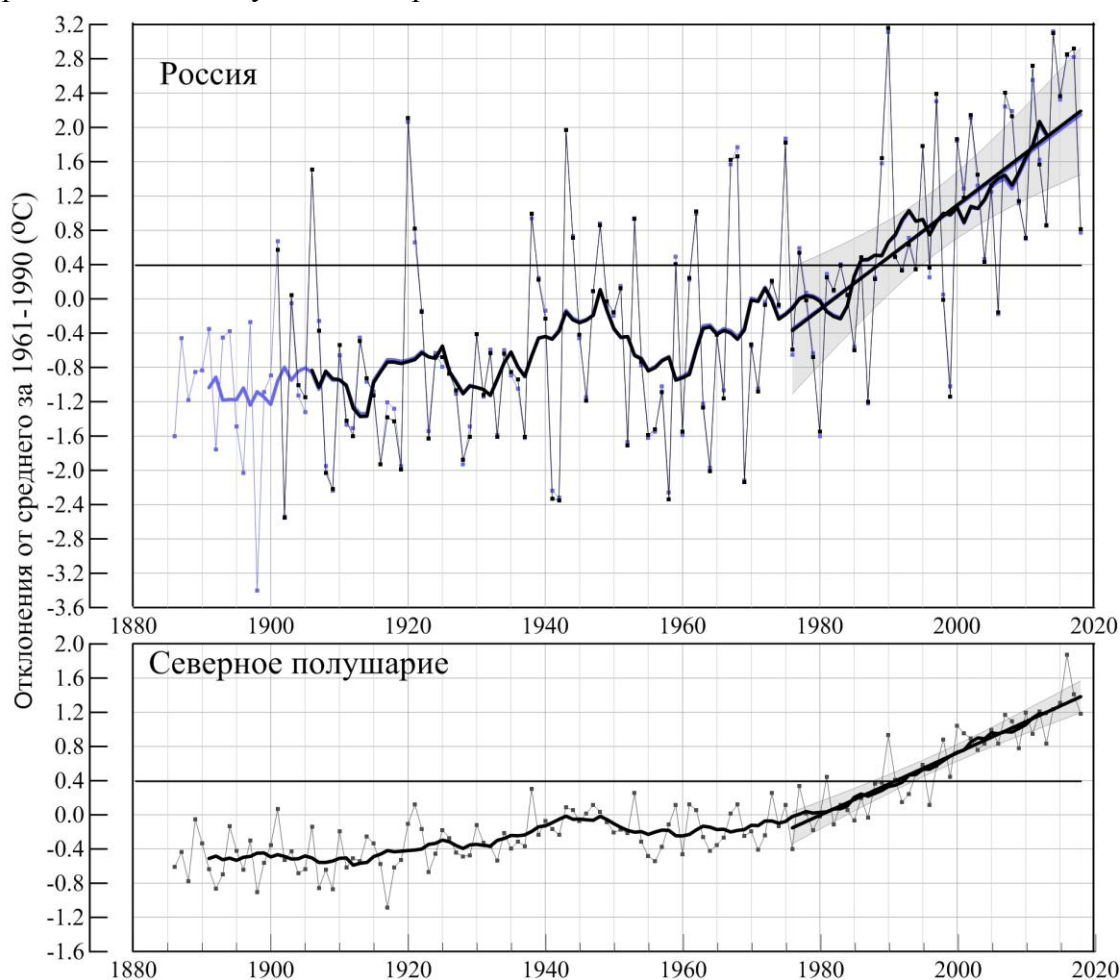
\*\* В выпуске принимали участие сотрудники Отдела мониторинга и вероятностного прогноза климата ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»: М.Ю. Бардин (руководитель), Г.В. Груза, Э.Я. Ранькова, Э.В. Рочева, Т.В. Платова, О.Ф. Самохина, Ю.Ю. Соколов

\*\* 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 (весенний сезон)

На рисунке 1.1 представлены временные ряды сезонных аномалий температуры у поверхности (весна 2018: март - май), 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 станционным данным о температуре приземного воздуха ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН». Представлен также линейный тренд за 1976-2018 гг.

Для характеристики неопределенности оценок трендов приводится 95%-я доверительная полоса Уоркинга-Хотеллинга, представляющая собой область, симметричную относительно м.н.к. - оценки линии тренда, с вероятностью 95% накрывающая истинную линию тренда.



**Рисунок 1.1** – Сезонная аномалия (весна: март - май) 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. Используются данные Университета Восточной Англии (СП) и данные ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» (Россия).*

Аномалия температуры воздуха над сушей СП весной составила  $+1.184^{\circ}\text{C}$  (при стандартном отклонении  $0.18^{\circ}\text{C}$ ) – седьмая положительная величина в ряду с 1886 г. Для России в целом средняя сезонная аномалия температуры приземного воздуха составила  $+0.81^{\circ}\text{C}$  при величине стандартного отклонения  $1.19^{\circ}\text{C}$ .

Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений весенних температур за период 1976-2018 гг. в среднем для суши СП и России, приведены в табл. 1.1. Величина тренда средней по территории России весенней температуры более чем в полтора раза превосходит тренд средней по Северному полушарию. Сглаженная кривая на рис.1 показывает, что начало потепления на территории России и для СП в целом приходится на начало 1960-х гг.

**Таблица 1.1**

Сезонные (весна: март - май) 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 1976-2018 гг.

Регионы	$\nu T_{2018}$	$s_{1961-90}$	$b, ^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$	$D \%$
СП	1.18	0.18	0.36	80
Россия	0.81	1.19	0.61	39

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

## 2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕСНЫ 2018 ГГ. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

На рис. 2.1 и 2.2 представлены карты сезонных и месячных аномалий температуры и осадков на территории России весны 2018 г. 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.** Весной 2018 года осредненная аномалия по РФ составила  $0.81^{\circ}\text{C}$ .

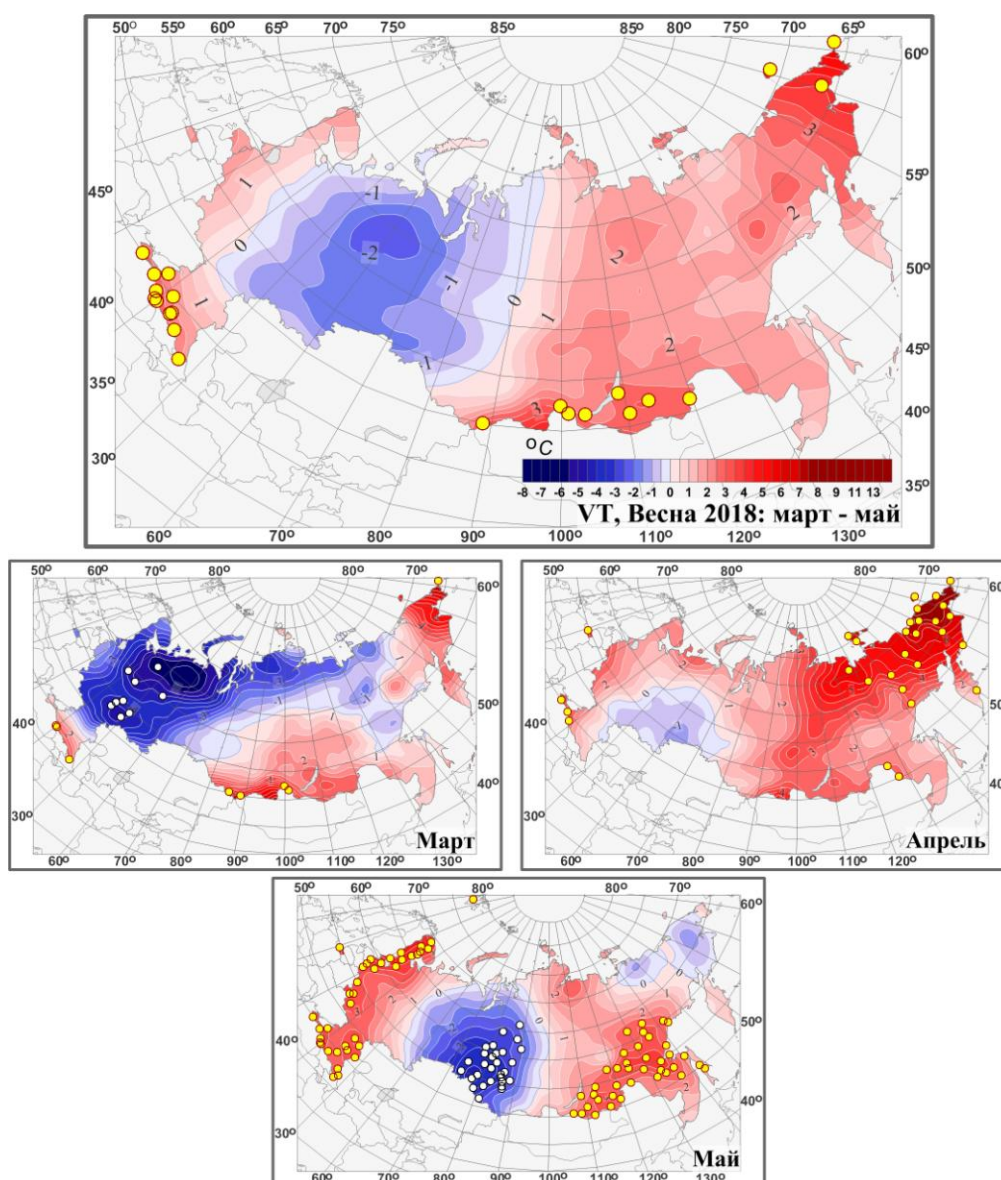
Температуры выше климатической нормы наблюдались на западе и юге ЕЧР (аномалии до  $3^{\circ}\text{C}$ ) и восточнее  $\sim 90^{\circ}$  в.д. (аномалии на Чукотке до  $6^{\circ}\text{C}$ ). Экстремально тепло (на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы) в СКФО (аномалия  $1.93^{\circ}\text{C}$  – ранг 4, за счет экстремально теплого мая), в Саянах (за счет апреля и мая), на востоке Чукотки (за счет экстремально теплого апреля).

Холодно в центре и на востоке ЕЧР (за счет холодного марта), в Западной Сибири (за счет экстремально холодного апреля). Наименьшие аномалии наблюдались на Среднем Урале (до  $-2.4^{\circ}\text{C}$ ).

Распределение средних сезонных температур на рис. 2.2 позволяет проследить рассмотренные особенности несколько под другим углом. Сезонные изотермы на западе ЕЧР смещены к северу на  $\sim 4^{\circ}$  с.ш. В центре и на востоке ЕЧР и в Западной Сибири сезонные изотермы смещены к югу от своего климатического положения на  $\sim$

1-3° с.ш. Восточнее 95° в.д. сезонные изотермы опять смещаются к северу от своего климатического положения на ~1-5° с.ш. (особенно изотерма 5°).

