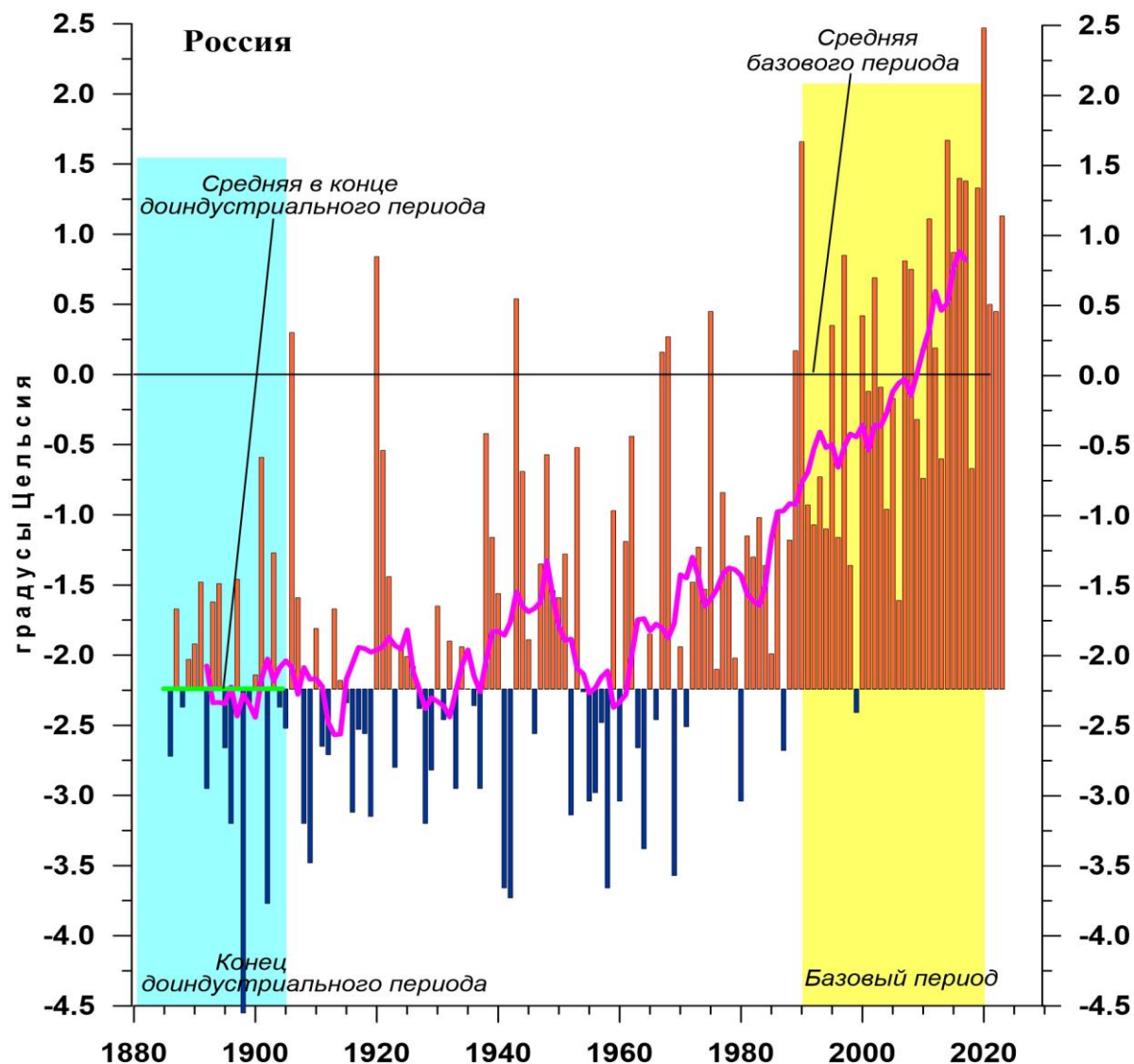


Федеральная служба
по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ФГБУ «Институт Глобального Климата и Экологии»



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2023

ВЕСНА: март – май

Обзор состояния и тенденций изменения
климата России

★
Москва 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ¹

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ (весенний сезон).....	6
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕСНЫ 2023 г. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	7
3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В ВЕСЕННИЙ СЕЗОН.....	17
4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ВЕСЕННЕГО СЕЗОНА В РЕГИОНАХ РОССИИ, 1936-2023 гг.....	22
5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2023 гг. (весенний сезон)	27
ВЫВОДЫ	30
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности весны 2023 г. на территории Республики Беларусь	32

¹ На обложке приведен ход средней сезонной аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2023 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

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 2023: 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 1976-2023 гг.

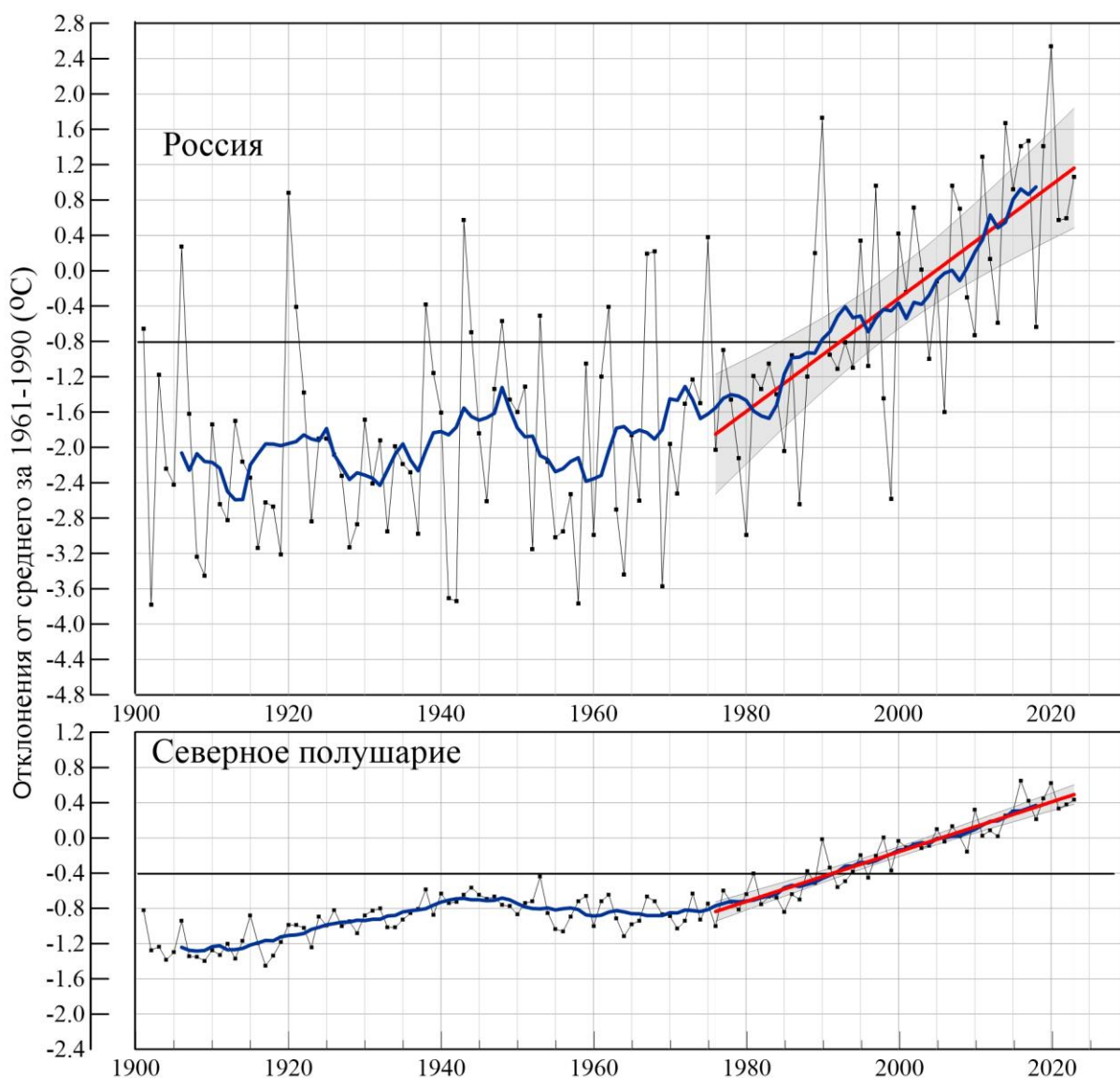


Рисунок 1.1 – Сезонная аномалия (весна: март - май) температуры приземного воздуха, осредненная по Северному полушарию (суша) и территории России за 1886-2023 гг.

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 1976-2023 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 +0,432°C (при стандартном отклонении 0,312°C) – четвертая положительная величина в ряду с 1886 г. Для России в целом средняя сезонная аномалия температуры приземного воздуха составила +1,06°C (ранг 8) при величине стандартного отклонения 1,174°C.

Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений весенних температур за период 1976-2023 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 1976-2023 гг.

Регионы	νT_{2023}	$s_{1991-2020}$	b , °C/10 лет	D %
СП	0,43	0,312	0,28	87
Россия	1,06	1,174	0,64	47

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

2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕСНЫ 2023 ГГ. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

На рис. 2.1 и 2.2 представлены карты сезонных и месячных аномалий температуры и осадков на территории России весны 2023 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 2023 года осредненная аномалия по РФ составила 1,06°C – восьмая величина в ряду с 1936 года. На большей части страны температуры были выше климатической нормы. Особенно теплые условия (95%- экстремумы на станциях) отмечались в центре и на юге ЕЧР (1,91°C (ранг 4), осредненные по округам аномалии температуры ЦФО, ЮФО, ПФО, СКФО - среди четырех самых крупных), в Приамурье и Приморье (1,73°C – ранг 3).

Температуры ниже климатической нормы наблюдались на Алтае и в Саянах, на севере Таймыра, в дельте Яны, на Новосибирских островах, на Чукотке (аномалии до $-2,4^{\circ}\text{C}$).

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 $2-5^{\circ}$ с.ш., изотермы 0° и -5° на большей части страны близки к своему климатическому положению, лишь на Дальнем Востоке они смещены к северу на $1-2^{\circ}$ с.ш. Сезонная изотерма -10° на большей части АЧР смещена к северу на $1-3^{\circ}$ с.ш., и лишь на северо-востоке России - смещена к югу на $1-2^{\circ}$ с.ш..

В марте осредненная аномалия температуры в целом по РФ $2,81^{\circ}\text{C}$ пятая величина в ряду. Температуры выше климатической нормы наблюдались на большей части страны (кроме Карелии и Мурманской области, Новой Земли, Таймыра, Магаданской области и Корякского АО). 95%-е экстремумы отмечались всюду в центре и на юге страны. Аномалии температуры осредненные по регионам: Прибайкалье и Забайкалье ($4,00^{\circ}\text{C}$) и Приамурье и Приморье ($4,34^{\circ}\text{C}$); по федеральным округам: ПФО ($4,74^{\circ}\text{C}$), ЮФО ($4,24^{\circ}\text{C}$), СКФО ($3,67^{\circ}\text{C}$), – среди трех самых крупных в соответствующих рядах.

Температуры ниже климатической нормы наблюдались в Карелии и Мурманской области, на Новой Земле, на Таймыре, в Магаданской области и в Корякском АО.

Апрель. Осредненная по РФ аномалия температуры $-0,20^{\circ}\text{C}$. Температуры ниже климатической нормы наблюдались в АЧР от Урала до Хатанги (на севере) и Олекмы (на юге) (на Среднесибирском плоскогорье аномалии до $-4,5^{\circ}\text{C}$), а также на Чукотке.

