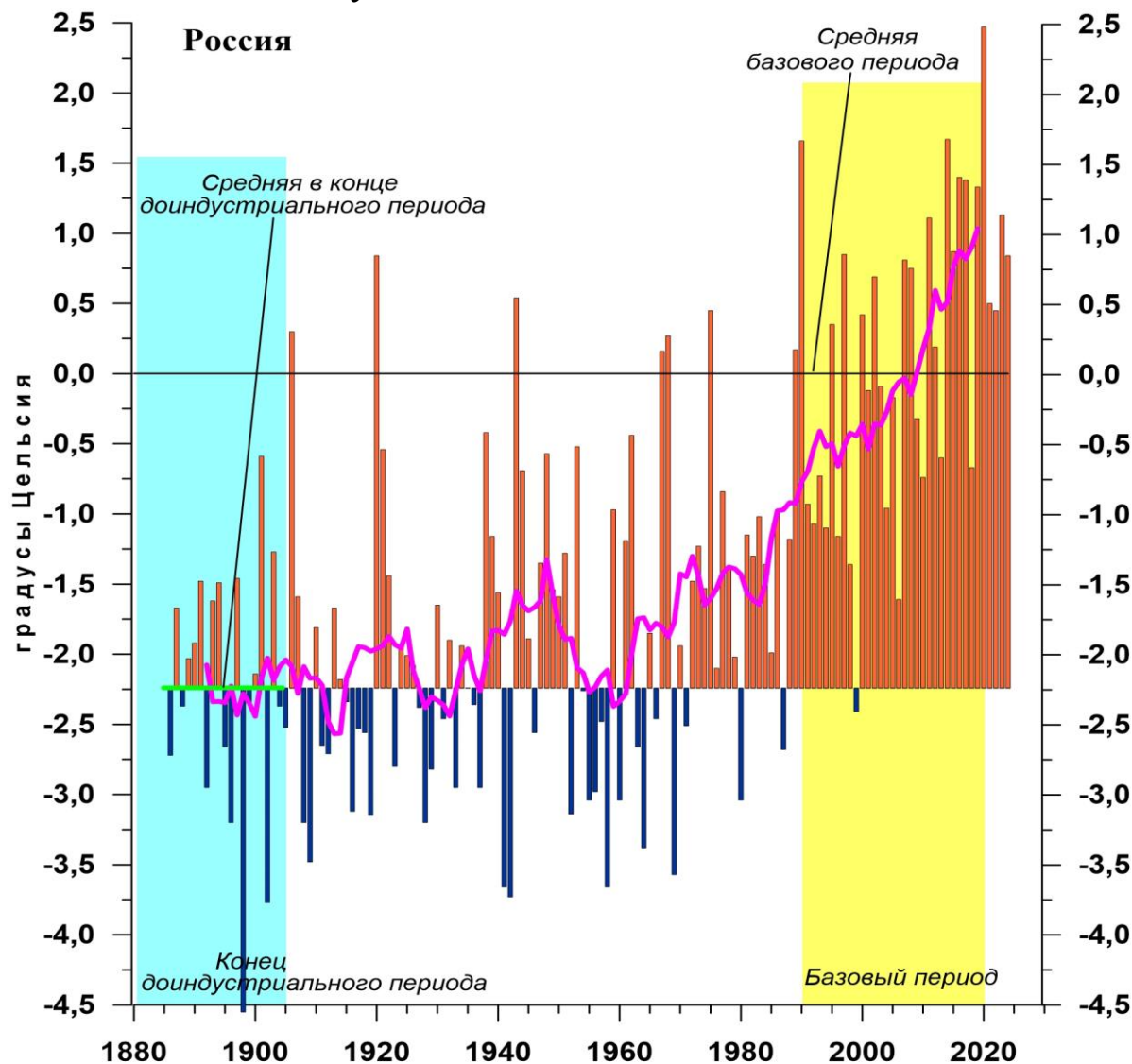


Федеральная служба
по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ФГБУ «Институт Глобального Климата и Экологии»



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2024

ВЕСНА: март – май

Обзор состояния и тенденций изменения
климата России

★
Москва 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ¹

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ (весенний сезон).....	6
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕСНЫ 2024 г. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	7
3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В ВЕСЕННИЙ СЕЗОН.....	16
4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ВЕСЕННЕГО СЕЗОНА В РЕГИОНАХ РОССИИ, 1936-2024 гг.....	21
5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2024 гг. (весенний сезон)	27
ВЫВОДЫ	30
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности весны 2024 г. на территории Республики Беларусь	32

¹ На обложке приведен ход средней сезонной аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2024 гг. (весна)
Аномалия температуры рассчитана как отклонение от средней температуры за базовый период 1991-2020 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». 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 249 (548) российских станций, по которым своевременно поступили сводки КЛИМАТ в оперативном потоке.

Под «нормой» в бюллетене понимается среднее многолетнее значение рассматриваемой климатической переменной за 1991-2020 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).



Рисунок 2 - Федеральные округа Российской Федерации

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

Для характеристики степени аномальности полей температуры воздуха используется "коэффициент аномальности" (предложен Н.А. Багровым), равный среднему квадратическому значению нормированной аномалии температуры

(осреднение по площади). Чем больше индекс аномальности климата, тем больше отличается от нормы анализируемое состояние климатической системы.

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

Бюллетень подготовлен в ФГБУ «ИГКЭ»** 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-сайте (<http://www.igce.ru/performance/publishing> (ФГБУ «ИГКЭ»)).

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

** В выпуске принимали участие сотрудники Отдела мониторинга и вероятностного прогноза климата ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»: М.Ю. Бардин (руководитель), Э.Я. Ранькова, Т.В. Платова, О.Ф. Самохина, У.И. Антипина, В.Д. Смирнов, К.С. Свистунова

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 2024: 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 crut5nh.txt на сайте www.cru.uea.ac.uk). Временной ряд для территории России рассчитан по станционным данным о температуре приземного воздуха ФГБУ «ИГКЭ». Представлен также линейный тренд за 1976-2024 гг.

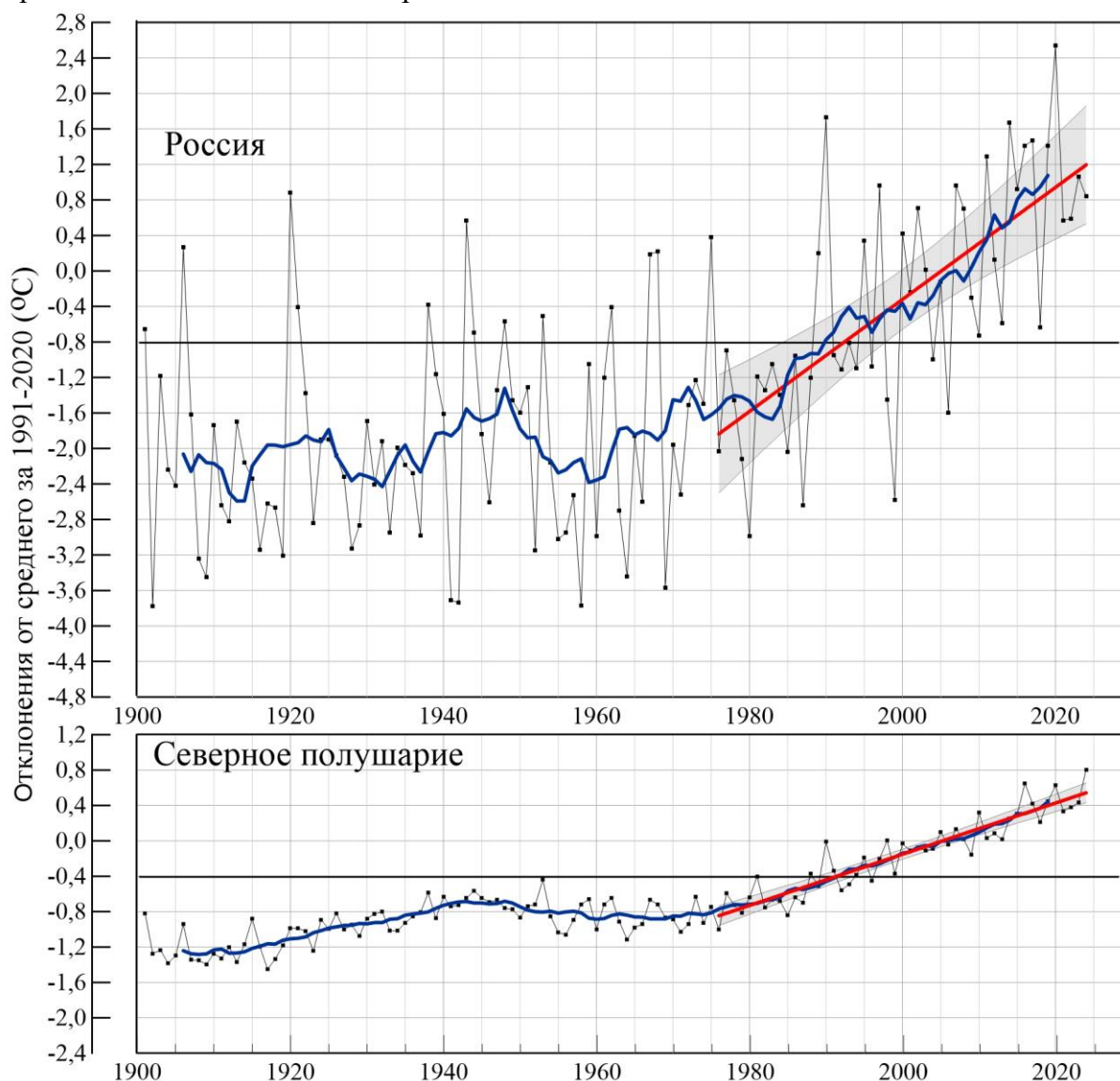


Рисунок 1.1 – Сезонная аномалия (весна: март - май) температуры приземного воздуха, осредненная по Северному полушарию (суша) и территории России за 1886-2024 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от средней за базовый период 1991-2020 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Показаны м.н.к. – оценка линейного тренда и 95% -я доверительная область для линии тренда за 1976-2024 гг. Использованы данные Университета Восточной Англии (СП) и данные ФГБУ «ИГКЭ» (Россия).

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

Аномалия температуры воздуха над сушей СП весной составила +0,805°C (при стандартном отклонении 0,312°C) – максимальная величина в ряду с 1886 г. Для России в целом средняя сезонная аномалия температуры приземного воздуха составила +0,84°C (ранг 12) при величине стандартного отклонения 1,174°C.

Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений весенних температур за период 1976-2024 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 1991-2020 гг. (°C), осредненные по суше СП и России, и оценки линейного тренда за период 1976-2024 гг.

Регионы	vT_{2024}	$s_{1991-2020}$	$b, \text{°C}/10 \text{ лет}$	$D \%$
СП	0,81	0,312	0,29	87
Россия	1,06	1,174	0,63	48

Примечание: vT – аномалия температуры, s - стандартное отклонение за период 1991-2020, b – коэффициент линейного тренда, D - вклад тренда в дисперсию.

2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕСНЫ 2024 гг. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

На рис. 2.1 и 2.2 представлены карты сезонных и месячных аномалий температуры и осадков на территории России весны 2024 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 2024 года осредненная аномалия по РФ составила 0,84°C– 12-ая величина в ряду с 1936 года. Температуры выше климатической нормы наблюдались в ЕЧР всюду (кроме северо-востока), а в АЧР – восточнее течения Енисея. 95%- экстремумы на станциях отмечались в ЦФО (1,73°C – ранг 4), ЮФО (1,85°C – ранг 1) и СКФО (1,52°C – ранг 2), в регионе Прибайкалье и Забайкалье (1,60°C –ранг 5), в Якутии, в Хабаровском крае, на Камчатке и на Сахалине (в среднем по ДФО аномалия составила 1,75°C - ранг 5).

Температуры ниже климатической нормы наблюдались от востока Кольского полуострова и Тиманского кряжа (на западе) до течения Енисея (на востоке) (аномалии до -3°C на севере Западной Сибири), а также на Чукотке (аномалии до -1°C).

Распределение средних сезонных температур на рис. 2.2 позволяет проследить рассмотренные особенности несколько под другим углом. Сезонные изотермы 10° и 5° на ЕЧР смещены к северу от своего климатического положения на 2-3° с.ш. На северо-востоке ЕЧР и в АЧР до 90-100 град. в. д. сезонные изотермы 0° , -5° , -10° , -15° смещены к югу от своего климатического положения на 1-2° с.ш., а восточнее (от 100 град. до 175 град. в. д.) изотермы 0° , -5° , -10° , смещены к северу от своего климатического положения на 2-3° с.ш. На Чукотке изотерма -10° близка к своему климатическому положению.

В марте осредненная аномалия температуры в целом по РФ $1,35^{\circ}\text{C}$ (ранг 14). Температуры выше климатической нормы наблюдались в ЕЧР (кроме части ПФО), на юге УФО и СФО, на большей части ДФО. 95%-е экстремумы фиксировались в центральных областях ЕЧР и в Хабаровском крае.

Температуры ниже климатической нормы наблюдались на северо-востоке ЕЧР, на севере УФО и СФО (кроме востока Таймыра), аномалии в районе Обской губы достигали $-4,9^{\circ}\text{C}$.

Апрель. Осредненная по РФ аномалия температуры $1,50^{\circ}\text{C}$ (ранг 8). Температуры выше климатической нормы наблюдались в центре и на юге ЕЧР, а также на в АЧР (кроме Западно-Сибирской равнины и Таймырского полуострова, а также Чукотского АО). 95%-е экстремумы отмечались на многих станциях центра и юга ЕЧР и на многих станциях побережья Охотского и Японского морей. Осредненные аномалии температуры по ЦФО ($4,24^{\circ}\text{C}$), ЮФО ($5,69^{\circ}\text{C}$), СКФО ($5,04^{\circ}\text{C}$) – максимальные величины в соответствующих рядах, а по ПФО ($4,93^{\circ}\text{C}$) и по региону Приамурье и Приморье ($2,50^{\circ}\text{C}$) – вторые -величины в рядах.

Температуры ниже климатической нормы наблюдались в ЕЧР в СЗФО ($-0,75^{\circ}\text{C}$), а в АЧР: на Западно-Сибирской равнине и на Таймыре, а также на севере Чукотки, аномалии на станциях моря Баренцево до $-4,3^{\circ}\text{C}$.