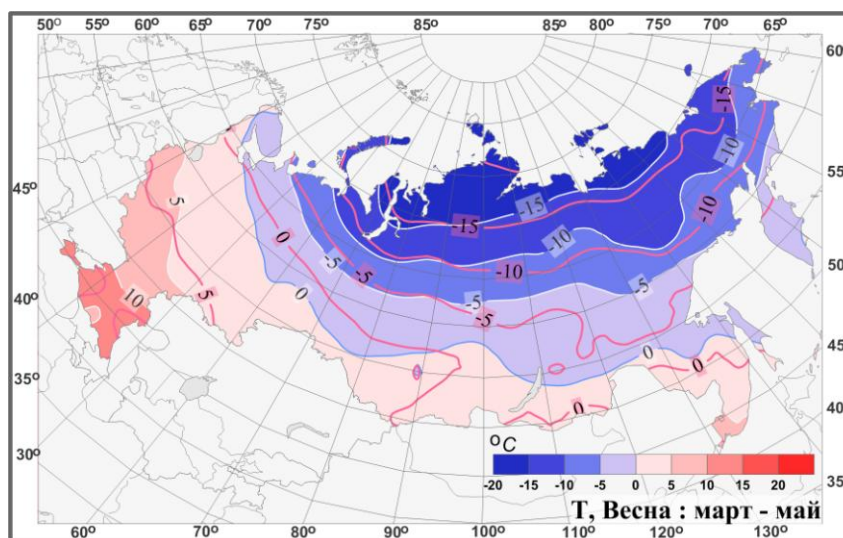
**В марте** осредненная аномалия температуры по РФ -0.49°С. Холодно в ЕЧР (холодно во всех федеральных округах кроме СКФО; осредненная по ЕЧР аномалия температуры -3.31°С – среди одиннадцати самых холодных в ряду), и далее, в Западной Сибири, на севере Средней Сибири, на западе Якутии, в Хабаровском крае. На ряде станциях ЕЧР отмечались 5%-е экстремумы, наименьшая аномалия наблюдалась на станции Печора республики Коми: -6.7°С. Тепло на юге АЧР восточнее истоков Оби (или восточнее 90° в.д, наибольшая аномалия наблюдалась на станции Кощ-Агач республики Алтай: 9.9°С); на северо-востоке страны (наибольшая аномалия наблюдалась на станции Уэлен: 8.5°С), в Предгорьях Кавказа.



**Рисунок 2.1** – Поля средней сезонной и средних месячных аномалий температуры приземного воздуха (°С) на территории России весной 2018 г. 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.*





**Рисунок 2.2** – Поля средней сезонной температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) на территории России весной 2018 гг. Розовые изолинии: средние изотермы за период 1961-1990 гг.

**Апрель.** Осредненная по РФ аномалия температуры  $2.10^{\circ}\text{C}$ . Тепло всюду (кроме ПФО и юга Западной Сибири), экстремально тепло на востоке РФ (на большинстве станций отмечались 95%-е экстремумы, осредненная по Восточной Сибири аномалия  $4.45^{\circ}\text{C}$  - ранг 2). Наибольшая аномалия зафиксирована на станции Уэлен:  $8.9^{\circ}\text{C}$ .

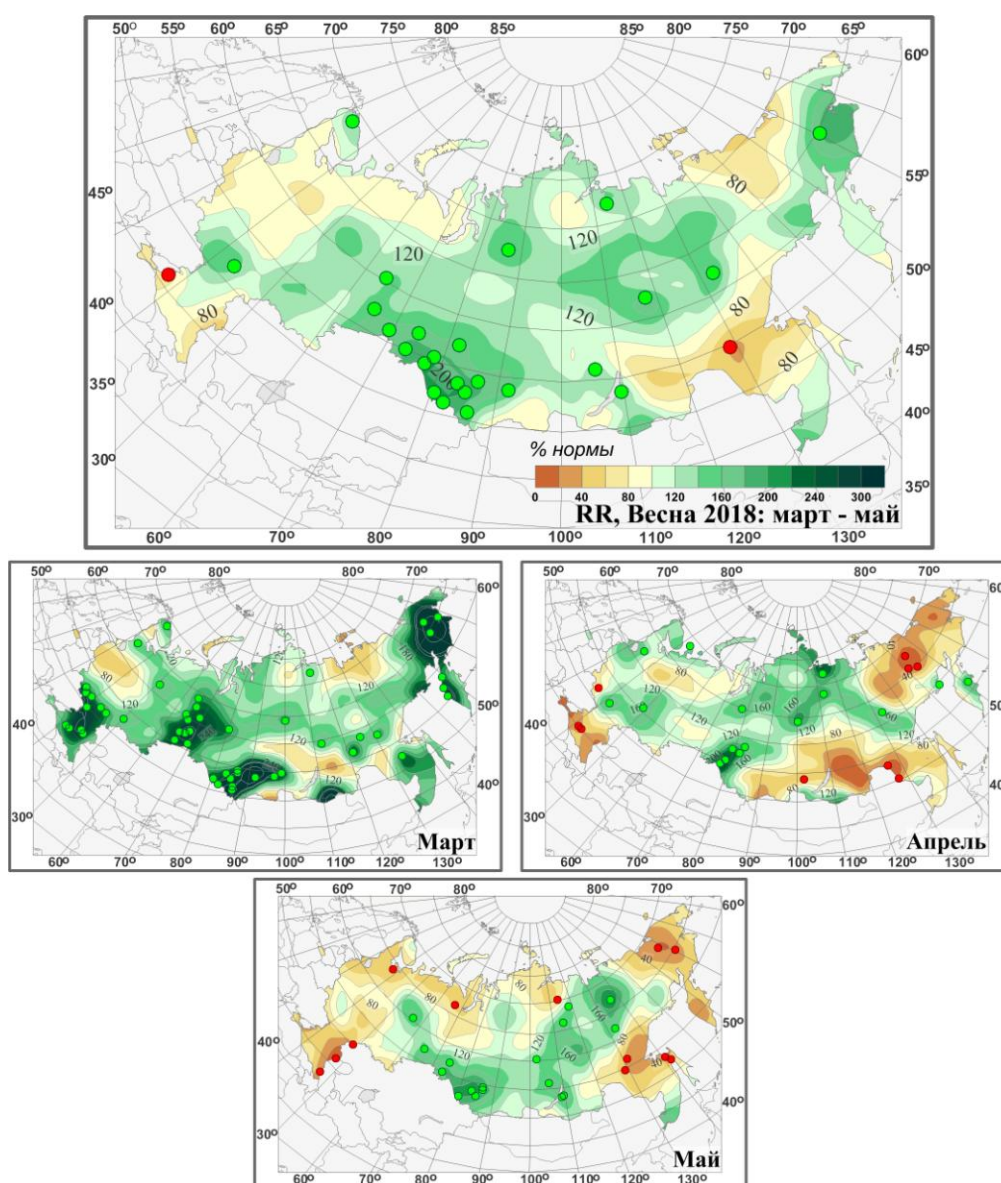
Холодно (аномалии до  $-1.6^{\circ}\text{C}$  (зафиксирована на станции Шумиха Курганской области)) в Приволжском ФО и на юге Западной Сибири.

**Май.** Осредненная по РФ аномалия температуры составила  $0.81^{\circ}\text{C}$ . Тепло в западных и центральных районах ЕЧР (экстремально тепло на западе: в Мурманской области, в Карелии, Ленинградской, Псковской, Смоленской, Брянской, Курской, Белгородской областях, в ЮФО ( $3.07^{\circ}\text{C}$  – ранг 4) и СКФО ( $2.60^{\circ}\text{C}$  – ранг 3) – повсеместно отмечались 95%-е экстремумы); в АЧР: на востоке Среднесибирского плоскогорья и, далее, в бассейне Лены и ее притоков, в Саянах, в районе Байкала, в Приамурье и в Приморье, на Сахалине и на Камчатке. Экстремально тепло (повсеместно отмечались 95%-е экстремумы, аномалии  $3-4^{\circ}\text{C}$ ) в Забайкалье, на юге Якутии, в Хабаровском крае, в Приамурье (осредненная по региону Приамурье и Приморье аномалия температуры составила  $2.24^{\circ}\text{C}$  – ранг 4). Наибольшие аномалии зафиксированы: в Карелии на станции Калевала  $4.8^{\circ}\text{C}$ , в ЮФО на станции Туапсе  $4.3^{\circ}\text{C}$ , в бассейне Амура на станциях Токо  $4.3^{\circ}\text{C}$  и Удское  $4.3^{\circ}\text{C}$ .

Яркая особенность мая – большая область с отрицательными аномалиями, которая наблюдалась на востоке ЕЧР, в Западной Сибири и на западе Среднесибирского плоскогорья (осредненная по региону Западная Сибирь аномалия температуры составила  $-2.42^{\circ}\text{C}$  – май здесь среди трех самых холодных в ряду, холоднее было лишь в мае 1969 ( $-3.67^{\circ}\text{C}$ ) и в мае 1987 ( $-3.22^{\circ}\text{C}$ )). Экстремально холодно (повсеместно отмечались температуры ниже 5%-го перцентиля) в верхнем течении Оби и в верхнем и среднем течении Енисея; самая низкая аномалия температуры зафиксирована в Новосибирской области на станции Купино:  $-4.3^{\circ}\text{C}$ .

Небольшие отрицательные аномалии температуры (около  $-1^{\circ}\text{C}$ ) наблюдались в междуречье нижних течений Индигирки и Колымы, на большей части Чукотского АО, наименьшая аномалия зафиксирована на станции Чукотского АО Анадырь ( $-1.9^{\circ}\text{C}$ ).

**Атмосферные осадки.** В целом за сезон осредненные по территории РФ осадки составили 113% нормы (ранг 16-17). Избыток осадков на юге Центрального Черноземья (в основном, в Белгородской области), в ПФО (в основном, за счет экстремально влажного марта) и, далее, на большей части Западной Сибири (кроме севера), в Средней Сибири, в Якутии, в Магаданской области и на Чукотке. Значительный избыток осадков (повсеместно отмечались 95%-е экстремумы) наблюдался на юге Западной Сибири, на Алтае (за счет всех месяцев сезона). Осредненные по СФО осадки: 134% нормы – третья величина в ряду.



**Рисунок 2.3** – Поля аномалий средних сезонных и месячных сумм осадков (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.) на территории России весной 2018 г. (март – май). Кружками красного цвета показаны станционные экстремумы ниже 5-го процентиля, зеленого – выше 95-го процентиля.

Дефицит осадков (менее 80%) наблюдался вдоль побережья Восточно-Сибирского моря (в основном, за счет апреля и мая), в горах Дальнего Востока (за счет апреля), в Приморье (за счет мая).

**Март.** Осредненные по РФ осадки 159% нормы – третья величина в ряду (после марта 2001 (168%) и 2013 (160%)), количество осадков в целом по АЧР: 168% - ранг 2. На многих станциях юга и северо-востока страны наблюдались 95%-е экстремумы (более двух норм осадков выпало на многих станциях юга ЕЧР, юга Западной Сибири, на Алтае и в предгорьях Саян, на северо-востоке, на Камчатке).

Дефицит осадков (менее 80%) наблюдался в центральных районах ЕЧР, в районе Яно-Индигорской низменности, на Лено-Ангарском плато, и далее, на Витимском плоскогорье.

**Апрель.** Осредненные по РФ осадки: 102% нормы.

Избыток осадков (более 120%) наблюдался в ЕЧР: в ЦФО и ПФО (на станции Жердеевка Тамбовской области выпало 231% нормы); в АЧР: восточнее Оби в полосе от приграничных с Казахстаном районов до Северо-Сибирской низменности и, далее, в нижнем и среднем течении Лены и Алдана (на ряде станций Томской и Новосибирской областей выпало более двух норм осадков, наибольшее количество выпало на станции Купино Новосибирской области: 382% нормы).

Сильный дефицит осадков (менее 60% нормы) наблюдался в Саянах, в Прибайкалье и Забайкалье (выпало 50% нормы – ранг 2, так мало осадков выпало в апреле лишь в 1953 году), в Приамурье и Приморье (60% нормы), на востоке Якутии, на Чукотке, на юге ЕЧР (в ЮФО выпало 59%, в СКФО - 56%).

**Май.** Осредненные по РФ осадки: 99% нормы.

Дефицит осадков (менее 80% нормы, на ряде станций фиксировались 5%-е экстремумы) наблюдался в центре и на юге ЕЧР (в ЮФО выпало 53% нормы); на большей части ЗСФО (79% нормы), на Таймыре, на Чукотке и на Камчатке, в Хабаровском крае, в Приморье.