Температуры выше климатической нормы наблюдались на ЕЧР (на многих станциях центра отмечались 95%-е экстремумы), на севере и востоке ДФО (кроме Чукотки, на многих станциях отмечены 95%-е экстремумы).

Май. Осредненная по РФ аномалия температуры составила $0,58^{\circ}\text{C}$ – одиннадцатая величина в ряду. Температуры выше климатической нормы наблюдались на ЕЧР (кроме юго-запада); в Западной Сибири; на Среднесибирском плоскогорье (95%-е экстремумы отмечались повсеместно вдоль побережья Белого, Баренцево, Карского морей, на Урале, осредненные аномалии температуры по СЗФО ($2,78^{\circ}\text{C}$) и УФО ($2,96^{\circ}\text{C}$) – среди четырех самых крупных); в бассейнах рек Индигирки и Колымы, на Камчатке, в Приморье.

Температуры ниже климатической нормы наблюдались на юго-западе ЕЧР, на Алтае и в Саянах (аномалии до $-4,3^{\circ}\text{C}$), в бассейнах рек Лены и Яны, в Хабаровском крае; а также на Чукотке.

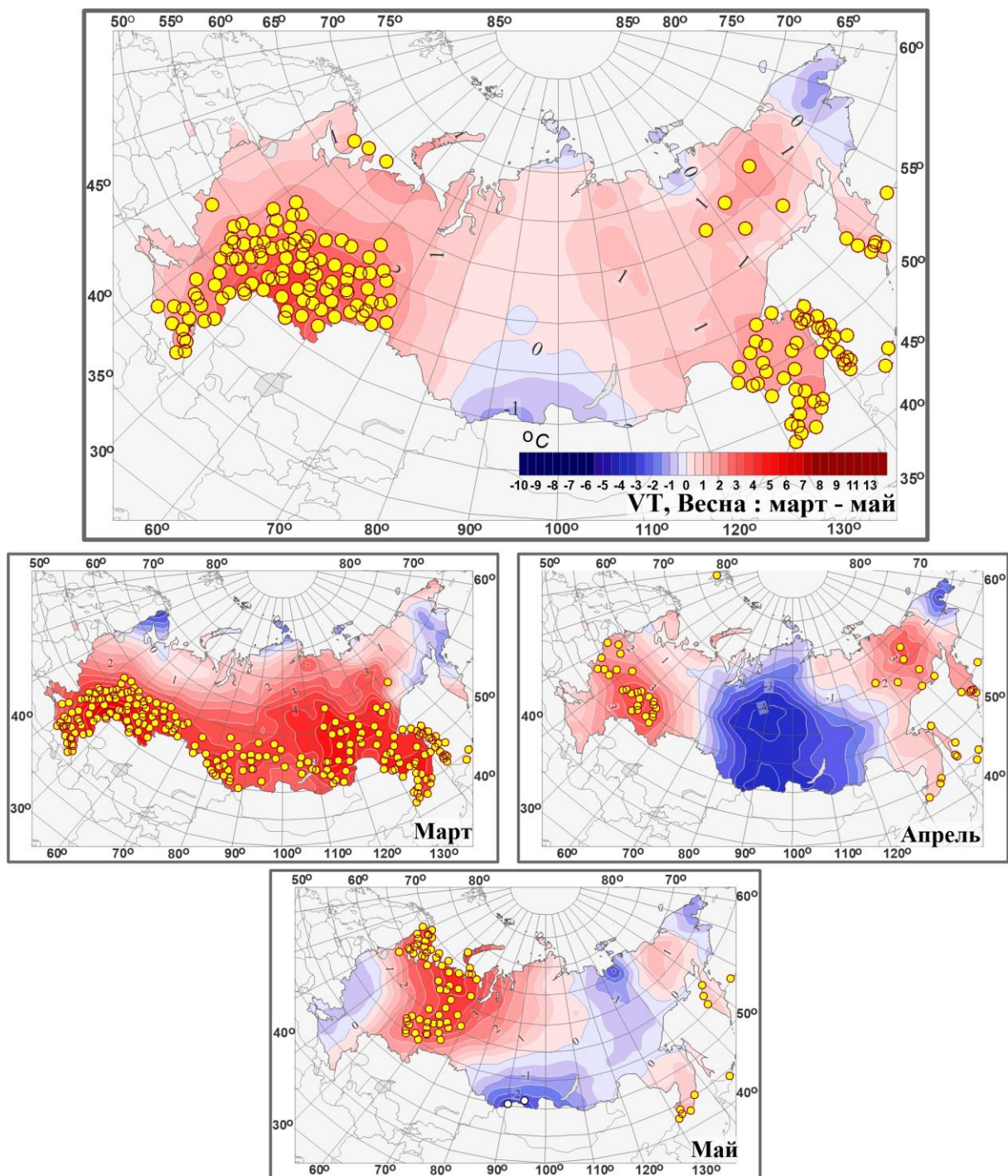


Рисунок 2.1 – Поля средней сезонной и средних месячных аномалий температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России весной 2023 г. Кружками белого цвета показано местоположение станционных экстремумов ниже 5-го перцентиля, желтого – выше 95-го перцентиля. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за базовый период 1991-2020 гг.

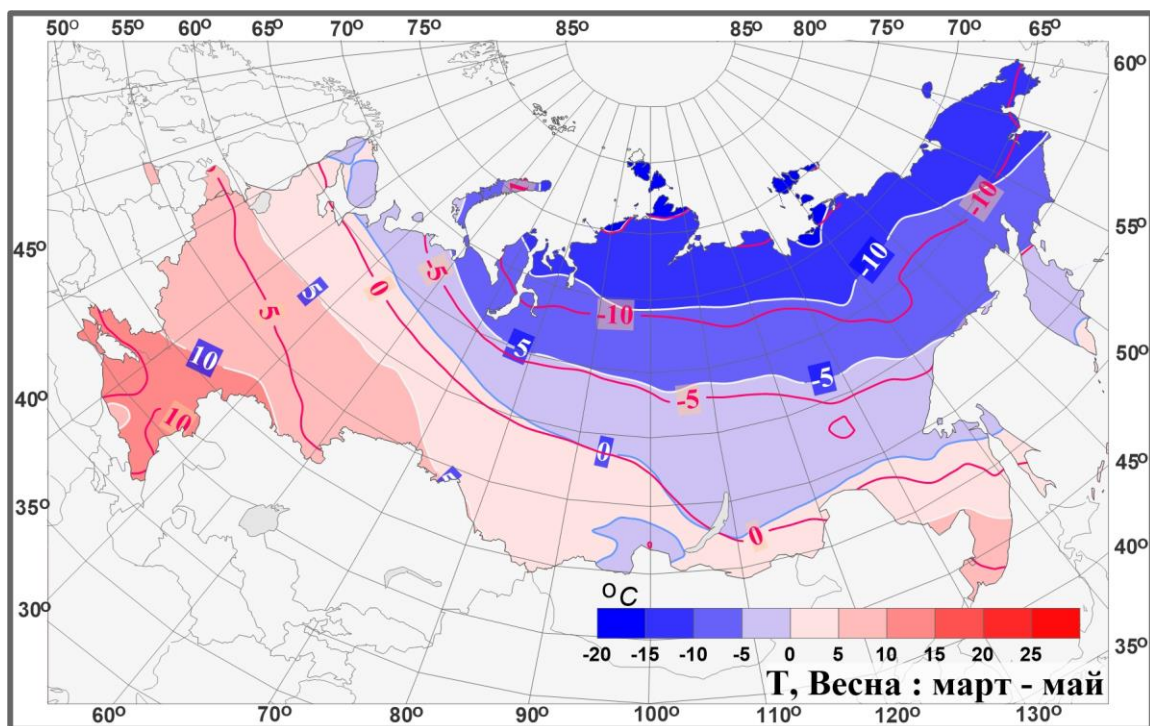


Рисунок 2.2 – Поля средней сезонной температуры приземного воздуха (°C) на территории России весной 2023 гг. Розовые изолинии: средние изотермы за период 1991-2020 гг.

Атмосферные осадки. В целом за сезон осредненные по территории РФ осадки составили 105% нормы. Значительный избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался на юге ЕЧР (в ЮФО выпало 144% нормы – максимальная величина в ряду), в районе Байкала, в Якутии, в Хабаровском крае, на Камчатке (на ряде станций отмечались 95%-е экстремумы, осредненные по ДФО осадки составили 120% нормы – четвертая величина в ряду). Сильный дефицит осадков отмечался на Южном Урале, на юге Западной Сибири (осредненные по Западной Сибири осадки 72% - среди семи самых «сухих» весенних сезонов).

Март. Осредненные по РФ осадки 144% нормы – максимальная величина в ряду. Избыток осадков наблюдался почти на всей территории страны (кроме северо-востока, Прикаспия, Среднего Поволжья, Южного Урала). Осредненные по ЕЧР (146%) и по АЧР (142%) осадки – также максимальные величины в соответствующих рядах. В регионах: Средняя Сибирь (171%), Прибайкалье и Забайкалье (140%); в СЗФО (166%), ЦФО (173%), СФО (146%), ДФО (140%) – осредненные осадки – среди пяти самых крупных в рядах.

Дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался на северо-востоке страны в междуречье Яны и Колымы, в Прикаспии, в Среднем Поволжье, на Южном Урале.

Апрель. Осредненные по РФ осадки 105% нормы. Избыток осадков (более 120% нормы, на ряде станций фиксировались 95%-е экстремумы) наблюдался на юге ЕЧР (в

ЮФО выпало 166% нормы – третья величина в ряду), на Среднесибирском плоскогорье и далее на восток (кроме северных районов АЧР).

Дефицит осадков (мене 80% нормы) наблюдался на севере и востоке ЕЧР, в Западной Сибири (74% нормы), на Чукотке.