Май. Осредненная по РФ аномалия температуры составила $-0,31^{\circ}\text{C}$ (ранг 33). Температуры ниже климатической нормы наблюдались всюду в ЕЧР (кроме Ленинградской области и Карелии) и в Западной Сибири (аномалии до $-5,4^{\circ}\text{C}$) - на востоке ЕЧР и на Урале на станциях фиксировались 5%-е экстремумы холода. Температуры ниже нормы наблюдались также на Чукотке и в Приморье (аномалии до $-2,1^{\circ}\text{C}$).

Температуры выше климатической нормы наблюдались в АЧР: на Среднесибирском плоскогорье и восточнее (исключая Приморье и Чукотку), 95%-е экстремумы отмечались повсеместно, осредненная по ДФО аномалия температуры составила $1,06^{\circ}\text{C}$ (ранг 5).

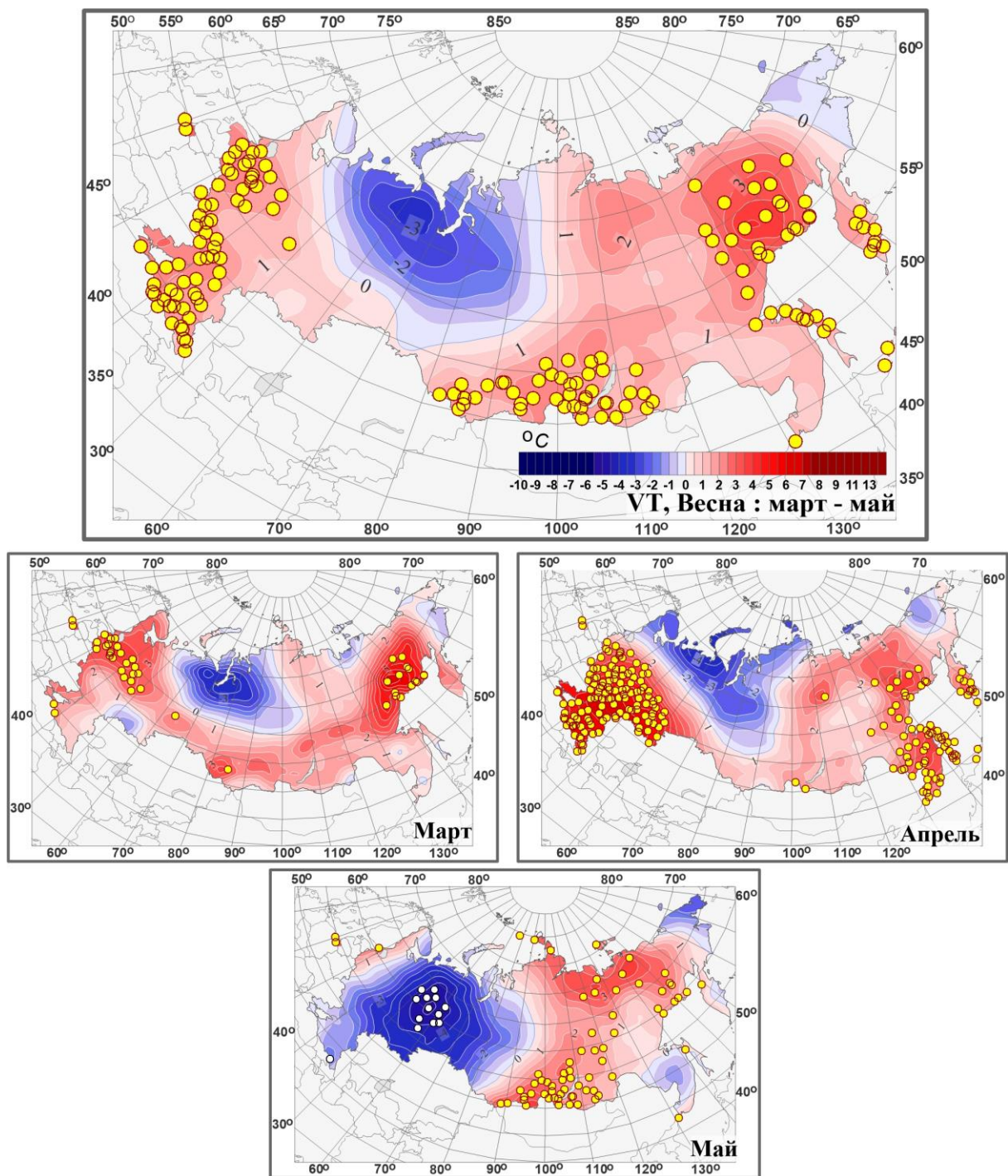


Рисунок 2.1 – Поля средней сезонной и средних месячных аномалий температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России весной 2024 г. Кругами белого цвета показано местоположение станционных экстремумов ниже 5-го перцентиля, желтого – выше 95-го перцентиля. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за базовый период 1991-2020 гг.

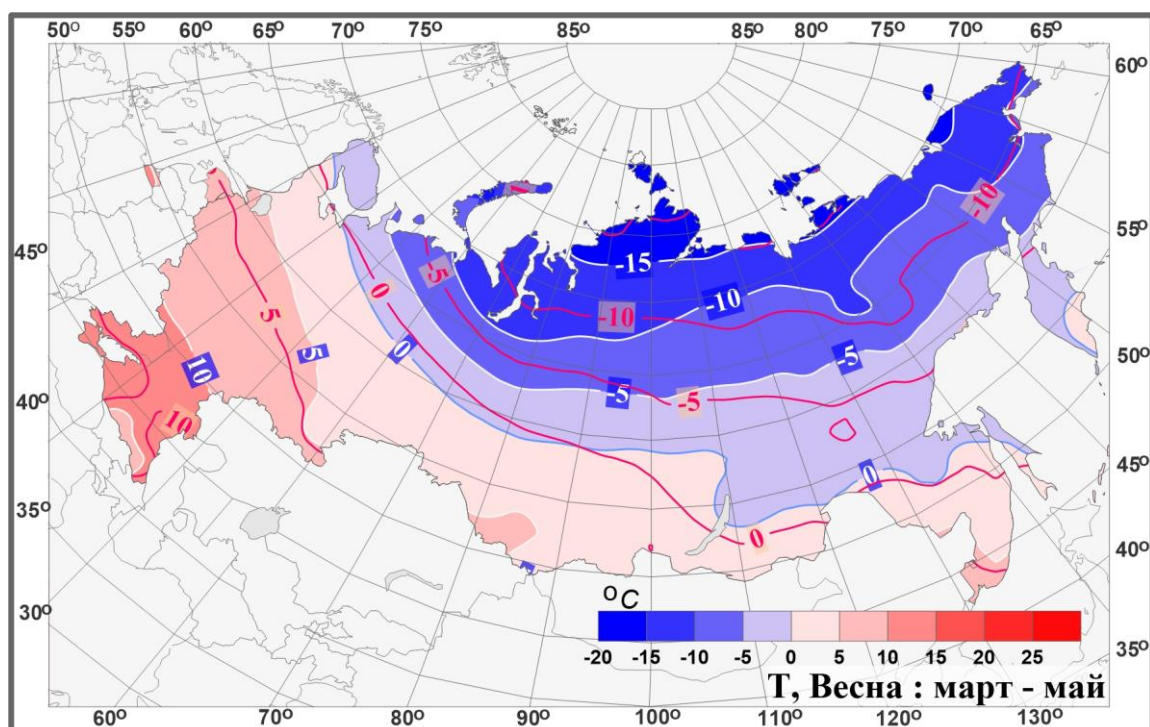


Рисунок 2.2 – Поля средней сезонной температуры приземного воздуха (°C) на территории России весной 2024 гг. Розовые изолинии: средние изотермы за период 1991-2020 гг.

Атмосферные осадки. В целом за сезон осредненные по территории РФ осадки составили 105% нормы, а по АЧР 116% нормы (ранг 3). Избыток осадков наблюдался севере ЕЧР и на большей части АЧР (кроме прибрежной полосы от Карского до Восточно-Сибирского моря и большей части Чукотки, а также небольших районов в СФО и ДФО, на ряде станций отмечались 95%-е экстремумы, осредненные по СФО осадки 123% нормы (ранг 5).

Сильный дефицит осадков (менее 80% нормы) отмечался на юге ЕЧР (в ЮФО выпало 38% нормы - минимальное значение в ряду). Небольшой дефицит осадков наблюдался в прибрежной полосе от Карского до Восточно-Сибирского моря и большей части Чукотки.

Март. Осредненные по РФ осадки 102% нормы. Избыток осадков наблюдался в широкой полосе от Ладожского озера (на западе) до Охотского моря (на востоке), на ряде станций севера ЕЧР, центра АЧР фиксировались 95%-е экстремумы осадков.

Дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался в центре ЕЧР (в ЦФО выпало 40% нормы – второй самый «сухой» март, минимум осадков наблюдался в марте 1985 г. (37% нормы), на ряде станций фиксировались 5%-е экстремумы. Дефицит осадков наблюдался также на севере страны – от Новой Земли (на западе) до Анадырского залива (на востоке), а также в Саянах и в Забайкалье.

Апрель. Осредненные по РФ осадки 128% нормы – вторая величина в ряду после апреля 2012 г. (135% нормы), а по АЧР 132% (ранг 4). Избыток осадков (более 120% нормы, наблюдался в центре и на севере ЕЧР (кроме Новой Земли), на большей части АЧР (кроме некоторых районов СФО и ДФО). 95%-е экстремумы фиксировались на

многих станциях СЗФО (194% - ранг 1), на ряде станций СФО (127% - ранг 4) и в Приамурье.

Сильный дефицит осадков наблюдался на юге ЕЧР: осредненные осадки по ЮФО (27% нормы) и СКФО (44%) – минимальные величины в рядах. Небольшой дефицит осадков наблюдался на побережье Карского моря, на северо-востоке страны восточнее течения р. Яны, на Приленском плато, в Западных Саянах, в Приморье и на Сахалине.

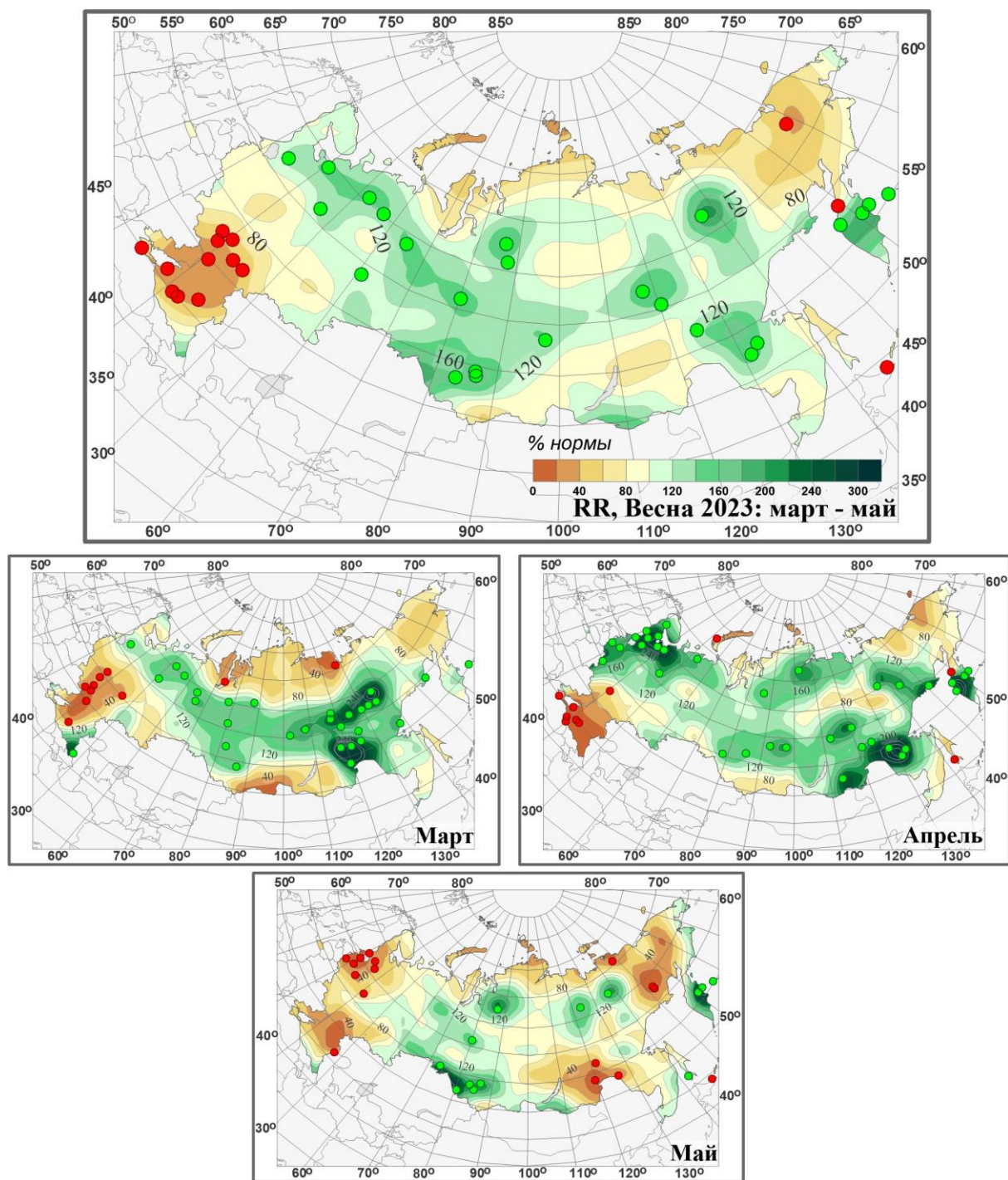


Рисунок 2.3 – Поля аномалий средних сезонных и месячных сумм осадков (в процентах от нормы за 1991-2020 гг.) на территории России весной 2024 г. (март – май). Кружками красного цвета показаны станционные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го перцентиля.

Май. Осредненные по РФ осадки: 91% нормы, а по ЕЧР 66% нормы (среди шести самых «сухих»). Сильный дефицит осадков (40-80% нормы) наблюдался в СЗФО (62% - среди семи самых «сухих», на многих станциях 5%-е экстремумы), в ЮФО (44% - среди восьми самых «сухих»). В АЧР дефицит осадков наблюдался вдоль побережья Северного Ледовитого океана, в Чукотском АО, в Забайкалье.

Избыток осадков наблюдался в Западной Сибири (131% нормы), в Якутии, на Камчатке.

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 1991-2020 гг. Оценки приведены для физико-географических регионов (рис.1) и федеральных округов (рис.2) Российской Федерации.