Значительный избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался на востоке ЕЧР (в верхнем течении Камы и Вычегды) и, далее, в южных и центральных районах Западной и Средней Сибири, в районе Байкала, в Якутии. На ряде станций отмечались 95%-е экстремумы. Наибольшее количество осадков наблюдалось в районе Алтая (на станции Бийск Зональная Алтайского края выпало 296% нормы), в Якутии (на станции Усть-Чаркы выпало 265% нормы). Осредненные по СФО осадки: 138% - ранг 4.

В таблицах 2.1 и 2.2 представлены регионально осредненные аномалии температуры и осадков, рассчитанные по значениям стационарных аномалий весеннего 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 1936-2018 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, весна для России в целом (см. табл. 2.1) по погодным условиям была достаточно контрастной, осредненная по РФ аномалия температуры составила  $+0.81^{\circ}\text{C}$ . На ЕЧР в целом весной было прохладно (аномалия составила  $-0.16^{\circ}\text{C}$ , но это самая холодная весна в 21 веке): в ПФО ( $-1.17^{\circ}\text{C}$ ), в УФО ( $-1.44^{\circ}\text{C}$ ) было холодно, холодно было и на большей части СЗФО ( $-0.36^{\circ}\text{C}$ ). В остальных федеральных округах было тепло, особенно в СКФО ( $1.93^{\circ}\text{C}$  – ранг 4). Из федеральных округов АЧР (аномалия  $1.19^{\circ}\text{C}$ ) выделяется ДФО (аномалия  $1.90^{\circ}\text{C}$ ).

Из месяцев сезона выделяется холодный март на ЕЧР ( $-3.31^{\circ}\text{C}$  – среди одиннадцати самых холодных, особенно, в СЗФО ( $-4.46^{\circ}\text{C}$  – среди девяти самых холодных)); экстремально теплый апрель в Восточной Сибири ( $4.45^{\circ}\text{C}$  – ранг 2); экстремально холодный май в Западной Сибири ( $-2.24^{\circ}\text{C}$  – среди трех самых холодных) и экстремально теплый май в Приамурье и Приморье ( $2.24^{\circ}\text{C}$  – ранг 4), в ЮФО ( $3.07^{\circ}\text{C}$  – ранг 4) и в СКФО ( $2.60^{\circ}\text{C}$  – ранг 3).

**Таблица 2.1**

Регионально осредненные аномалии температуры весной 2018 гг. (оценки двух базовых архивов ИГКЭ)

Регионы	Архив T3288			Архив T1383		
	$vT_{2018}$	$s_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2018})$	$vT_{2018}$	$s_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2018})$
Российская Федерация	0.81	1.80	67.1	0.77	1.82	61.7
<b>Физико-географические регионы России</b>						
Европейская часть России	-0.16	2.35	37.8	-0.08	2.32	42.7
Азиатская часть России	1.19	1.86	70.7	1.12	1.89	69.5
Западная Сибирь	-0.92	2.91	23.2	-0.93	2.91	24.4
Средняя Сибирь	1.45	2.81	74.4	1.45	2.74	74.4
Прибайкалье и Забайкалье	2.35	1.80	90.2	2.25	1.90	87.8
Приамурье и Приморье	1.63	1.50	87.8	1.56	1.67	87.8
Восточная Сибирь	2.08	1.37	85.4	2.05	1.39	84.1
<b>Федеральные округа РФ</b>						
Северо-Западный	-0.36	2.82	35.4	-0.15	2.88	40.2
Центральный	0.41	2.72	61.0	0.36	2.69	59.8
Приволжский	-1.17	2.57	26.8	-1.18	2.54	25.6

Южный	1.15	2.08	78.0	1.21	2.08	78.0
Северо-Кавказский	<b>1.93</b>	<b>1.64</b>	<b>96.3</b>	1.58	1.59	92.7
Уральский	-1.44	3.09	17.1	-1.42	3.12	18.3
Сибирский	1.15	2.53	65.9	1.06	2.57	63.4
Дальневосточный	1.90	1.43	86.6	1.88	1.46	86.6

**Примечание:** Аномалии  $\nu T_{2018}$  ( $^{\circ}C$ ) рассчитаны как отклонения от нормы 1961-1990 гг.;  $s$  ( $^{\circ}C$ ) – среднее квадратическое отклонение за базовый период; вероятности превышения  $P(t \leq T_{2018})$  рассчитаны по выборке за 1936-2018 гг. и выражены в %.

**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	Март			Апрель			Май		
	$\nu T_{2018}$	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2018})$	$\nu T_{2018}$	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2018})$	$\nu T_{2018}$	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2018})$
Российская Федерация	-0.49	2.08	42.7	2.10	1.42	82.9	0.81	0.89	64.6
	-0.49	2.07	41.5	1.92	1.40	79.3	0.87	0.89	70.7
<b>Физико-географические регионы России</b>									
Европейская часть России	-3.31	2.60	12.2	0.89	2.03	63.4	1.90	1.60	82.9
	-3.09	2.54	12.2	0.82	1.99	67.1	2.02	1.59	84.1
Азиатская часть России	0.59	2.17	58.5	2.58	1.56	87.8	0.38	0.89	51.2
	0.55	2.18	56.1	2.37	1.56	84.1	0.41	0.81	51.2
Западная Сибирь	-1.05	2.88	39.0	0.69	2.54	47.6	-2.42	1.60	2.4
	-0.77	2.84	39.0	0.52	2.49	47.6	-2.58	1.77	2.4
Средняя Сибирь	0.46	3.16	59.8	2.88	2.06	82.9	1.01	1.23	67.1
	0.48	3.12	56.1	2.85	2.05	81.7	1.01	1.20	67.1
Прибайкалье и Забайкалье	2.72	2.47	82.9	2.67	1.76	86.6	1.70	1.03	89.0
	2.35	2.57	75.6	2.57	1.78	86.6	1.85	1.08	90.2
Приамурье и Приморье	1.05	1.97	70.7	1.50	2.09	86.6	2.24	1.00	96.3
	0.71	1.93	70.7	1.54	1.49	85.4	2.45	1.05	98.8
Восточная Сибирь	0.91	2.13	59.8	4.45	1.57	98.8	0.80	1.12	65.9
	0.85	2.12	59.8	4.23	1.58	98.8	1.04	1.16	68.3
<b>Федеральные округа РФ</b>									
Северо-Западный	-4.46	3.30	9.8	1.44	2.18	63.4	1.94	1.91	81.7
	-4.15	3.20	11.0	1.38	2.00	65.9	2.31	1.89	84.1
Центральный	-3.36	2.87	11.0	1.67	2.10	76.8	2.86	2.08	90.2
	-3.36	2.81	12.2	1.66	2.09	78.0	2.86	2.10	90.2
Приволжский	-3.88	2.86	8.5	-0.40	2.55	42.7	0.74	1.81	65.9
	-3.89	2.83	7.3	-0.40	2.55	46.3	0.81	1.81	67.1
Южный	-0.73	2.66	42.7	1.05	2.14	72.0	3.07	1.54	96.3
	-0.64	2.62	41.5	0.98	2.14	70.7	3.07	1.54	96.3
Северо-Кавказский	2.21	1.97	76.8	0.96	1.74	72.0	2.60	1.16	97.6
	1.78	1.91	74.4	0.80	1.61	72.0	2.17	1.12	95.1
Уральский	-2.76	3.36	23.2	0.39	2.83	43.9	-1.95	1.91	6.1
	-2.44	3.30	26.8	0.24	2.74	41.5	-2.08	1.93	6.1
Сибирский	1.57	2.75	68.3	2.16	1.98	73.2	-0.28	1.02	28.0
	1.42	2.76	62.2	2.03	1.99	70.7	-0.28	1.02	28.0

Дальневосточный	0.77	2.03	64.6	3.43	1.44	96.3	1.48	1.05	82.9
	0.65	2.04	61.0	3.25	1.47	96.3	1.73	1.08	89.0

**Примечание:** Выделены экстремальные значения, попавшие в 5% максимальных и 5% минимальных.

Весна (табл. 2.2) в РФ в целом была влажной, количество выпавших осадков составило 113% нормы – 16-17 величина в ряду. Экстремально влажно в АЧР: 118% нормы – пятая величина в ряду (особенно много осадков выпало в СФО: 134% - ранг 3).

Из месяцев следует отметить экстремально влажный март (159% - ранг 3), в ЕЧР (145%) экстремально влажно в ЮФО (215% - ранг 1) и в СКФО (170% - ранг 5), в АЧР (168% - ранг 2) - экстремально влажно было во всех федеральных округах. В апреле экстремально сухо было в Прибайкалье и Забайкалье, выпало лишь 50% нормы – апрель здесь среди двух самых «сухих» (такой же дефицит осадков наблюдался в апреле 1953). В мае экстремально влажно в СФО (138% - ранг 4).

**Таблица 2.2**

Регионально осредненные аномалии осадков весной 2018 г.

Регионы	$\nu R_{2017}$	$RR_{2017}$	$m$	$m-q1$	$q3-m$	$P(r \leq R_{2017})$
Российская Федерация	3.6	113	-0.1	1.6	2.2	81.7
<b>Физико-географические регионы России</b>						
Европейская часть России	1.9	105	-0.3	2.9	2.2	53.7
Азиатская часть России	<b>4.4</b>	<b>118</b>	<b>0.3</b>	<b>1.9</b>	<b>1.6</b>	<b>95.1</b>
Западная Сибирь	<b>13.9</b>	<b>149</b>	<b>0.6</b>	<b>4.5</b>	<b>3.3</b>	<b>98.8</b>
Средняя Сибирь	5.0	124	-0.2	1.7	2.1	93.9
Прибайкалье и Забайкалье	0.4	102	0.2	2.6	1.3	47.6
Приамурье и Приморье	-6.7	83	-0.2	4.5	4.3	19.5
Восточная Сибирь	1.6	108	-0.6	2.0	2.9	69.5
<b>Федеральные округа РФ</b>						
Северо-Западный	-1.0	97	-1.2	1.8	5.6	45.1
Центральный	2.8	107	1.0	7.0	4.0	58.5
Приволжский	5.6	117	0.7	5.9	3.8	68.3
Южный	0.0	100	-0.7	5.1	6.7	43.9
Северо-Кавказский	-1.1	98	2.2	3.9	9.2	45.1
Уральский	8.7	130	0.2	4.5	2.8	86.6
Сибирский	<b>8.0</b>	<b>134</b>	<b>0.0</b>	<b>1.5</b>	<b>2.5</b>	<b>97.6</b>
Дальневосточный	0.1	100	-0.6	0.6	1.8	53.7

**Примечание:** 1. 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 непревышения  $P(r \leq R_{2017})$  – рассчитаны по выборке за 1936-2018гг. и выражены в %. Выделены экстремальные значения, попавшие в 5% максимальных.

**Таблица 2.2.1**

Регионально осредненные аномалии осадков в весенние месяцы.