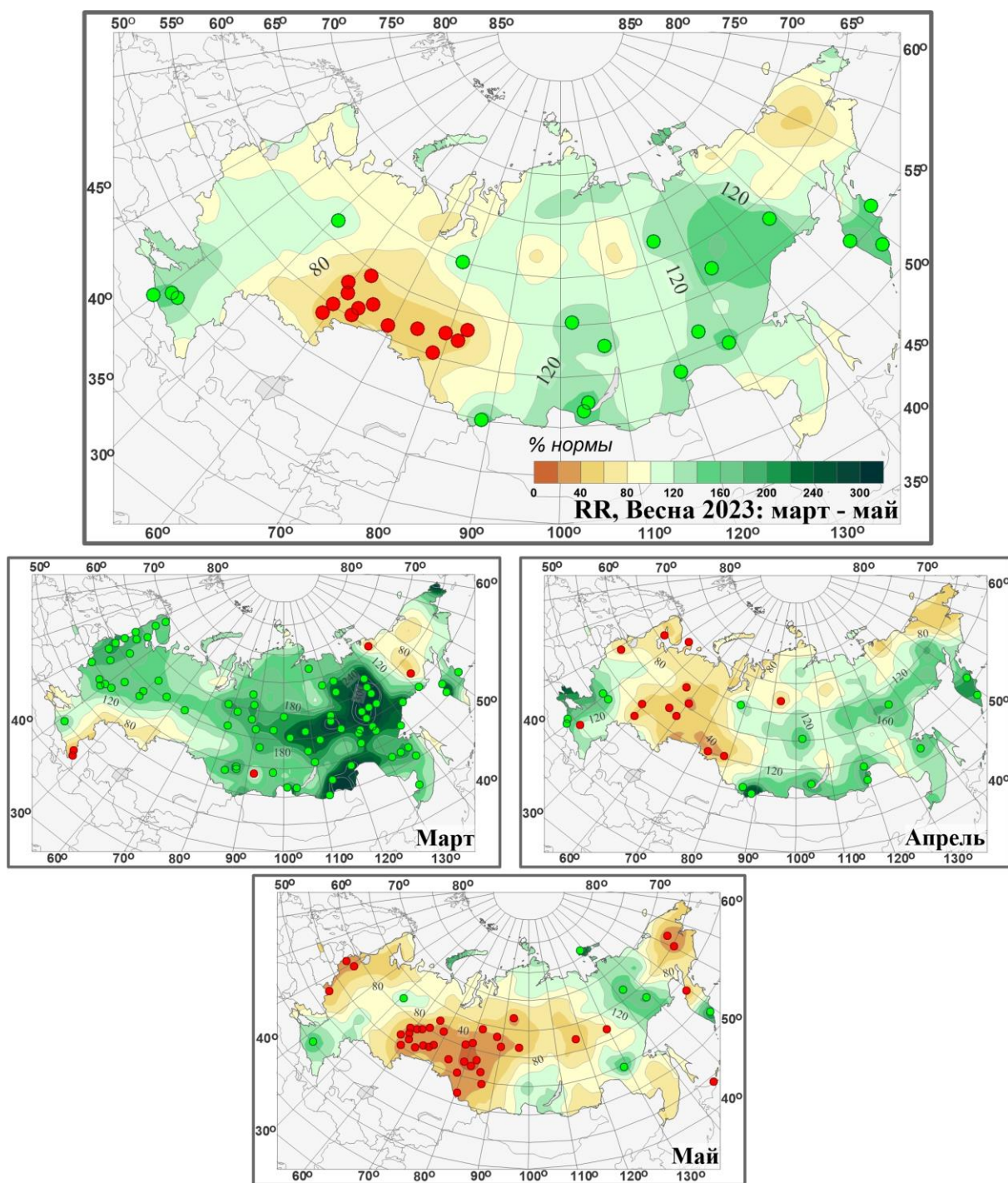


Рисунок 2.3 – Поля аномалий средних сезонных и месячных сумм осадков (в процентах от нормы за 1991-2020 гг.) на территории России весной 2023 г. (март – май). Кружками красного цвета показаны станционные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го перцентиля.

Май. Осредненные по РФ осадки: 81% нормы (среди одиннадцати самых

«сухих»), а по АЧР 78% нормы (среди трех самых «сухих», так мало осадков в мае выпало лишь в 1954 (70%) и 1937 (77%)). Сильный дефицит осадков (40-80% нормы, на многих станциях фиксировались 5%-е экстремумы) наблюдался в УФО (44% нормы – минимальная величина в ряду) и в СФО (63% - среди двух самых сухих, минимум осадков отмечен в мае 1999 г. (61%)). Сильный дефицит осадков наблюдался также на западе ЕЧР и на Чукотке.

Избыток осадков наблюдался на юге ЕЧР и в бассейнах рек Индигирка и Колыма.

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 превышения) региональных аномалий по данным за 1936-2023 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 $+1,06^{\circ}\text{C}$ – восьмая величина в ряду с 1936 года, а по ЕЧР - $+1,91^{\circ}\text{C}$ – четвертая величина. Осредненные аномалии температуры по всем федеральным округам были положительные. Самые теплые условия наблюдались в Приамурье и Приморье (аномалия $1,73^{\circ}\text{C}$ – ранг 3), а также в ЦФО ($1,57^{\circ}\text{C}$ – ранг 4), ПФО ($3,13^{\circ}\text{C}$ – ранг 2), ЮФО ($1,77^{\circ}\text{C}$ – ранг 2), и в СКФО ($1,63^{\circ}\text{C}$ – ранг 1).

Из месяцев сезона выделяется март, осредненная по РФ аномалия составила $2,81^{\circ}\text{C}$ – пятая величина в ряду. Самые теплые условия наблюдались в Прибайкалье и Забайкалье (аномалия $4,00^{\circ}\text{C}$ – ранг 3), в Приамурье и Приморье (аномалия $4,34^{\circ}\text{C}$ – ранг 2); а также в ПФО ($4,74^{\circ}\text{C}$ – ранг 2), ЮФО ($4,24^{\circ}\text{C}$ – ранг 2), и в СКФО ($3,67^{\circ}\text{C}$ – ранг 1).

В мае особенно выделяется СЗФО (2,78°C - ранг 4) и УФО (2,98°C - ранг 4),

Следует отметить, что в апреле осредненные по АЧР в целом, СФО и ДФО аномалии температуры были отрицательные (в регионах отрицательные аномалии температуры наблюдались: в Западной Сибири, в Средней Сибири, в Прибайкалье и Забайкалье).

Таблица 2.1

Регионально осредненные аномалии температуры весной 2023 гг.

Регионы	νT_{2023}	$s_{1991-2020}$	$P(t \leq T_{2023})$
Российская Федерация	1,06	1,17	92,0
Физико-географические регионы России			
Европейская часть России	1,91	1,08	96,6
Азиатская часть России	0,75	1,24	86,2
Западная Сибирь	0,98	1,93	82,8
Средняя Сибирь	0,51	1,69	79,3
Прибайкалье и Забайкалье	0,14	1,31	74,7
Приамурье и Приморье	1,73	1,10	97,7
Восточная Сибирь	0,62	1,45	83,9
Федеральные округа РФ			
Северо-Западный	1,31	1,45	88,5
Центральный	1,57	1,06	96,6
Приволжский	3,13	1,35	98,9
Южный	1,77	1,02	98,9
Северо-Кавказский	1,63	0,96	100
Уральский	1,56	2,15	89,7
Сибирский	0,07	1,62	75,9
Дальневосточный	0,91	1,26	87,4

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

Весной (табл. 2.2) количество выпавших осадков в целом по РФ составило 105% нормы. Особо выделяется регион Восточная Сибирь (выпало 140% нормы – четвертая величина в ряду); а из федеральных округов ЮФО (144% - ранг 1) и ДФО (120% - ранг 4). Следует отметить, что Западной Сибири, в ПФО, в УФО и СФО количество выпавших осадков было ниже климатической нормы.

По условиям выпадения осадков выделяется «влажный» март. Выпало в целом по РФ (144 % нормы), по ЕЧР (146%) и по АЧР (142%) – максимальные величины в рядах. Наибольшее количество осадков в регионах и федеральных округах выпало: в Средней Сибири (171%), Прибайкалье и Забайкалье (140% - ранг5), в СЗФО (166% - ранг 1), ЦФО (173% - ранг 2), СФО (146% - ранг 3), ДФО (140% - ранг 2).

В апреле много осадков выпало в ЮФО (166% нормы – ранг 3). Дефицит осадков в апреле наблюдался в ЕЧР в целом, в Западной Сибири, в СЗФО, ПФО, УФО, СФО.

В мае во всех регионах и федеральных округах (кроме ЮФО и СКФО) наблюдался дефицит осадков. В целом по АЧР выпало 78% нормы (среди трех самых «сухих»): особо выделяется Западная Сибирь (38% нормы – минимальная величина в ряду), УФО (44% - также минимальная величина) и СФО (63% (среди двух самых «сухих»)).

Таблица 2.1.1

Регионально осредненные аномалии температуры в весенние месяцы 2023 года

Регионы	Март			Апрель			Май		
	vT_{2023}	$S_{1991-2020}$	$P(t \leq T_{2023})$	vT_{2023}	$S_{1991-2020}$	$P(t \leq T_{2023})$	vT_{2023}	$S_{1991-2020}$	$P(t \leq T_{2023})$
Российская Федерация	2,81	2,28	95,4	-0,20	1,50	66,7	0,58	0,76	88,5
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	2,59	2,42	94,3	1,62	1,71	89,7	1,52	1,70	85,1
Азиатская часть России	2,88	2,48	94,3	-0,87	1,86	54,0	0,23	0,79	82,8
Западная Сибирь	2,85	2,97	93,1	-1,59	3,16	42,5	1,67	1,78	89,7
Средняя Сибирь	3,58	3,29	93,1	-2,03	2,51	37,9	-0,04	1,34	67,8
Прибайкалье и Забайкалье	4,00	2,74	97,7	-2,60	1,82	24,1	-0,97	1,02	43,7
Приамурье и Приморье	4,34	2,23	98,9	0,55	1,11	78,2	0,29	0,90	78,2
Восточная Сибирь	0,92	2,52	81,6	1,15	2,00	86,2	-0,20	1,09	66,7
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	0,39	3,13	69,0	0,74	1,95	71,3	2,78	1,92	96,6
Центральный	2,89	2,87	92,0	2,22	1,69	92,0	-0,41	2,01	58,6
Приволжский	4,74	2,68	98,9	2,85	2,27	93,1	1,79	1,94	87,4
Южный	4,24	2,35	98,9	1,34	1,68	81,6	-0,27	1,87	54,0
Северо-Кавказский	3,67	1,86	100	1,11	1,68	75,9	0,16	1,49	60,9
Уральский	2,45	3,31	88,5	-0,73	3,56	47,1	2,96	1,92	96,6
Сибирский	3,41	2,96	93,1	-2,97	2,57	21,8	-0,24	1,45	66,7
Дальневосточный	2,73	2,35	93,1	0,18	1,60	73,6	-0,19	0,88	70,1

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

Таблица 2.2

Регионально осредненные аномалии осадков весной 2023 г.

Регионы	νR_{2023}	RR_{2023}	m	$m-q1$	$q3-m$	$P(r \leq R_{2023})$
Российская Федерация	1,5	105	3,3	2,6	1,0	82,8
Физико-географические регионы России						
Европейская часть России	2,9	108	3,6	2,4	3,4	79,3
Азиатская часть России	0,9	104	0,4	2,0	1,5	79,3
Западная Сибирь	-9,0	72	2,9	1,7	4,6	8,0
Средняя Сибирь	3,3	114	1,4	1,8	2,7	93,1
Прибайкалье и Забайкалье	3,5	118	1,3	1,4	1,8	87,4
Приамурье и Приморье	1,5	104	4,1	6,8	3,2	72,4
Восточная Сибирь	7,3	140	0,7	2,2	1,7	96,6
Федеральные округа РФ						
Северо-Западный	0,9	102	3,6	4,5	3,3	65,5
Центральный	3,7	109	2,9	7,5	5,0	66,7
Приволжский	-2,9	92	3,7	5,6	3,5	42,5
Южный	17,0	144	3,7	7,5	5,7	100
Северо-Кавказский	13,6	134	4,0	6,6	9,3	93,1
Уральский	-8,2	75	4,9	2,7	4,4	18,4
Сибирский	-1,6	94	1,8	3,3	2,2	48,3
Дальневосточный	4,5	120	1,9	1,7	1,1	96,6

Примечание: 1. Аномалии νR_{2023} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за базовый период 1991-2020 гг.), RR_{2023} - отношение R_{2017} к норме, выраженное в %, $q1$, $q3$ и m – соответственно первый, третий квартиль и медиана аномалий (мм/месяц) за базовый период; вероятности неперевышения $P(r \leq R_{2023})$ – рассчитаны по выборке за 1936-2020 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		
	νR_{2023}	RR_{2023}	$P(r \leq R_{2023})$	νR_{2023}	RR_{2023}	$P(r \leq R_{2023})$	νR_{2023}	RR_{2023}	$P(r \leq R_{2023})$
Российская Федерация	11,2	144	100	1,3	105	67,8	-8,0	81	11,5
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	15,6	146	100	-0,9	98	49,4	-6,0	87	29,9
Азиатская часть России	9,5	142	100	2,2	109	79,3	-8,8	78	2,3
Западная Сибирь	8,4	133	93,1	-8,3	74	23,0	-27,1	38	0
Средняя Сибирь	16,1	171	100	2,1	108	73,6	-8,1	79	17,2
Прибайкалье и Забайкалье	6,0	140	95,4	7,2	131	93,1	-2,7	94	42,5
Приамурье и Приморье	8,5	137	89,7	7,8	121	75,9	-11,7	82	37,9
Восточная Сибирь	5,2	124	87,4	7,5	139	87,4	9,1	133	93,1
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	21,0	166	100	-6,1	81	27,6	-12,1	74	21,8
Центральный	25,8	173	98,9	5,8	116	65,5	-20,4	60	13,8
Приволжский	9,2	128	85,1	-12,7	62	18,4	-5,2	87	40,2
Южный	3,7	110	69,0	24,2	166	97,7	23,0	150	93,1
Северо-Кавказский	12,1	133	82,8	10,2	118	83,9	18,5	132	90,8
Уральский	9,9	135	94,3	-10,0	70	21,8	-24,5	44	0
Сибирский	11,1	146	97,7	-0,4	99	51,7	-15,6	63	1,1
Дальневосточный	8,2	140	98,9	6,5	128	90,8	-1,0	97	65,5

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 1976-2023 гг.: температуры приземного воздуха и атмосферных осадков на территории России для весеннего сезона в целом и для каждого из месяцев весны.