Для осадков (табл. 2.2) дополнительно к отклонениям от нормы приведены относительные аномалии, т.е. отношение осредненной по территории региона сезонной суммы осадков к средней по региону сезонной норме, выраженное в процентах (о процедуре регионального осреднения см. во введении). Из-за выраженной асимметрии распределения осадков для характеристики масштаба аномалий разного знака приводятся величины разности между медианой и первым квартилем (25-й перцентиль, т.е. точка, отсекающая 1-ю четверть распределения) функции распределения для характеристики величины дефицита осадков, а для оценки величины избытка осадков - разности между третьим квартилем и медианой, рассчитанные для базового периода. (приводится также величина аномалии, соответствующая медиане распределения, что позволяет судить о величине асимметрии). Кроме того, в таблицах приведены значения эмпирической вероятности (вероятности неперевышения) региональных аномалий по данным за 1936-2024 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 теплой, осредненная по РФ аномалия температуры составила $+0,84^{\circ}\text{C}$ – 12-я величина в ряду с 1936 года. Осредненные аномалии температуры по федеральным округам (кроме СЗФО и УФО) были положительные. Самые теплые условия наблюдались в ЦФО ($1,73^{\circ}\text{C}$ – ранг 4), ЮФО ($1,85^{\circ}\text{C}$ – ранг 1), СКФО ($1,52^{\circ}\text{C}$ – ранг 2), ДФО ($1,52^{\circ}\text{C}$ – ранг 5), а также в регионах Прибайкалье и Забайкалье ($1,60^{\circ}\text{C}$ – ранг 5) и Восточная Сибирь ($1,72^{\circ}\text{C}$ – ранг 4).

Из особенностей месяцев весны следует отметить экстремально теплые условия в апреле в центре и на юге ЕЧР и на Дальнем Востоке: осредненные по ЦФО ($4,24^{\circ}\text{C}$), ПФО ($4,93^{\circ}\text{C}$), ЮФО ($5,69^{\circ}\text{C}$), СКФО ($5,04^{\circ}\text{C}$) и по региону Приамурье и Приморье ($2,50^{\circ}\text{C}$) аномалии температуры либо максимальные, либо вторые самые теплые в соответствующих рядах. Еще одна особенность сезона – в мае холодные условия

сложились в ЕЧР (-2,21°C) и в Западной Сибири (-2,09°C), самые холодные условия наблюдались в ПФО (-3,68°C – среди десяти самых холодных), и экстремально теплые в ДФО (1,06°C – ранг 5).

Особо следует отметить холодные погодные условия в УФО на протяжении всех месяцев весны, аномалии -0,68°C, -0,35°C, -3,03°C соответственно.

Таблица 2.1

Регионально осредненные аномалии температуры весной 2024 гг.

Регионы	νT_{2024}	$s_{1991-2020}$	$P(t \leq T_{2024})$
Российская Федерация	0,84	1,17	87,5
Физико-географические регионы России			
Европейская часть России	0,70	1,08	84,1
Азиатская часть России	0,90	1,24	88,6
Западная Сибирь	0,70	1,93	61,4
Средняя Сибирь	1,04	1,69	87,5
Прибайкалье и Забайкалье	1,60	1,31	95,5
Приамурье и Приморье	1,13	1,10	88,6
Восточная Сибирь	1,72	1,45	96,6
Федеральные округа РФ			
Северо-Западный	-0,26	1,45	65,9
Центральный	1,73	1,06	96,6
Приволжский	0,78	1,35	83,0
Южный	1,85	1,02	100
Северо-Кавказский	1,52	0,96	98,9
Уральский	-1,35	2,15	47,7
Сибирский	0,76	1,62	88,6
Дальневосточный	1,52	1,26	95,5

Примечание: Аномалии νT_{2024} (°C) рассчитаны как отклонения от нормы 1991-2020 гг.; s (°C) – среднее квадратическое отклонение за базовый период; вероятности превышения $P(t \leq T_{2024})$ рассчитаны по выборке за 1936-2023гг. и выражены в %.

Весной (табл. 2.2) количество выпавших осадков в целом по РФ составило 105% нормы, а по АЧР 116% - третья величина в ряду. Особо «влажные» условия сложились в СФО (123% - ранг 5), а также в регионах Западная Сибирь (128% - ранг 4) и Средняя Сибирь (119% - ранг 2). В ЕЧР (86%) дефицит осадков фиксировался во всех федеральных округах, наиболее сильный в ЮФО: 38% нормы – минимальная величина в ряду.

По условиям выпадения осадков выделяется «влажный» апрель. В целом по РФ выпало 128% нормы – вторая величина в ряду, по АЧР 132% – четвертая величина. Особенно много осадков выпало в СФО (127% нормы – ранг 4) (а также в регионе Средняя Сибирь (127% - ранг 4)). Много осадков выпало и в СЗФО (194% - ранг 1). Но в центре и на юге ЕЧР в апреле наблюдался сильный дефицит осадков, в ЮФО выпало лишь 27% месячной нормы, а в СКФО 44% — это минимальные величины в соответствующих рядах.

В марте в целом по РФ выпало 102% нормы осадков. Дефицит осадков наблюдался в ЦФО (40% - минимальная величина в ряду), в ПФО (79%), ЮФО (44%), а также в регионе Прибайкалье и Забайкалье (98%).

В мае в целом по РФ выпало 91% нормы осадков, а по ЕЧР 66% (среди шести самых «сухих»). Дефицит осадков наблюдался во всех федеральных округах ЕЧР, в ДФО; а также в регионах Прибайкалье и Забайкалье и Приамурье и Приморье.

Таблица 2.1.1

Регионально осредненные аномалии температуры в весенние месяцы 2024 года

Регионы	Март			Апрель			Май		
	vT_{2024}	$S_{1991-2020}$	$P(t \leq T_{2024})$	vT_{2024}	$S_{1991-2020}$	$P(t \leq T_{2024})$	vT_{2024}	$S_{1991-2020}$	$P(t \leq T_{2024})$
Российская Федерация	1,35	2,28	85,2	1,50	1,50	92,0	-0,31	0,76	64,8
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	1,63	2,42	84,1	2,68	1,71	94,3	-2,21	1,70	15,9
Азиатская часть России	1,25	2,48	85,2	1,06	1,86	90,9	0,40	0,79	86,4
Западная Сибирь	0,22	2,97	70,5	0,23	3,16	59,1	-2,09	1,78	27,3
Средняя Сибирь	0,99	3,29	77,3	0,81	2,51	81,8	1,30	1,34	92,0
Прибайкалье и Забайкалье	1,70	2,74	86,4	1,14	1,82	86,4	1,95	1,02	98,9
Приамурье и Приморье	1,03	2,23	77,3	2,50	1,11	98,9	-0,14	0,90	69,3
Восточная Сибирь	2,31	2,52	90,9	1,73	2,00	90,9	1,18	1,09	94,3
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	1,84	3,13	83,0	-0,75	1,95	46,6	-1,86	1,92	28,4
Центральный	2,39	2,87	88,6	4,24	1,69	100	-1,43	2,01	36,4
Приволжский	1,10	2,68	77,3	4,93	2,27	98,9	-3,68	1,94	10,2
Южный	1,15	2,35	79,5	5,69	1,68	100	-1,28	1,87	33,0
Северо-Кавказский	1,00	1,86	78,4	5,04	1,68	100	-1,37	1,49	21,6
Уральский	-0,68	3,31	56,8	-0,35	3,56	54,5	-3,03	1,92	14,8
Сибирский	1,15	2,96	83,0	0,49	2,57	75,0	0,65	1,45	85,2
Дальневосточный	1,79	2,35	85,2	1,71	1,60	94,3	1,06	0,88	95,5

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

Таблица 2.2

Регионально осредненные аномалии осадков весной 2024 г.

Регионы	vR_{2024}	RR_{2024}	m	$m-q1$	$q3-m$	$P(r \leq R_{2024})$
Российская Федерация	1,5	105	3,3	2,6	1,0	83,0

Физико-географические регионы России						
Европейская часть России	-5,4	86	3,6	2,4	3,4	25,0
Азиатская часть России	4,2	116	0,4	2,0	1,5	97,7
Западная Сибирь	8,8	128	2,9	1,7	4,6	96,6
Средняя Сибирь	4,3	119	1,4	1,8	2,7	98,9
Прибайкалье и Забайкалье	-0,6	98	1,3	1,4	1,8	56,8
Приамурье и Приморье	2,5	106	4,1	6,8	3,2	77,3
Восточная Сибирь	2,8	116	0,7	2,2	1,7	83,0
Федеральные округа РФ						
Северо-Западный	5,3	114	3,6	4,5	3,3	89,0
Центральный	-10,0	75	2,9	7,5	5,0	14,8
Приволжский	-4,1	88	3,7	5,6	3,5	33,0
Южный	-25,2	38	3,7	7,5	5,7	0
Северо-Кавказский	-17,3	60	4,0	6,6	9,3	6,8
Уральский	6,5	119	4,9	2,7	4,4	94,3
Сибирский	6,2	123	1,8	3,3	2,2	95,5
Дальневосточный	2,3	110	1,9	1,7	1,1	87,5

Примечание: 1. Аномалии vR_{2024} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за базовый период 1991-2020 гг.), RR_{2024} - отношение R_{2024} к норме, выраженное в %, $q1$, $q3$ и m – соответственно первый, третий квартиль и медиана аномалий (мм/месяц) за базовый период; вероятности непревышения $P(r \leq R_{2024})$ – рассчитаны по выборке за 1936-2023 гг. 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		
	vR_{2024}	RR_{2024}	$P(r \leq R_{2024})$	vR_{2024}	RR_{2024}	$P(r \leq R_{2024})$	vR_{2024}	RR_{2024}	$P(r \leq R_{2024})$
Российская Федерация	0,4	102	75,0	7,9	128	98,9	-3,9	91	33,0
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	7,1	79	33,0	6,8	120	81,8	-16,1	66	5,7
Азиатская часть России	3,4	115	88,6	8,3	132	96,6	1,0	102	76,1
Западная Сибирь	7,1	128	90,9	5,8	119	89,8	13,6	131	92,0
Средняя Сибирь	4,5	120	93,2	8,3	132	97,7	0,6	101	64,8
Прибайкалье и Забайкалье	-0,4	98	63,6	8,2	136	94,3	-9,5	76	18,2
Приамурье и Приморье	0,8	105	70,5	16,9	146	89,8	-10,2	84	43,2
Восточная Сибирь	1,6	107	77,3	6,6	134	86,4	0,2	101	56,8
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	3,8	112	78,4	30,0	194	100	-17,9	62	6,8
Центральный	-21,0	40	1,1	8,8	124	72,7	-18,0	65	17,0
Приволжский	-6,9	79	43,2	1,5	105	58,0	-6,8	83	33,0
Южный	-21,4	44	9,1	-27,7	27	0	-26,9	44	8,0
Северо-Кавказский	2,5	107	62,5	-27,4	44	0	-27,1	54	15,9
Уральский	6,4	122	90,9	5,3	117	80,7	7,9	117	78,4
Сибирский	4,2	118	88,6	8,0	127	96,6	6,9	116	85,2
Дальневосточный	2,0	110	80,7	9,2	139	94,3	-4,3	89	42,0

Примечание: 1. Аномалии vR_{2024} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за базовый период 1991-2020 гг.), RR_{2024} - отношение R_{2024} к норме (%), / климатическая норма); вероятности превышения $P(r \leq R_{2024})$ – рассчитаны по выборке за 1936-2023 гг. и выражены в %. Выделены экстремальные значения, попавшие в 5% максимальных.

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 1976-2024 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.

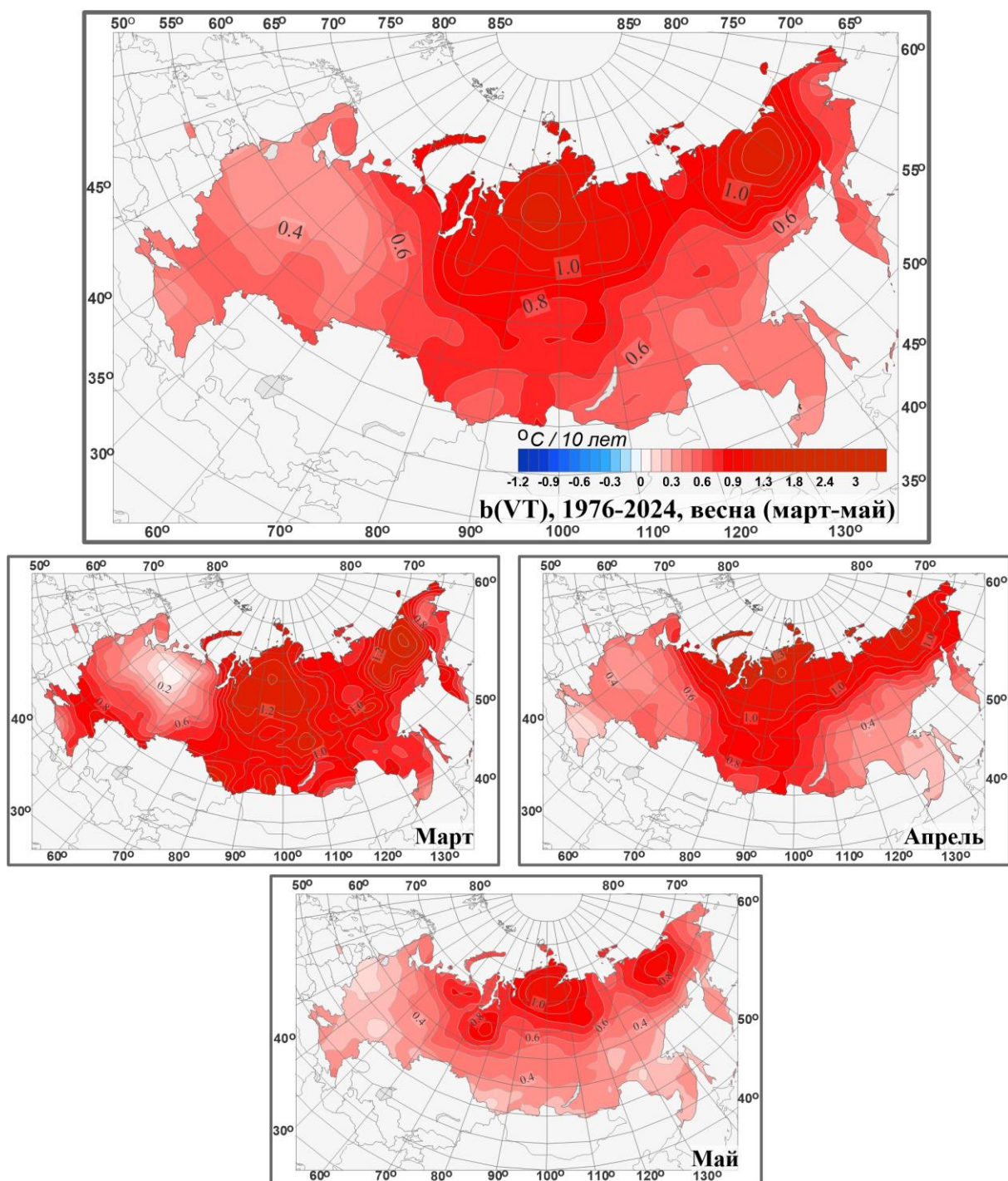


Рисунок 3.1 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий температуры (°C/10 лет) на территории России по данным за 1976-2024 (весна)

Весенние температуры растут на всей территории страны. Наиболее значительный рост температуры наблюдается на севере Западной и Средней Сибири (до +1,4°C/10 лет на Таймыре), в Чукотском АО (до +1,3°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 +0,6°C/10 лет). Рост температуры наблюдается во все месяцы сезона практически на всей территории РФ.