Регионы	Март			Апрель			Май		
	$\nu R_{2018}$	$RR_{2018}$	$P(r \leq R_{2018})$	$\nu R_{2018}$	$RR_{2018}$	$P(r \leq R_{2018})$	$\nu R_{2018}$	$RR_{2018}$	$P(r \leq R_{2018})$
Российская Федерация	<b>11.2</b>	<b>159</b>	<b>97.6</b>	0.6	102	61.0	-0.3	99	36.6

Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	13.5	145	92.7	2.8	108	69.5	-8.8	80	14.6
Азиатская часть России	<b>10.3</b>	<b>168</b>	<b>98.8</b>	-0.3	99	51.2	3.1	109	74.4
Западная Сибирь	<b>19.3</b>	<b>205</b>	<b>98.8</b>	8.9	134	87.8	13.5	134	87.8
Средняя Сибирь	4.6	133	90.2	3.0	116	75.6	7.2	124	82.9
Прибайкалье и Забайкалье	3.2	137	84.1	<b>-9.1</b>	<b>50</b>	<b>1.2</b>	7.0	122	76.8
Приамурье и Приморье	8.6	146	85.4	-15.7	60	17.1	-12.8	77	15.9
Восточная Сибирь	12.4	185	93.9	-0.5	96	58.5	-7.0	73	24.4
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	4.0	114	69.5	1.9	106	70.7	-8.8	79	13.4
Центральный	9.0	128	78.0	15.7	141	93.9	-4.2	91	35.4
Приволжский	11.6	144	80.5	11.1	134	90.2	-6.4	84	26.8
Южный	<b>37.1</b>	<b>215</b>	<b>100</b>	-15.2	59	37.8	-21.7	53	12.2
Северо-Кавказский	<b>31.9</b>	<b>170</b>	<b>95.1</b>	-24.2	56	19.5	-11.0	83	22.0
Уральский	<b>19.4</b>	<b>197</b>	<b>98.8</b>	4.9	118	75.6	1.9	105	51.2
Сибирский	<b>8.5</b>	<b>160</b>	<b>95.1</b>	1.9	109	90.2	<b>13.6</b>	<b>138</b>	<b>96.3</b>
Дальневосточный	<b>9.0</b>	<b>162</b>	<b>97.6</b>	-3.6	84	68.3	-5.0	85	18.3

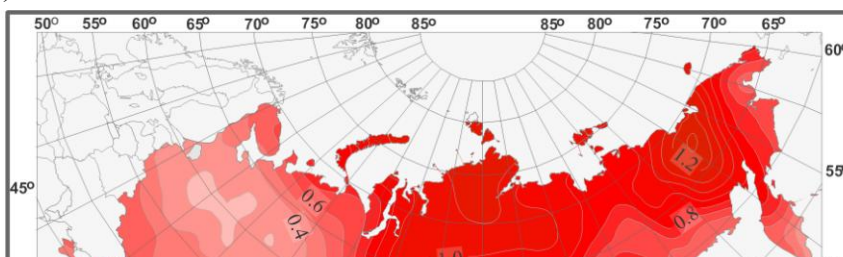
### 3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В ВЕСЕННИЙ СЕЗОН

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 весеннего сезона в целом и для каждого из месяцев весны.

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 весеннего сезона на территории России с 1976 г.

Весенние температуры растут на всей территории страны. Наиболее значительный рост температуры наблюдается на севере Западной и Средней Сибири (до  $+1.2^{\circ}\text{C}/10$  лет на Таймыре), в Чукотском АО (до  $+1.4^{\circ}\text{C}/10$  лет вблизи побережья Восточно-Сибирского моря). На большей части ЕЧР, юге Якутии, в Приамурье и в Приморье, на Сахалине весенние температуры растут значительно слабее (до  $+0.4^{\circ}\text{C}/10$  лет). Рост температуры наблюдается во все месяцы сезона практически на всей территории РФ (кроме марта на севере ЕЧР).

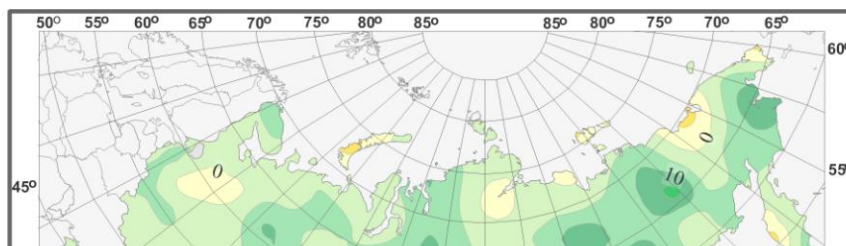
Наибольший рост температуры наблюдается в марте в АЧР: в Западной и Средней Сибири (до  $+1.5^{\circ}\text{C}/10$  лет), а также на северо-востоке (до  $+1.9^{\circ}\text{C}/10$  лет), в апреле: на севере страны (до  $+1.5^{\circ}\text{C}/10$  лет), в мае: на севере Средней Сибири (до  $+1.0^{\circ}\text{C}/10$  лет).



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

В марте на севере европейской части страны наблюдается область, где потепление очень мало (до  $0.2^{\circ}\text{C}/10$  лет) или наблюдается слабое похолодание (до  $-0.1^{\circ}\text{C}/10$  лет). Области, где потепления практически нет (коэффициент линейного тренда:  $-0.1 - +0.1^{\circ}\text{C}/10$  лет) наблюдаются в апреле в СКФО, в мае – на Алтае.

В изменении весенних сумм осадков (рис. 3.2) преобладает тенденция к росту: почти на половине территории более  $5\%/10$  лет. Наиболее интенсивный рост осадков (более  $10\%/10$  лет) наблюдается в Прикаспийской низменности, на юге Поволжья, на юге Западной Сибири, в Якутии, в бассейне Анадыря. Рост осадков на большей части территории РФ наблюдается во все весенние месяцы.





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

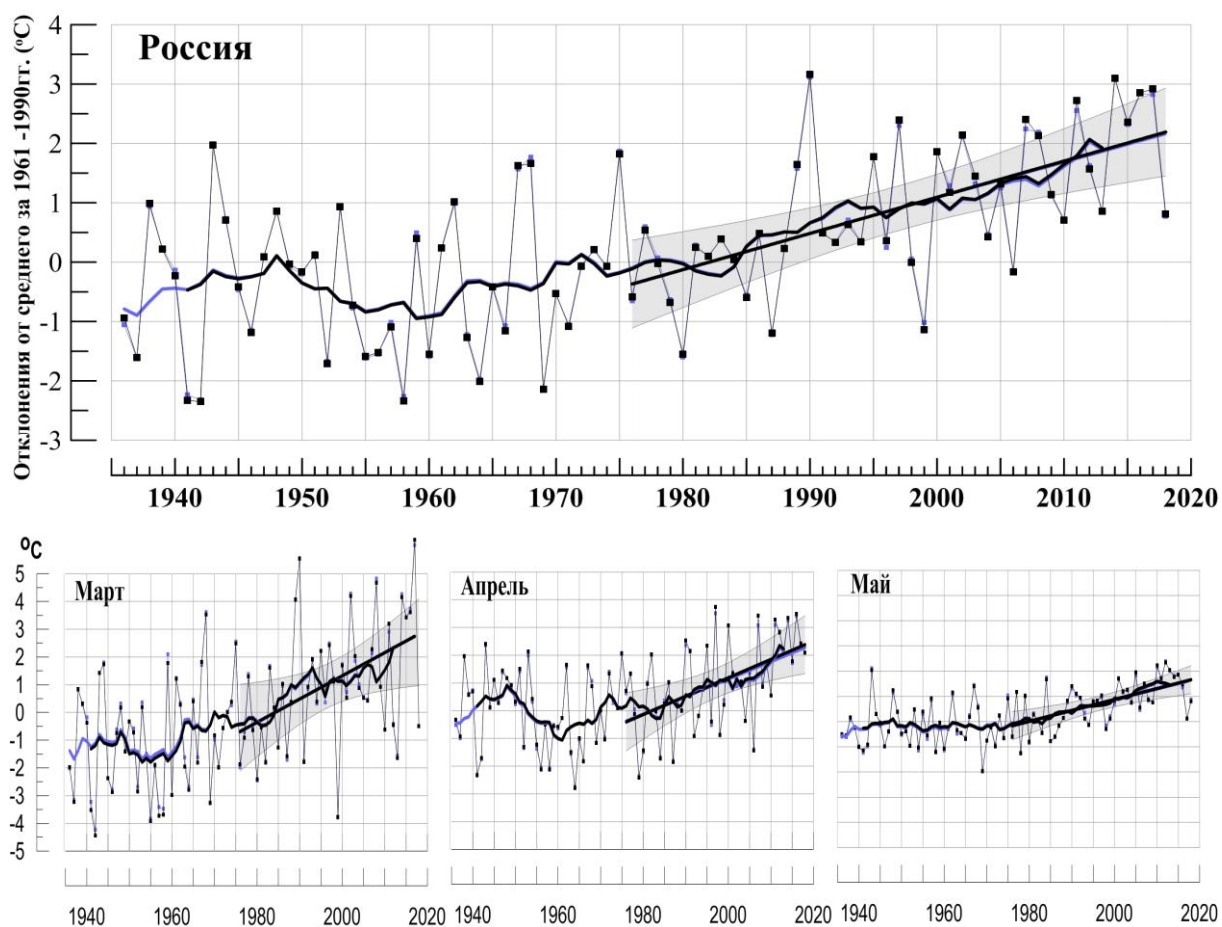
В *марте* на большей части РФ наблюдается существенный рост осадков. Наиболее интенсивный рост (более 20%/10 лет) происходит на юге и юго-востоке ЕЧР, на юге Западной и Средней Сибири; вдоль побережья морей Тихого океана. Уменьшение осадков наблюдается в верхнем течении Амура, в узкой полосе вдоль побережья Восточно-Сибирского моря (незначительное).

Характерной особенностью изменения *апрельских* осадков является наличие нескольких крупных областей убывания осадков. В ЕЧР осадки убывают в юго-западных районах (около -10%/10 лет); в Амурской области наблюдается более значительное убывание (до -20%/10 лет); осадки также убывают на севере Сибири вдоль моря Лаптевых, в западных районах Чукотского АО и Камчатского края (до -10%/10 лет). На Северном Урале и в нижнем течении Оби и Енисея, в Якутии наблюдается значительный рост (более 10%/10 лет). По сравнению с оценками 1976-2017 гг. уменьшилась интенсивность роста осадков в Прикаспии, на Алтае, в Якутии, на востоке Чукотки.

**В мае** преобладает тенденция роста осадков, но не такая сильная как в марте. В ряде областей Центрального ФО, в ряде областей АЧР, в особенности на Камчатке и на востоке Чукотки в мае наблюдается уменьшение осадков.

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

Тренд средней по России весенней температуры за период 1976-2018 гг. положителен: он составляет  $0.61^{\circ}\text{C}/10$  лет, объясняет 39% межгодовой изменчивости: тренд значим на 1%-м уровне, как и тренды мартовских, апрельских и майских температур. В марте с начала 1990-х гг. наблюдается замедление роста температуры (сглаженная кривая на рис. 3.3).