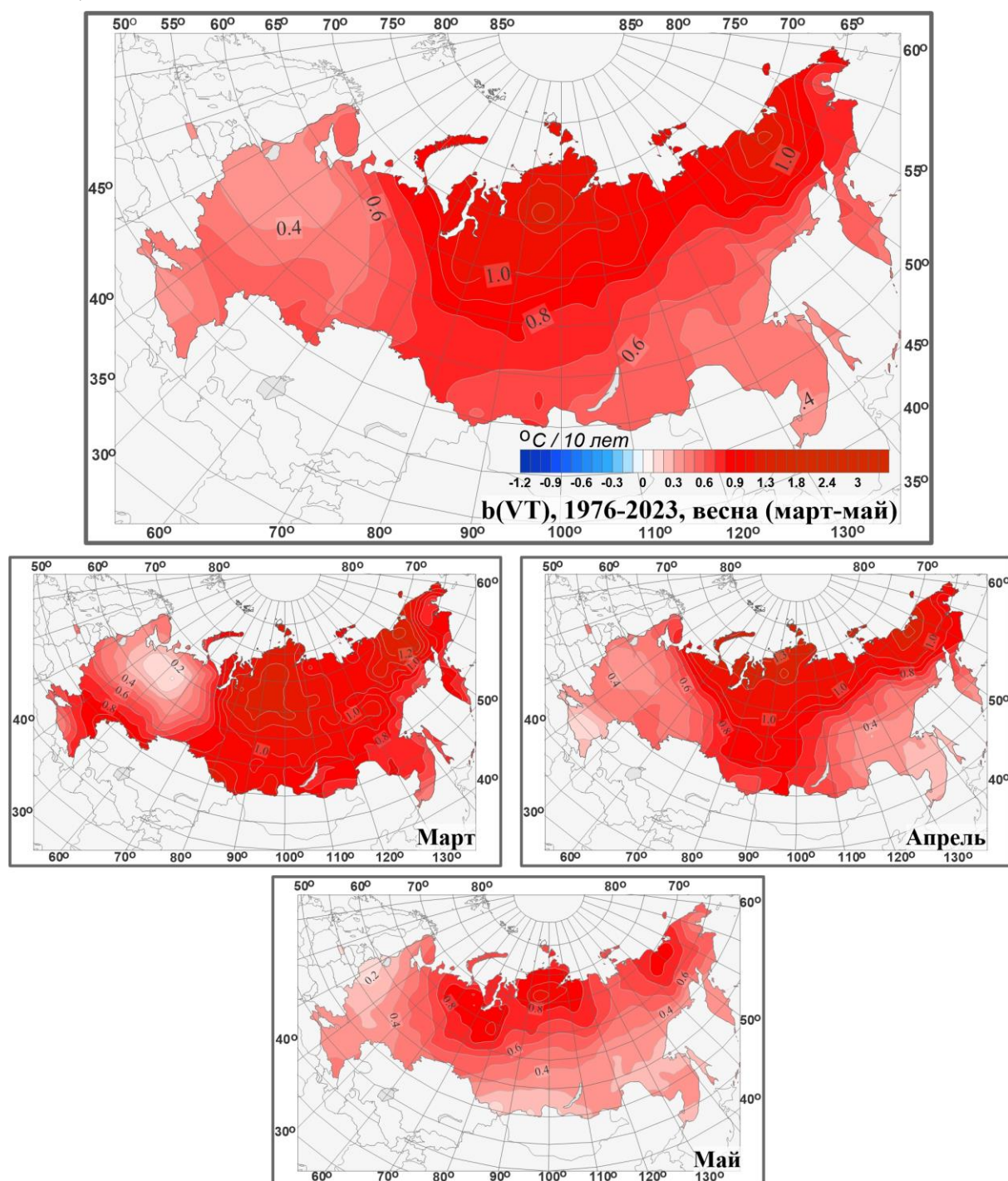


Рисунок 3.1 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий температуры (°C/10 лет) на территории России по данным за 1976-2023 (весна)

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 $+1,4^{\circ}\text{C}/10$ 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 $+0,6^{\circ}\text{C}/10$ 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 $+1,6^{\circ}\text{C}/10$ лет), а также на северо-востоке (до $+1,7^{\circ}\text{C}/10$ лет), в апреле: на севере страны (до $+1,5^{\circ}\text{C}/10$ лет на Таймыре), в мае: на севере Средней Сибири (до $+1,3^{\circ}\text{C}/10$ 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, на Камчатке. Уменьшение осадков в марте наблюдается лишь вдоль побережья Восточно-Сибирского и Чукотского морей.

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 1976-2022 гг. несколько уменьшилась площадь областей роста осадков весной в ряде областей АЧР.

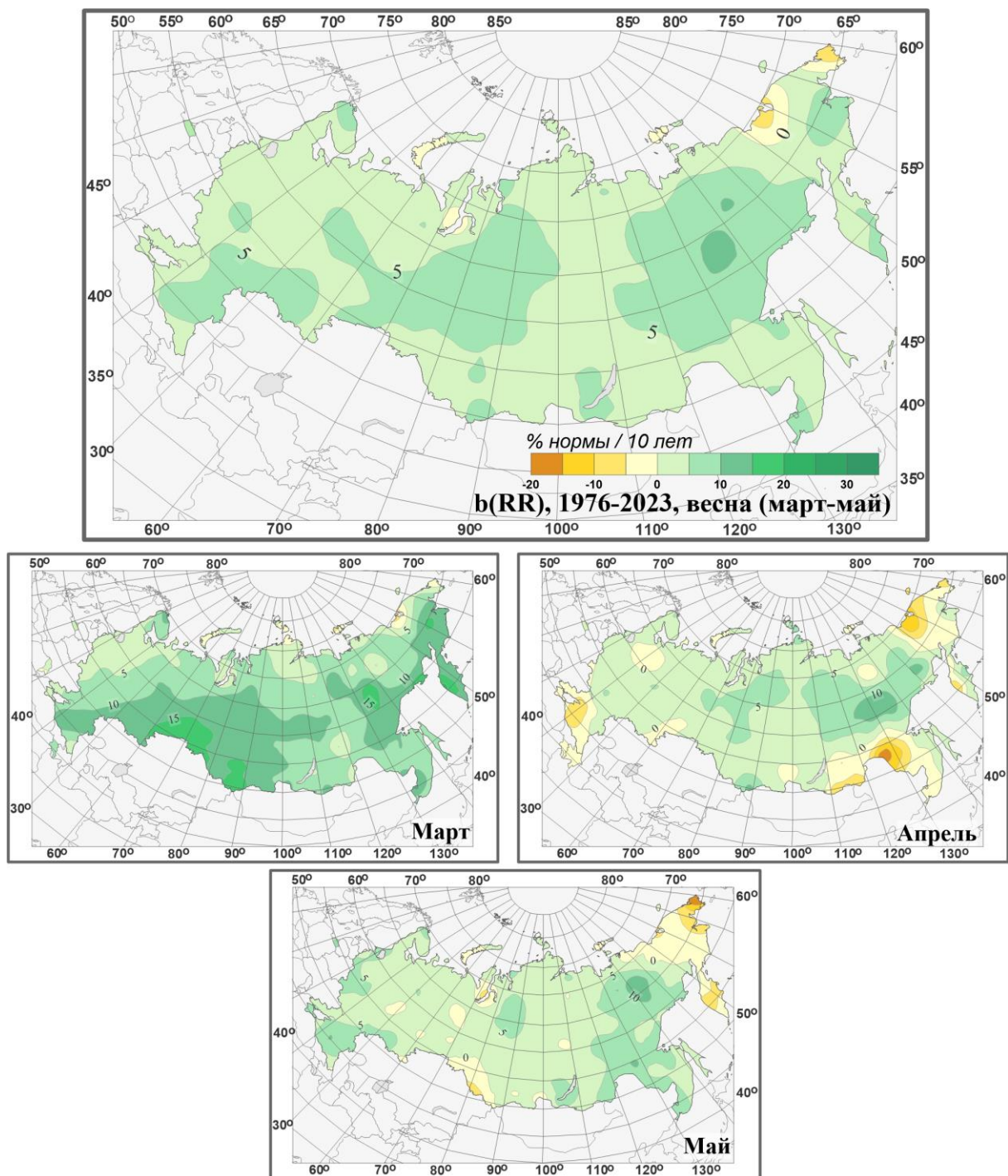


Рисунок 3.2 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий осадков (% нормы /10 лет) на территории России по данным за 1976-2023 (весна).

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 1976-2023 гг. положителен: он составляет $0.64^{\circ}\text{C}/10$ лет, объясняет 46% межгодовой изменчивости:

тренд значим на 1%-м уровне, как и тренды мартовских, апрельских и майских температур. В марте с начала 1990-х гг. по первое десятилетие XXI века наблюдалось замедление роста температуры (сглаженная кривая на рис. 3.3).