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 $+1,7^{\circ}\text{C}/10$ лет), в апреле: на севере страны (до $+1,4^{\circ}\text{C}/10$ лет на Таймыре), в мае: на севере Средней Сибири (до $+1,2^{\circ}\text{C}/10$ лет).

В марте на севере европейской части страны наблюдается область, где потепление очень мало (а на нескольких станциях отмечен слабый отрицательный тренд до $-0,1^{\circ}\text{C}/10$ лет). Области, где потепления практически нет (коэффициент линейного тренда: около $+0,1^{\circ}\text{C} - +0,2^{\circ}\text{C}/10$ лет) наблюдаются в апреле на юге ЮФО, в СКФО, в Приморье; в мае – на западе ЕЧР, на Алтае и в Саянах.

В изменении весенних сумм осадков (рис. 3.2) преобладает тенденция к росту: на половине территории страны рост осадков составляет более $5\%/10$ лет (в Якутии рост осадков более $10\%/10$ лет). Рост осадков на большей части территории РФ наблюдается во все весенние месяцы.

В *марте* на большей части РФ наблюдается существенный рост осадков. Наиболее интенсивный рост (более $15\%/10$ лет) происходит, на юге Западной Сибири, на Алтае, в Якутии, в Хабаровском крае на Камчатке. Уменьшение осадков в марте наблюдается лишь вдоль побережья Восточно-Сибирского и Чукотского морей.

В *апреле* также преобладает тенденция роста осадков. Характерной особенностью изменения *апрельских* осадков является наличие нескольких крупных областей убывания осадков. В ЕЧР осадки убывают в южных районах (около $-5\%/10$ лет); в Амурской области наблюдается более значительное убывание (до $-15\%/10$ лет); осадки также убывают в Восточной Сибири. В Якутии и Хабаровской области наблюдается значительный рост (более $10\%/10$ лет).

В *мае* преобладает тенденция роста осадков, но не такая сильная как в марте. В ряде областей АЧР: в районе Обской губы, на Чукотке, на Камчатке, на Алтае в мае наблюдается уменьшение осадков.

По сравнению с оценками 1976-2023 гг. несколько увеличилась площадь области интенсивного роста осадков (более $15\%/10$ лет) в марте и весной в целом на востоке АЧР (в Якутии и Хабаровском крае).

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 1976-2024 гг. положителен: он составляет $0,63^{\circ}\text{C}/10$ лет, объясняет 48% межгодовой изменчивости: тренд значим на 1%-м уровне, как и тренды мартовских, апрельских и майских температур. В марте (особенно) и в апреле с начала 1990-х гг. по первое десятилетие XXI века наблюдалось замедление роста температуры (сглаженная кривая на рис. 3.3). В мае замедление роста температуры наблюдается со второго десятилетия XXI века.

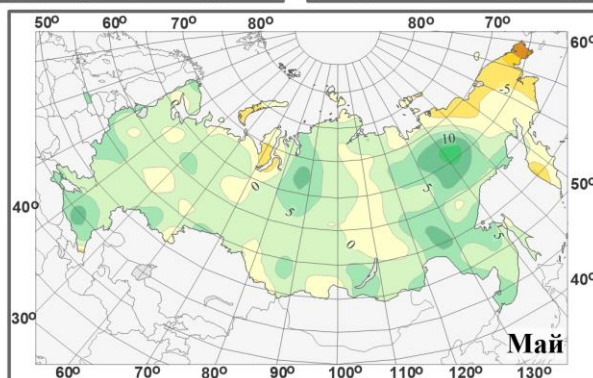
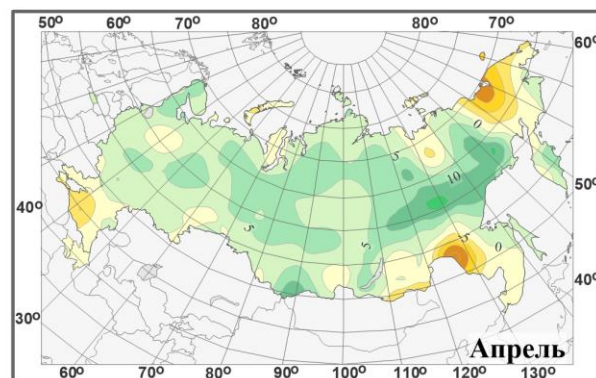
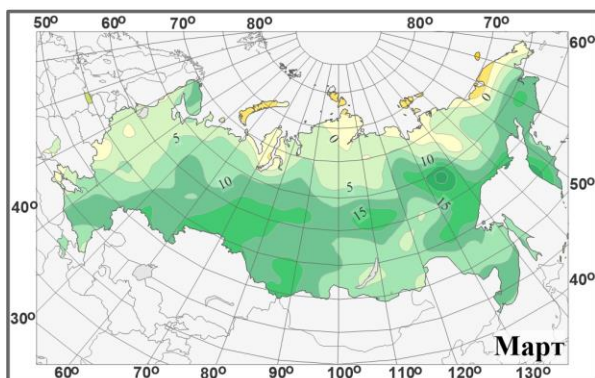
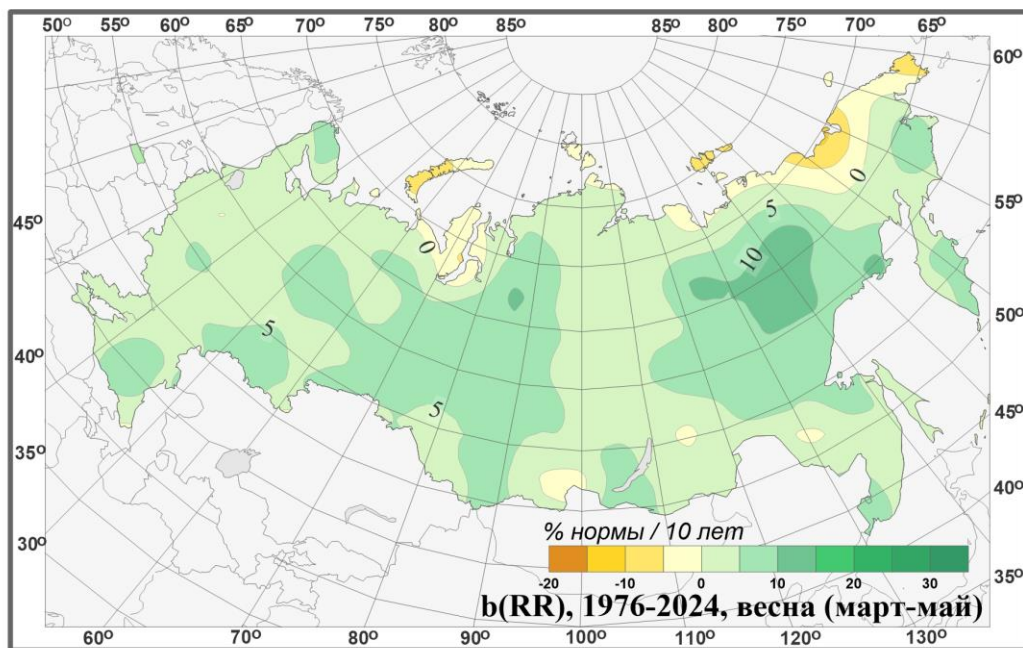


Рисунок 3.2 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий осадков (% нормы /10 лет) на территории России по данным за 1976-2024 (весна).

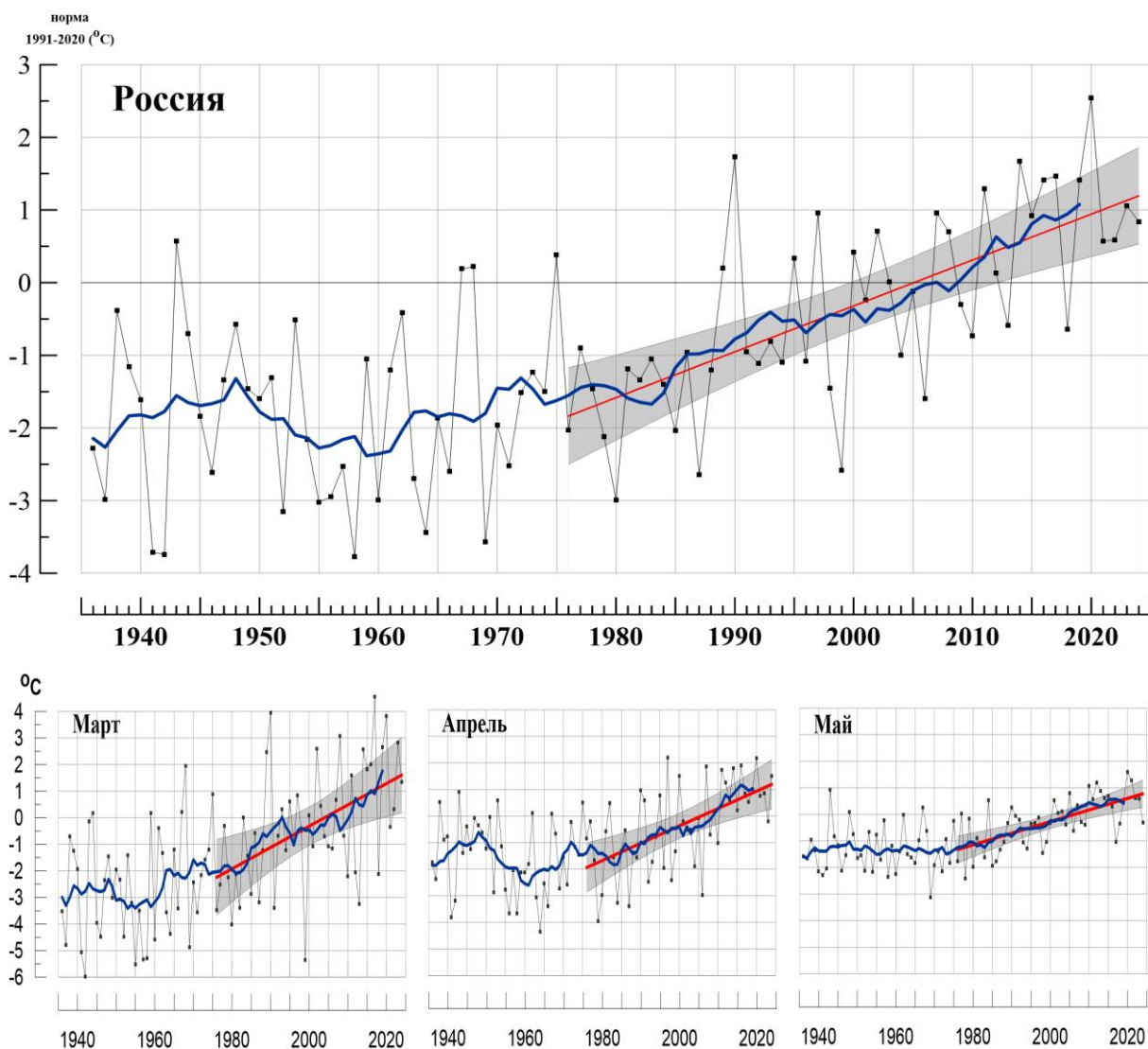


Рисунок 3.3 – Аномалия средней сезонной (вверху) и для месяцев сезона температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) осредненная по территории РФ.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1991-2020 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2024 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 1976-2024 гг.

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

Регион Российская Федерация	Температура		Осадки		
	b , $^{\circ}\text{C}/10$ лет	D , %	b , мм/мес/10 лет	b , %/10 лет	D , %
Весна	0,63	48	1,5	5,1	41
Март	0,80	25	2,3	9,1	37
Апрель	0,65	34	0,5	1,8	6
Май	0,44	43	1,8	4,2	19

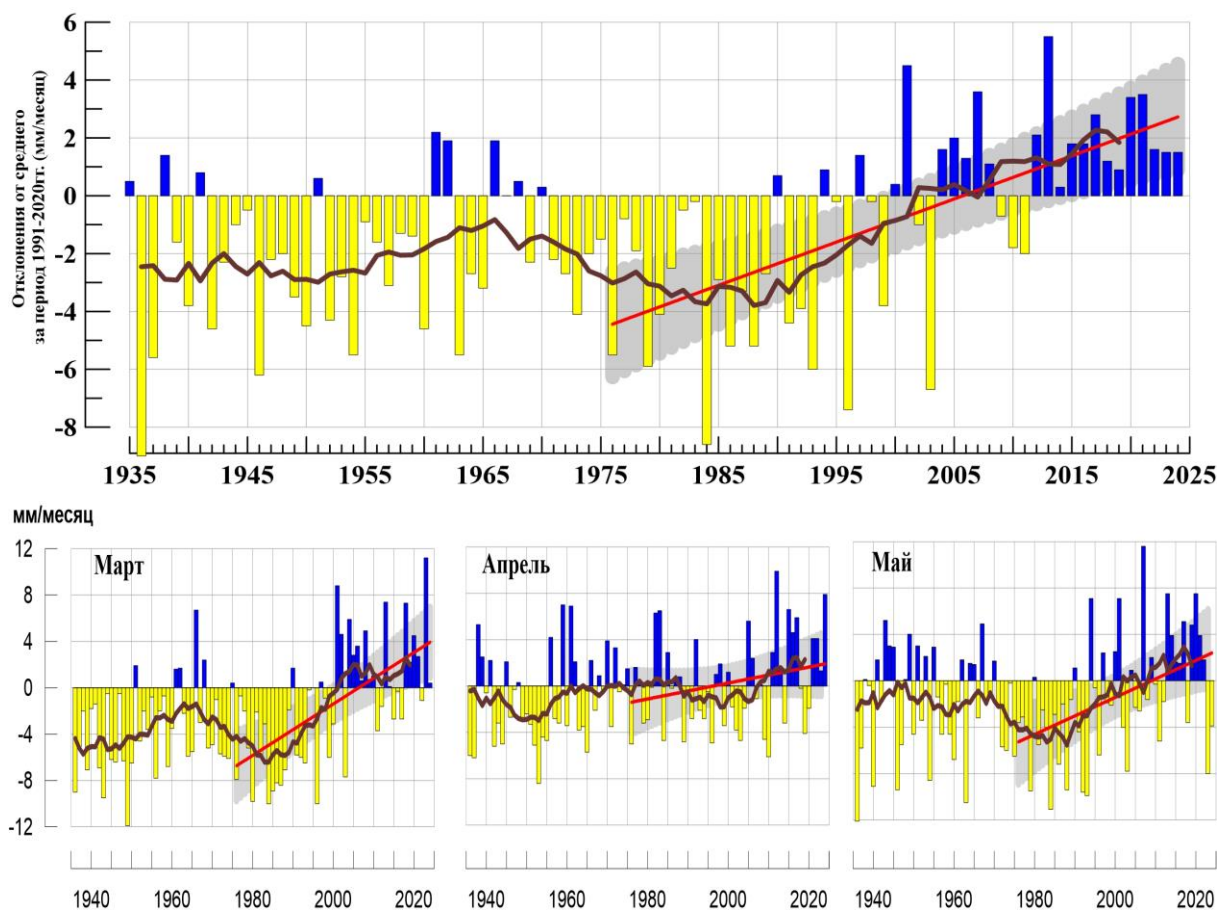


Рисунок 3.4 – То же, что на рис. 3.3, но для атмосферных осадков (мм/мес).