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

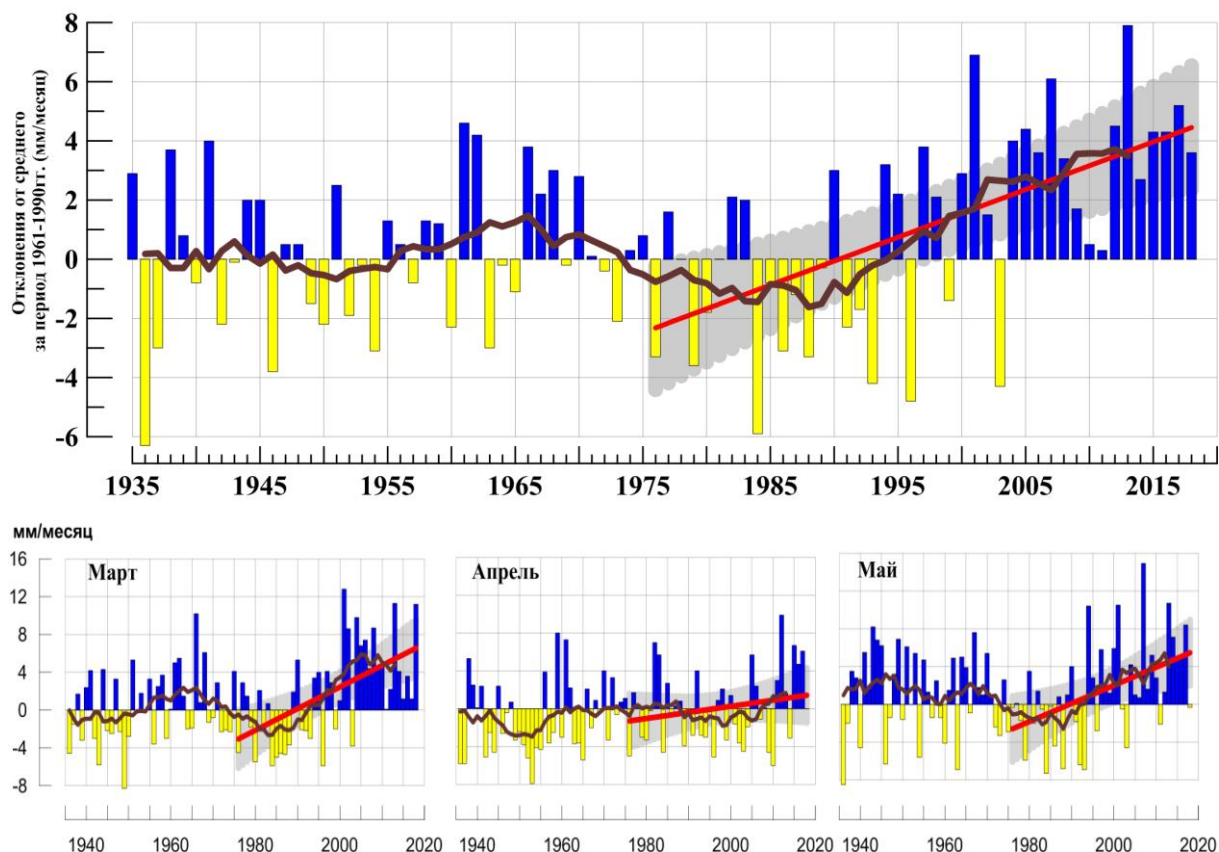
*Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2018 гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда.*

**Таблица 3.1**

Оценки линейного тренда температуры приземного воздуха и суммы осадков, осредненных по территории России и за весенний сезон, за 1976-2018 гг.

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

Регион Российской Федерация	Температура		Осадки		
	$b$ , °C/10 лет	$D$ , %	$b$ , мм/мес/10 лет	$b$ , %/10 лет	$D$ , %
<b>Весна</b>	0.61	39	1.6	5.9	36
Март	0.84	21	2.3	12.1	32
Апрель	0.66	27	0.6	2.5	4
Май	0.47	41	2.6	5.2	26



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

Тренд сезонных сумм осадков составляет 5.9%/10 лет и объясняет 36% межгодовой изменчивости. Рост осадков происходит в марте и мае, начало его относится ко второй половине 1980-х гг. Хотя сезонный, а также мартовский и майский тренды значимы на 1%-м уровне, т.е. можно утверждать достаточно определенно, что осадки растут в рассматриваемый период, общий характер изменения осадков (выраженные долгопериодные колебания с периодами в несколько десятилетий) дает основание для альтернативы: рост осадков является тенденцией, связанной с глобальным потеплением, либо это возрастающая фаза естественного долгопериодного колебания.

#### **4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ВЕСЕННЕГО 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 (°C) и месячных сумм осадков (мм/месяц) весеннего 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.

**Таблица 4.1**

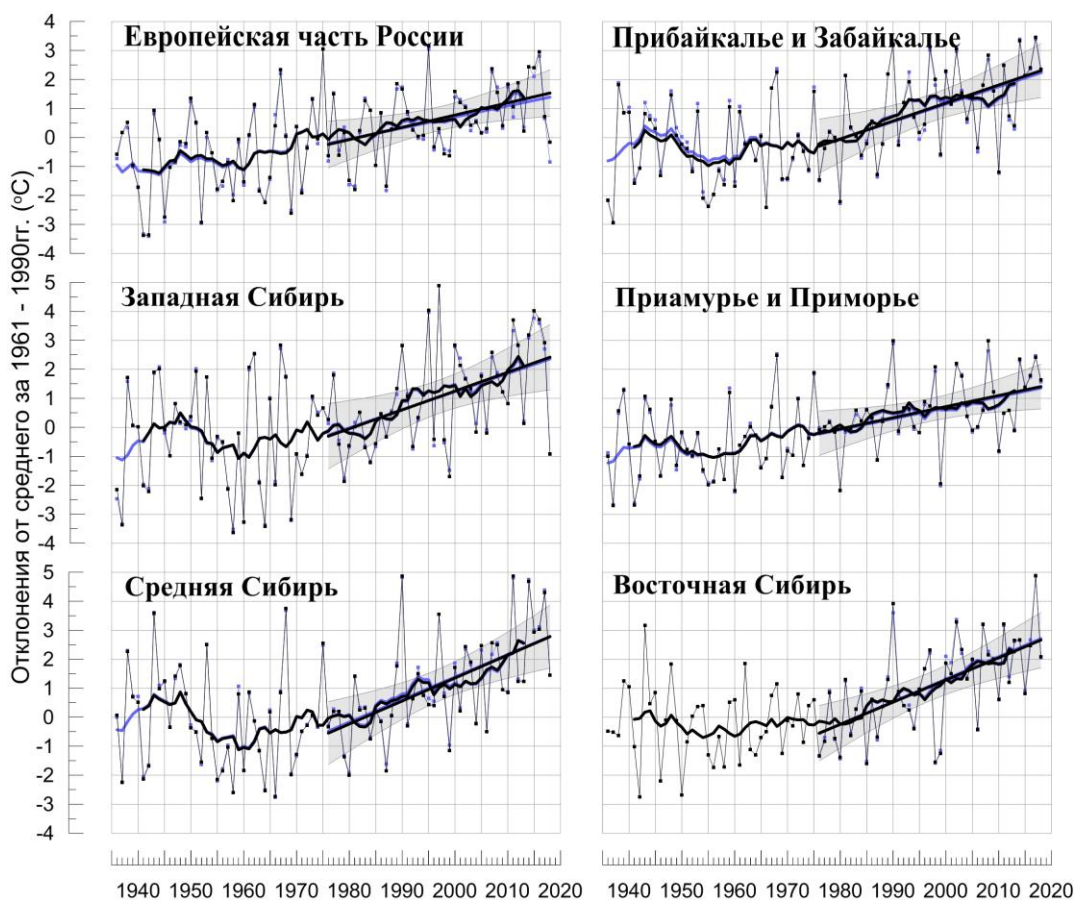
Оценки линейного тренда осредненных по территории России среднесезонных аномалий температуры приземного воздуха и сумм осадков за 1976-2018 гг. (весенний сезон),  $b$  – коэффициенты линейного тренда,  $D$  – вклад тренда в дисперсию ряда.

Регионы	Температура		Осадки		
	$b$ °C/10 лет	$D$ , %	$b$ мм/мес/10 лет	$b$ , %/10 лет	$D$ , %
Россия	0.61	39	1.6	5.9	36
<b>Физико-географические регионы России</b>					
Европейская часть России	0.42	20	1.7	4.7	16
Азиатская часть России	0.68	38	1.6	6.4	38
Западная Сибирь	0.65	23	2.5	8.8	34
Средняя Сибирь	0.79	34	1.4	6.4	33
Прибайкалье и Забайкалье	0.62	29	0.7	3.6	6
Приамурье и Приморье	0.38	18	1.8	4.7	7
Восточная Сибирь	0.77	37	1.2	6.0	23
<b>Федеральные округа РФ</b>					
Северо-Западный	0.43	14	1.2	3.5	9
Центральный	0.45	18	1.6	4.1	6
Приволжский	0.40	13	1.9	5.7	9
Южный	0.48	22	2.0	5.1	9
Северно-Кавказский	0.39	24	2.7	5.0	9
Уральский	0.62	18	2.4	8.3	27
Сибирский	0.71	34	1.5	6.2	23
Дальневосточный	0.67	37	1.4	6.0	31

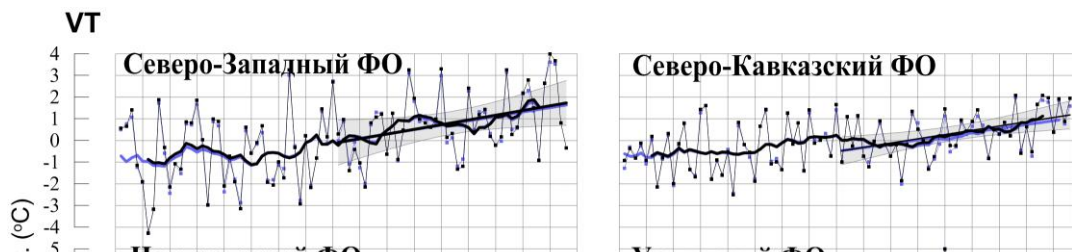
В таблице 4.1 приведены оценки линейных трендов регионально осредненных значений температуры и осадков за 1976-2018 гг. для физико-географических регионов и федеральных округов РФ. Во всех регионах в среднем за период 1976-2018 гг. наблюдается рост температуры: тренды значимы на 1%-м уровне для всех регионов. Для большинства регионов (рис. 4.1) начало потепления можно отнести к 1960-м годам, хотя начало глобального потепления, связываемого с ростом индустриальных выбросов парниковых газов, относится к середине 1970-х гг. По-видимому, эти региональные отличия следует связывать с долгопериодными колебаниями в системе океан-атмосфера, которые, накладываясь на глобальный тренд, дают несколько отличающуюся картину изменений. Во многих регионах в конце 20-го – начале 21-го столетия весенние температуры оставались примерно постоянными (некоторое замедление потепления), затем рост температуры возобновился.

По сравнению с периодом 1976-2017 гг. во многих регионах и федеральных округах РФ наблюдается уменьшение трендов на  $0.01^{\circ}\text{C}$ - $0.04^{\circ}\text{C}/10$  лет, наиболее значительное уменьшение (более  $0.05^{\circ}\text{C}/10$  лет) из-за холодной весны наблюдается в Западной Сибири (Уральский ФО). В СКФО, в Прибайкалье и Забайкалье и в Приамурье и Приморье АЧР из-за очень теплой весны наблюдается увеличение трендов на  $0.01^{\circ}\text{C}$ - $0.04^{\circ}\text{C}/10$  лет.

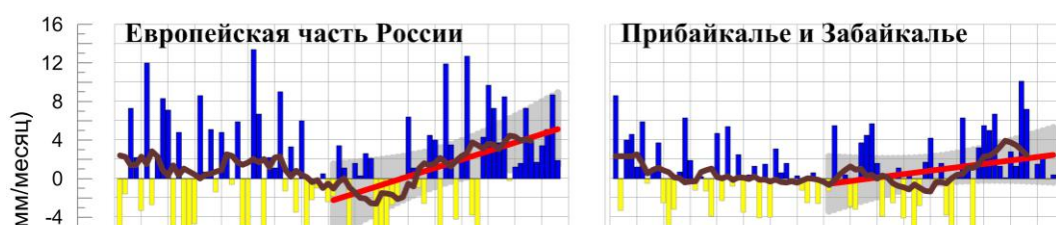
В изменениях осадков (рис. 4.3, 4.4, 4.5) для физико-географических регионов и Федеральных округов РФ выражены колебания с периодами в несколько десятилетий. В последние десятилетия во всех регионах наблюдается рост весенних осадков, в ряде регионов – значимый на 1%-м уровне (ЕЧР, Западная, Средняя и Восточная Сибирь; Уральский, Сибирский и Дальневосточный ФО).