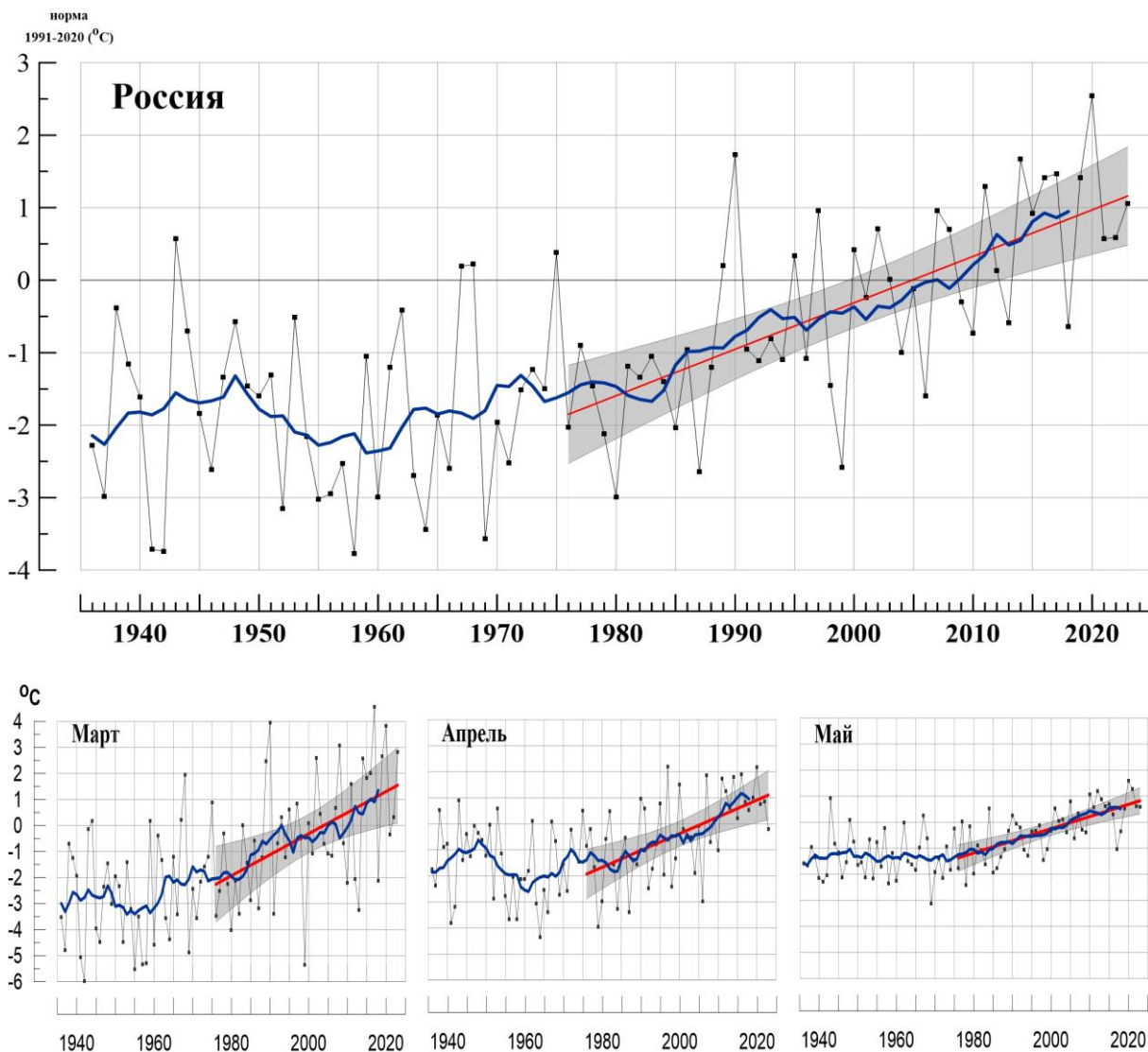


Рисунок 3.3 – Аномалия средней сезонной (вверху) и для месяцев сезона температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) осредненная по территории РФ.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1991-2020 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2023 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 1976-2023 гг.

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

Регион Российская Федерация	Температура		Осадки		
	<i>b</i> , °C/10 лет	<i>D</i> , %	<i>b</i> , мм/мес/10 лет	<i>b</i> , %/10 лет	<i>D</i> , %
Весна	0,64	47	1,5	5,2	41
Март	0,81	24	2,3	9,1	38
Апрель	0,64	32	0,5	1,8	4
Май	0,47	46	1,8	4,2	22

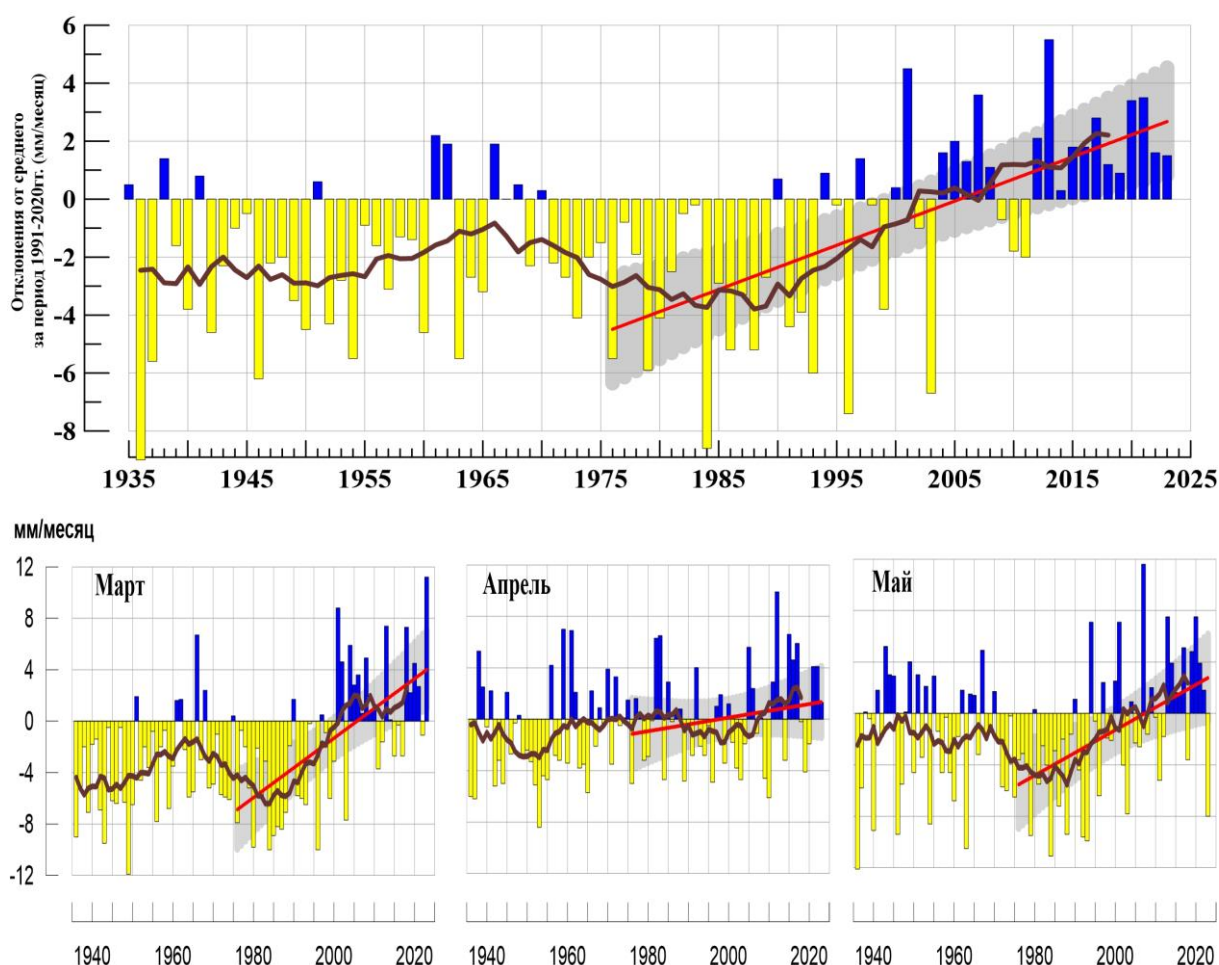


Рисунок 3.4 – То же, что на рис. 3.3, но для атмосферных осадков (мм/мес).

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 1936-2023 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 – 2023 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2023 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 1976-2023 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	0,64	47	1,5	5,2	41
Физико-географические регионы России					
Европейская часть России	0,45	27	1,8	4,7	22
Азиатская часть России	0,71	46	1,4	5,5	42
Западная Сибирь	0,77	33	1,8	5,6	22
Средняя Сибирь	0,80	39	1,4	6,0	42
Прибайкалье и Забайкалье	0,60	33	0,6	3,1	5
Приамурье и Приморье	0,43	28	2,1	5,2	12
Восточная Сибирь	0,75	43	1,2	6,6	28
Федеральные округа РФ					
Северо-Западный	0,47	20	1,3	3,4	11
Центральный	0,41	19	2,1	5,1	12
Приволжский	0,48	21	1,7	4,8	10
Южный	0,45	25	2,3	5,7	13
Северно-Кавказский	0,39	29	2,8	6,6	13
Уральский	0,78	29	2,0	5,9	23
Сибирский	0,78	39	1,3	4,8	19
Дальневосточный	0,66	44	1,4	5,8	38

В таблице 4.1 приведены оценки линейных трендов регионально осредненных значений температуры и осадков за 1976-2023 гг. для физико-географических регионов и федеральных округов РФ. Во всех регионах в среднем за период 1976-2023 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 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 1976-2022 гг. в ЕЧР наблюдается увеличение тренда на $0,03^{\circ}\text{C}$ (за счет увеличения трендов в федеральных округах: СЗФО, ЦФО, ПФО, СКФО, на $0,01^{\circ}\text{C}$ - $0,06^{\circ}\text{C}/10$ лет), в АЧР – уменьшение тренда на $0,02^{\circ}\text{C}$ (за счет уменьшения трендов в регионах: Западная Сибирь, Средняя Сибирь, Прибайкалье и Забайкалье, Восточная Сибирь (а также в УФО, СФО, ДФО) на $0,03^{\circ}\text{C}$ - $0,05^{\circ}\text{C}/10$ 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, АЧР, Западная, Средняя и Восточная Сибирь; Уральский, Сибирский и Дальневосточный ФО).

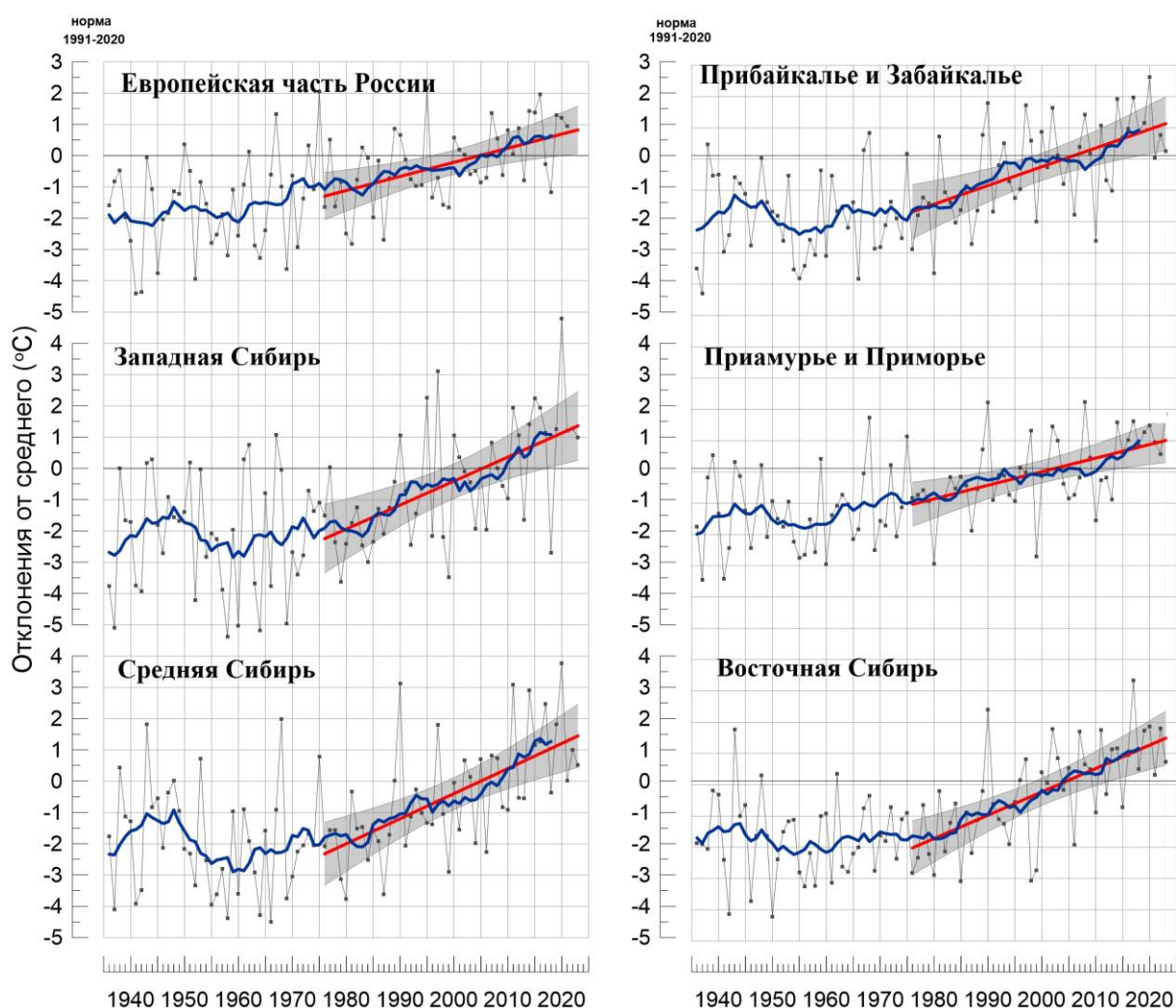


Рисунок 4.1 - Сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории физико-географических регионов РФ, весна 2023 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1991-2020 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2023 гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда.