Тренд сезонных сумм осадков составляет 5,2%/10 лет и объясняет 41 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 1936-2024 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 – 2024 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2024 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 1976-2024 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	0,63	48	1,5	5,1	41
Физико-географические регионы России					
Европейская часть России	0,45	28	1,6	4,2	18
Азиатская часть России	0,70	47	1,5	5,7	44
Западная Сибирь	0,72	31	1,9	6,1	26
Средняя Сибирь	0,79	40	1,4	6,2	45
Прибайкалье и Забайкалье	0,61	35	0,6	2,9	5
Приамурье и Приморье	0,44	30	2,0	5,0	13
Восточная Сибирь	0,75	45	1,2	6,7	29
Федеральные округа РФ					
Северо-Западный	0,44	19	1,4	3,7	13
Центральный	0,44	22	1,8	4,3	9
Приволжский	0,48	22	1,6	4,3	9
Южный	0,48	28	1,5	3,8	5
Северно-Кавказский	0,40	32	2,2	5,3	8
Уральский	0,71	25	2,1	6,2	25
Сибирский	0,76	40	1,4	5,1	22
Дальневосточный	0,66	46	1,4	5,8	39

В таблице 4.1 приведены оценки линейных трендов регионально осредненных значений температуры и осадков за 1976-2024 гг. для физико-географических регионов и федеральных округов РФ. Во всех регионах в среднем за период 1976-2024 гг. наблюдается рост температуры: тренды значимы на 1%-м уровне для всех регионов. Для большинства регионов (рис. 4.1) начало потепления можно отнести к началу 1960-х годов, хотя начало глобального потепления, связываемого с ростом промышленных 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 1976-2023 гг. в России в целом и в АЧР наблюдается незначительное уменьшение тренда на 0,01°C/10 лет за счет уменьшения трендов в регионах: Западная Сибирь (на 0,05°C/10 лет), Средняя Сибирь (на 0,01°C/10 лет), а также в СЗФО (на 0,03°C/10 лет), УФО (на 0,07°C/10 лет) и СФО (на 0,02°C/10 лет). Незначительное увеличение трендов отмечено в регионах: Прибайкалье и Забайкалье (на 0,01°C/10 лет), Приамурье и Приморье (на 0,01°C/10 лет), а также в ЦФО (на 0,03°C/10 лет), ЮФО (на 0,03°C/10 лет), СКФО (на 0,01°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, АЧР, Западная, Средняя и Восточная Сибирь; Уральский, Сибирский и Дальневосточный ФО).

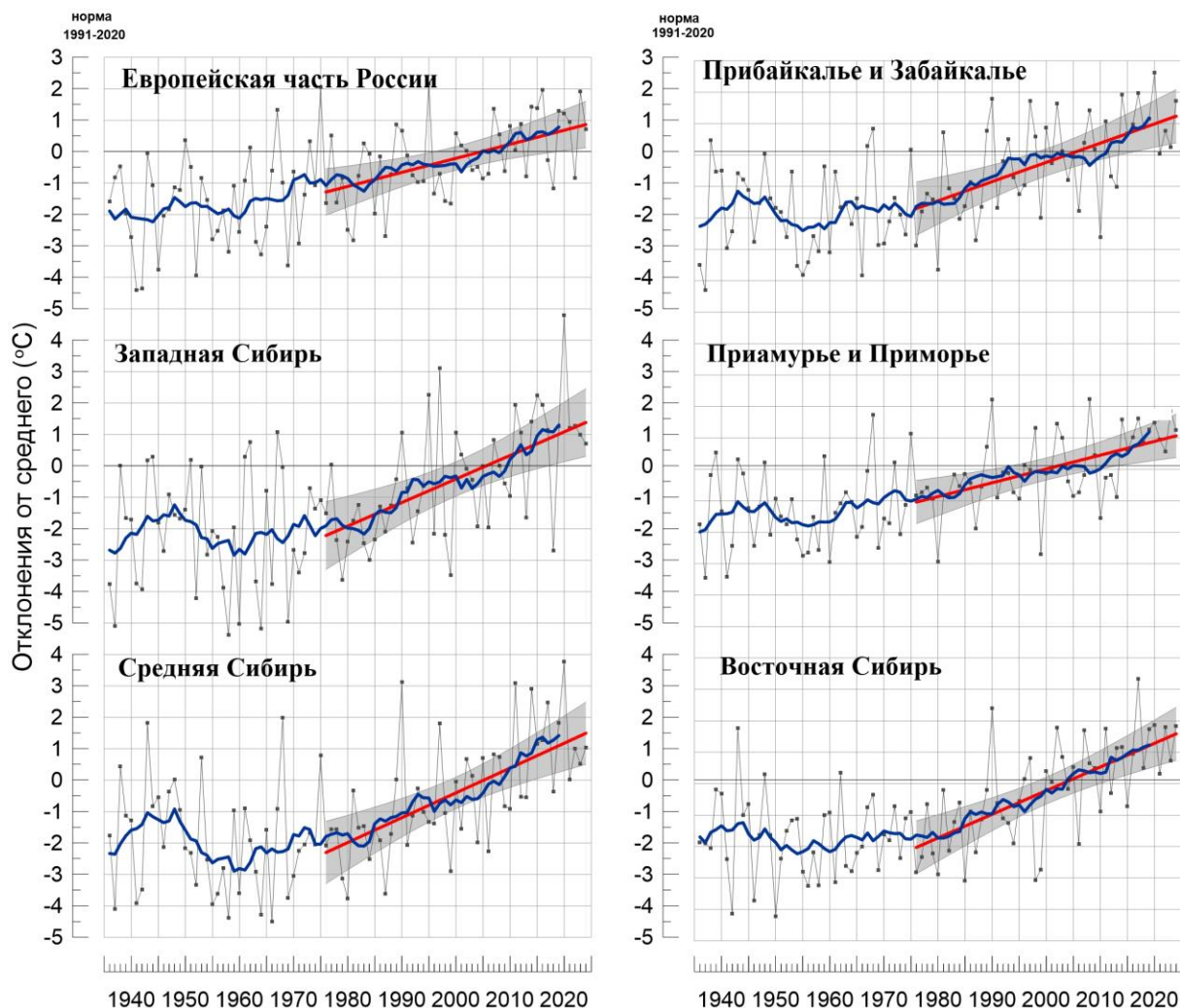


Рисунок 4.1 - Сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории физико-географических регионов РФ, весна 2024 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1991-2020 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2024 гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда.

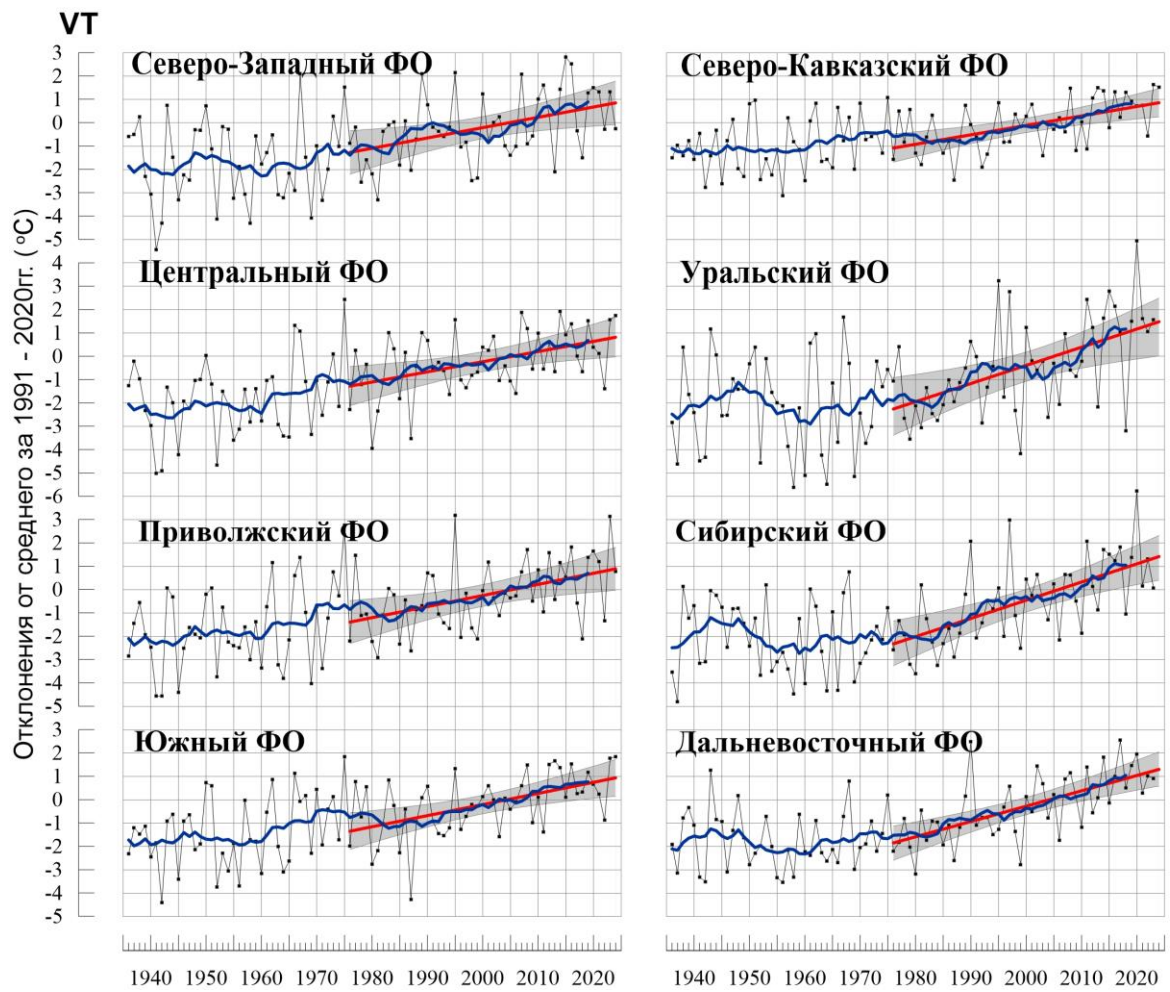


Рисунок 4.2 – То же, что на рис.4.1, но для федеральных округов

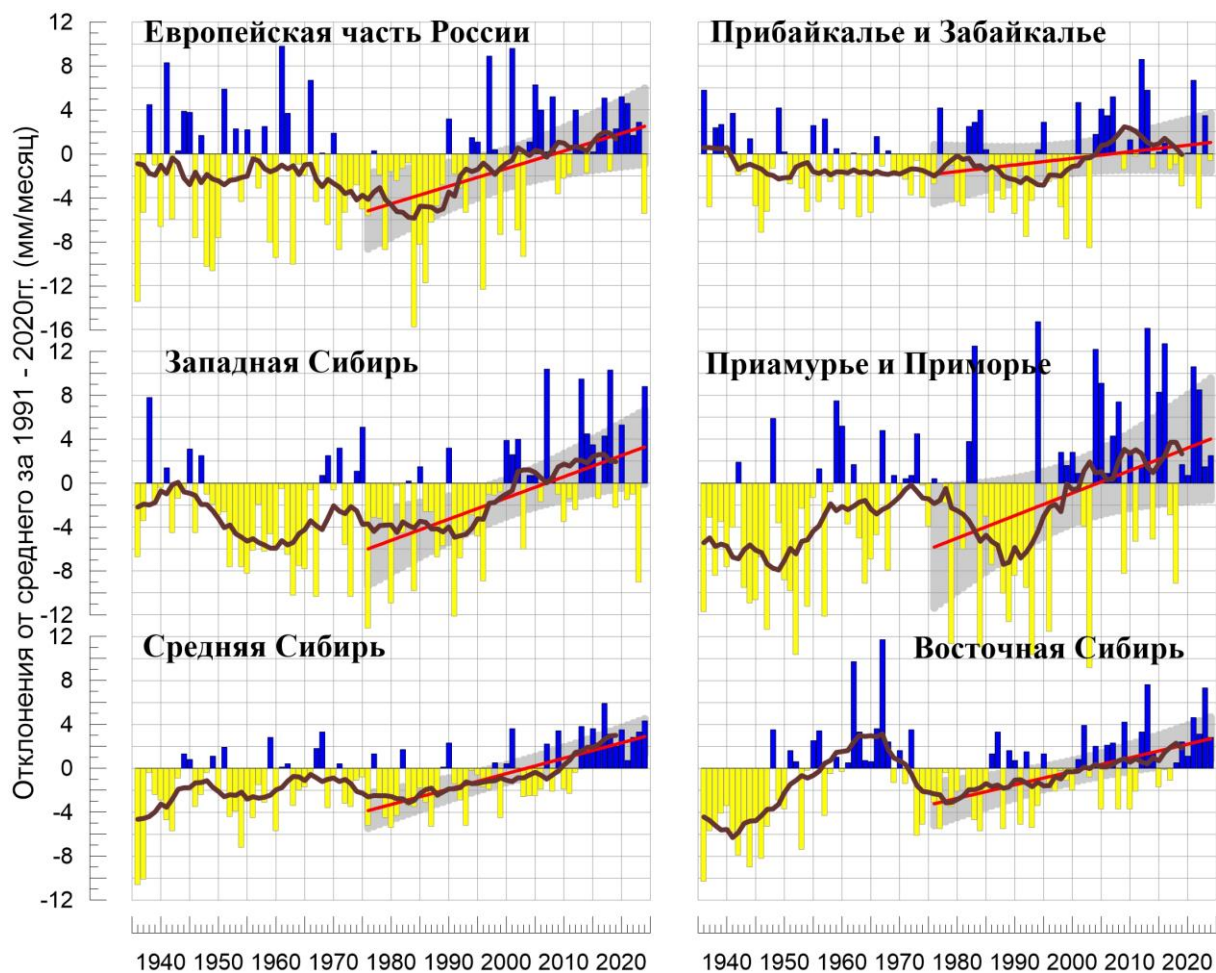


Рисунок 4.3 - Сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории регионов РФ, весна 2024 гг.