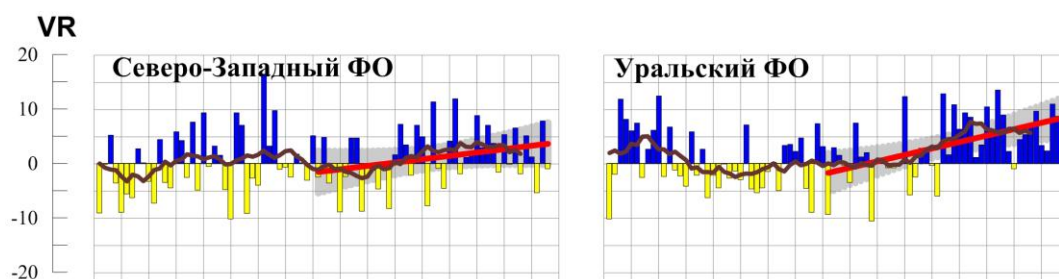
**Рисунок 4.1** - Сезонные аномалии температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ), осредненные по территории физико-географических регионов РФ, весна 2017 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд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



**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 регионов РФ, весна 2018 гг.  
*Условные обозначения см. на рис. 4.1.*



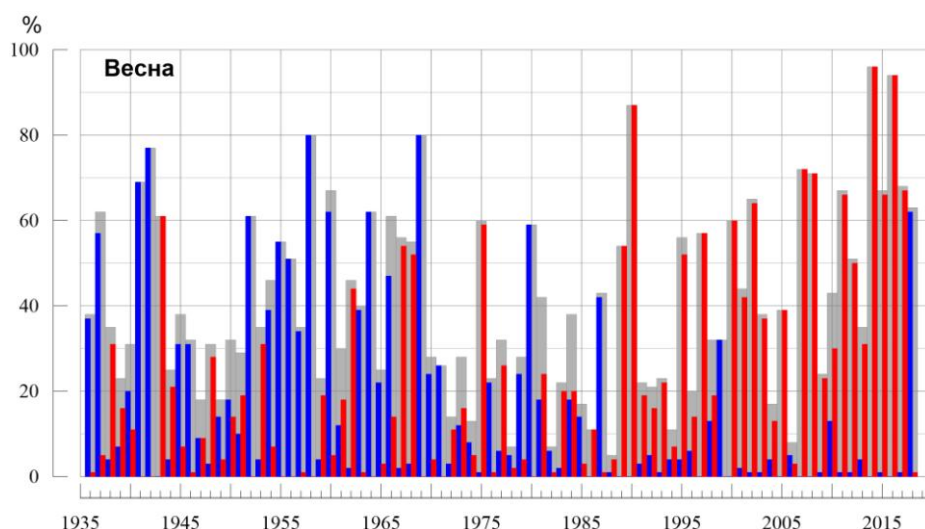
**Рисунок 4.4** – То же, что на рис.4.3, но для федеральных округов

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

В разделе приведены некоторые индексы экстремальности и аномальности для весеннего 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.* Весной 2018 гг. (рис. 5.1) площадь, занятая крупными отрицательными аномалиями (ниже 20-го перцентиля) составила 62% -5-7-ая величина в ряду). Площадь, занятая крупными положительными аномалиями (выше 80-перцентиля весной 2018 года составила 1%. С 1976 г. (начало глобального потепления) наблюдается увеличение площади под крупными положительными аномалиями, тренд за период 1976-2018 составляет 12,7%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 31%).



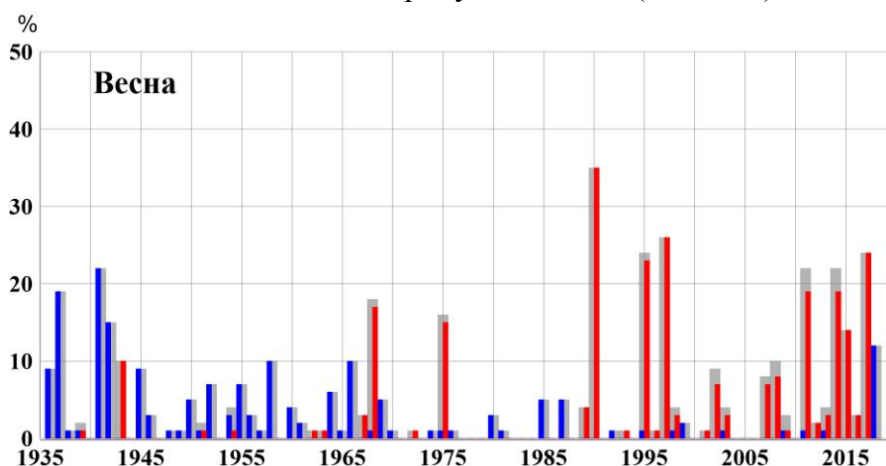


**Рисунок 5.1** – доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями температуры, 1936-2018 гг. (весна):

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

На рис.5.2 представлены ряды доли площади под экстремальными (выше  $2\sigma$  и ниже  $-2\sigma$ ) аномалиями сезонной температуры (в предположении гауссовости распределения это соответствует вероятности примерно 2.3% процента для каждого хвоста распределения). На графике хорошо прослеживаются весны, когда на значительной территории наблюдались экстремальные отрицательные аномалии: 1941 (22% площади занято экстремально холодными аномалиями), 1937 (19%), 1945 (15%), 1958 (10%), 1966 (10%). С конца 1980-х гг. преобладают положительные экстремумы.

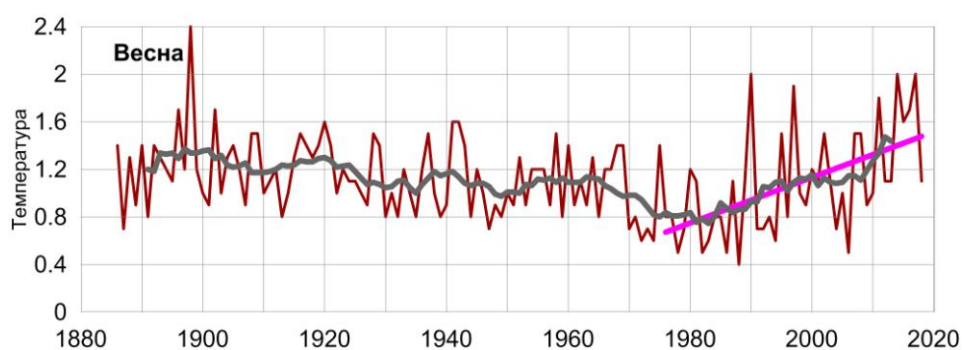
Весной 2018 г. площадь под экстремумами холода (ниже  $-2\sigma$ ) составила 12% территории страны – это четвертая величина среди отрицательных экстремумов холода. Весной 2018 года площадь под экстремумами тепла (выше  $2\sigma$ ) не наблюдалась.



**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 весной, 1936-2018 гг. Базовый период для расчета статистик: 1961-1990 гг.

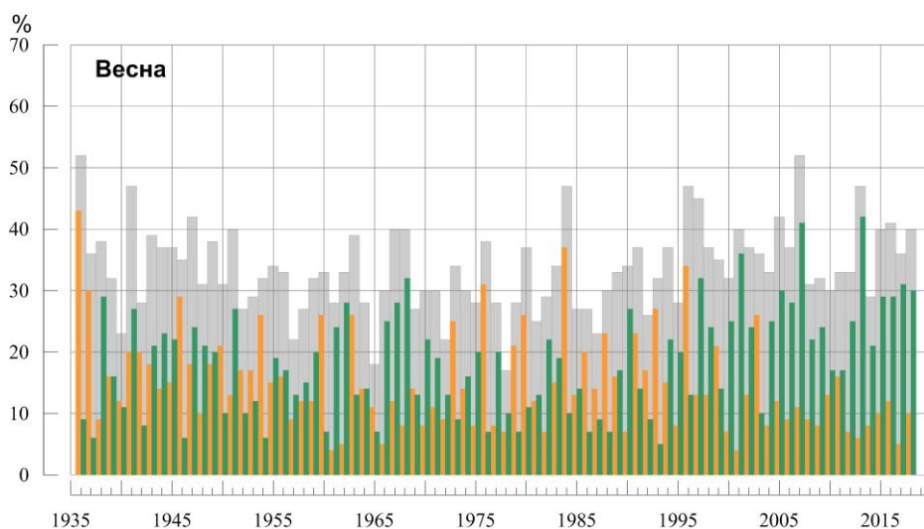
Индекс аномальности Багрова (рис. 5.3) весной 2018 года равен 1.1. Анализ индекса аномальности Багрова показывает, что с начала 1980-х гг. аномальность

температурного режима на территории РФ в весенний сезон растет – тренд за период 1976-2018 гг. составил 0.19 / 10 лет и объясняет 28% общей дисперсии ряда.



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

**Осадки.** Весной 2018 г. площадь, занятая крупными аномалиями выше 80 перцентиля (рис. 5.4) составила 30% (немного выше среднего с начала 21 века), ниже 20-го перцентиля – 10% (почти в два с половиной раза ниже среднего с начала 21 века). С 1976 г. наблюдается увеличение площади под аномалиями выше 80-го перцентиля, тренд за период 1976-2018 составляет 4.9%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 42%: тренд значим на уровне 1%) и уменьшение площади под аномалии ниже 20-го перцентиля, тренд за период 1976-2018 составляет -2.7%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 17%).



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

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

## ВЫВОДЫ

1. Весна для Северного полушария в целом была теплой: аномалия температуры воздуха над сушей СП составила  $+1.184^{\circ}\text{C}$  – седьмая величина в ряду с 1886 г. (но величина аномалии не входит в 95%-ую доверительную область для линии тренда, разность между сезонной аномалией и линией тренда составила  $-0.20^{\circ}\text{C}$ ).

2. Осредненная по РФ весенняя аномалия температуры:  $+0.81^{\circ}\text{C}$ . Теплее, чем в среднем многолетнем, было на западе и юге ЕЧР (аномалии до  $3^{\circ}\text{C}$ , в СКФО сезонная аномалия составила  $1.93^{\circ}\text{C}$  – ранг 4) и восточнее  $\sim 90^{\circ}$  в.д. (аномалии до  $6^{\circ}\text{C}$ ). Холодно (до  $-2.4^{\circ}\text{C}$ ) в центре и на востоке ЕЧР ( $-0.16^{\circ}\text{C}$ ), в Западной Сибири ( $-0.92^{\circ}\text{C}$ ) – это самая холодная весна на этих территориях в 21 веке.

3. Доля площади территории России, занятая крупными отрицательными среднесезонными аномалиями температуры (ниже 20-го перцентиля) составила 62% страны – 5-7 величина в ряду, при этом под экстремальными отрицательными аномалиями (ниже  $-2\sigma$ ) было занято 12% площади страны - четвертая величина среди отрицательных экстремумов холода. Доля площади территории России, занятая крупными положительными (выше 80-го перцентиля) аномалиями составила лишь 1%.

4. Самым холодным месяцем был март. Осредненная по РФ аномалия температуры  $-0.49^{\circ}\text{C}$ . Очень холодные условия (на ряде станций отмечались 5%-е экстремумы) сложились в ЕЧР ( $-3.31^{\circ}\text{C}$  - среди одиннадцати самых холодных, аномалии в республике Коми около  $-6^{\circ}\text{C}$ ), в Западной Сибири и на севере Средней Сибири. Тепло в марте на юге АЧР восточнее  $90^{\circ}$  в.д., на северо-востоке страны, в Предгорьях Кавказа.

В апреле тепло всюду (кроме ПФО и юга Западной Сибири), экстремально тепло в регионе Восточная Сибирь (аномалия  $4.45^{\circ}\text{C}$  - ранг 2).

Май очень контрастный (как и март) месяц в сезоне, осредненная по РФ аномалия температуры составила  $0.81^{\circ}\text{C}$ . Экстремально тепло (на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы) в западных и центральных районах ЕЧР, в Забайкалье и на юге Дальневосточного ФО. Холодно на востоке ЕЧР, в Западной Сибири и на западе Среднесибирского плоскогорья, экстремально холодно в Западной Сибири: аномалия  $-2.42^{\circ}\text{C}$  – среди трех наименьших в ряду (на многих станциях юга Западной Сибири отмечались 5%-е экстремумы). Кроме того, небольшие отрицательные аномалии температуры (около  $-1^{\circ}\text{C}$ ) наблюдались в междуречье нижних течений Индигирки и Колымы, на большей части Чукотского АО.