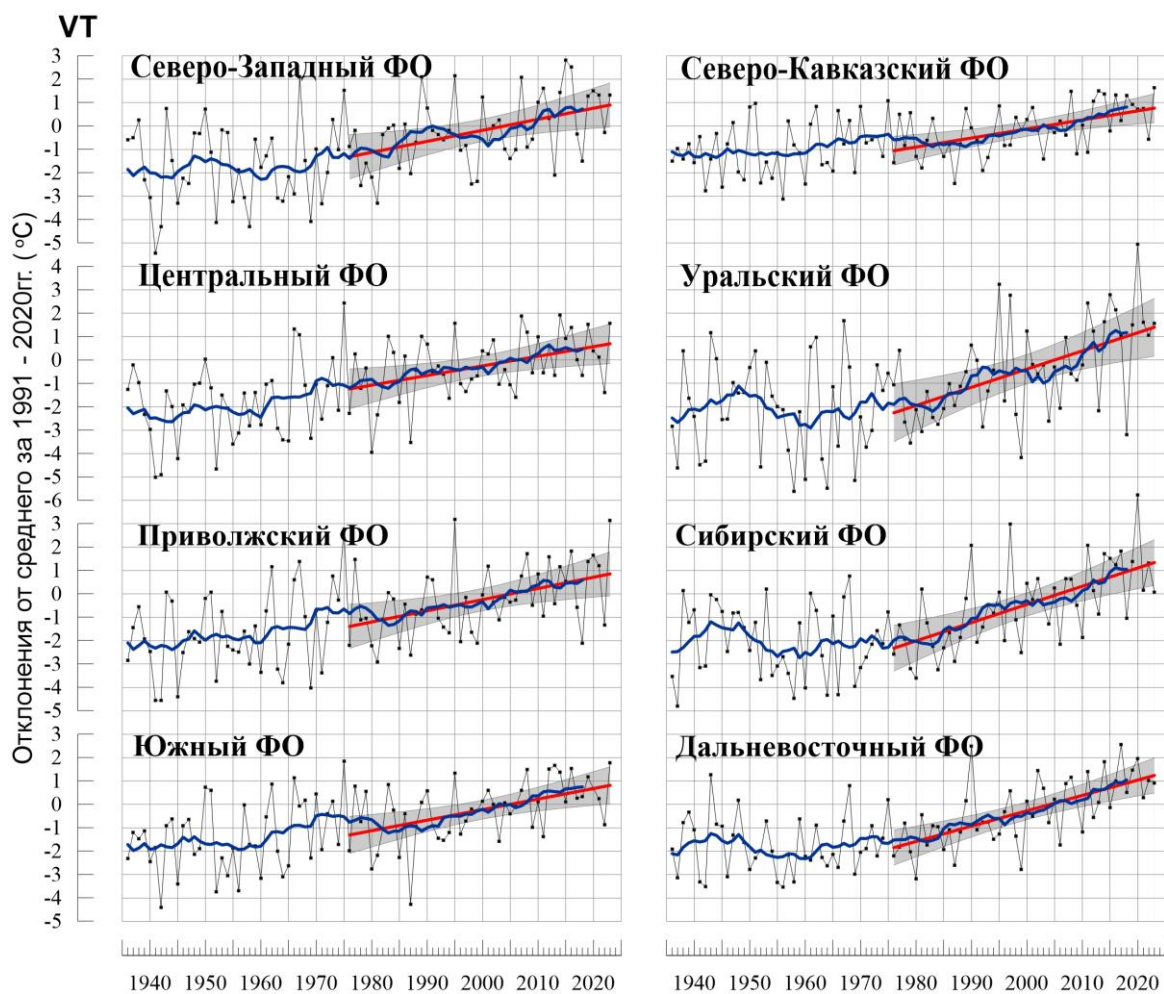


Рисунок 4.2 – То же, что на рис.4.1, но для федеральных округов

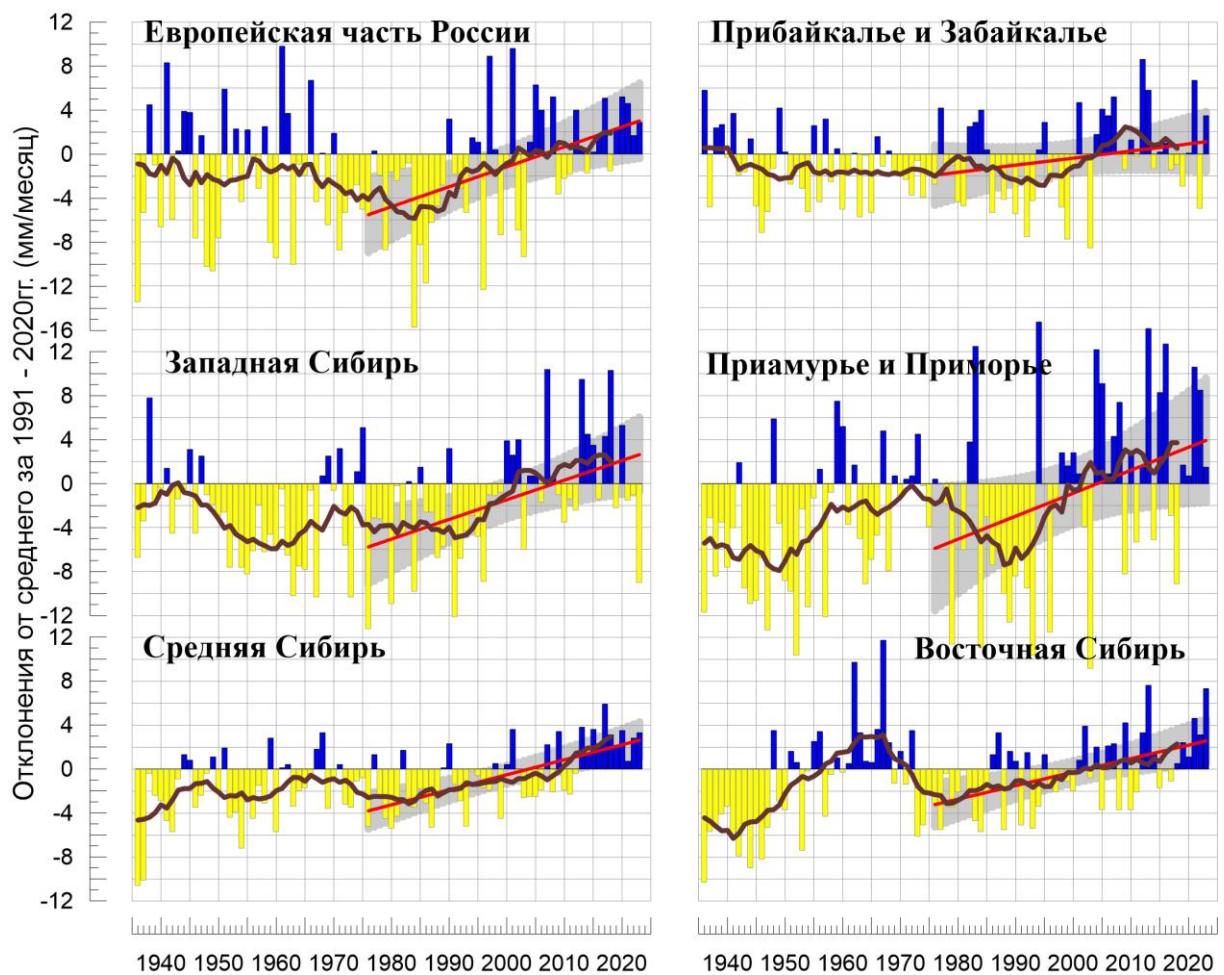


Рисунок 4.3 - Сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории регионов РФ, весна 2023 гг.

Условные обозначения см. на рис. 4.1.

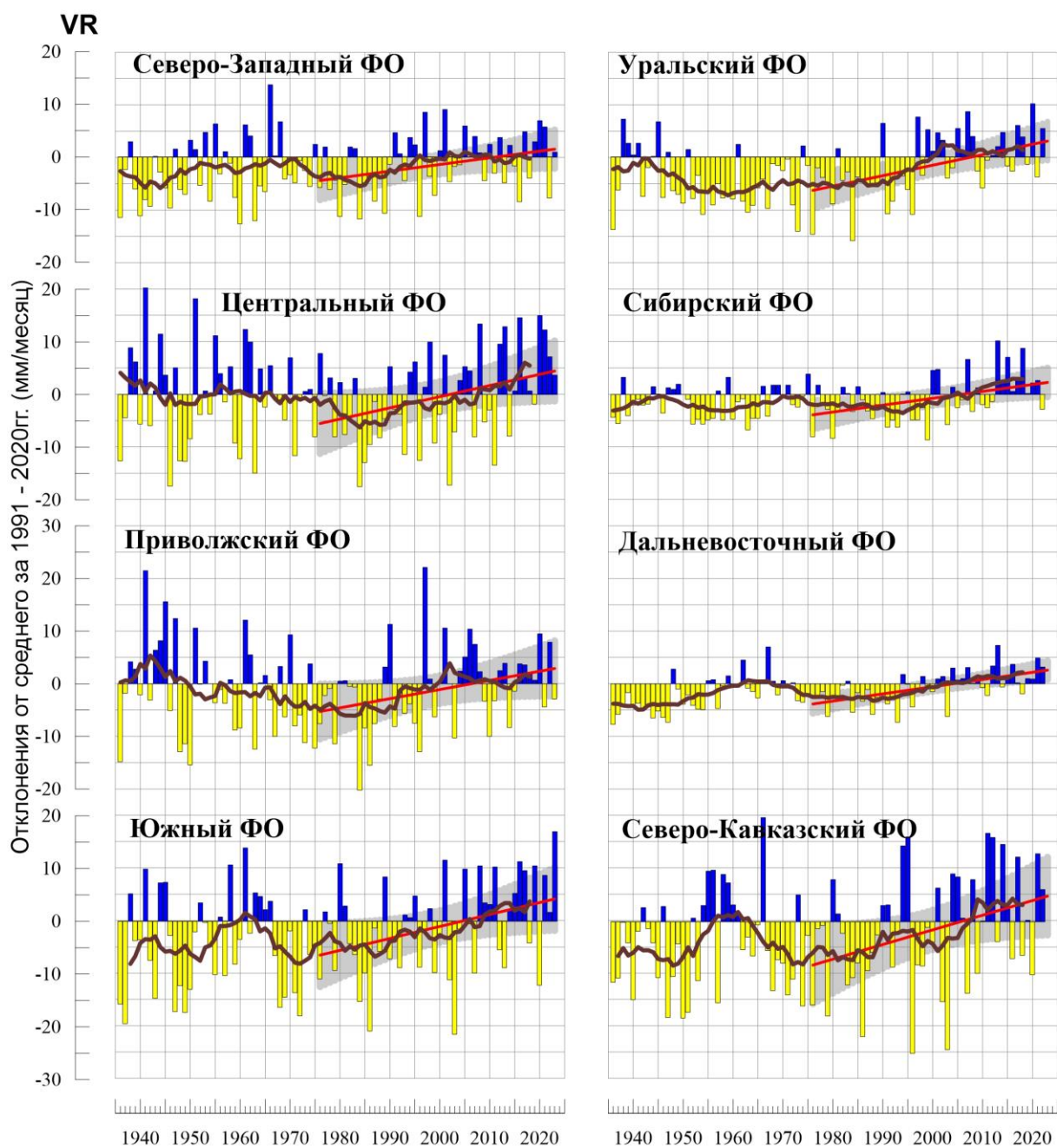


Рисунок 4.4 – То же, что на рис.4.3, но для федеральных округов

5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2023 гг. (весенний сезон)