Условные обозначения см. на рис. 4.1.

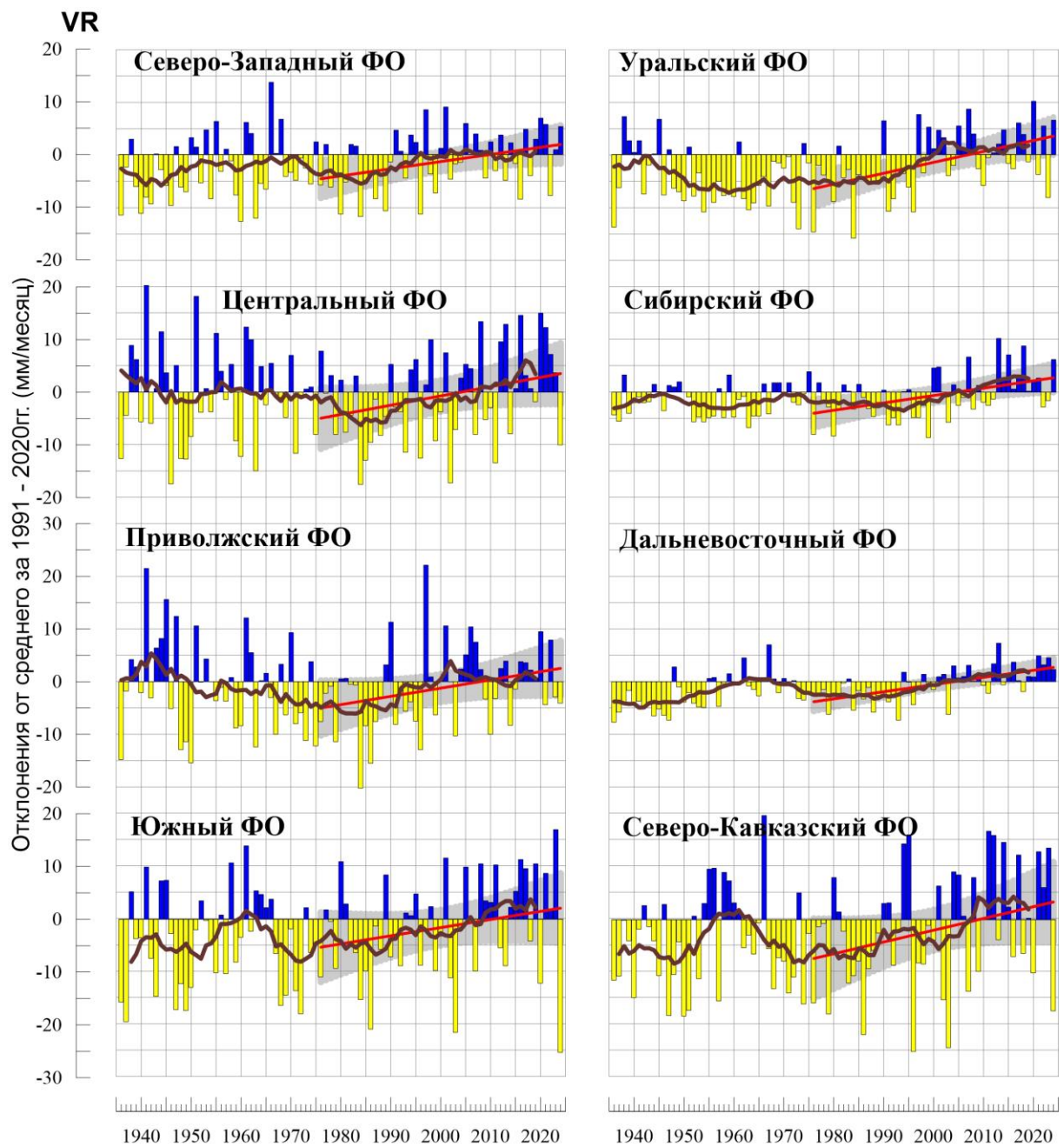


Рисунок 4.4 – То же, что на рис.4.3, но для федеральных округов

5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2024 гг. (весенний сезон)

В разделе приведены некоторые индексы экстремальности и аномальности для весеннего сезона в целом по территории России за период 1936 -2024 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 2024 г. (рис. 5.1). Площадь, занятая крупными положительными аномалиями (выше 80- перцентиля весной 2024 года составила 67% (ранг 7). С 1976 г. (начало глобального потепления) наблюдается увеличение площади под крупными положительными аномалиями, тренд за период 1976-2024 составляет 6,2%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 38%), площади, с крупными отрицательными аномалиями (ниже 20-го перцентиля) весной 2024 года не наблюдалось.

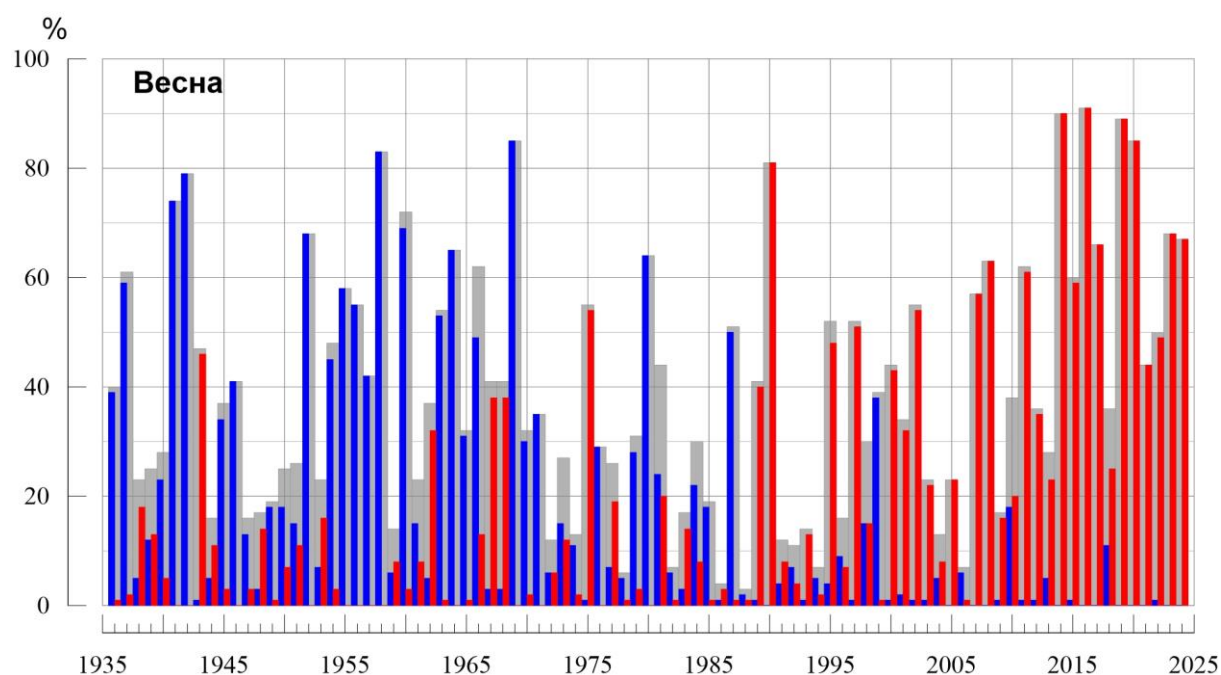


Рисунок 5.1 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями температуры, 1936-2024 гг. (весна):

■ 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 2σ и ниже -2σ) аномалиями сезонной температуры (в предположении гауссовости распределения это соответствует вероятности примерно 2,3% процента для каждого хвоста распределения). На графике хорошо прослеживаются весенние сезоны, 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. На значительной территории экстремальные положительные аномалии наблюдались: в 1990 (35%), в 1995 (23%), в 1997 (26%), в 2020 (37%).

Весной 2024 г. доля площади страны под экстремумами тепла (выше 2σ) составила 5%, площадь под экстремумами холода (ниже -2σ) не отмечалась.

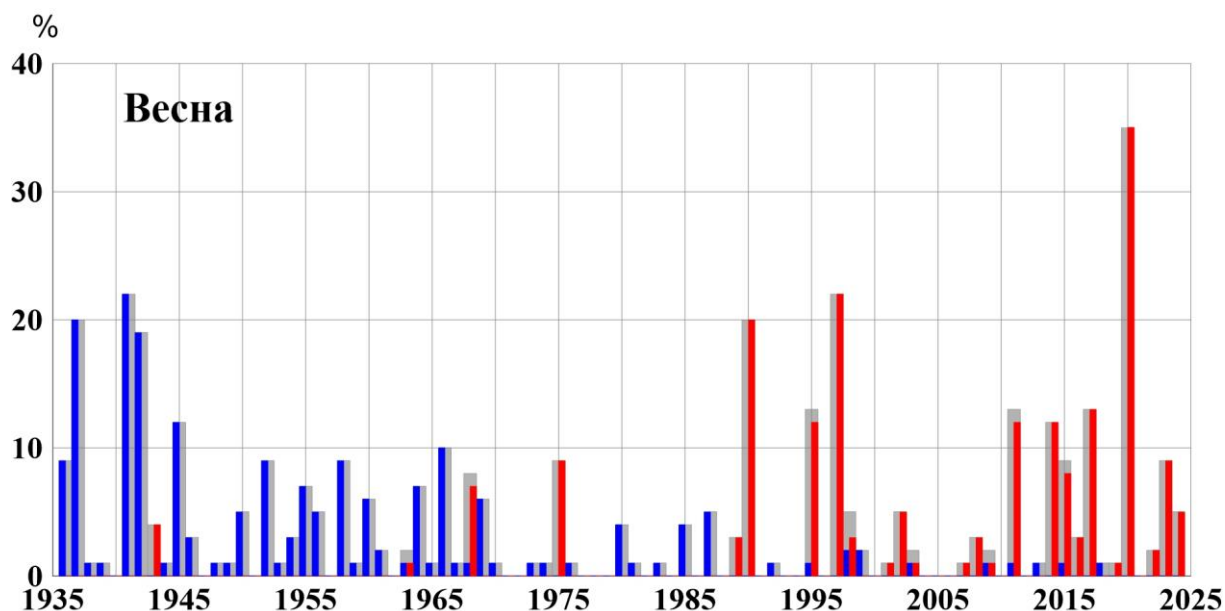


Рисунок 5.2 - Доля площади РФ (в процентах) с экстремальными (сезонная аномалия меньше -2σ : синие столбики, больше $+2\sigma$: красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры весной, 1936-2024 гг. Базовый период для расчета статистик: 1991-2020 гг.

Индекс аномальности Багрова (рис. 5.3) весной 2024 года равен 1,1. Анализ индекса аномальности Багрова показывает, что с начала 1980-х гг. аномальность температурного режима на территории РФ в весенний сезон убывает – тренд за период 1976-2024 гг. составил 0,06 / 10 лет и объясняет 7% общей дисперсии ряда.

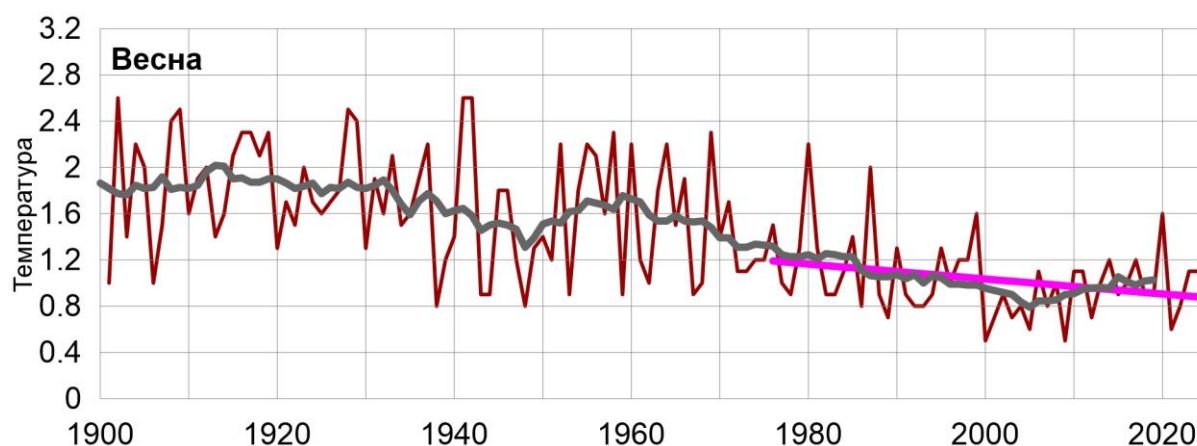


Рисунок 5.3. - Индекс аномальности (индекс Багрова) температурного режима на территории России весной 1886-2024 гг.

Осадки. Весной 2024 г. площадь, занятая крупными аномалиями выше 80 перцентиля (рис. 5.4) составила 32%, ниже 20-го перцентиля – 11%. С 1976 г. наблюдается увеличение площади под аномалиями выше 80-го перцентиля, тренд за период 1976-2024 составляет 4,6%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 49%: тренд значим на уровне 1%) и уменьшение площади под аномалии ниже 20-го перцентиля, тренд за период 1976-2024 составляет -2,7%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 21%).