5. Весной наблюдался избыток осадков, в среднем по РФ выпало 113% нормы осадков (ранг 16-17). Избыток осадков наблюдался на юге Центрального Черноземья, в ПФО, на большей части АЧР (кроме побережья Восточно-Сибирского моря и юга ДВФО). Значительный избыток осадков (повсеместно отмечались 95%-е экстремумы) наблюдался на юге Западной Сибири, на Алтае.

6. Весной 2018 г. площадь, занятая крупными аномалиями выше 80 перцентиля составила 30%, ниже 20-го перцентиля – 10%.

7. Из месяцев сезона следует особенно выделить март. В среднем по РФ выпало 159% нормы осадков (ранг 3). В среднем по ЕЧР выпало 145% нормы: экстремально

влажно в ЮФО (215% - ранг 1) и в СКФО (170% - ранг 5). В среднем по АЧР выпало 168% (ранг 2): экстремально влажно было во всех федеральных округах АЧР.

В апреле значительный избыток осадков (на ряде станций 95%-е экстремумы) наблюдался в ЦФО; а также восточнее Оби в полосе от приграничных с Казахстаном районов до Северо-Сибирской низменности и, далее, в нижнем и среднем течении Лены и Алдана. Сильный дефицит осадков в апреле наблюдался в Саянах, в Прибайкалье и Забайкалье (50% – ранг 2), в Приамурье и Приморье (60% нормы), на востоке Якутии, на Чукотке; а также на юге ЕЧР (в ЮФО выпало 59%, в СКФО - 56%).

В мае осредненные по РФ осадки составили 99% нормы. Дефицит осадков (на ряде станций фиксировались 5%-е экстремумы) наблюдался в центре и на юге ЕЧР; на большей части ЗСФО, на северо-востоке страны, в Хабаровском крае, в Приморье. Значительный избыток осадков (на ряде станций более 95-го перцентиля) наблюдался на востоке ЕЧР, в южных и центральных районах Западной и Средней Сибири (в СФО выпало 138% - ранг 4), в районе Байкала, в Якутии.

8. В целом по России линейный тренд весенней температуры воздуха за период 1976-2018 гг. составил  $+0.61^{\circ}\text{C}/10$  лет при вкладе тренда в дисперсию ряда 39%, что более чем в полтора раза выше, чем в среднем для суши Северного полушария ( $+0.36^{\circ}\text{C}/10$  лет, вклад в дисперсию ряда 80%). Наиболее быстрое потепление наблюдается на севере АЧР (до  $+1.4^{\circ}\text{C}/10$  лет в Чукотском АО), максимум - в марте (в Чукотском АО до  $+1.9^{\circ}\text{C}/10$  лет). На ЕЧР, в Приамурье и Приморье весенние температуры растут значительно слабее (до  $+0.4^{\circ}\text{C}$ ). Во многих регионах в конце 20-го – начале 21-го столетия наблюдалось замедление роста температуры, затем рост температуры возобновился.

9. Тренд весенних сумм осадков для России в целом положителен: составляет  $+5.9\% /10$  лет, объясняет 36% межгодовой изменчивости. Наиболее интенсивный рост осадков (более 10%/10 лет) наблюдается в Прикаспийской низменности, на юге Поволжья, на юге Западной Сибири, в Якутии, в бассейне Анадыря. Регионально осредненные суммы весенних осадков растут для всех физико-географических регионов и Федеральных округов. Следует отметить для марта исключительно высокие темпы роста осадков (выше 10% за 10 лет) на огромных территориях южной половины страны (исключая лишь часть Читинской и Амурской областей) и на Северо-Востоке России.

## 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

## ВЕСНА 2018



## ВВЕДЕНИЕ

В настоящем Приложении<sup>\*</sup> приводится информация о состоянии приземного климата (температура приземного воздуха и атмосферные осадки) весной 2018 г. 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 2017 гг. (доля значений временного ряда, меньших либо равных текущему значению).

Осреднение по регионам выполняется по станционным данным об аномалиях климатических переменных с использованием двухступенчатой процедуры. На первом этапе территория региона покрывается регулярной сеткой (разрешением 2.5 градуса широты на 5 градусов долготы), и в каждой ячейке сетки рассчитывается «ячеечное» среднее (среднее арифметическое из значений аномалий на попавших в эту ячейку

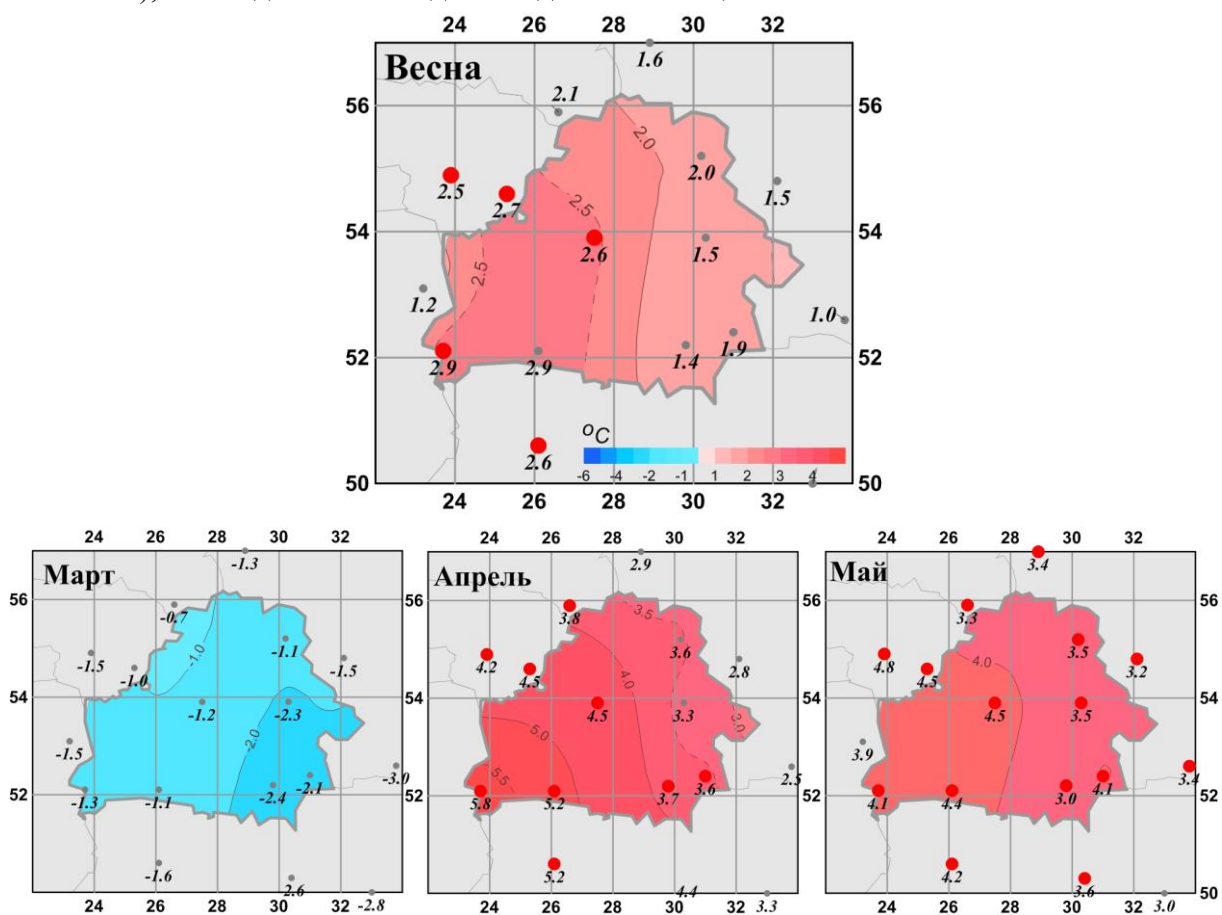
<sup>\*</sup> Материалы подготовлены в ФГБУ ИГКЭ Росгидромета и РАН с использованием данных НИУ Росгидромета: ФГБУ «Гидрометцентр РФ» и ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»

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 ячейечных 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 ВЕСНОЙ 2018 г.

В таблицах 2 и 3 приведены станционные данные о наблюдаемой температуре и осадках для каждого месяца рассматриваемого весеннего 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.



**Рисунок 1** - Средние сезонные и средние месячные аномалии температуры (°C) приземного воздуха на территории республики Беларусь весной.

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

Таблица 2

Характеристики температурного режима на станциях Беларуси весной 2018 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>Весна</i>	<b>7.37</b>	<b>8.43</b>	<b>7.10</b>	<b>10.37</b>	<b>9.97</b>	<b>8.50</b>	<b>8.83</b>
Март	-3.3	-2.6	-4.2	-0.2	-1.0	-2.8	-2.9
Апрель	9.2	10.5	9.0	13.5	12.8	11.1	11.0
Май	16.2	17.4	16.5	17.8	18.1	17.2	18.4
б) аномалия температуры (град. Цельсия)							
<i>Весна</i>	<b>2.01</b>	<b>2.59</b>	<b>1.51</b>	<b>2.86</b>	<b>2.87</b>	<b>1.42</b>	<b>1.87</b>
Март	-1.14	-1.22	-2.29	-1.30	-1.06	-2.44	-2.11
Апрель	3.65	4.51	3.29	5.76	5.24	3.66	3.61
Май	3.53	4.47	3.54	4.11	4.44	3.04	4.11

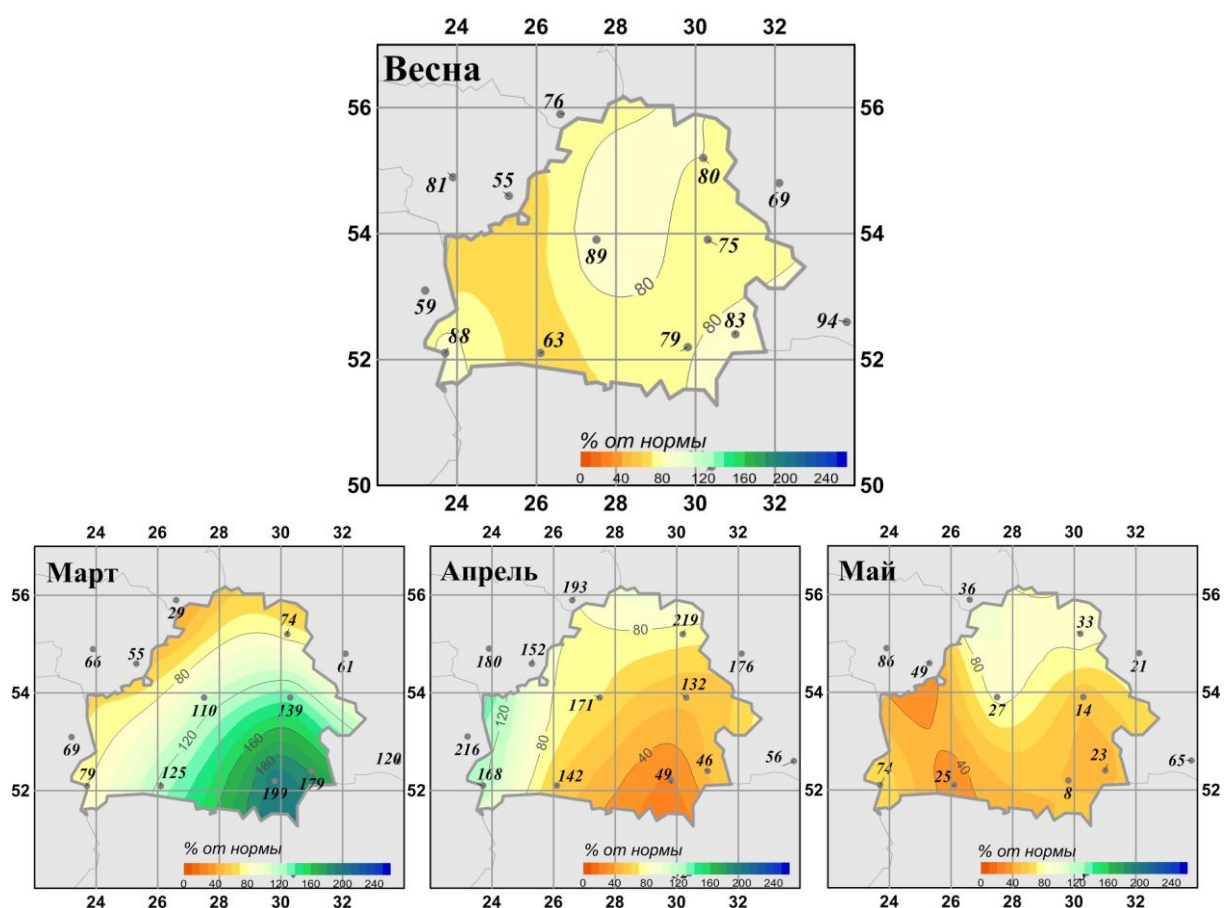


Рисунок 2 - Средние сезонные и месячные аномалии атмосферных осадков (% от нормы) на территории республики Беларусь весной 2018 г.