В разделе приведены некоторые индексы экстремальности и аномальности для весеннего сезона в целом по территории России за период 1936 -2023 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 2023 г. (рис. 5.1). Площадь, занятая крупными положительными аномалиями (выше 80- перцентиля весной 2023 года составила 68% (ранг 9). С 1976 г. (начало глобального потепления) наблюдается увеличение площади под крупными положительными аномалиями, тренд за период 1976-2023 составляет 13,7%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 43%), площади, с крупными отрицательными аномалиями (ниже 20-го перцентиля) весной 2023 года не наблюдалось.

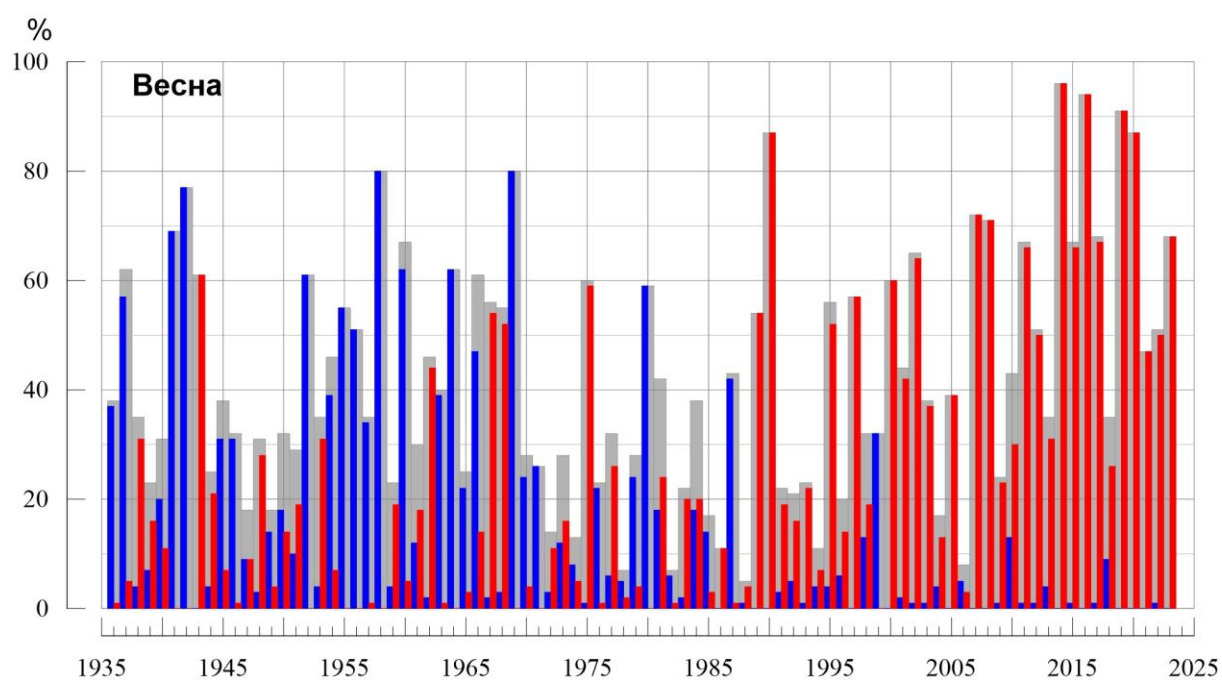


Рисунок 5.1 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями температуры, 1936-2023 гг. (весна):

— 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 2023 г. доля площади страны под экстремумами тепла (выше 2σ) составила 9%, площадь под экстремумами холода (ниже -2σ) не отмечалась.

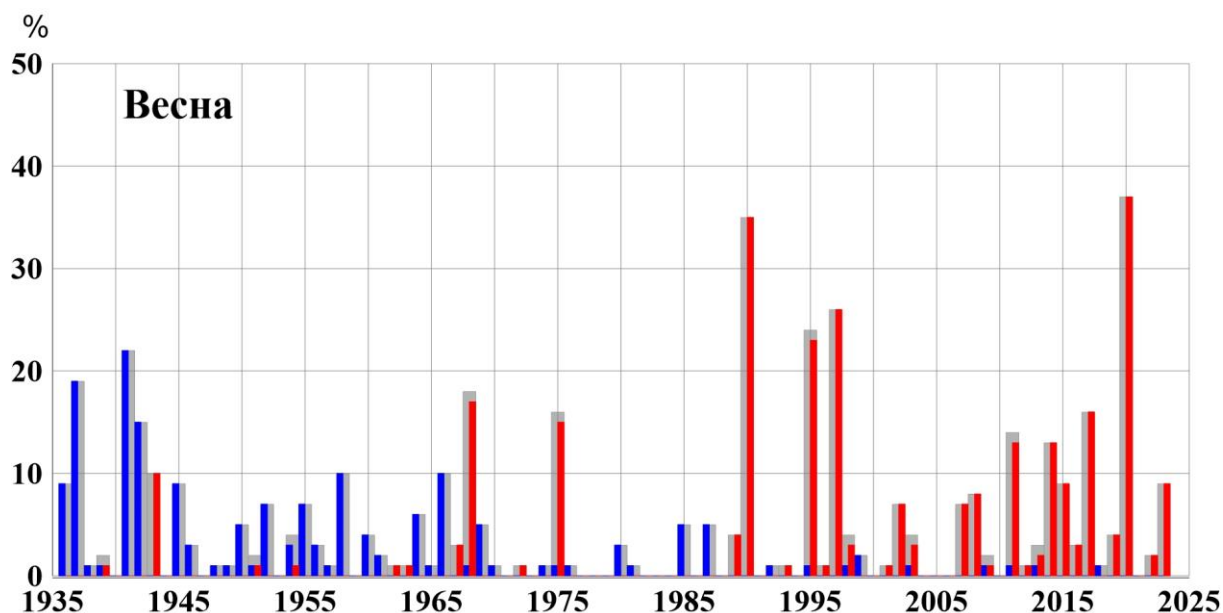


Рисунок 5.2 - Доля площади РФ (в процентах) с экстремальными (сезонная аномалия меньше -2σ : синие столбики, больше $+2\sigma$: красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры весной, 1936-2023 гг. Базовый период для расчета статистик: 1991-2020 гг.

Индекс аномальности Багрова (рис. 5.3) весной 2023 года равен 1,6. Анализ индекса аномальности Багрова показывает, что с начала 1980-х гг. аномальность температурного режима на территории РФ в весенний сезон растет – тренд за период 1976-2023 гг. составил 0,21 / 10 лет и объясняет 36% общей дисперсии ряда.

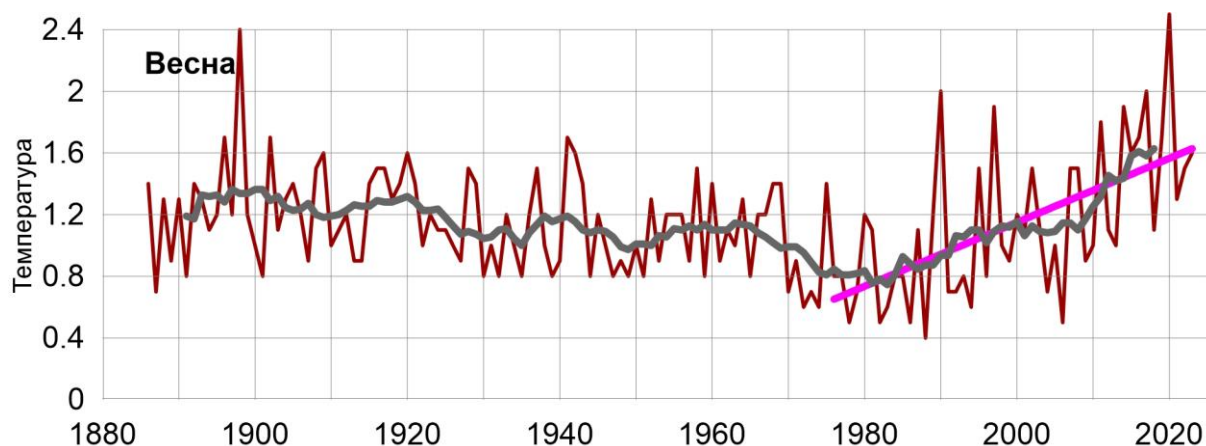


Рисунок 5.3. - Индекс аномальности (индекс Багрова) температурного режима на территории России весной 1886-2023 гг.

Осадки. Весной 2023 г. площадь, занятая крупными аномалиями выше 80 процентиля (рис. 5.4) составила 28%, ниже 20-го процентиля – 15%. С 1976 г. наблюдается увеличение площади под аномалиями выше 80-го процентиля, тренд за период 1976-2023 составляет 4,6%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 45%: тренд значим на уровне 1%) и уменьшение площади под аномалии ниже 20-го процентиля, тренд за период 1976-2023 составляет -2,3%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 17%).