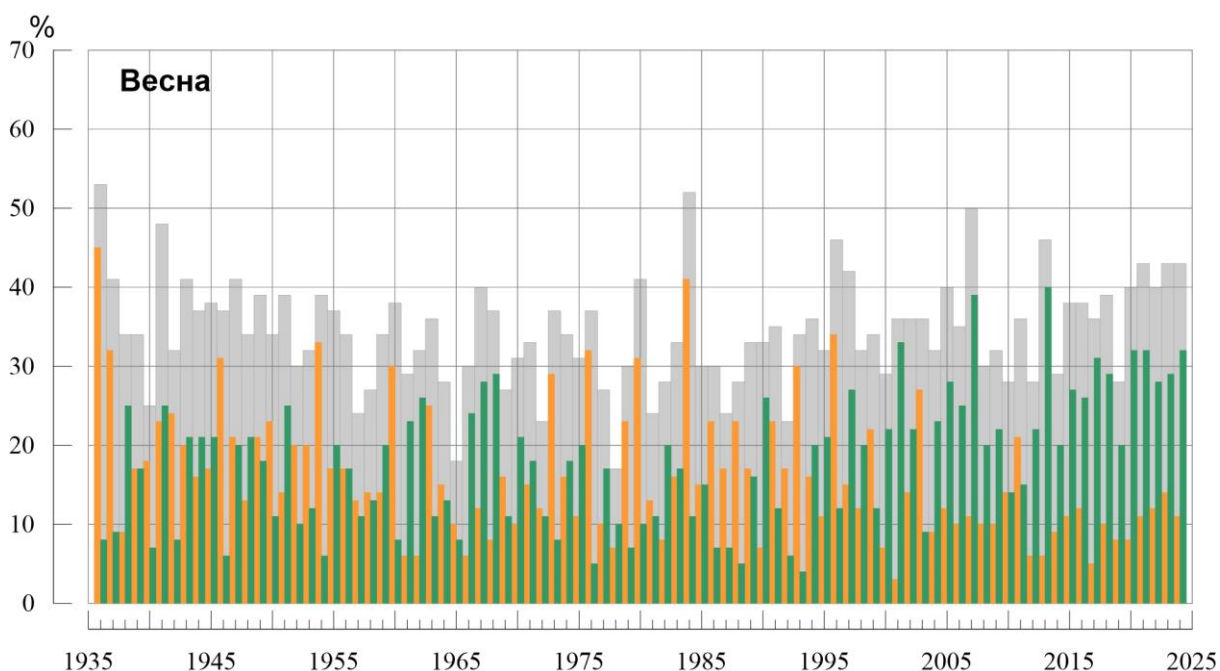


Рисунок 5.4 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями осадков, 1936-2024 гг. (весна):

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

ВЫВОДЫ

1. Весна для Северного полушария в целом экстремально теплой: аномалия температуры воздуха над сушей СП составила $+0,805^{\circ}\text{C}$ – максимальная величина в ряду с 1886 г. (величина аномалии расположена выше линии тренда, разность между сезонной аномалией и линией тренда составила $-0,262^{\circ}\text{C}$).

2. Осредненная по РФ весенняя аномалия температуры: $+0,84^{\circ}\text{C}$ – 12-я величина в ряду с 1936 года. На большей части страны температуры были выше климатической нормы. Наиболее теплые условия наблюдались в ЕЧР в ЦФО ($1,73^{\circ}\text{C}$ – ранг 4), ЮФО ($1,85^{\circ}\text{C}$ – ранг 1) и СКФО ($1,52^{\circ}\text{C}$ – ранг 2); а в АЧР в районе Байкала (в регионе Прибайкалье и Забайкалье аномалия $1,60^{\circ}\text{C}$ – ранг 5), на востоке ДФО ($1,52^{\circ}\text{C}$ – ранг 5). Температуры ниже нормы наблюдались на северо-востоке ЕЧР и, далее до течения Енисея (аномалии до -3°C), а также на Чукотке (аномалии до -1°C).

3. Доля площади территории России, занятая крупными положительными (выше 80-го перцентиля) средние сезонными аномалиями температуры составила 67% страны (ранг 7). Доля площади страны под экстремумами тепла (выше 2σ) составила 5%, площадь под экстремумами холода (ниже -2σ) не отмечалась.

4. Следует отметить экстремально теплые условия в апреле (в целом по РФ аномалия составила $1,50^{\circ}\text{C}$ – ранг 8) в центре и на юге ЕЧР и на Дальнем Востоке: осредненные по ЦФО ($4,24^{\circ}\text{C}$), ПФО ($4,93^{\circ}\text{C}$), ЮФО ($5,69^{\circ}\text{C}$), СКФО ($5,04^{\circ}\text{C}$) и по региону Приамурье и Приморье ($2,50^{\circ}\text{C}$) аномалии температуры либо максимальные, либо вторые самые теплые в соответствующих рядах.. Температуры ниже нормы в апреле наблюдались в ЕЧР в СЗФО ($-0,75^{\circ}\text{C}$), а в АЧР: на Западно-Сибирской равнине и на Таймыре, а также на севере Чукотке, аномалии на станциях моря Баренцево до $-4,3^{\circ}\text{C}$.

5. Еще одна особенность сезона – контрастный май. В мае холодные условия сложились в ЕЧР ($-2,21^{\circ}\text{C}$) и в Западной Сибири ($-2,09^{\circ}\text{C}$), при этом самые холодные условия наблюдались в ПФО ($-3,68^{\circ}\text{C}$ – среди десяти самых «холодных»), и экстремально теплые на Среднесибирском плоскогорье и восточнее (в ДФО аномалия $1,06^{\circ}\text{C}$ – ранг 5).

6. В марте аномалия температуры в целом по РФ составила $1,35^{\circ}\text{C}$ (ранг 14). Температуры выше климатической нормы наблюдались в ЕЧР (кроме части ПФО), на юге УФО и СФО, на большей части ДФО. 95%-е экстремумы фиксировались в центральных областях ЕЧР и в Хабаровском крае. Температуры ниже климатической нормы наблюдались на севере УФО и СФО (кроме востока Таймыра), аномалии температуры в районе Обской губы до $-4,9^{\circ}\text{C}$.

7. Весна (105% нормы ранг 17) – контрастный сезон по выпадению осадков. Значительный избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался на севере ЕЧР и на большей части АЧР (116% нормы – ранг 3); а на юге ЕЧР – сильный дефицит осадков, особенно в ЮФО (выпало лишь 38% нормы – минимальное значение в ряду).

8. Площадь, занятая крупными аномалиями выше 80 перцентиля составила 32%, ниже 20-го перцентиля – 11%.

9. По условиям выпадения осадков выделяется «влажный» апрель. В целом по РФ выпало 128% нормы (ранг 2), а по АЧР 132% (ранг 4). Избыток осадков (более 120% нормы, наблюдался в центре и на севере ЕЧР, на большей части АЧР. 95%-е экстремумы фиксировались на многих станциях СЗФО (194% - ранг 1), на ряде станций СФО (127% - ранг 4) и в Приамурье. Сильный дефицит осадков наблюдался на юге ЕЧР: осредненные осадки по ЮФО (27% нормы) и СКФО (44%) – минимальные величины в рядах. Небольшой дефицит осадков наблюдался на северо-востоке страны восточнее течения р. Яна.

10. В марте (102% нормы) значительный избыток осадков наблюдался в широкой полосе от Ладожского озера (на западе) до Охотского моря (на востоке), на ряде станций фиксировались 95%-е экстремумы осадков. Сильный дефицит осадков наблюдался в ЦФО (выпало 40% нормы - второй самый «сухой» март). Дефицит осадков наблюдался также на севере страны – от Новой Земли (на западе) до Анадырского залива (на востоке); в Саянах и в Забайкалье.

11. В мае (91% нормы) сильный дефицит осадков (40-80% нормы) наблюдался на большей части ЕЧР (66% нормы - среди шести самых «сухих»), а в АЧР - вдоль побережья Северного Ледовитого океана, в Чукотском АО, в Забайкалье. Избыток осадков наблюдался в Западной Сибири, в Якутии, на Камчатке.

12. В целом по России линейный тренд весенней температуры воздуха за период 1976-2024 гг. составил $+0,63^{\circ}\text{C}/10$ лет при вкладе тренда в дисперсию ряда 48%, что более чем в два раза выше, чем в среднем для суши Северного полушария ($+0,29^{\circ}\text{C}/10$ лет, вклад в дисперсию ряда 87%). Наиболее быстрое потепление наблюдается на севере АЧР (до $+1,4^{\circ}\text{C}/10$ лет – на Таймыре), максимум - в марте (до $+1,7^{\circ}\text{C}/10$ лет – на северо-востоке страны). На ЕЧР, в Приамурье и Приморье весенние температуры растут значительно слабее (до $+0,5^{\circ}\text{C}$). Во многих регионах в конце 20-го – начале 21-го столетия наблюдалось замедление роста температуры. В мае замедление роста температуры наблюдается со второго десятилетия XXI века.

13. Тренд весенних сумм осадков для России в целом положителен: составляет $+5,1\%$ /10 лет, объясняет 41% межгодовой изменчивости. на половине территории страны рост осадков составляет более $5\%/10$ лет (в Якутии рост осадков более $10\%/10$ лет). Регионально осредненные суммы весенних осадков растут для всех физико-географических регионов и Федеральных округов. Рост осадков на большей части территории РФ наблюдается во все весенние месяцы. Следует отметить для марта исключительно высокие темпы роста осадков (выше 10% за 10 лет) на огромных территориях юга и востока страны.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Федеральная служба
по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ФГБУ «Институт Глобального климата и экологии»

Обзор состояния и тенденций изменения климата на территории Республики Беларусь

ВЕСНА 2024



ВВЕДЕНИЕ

В настоящем Приложении* приводится информация о состоянии приземного климата (температура приземного воздуха и атмосферные осадки) весной 2024 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 6 станций Республики Беларусь, табл. 1).

Таблица 1.

Список используемых станций Республики Беларусь.

	Название	№ ВМО	широта	Долгота	Высота
1	Витебск	26666	55,20	30,20	169
2	Минск	26850	53,90	27,50	234
3	Брест	33008	52,10	23,70	144
4	Пинск	33019	52,10	26,10	144
5	Василевичи	33038	52,30	29,80	140
6	Гомель	33041	52,40	31,00	138

Под аномалиями температуры в бюллетене понимаются отклонения наблюдаемого значения от нормы, то есть от средней за базовый период 1991-2020 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 2018 гг. (доля значений временного ряда, меньших либо равных текущему значению).

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

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

весами, пропорциональными площади пересечения ячейки с территорией региона. Все расчеты, включая определение принадлежности ячейки к региону, площади их пересечения и ячеечных весовых множителей, выполняются автоматически, на основании заданной замкнутой ломаной, ограничивающей территорию региона.

Аналогичным образом, по данным о станционных «нормах» (средних многолетних за базовый период) рассчитываются регионально осредненные «нормы». Регионально осредненные значения самих климатических переменных рассчитываются суммированием регионально осредненных «норм» и регионально осредненных аномалий (этот алгоритм уменьшает смещение средних, вызываемое пропусками в рядах наблюдений).

СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ВЕСНОЙ 2024 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.

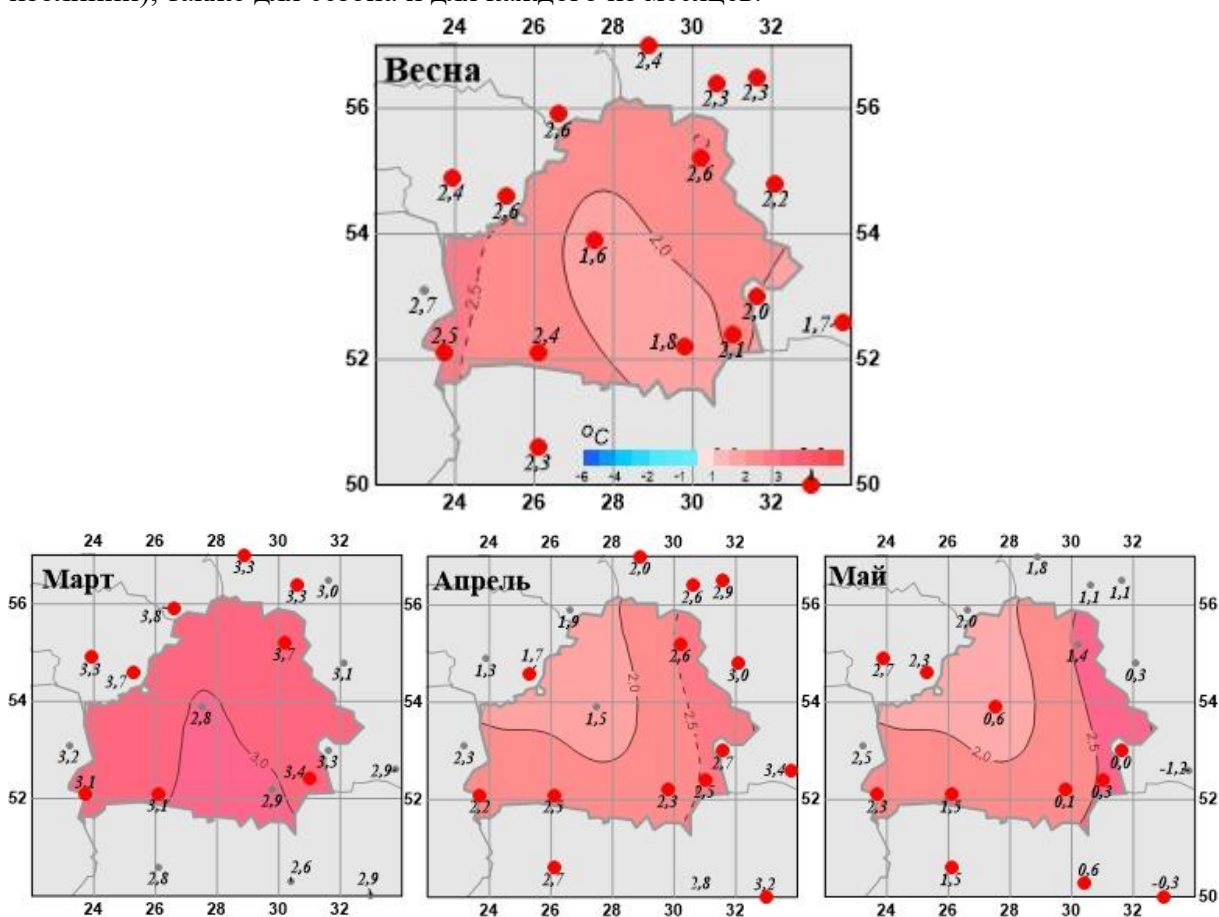


Рисунок 1 - Средние сезонные и средние месячные аномалии температуры (°C) приземного воздуха на территории республики Беларусь весной.