Аномалии рассчитаны относительно периода 1961-1990 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) и осадков (в % от нормы) на станциях.

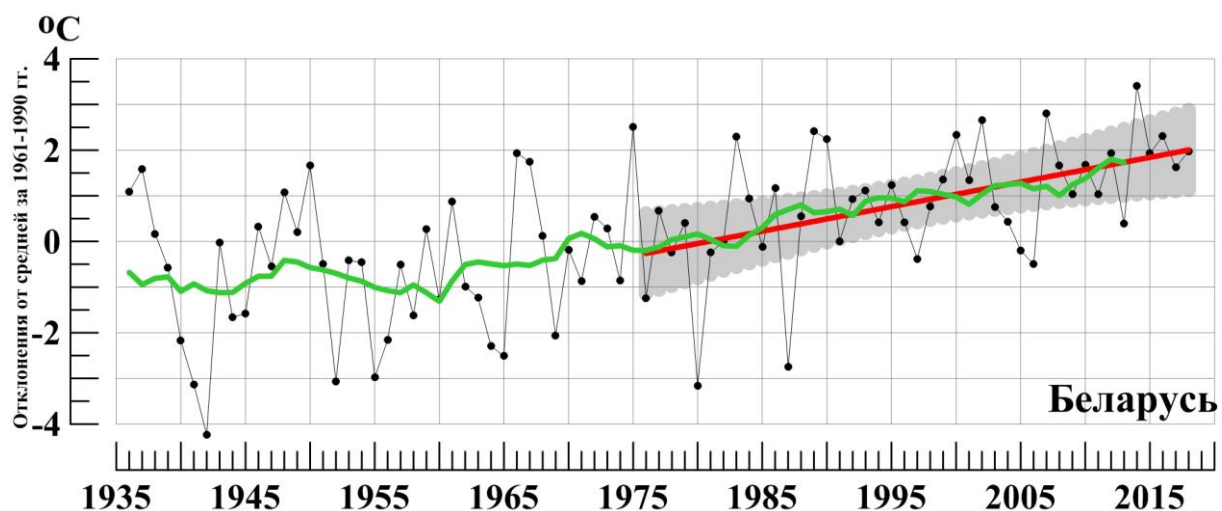


Таблица 3

Характеристики режима осадков на станциях Беларуси весной 2018 г.

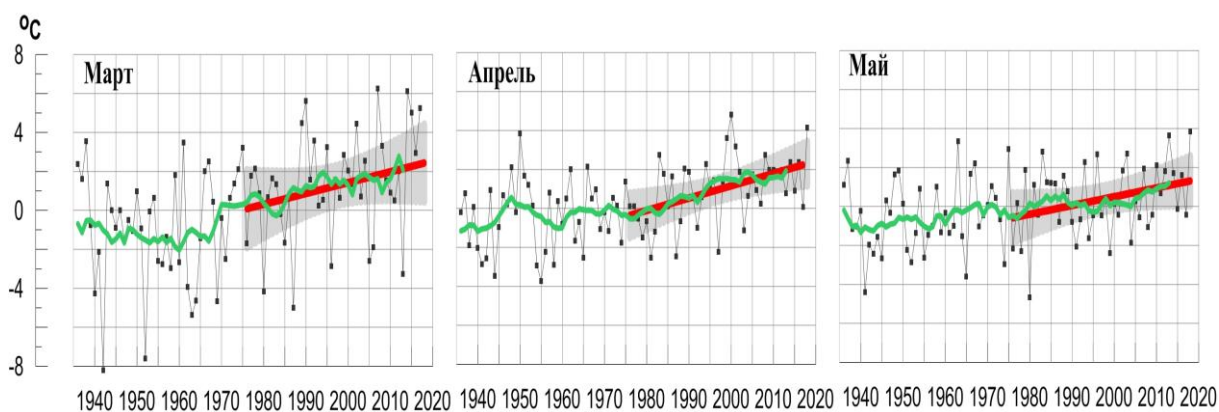
	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Могилев</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	<b>26666</b>	<b>26850</b>	<b>26863</b>	<b>33008</b>	<b>33019</b>	<b>33038</b>	<b>33041</b>
<b>а) Сумма осадков (мм/месяц)</b>							
<i>Весна</i>	<b>34.0</b>	<b>43.0</b>	<b>32.3</b>	<b>37.7</b>	<b>25.3</b>	<b>35.0</b>	<b>32.7</b>
Март	29	46	48	24	37	67	58
Апрель	29	30	21	48	22	12	19
Май	44	53	28	41	17	26	21
<b>б) Аномалия сумм осадков / (мм/месяц)</b>							
<i>Весна</i>	<b>-8.3</b>	<b>-5.5</b>	<b>-11.0</b>	<b>-5.1</b>	<b>-15.1</b>	<b>-9.1</b>	<b>-6.5</b>
Март	-10.0	4.2	13.4	-6.6	7.4	33.3	25.6
Апрель	-9.8	-12.2	-19.3	8.7	-15.3	-33.2	-18.2
Май	-5.2	-8.6	-27.2	-17.5	-37.3	-27.3	-27.0
<b>в) Относительная аномалия сумм осадков (% от нормы)</b>							
<i>Весна</i>	<b>80</b>	<b>89</b>	<b>75</b>	<b>88</b>	<b>63</b>	<b>79</b>	<b>83</b>
Март	74	110	139	79	125	199	179
Апрель	75	71	52	122	59	27	51
Май	89	86	51	70	31	49	44

На рисунках 3-6 показаны временные ряды осредненных по территории Беларуси сезонных и месячных аномалий температуры воздуха и осадков с 1936 по 2018 гг. В таблицах 4 и 5 приведены аномалии температуры и осадков, а также оценки трендов, в среднем по всей территории республики Беларусь.

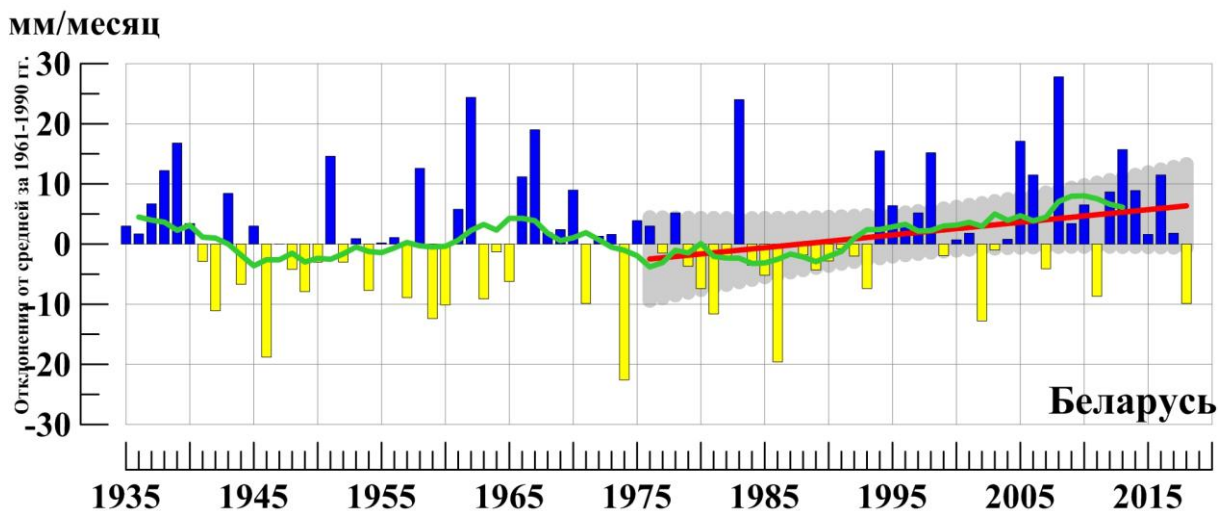


**Рисунок 3** - Сезонные (март - май) аномалии температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ), осредненные по территории Республики Беларусь.

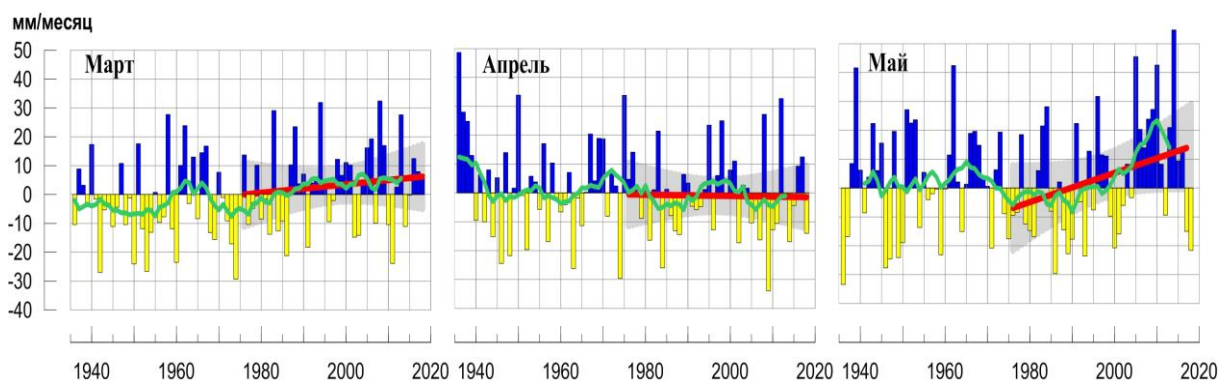
Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2018 гг.



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



**Рисунок 5** - Сезонные (март - май) 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 весенний сезон и в отдельные месяцы сезона.

	$\nu T_{2018}$	$s$	$RR_{2018}$	$\nu R_{2018}$	$s$
<b>Весна</b>	<b>1.98</b>	<b>1.58</b>	<b>77</b>	<b>-9.9</b>	<b>10.6</b>
Март	-1.68	2.93	120	7.0	14.5
Апрель	4.15	1.51	65	-14.0	14.8
Май	3.83	1.95	60	-21.6	17.4

**Примечание:** Аномалии  $\nu T_{2018}$  ( $^{\circ}C$ ),  $\nu R_{2018}$  (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за период 1961-1990 гг.),  $RR_{2018}$  (%) – осадки в процентах от нормы,  $s$  ( $^{\circ}C$ , 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	$D_{1976-2018}$ %
<b>Весна</b>	<b>0.54</b>	<b>26</b>	<b>4.9</b>	<b>8</b>
Март	0.56	7	1.5	2
Апрель	0.63	22	-0.2	0
Май	0.45	10	5.1	10