Аномалии рассчитаны относительно периода 1991-2020 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 2024 г.

	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	26666	26850	33008	33019	33038	33041
а) температура (град, Цельсия)						
<i>Весна</i>	9,40	8,87	11,33	10,93	9,83	10,47
Март	3,7	3,5	5,8	5,2	4,3	4,6
Апрель	9,8	9,1	11,4	11,5	10,9	11,5
Май	14,7	14,0	16,8	16,1	14,3	15,3
б) аномалия температуры (град, Цельсия)						
<i>Весна</i>	2,57	1,64	2,53	2,37	1,75	2,07
Март	3,74	2,83	3,07	3,06	2,88	3,35
Апрель	2,58	1,49	2,23	2,51	2,3	2,54
Май	1,4	0,61	2,29	1,54	0,07	0,31

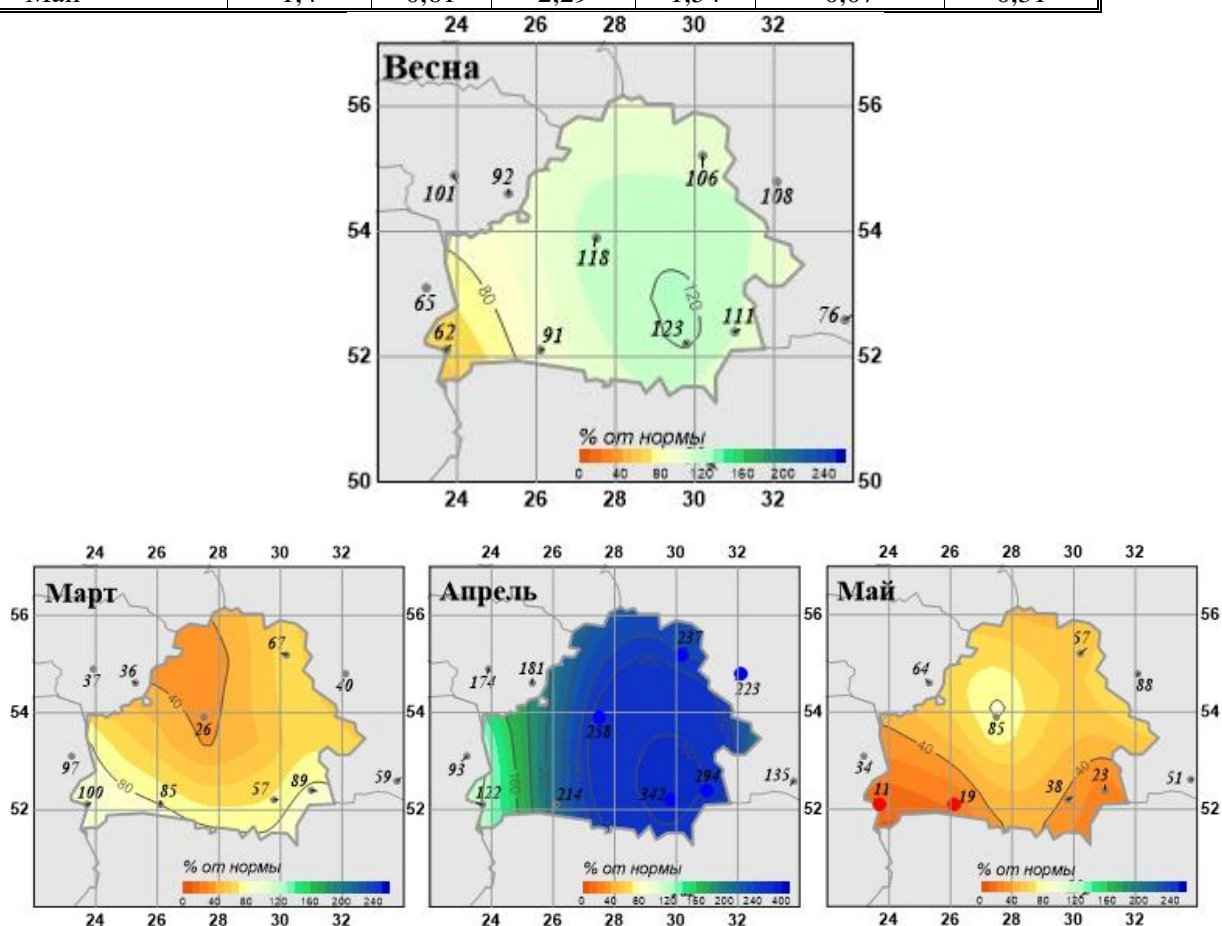


Рисунок 2 - Средние сезонные и месячные аномалии атмосферных осадков (% от нормы) на территории республики Беларусь весной 2024 г. Аномалии рассчитаны относительно периода 1991-2020 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) и осадков (в % от нормы) на станциях.

Таблица 3

Характеристики режима осадков на станциях Беларуси весной 2024 г.

	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	26666	26850	33008	33019	33038	33041
а) Сумма осадков (мм/месяц)						
<i>Весна</i>	51,7	59,3	28,3	39,0	60,0	50,0
Март	30	11	33	30	24	32
Апрель	89	111	45	76	131	103
Май	36	56	7	11	25	15
б) Аномалия сумм осадков / (мм/месяц)						
<i>Весна</i>	3.10	9.00	-17.10	-4.30	11.20	4.60
Март	-14.60	-30.70	.00	-5.40	-18.40	-4.10
Апрель	51.50	68.00	8.10	40.50	92.70	68.00
Май	-27.50	-10.20	-59.30	-48.00	-40.70	-50.10
в) Относительная аномалия сумм осадков (% от нормы)						
<i>Весна</i>	106	118	62	91	123	111
Март	67	26	100	85	57	89
Апрель	237	258	122	214	342	294
Май	57	85	11	19	38	23

На рисунках 3-6 показаны временные ряды осредненных по территории Беларуси сезонных и месячных аномалий температуры воздуха и осадков с 1936 по 2024 гг. В таблицах 4 и 5 приведены аномалии температуры и осадков, а также оценки трендов, в среднем по всей территории республики Беларусь.

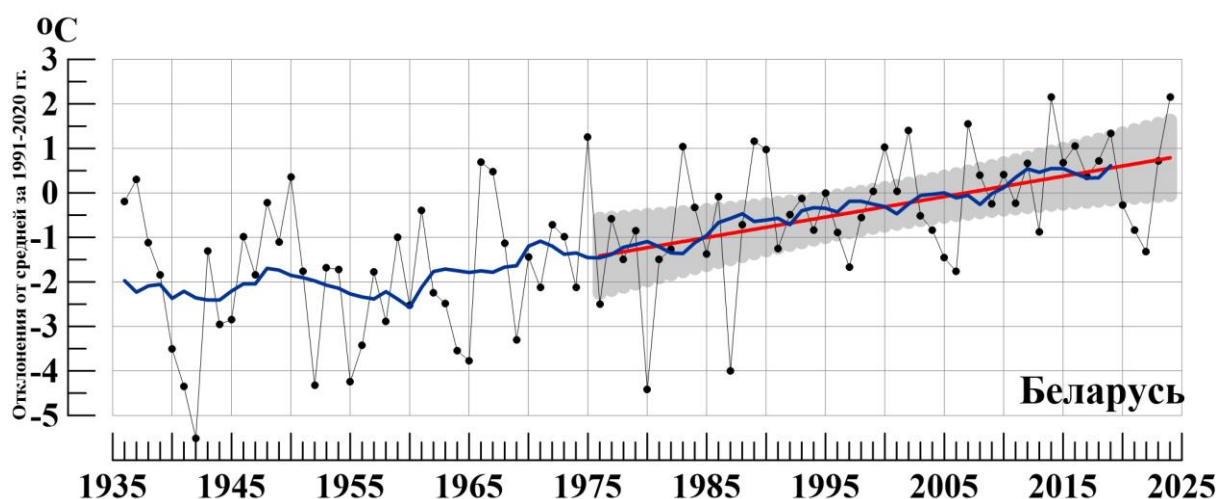


Рисунок 3 - Сезонные (март - май) аномалии температуры приземного воздуха (°C), осредненные по территории Республики Беларусь.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1991-2020 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2024 гг.

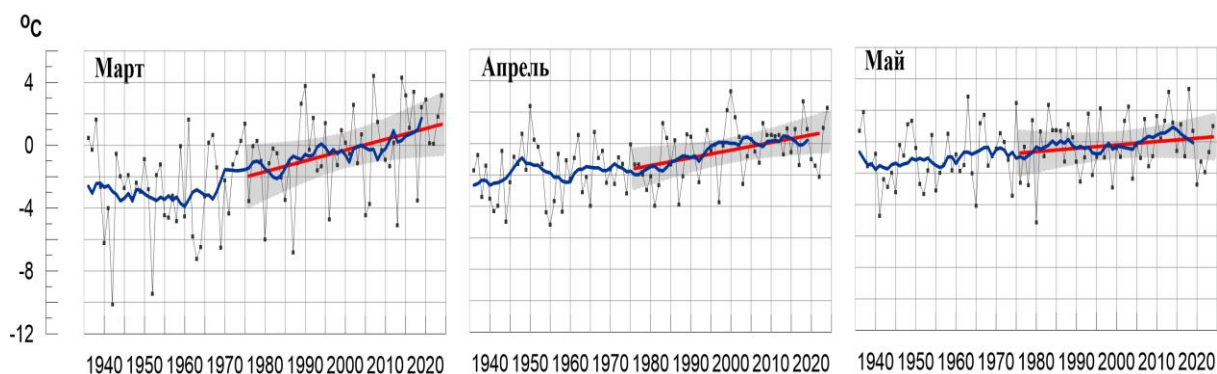


Рисунок 4 - Средние месячные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рисунке 3.

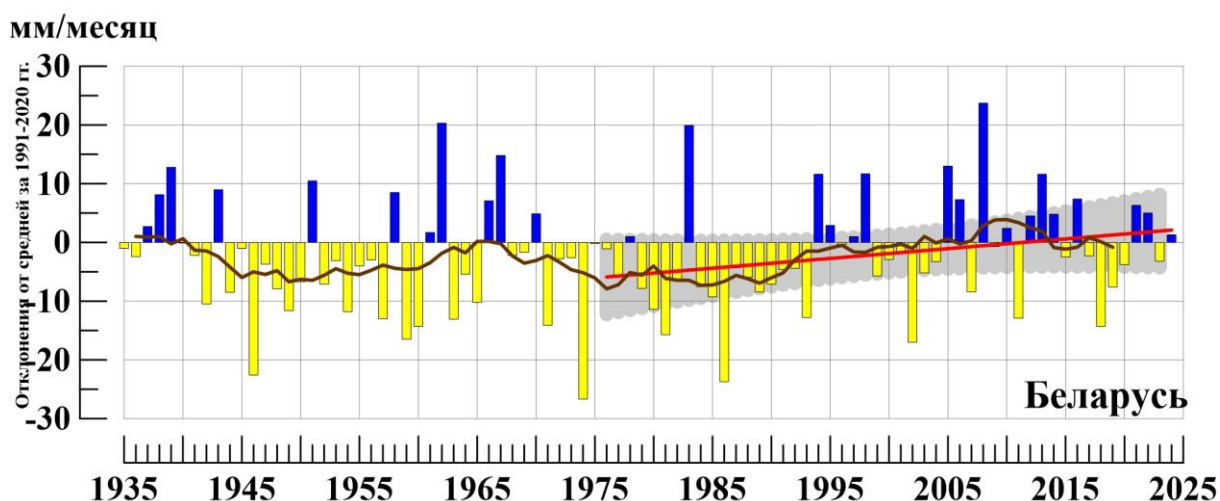


Рисунок 5 - Сезонные (март - май) аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рис. 3

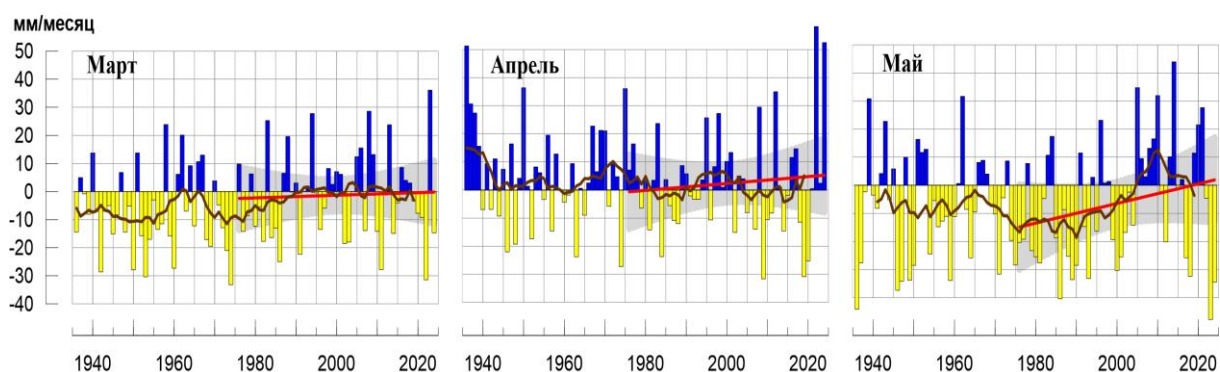


Рисунок 6 - Средние месячные аномалии атмосферных осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рисунке 3.

Таблица 4

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

	νT_{2024}	s	RR_{2024}	νR_{2024}	s
Весна	2,15	0,99	103	1,3	9,1
Март	3,16	2,59	62	-14,7	14,2
Апрель	2,28	1,51	239	52,5	16,6
Май	1,01	1,73	47	-34,5	20,5

Примечание: Аномалии νT_{2024} (°C), νR_{2024} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за период 1991-2020 гг.), RR_{2024} (%) – осадки в процентах от нормы, s (°C, мм/месяц), – среднее квадратическое отклонение

Таблица 5

Оценки линейного тренда 1976-2024 гг. в среднем по Республике Беларусь

Сезон	Температура		Осадки	
	$b_{1976-2024}$ °C/10 лет	$D_{1976-2024}$ %	$b_{1976-2024}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2024}$ %
Весна	0,46	24	1,7	7
Март	0,69	14	0,6	1
Апрель	0,49	17	1,2	1
Май	0,21	3	3,5	5