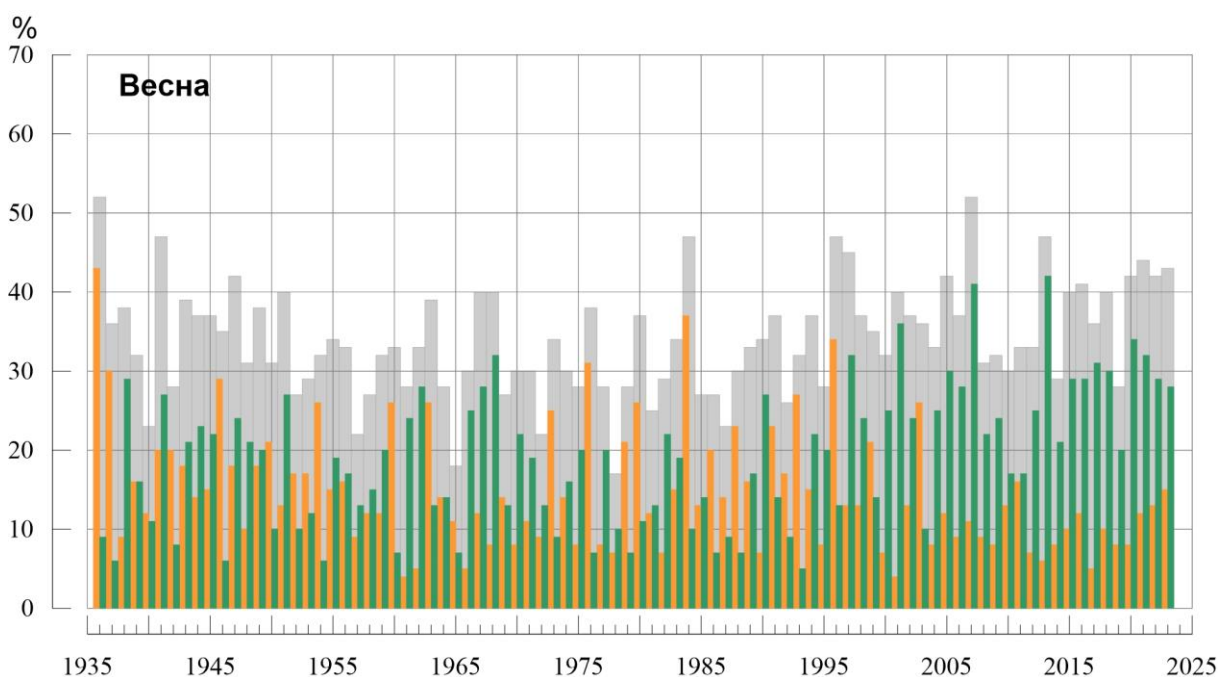


Рисунок 5.4 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями осадков, 1936-2023 гг. (весна):

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

ВЫВОДЫ

1. Весна для Северного полушария в целом была теплой: аномалия температуры воздуха над сушей СП составила $+0,432^{\circ}\text{C}$ – четвертая величина в ряду с 1886 г. (величина аномалии расположена чуть ниже линии тренда, входит в 95%-ую доверительную область, разность между сезонной аномалией и линией тренда составила $-0,06^{\circ}\text{C}$).

2. Осредненная по РФ весенняя аномалия температуры: $+1,06^{\circ}\text{C}$ – восьмая величина в ряду с 1936 года. На большей части страны температуры были выше климатической нормы. Особенно теплые условия (95%- экстремумы на станциях) отмечались в центре и на юге ЕЧР ($1,91^{\circ}\text{C}$ (ранг 4), осредненные по округам аномалии температуры ЦФО, ЮФО, ПФО, СКФО – среди четырех самых крупных), в Приамурье и Приморье ($1,73^{\circ}\text{C}$ – ранг 3).

3. Доля площади территории России, занятая крупными положительными (выше 80-го перцентиля) среднесезонными аномалиями температуры составила 68% страны (ранг 9). Доля площади страны под экстремумами тепла (выше 2σ) составила 9%, площадь под экстремумами холода (ниже -2σ) не отмечалась.

4. Из месяцев выделяется март: аномалия температуры в целом по РФ составила $2,81^{\circ}\text{C}$ – пятая величина в ряду, температуры выше климатической нормы наблюдались на большей части страны. 95%-е экстремумы отмечались всюду в центре и на юге страны. Аномалии температуры осредненные по регионам: Прибайкалье и Забайкалье ($4,00^{\circ}\text{C}$) и Приамурье и Приморье ($4,34^{\circ}\text{C}$); по федеральным округам: ПФО ($4,74^{\circ}\text{C}$), ЮФО ($4,24^{\circ}\text{C}$), СКФО ($3,67^{\circ}\text{C}$), – среди трех самых крупных в соответствующих рядах. Температуры ниже климатической нормы наблюдались в Карелии и Мурманской области, на Новой Земле, на Таймыре, в Магаданской области и в Корякском АО.

5. В апреле осредненная по РФ аномалия температуры отрицательная: $-0,20^{\circ}\text{C}$. Температуры ниже климатической нормы наблюдались в АЧР от Урала до течения реки Хатанги (на севере) и течения реки Олекмы (на юге) (аномалии температуры до $-4,5^{\circ}\text{C}$), температуры ниже климатической нормы наблюдались также на Чукотке (аномалии температуры до $-4,4^{\circ}\text{C}$). Температуры выше климатической нормы наблюдались на ЕЧР (на большинстве станций центра отмечались 95%-е экстремумы), на севере и востоке ДФО (кроме Чукотки, на многих станциях отмечены 95%-е экстремумы).

6. В мае осредненная по РФ аномалия температуры составила $0,58^{\circ}\text{C}$ (ранг 11). Температуры выше климатической нормы наблюдались на ЕЧР (кроме юго-запада); в Западной Сибири; на Среднесибирском плоскогорье; а также в бассейнах рек Индигирки и Колымы, на Камчатке, в Приморье. 95%-е экстремумы отмечались повсеместно в СЗФО ($2,78^{\circ}\text{C}$ – ранг 4) и УФО ($2,96^{\circ}\text{C}$ – ранг 4). Температуры ниже климатической нормы наблюдались на юго-западе ЕЧР, на Алтае и в Саянах (аномалии до $-4,3^{\circ}\text{C}$), в бассейнах рек Лены и Яны, в Хабаровском крае; а также на Чукотке.

7. Весной в среднем по РФ выпало 105% нормы осадков. Значительный избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался на юге ЕЧР (в ЮФО выпало 144% нормы – максимальная величина в ряду), на большей части ДФО (кроме северо-востока, в

среднем по округу выпало 120% - ранг 4). Сильный дефицит осадков отмечался на Южном Урале, на юге Западной Сибири (осредненные по Западной Сибири осадки 72% - среди семи самых «сухих» весенних сезонов).

8. Площадь, занятая крупными аномалиями выше 80 перцентиля составила 28%, ниже 20-го перцентиля – 15%.

9. По условиям выпадения осадков выделяется «влажный» март. Выпало в целом по РФ (144 % нормы), по ЕЧР (146%) и по АЧР (142%) – максимальные выличины в рядах. Избыток осадков наблюдался почти на всей территории страны (кроме северо-востока, Прикаспия, Среднего Поволжья, Южного Урала). Наибольшее количество осадков в регионах и федеральных округах выпало: в Средней Сибири (171%), Прибайкалье и Забайкалье (140% - ранг5), в СЗФО (166% - ранг 1), ЦФО (173% - ранг 2), СФО (146% - ранг 3), ДФО (140% - ранг 2).

10. В апреле осредненные по РФ осадки составили 105% нормы. Избыток осадков (более 120% нормы, на ряде станций фиксировались 95%-е экстремумы) наблюдался на юге ЕЧР (в ЮФО выпало 166% нормы – третья величина в ряду); на Среднесибирском плоскогорье и далее на восток (кроме северных районов АЧР). Дефицит осадков (мене 80% нормы) наблюдался на севере и востоке ЕЧР, в Западной Сибири (74% нормы), на Чукотке.

11. В мае осредненные по РФ осадки: 81% нормы, а по АЧР 78% нормы (среди трех самых «сухих»). Сильный дефицит осадков (40-80% нормы, на многих станциях фиксировались 5%-е экстремумы) наблюдался в УФО (44% – минимальная величина в ряду) и в СФО (63% - среди двух самых сухих); а также на западе ЕЧР и на Чукотке. Избыток осадков наблюдался на юге ЕЧР и в бассейнах рек Индигирка и Колыма.

12. В целом по России линейный тренд весенней температуры воздуха за период 1976-2023 гг. составил $+0,64^{\circ}\text{C}/10$ лет при вкладе тренда в дисперсию ряда 47%, что более чем в два раза выше, чем в среднем для суши Северного полушария ($+0,28^{\circ}\text{C}/10$ лет, вклад в дисперсию ряда 87%). Наиболее быстрое потепление наблюдается на севере АЧР (до $+1,4^{\circ}\text{C}/10$ лет – на Таймыре и в Чукотском АО), 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, затем рост температуры возобновился.

13. Тренд весенних сумм осадков для России в целом положителен: составляет $+5,2\%$ /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 2023



ВВЕДЕНИЕ

В настоящем Приложении* приводится информация о состоянии приземного климата (температура приземного воздуха и атмосферные осадки) весной 2023 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»

веса, 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 2023 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.

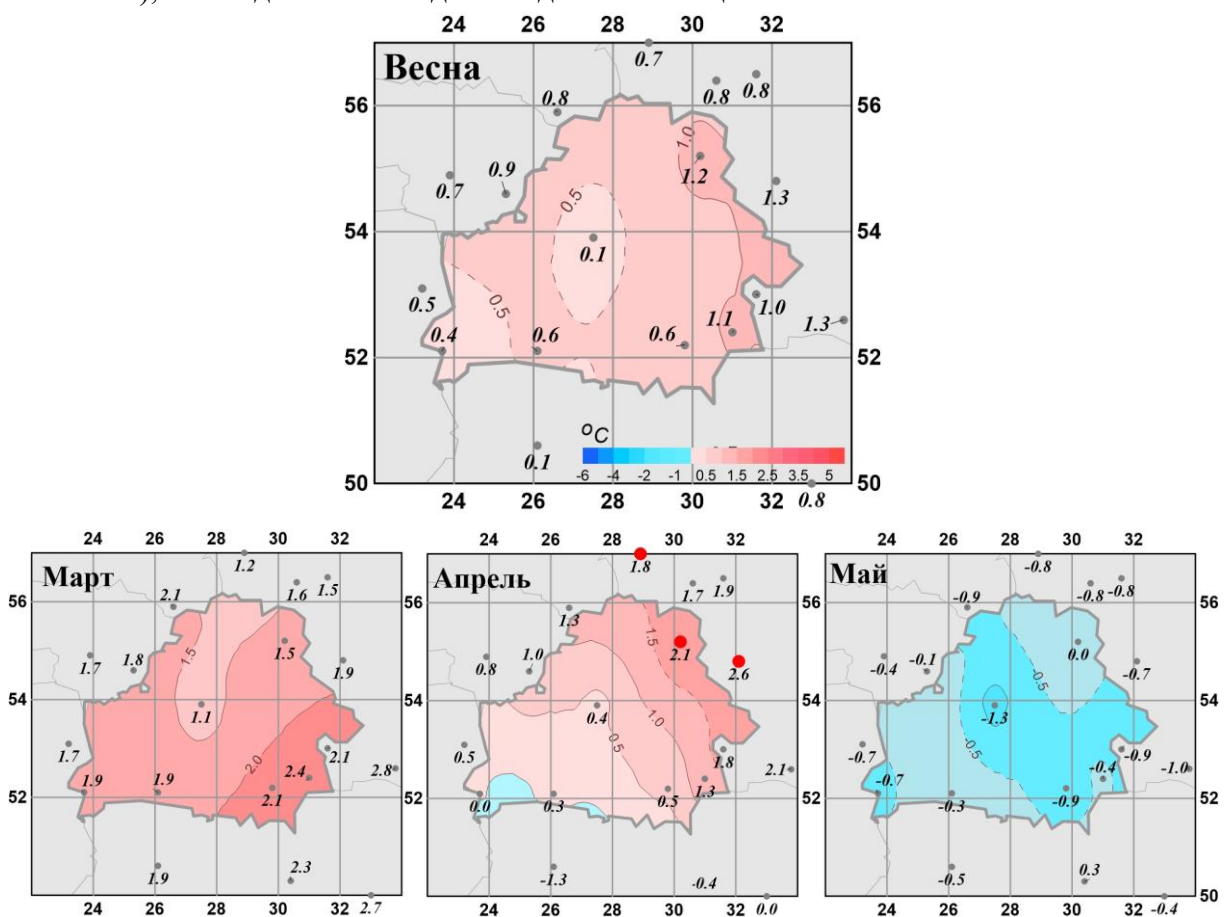


Рисунок 1 - Средние сезонные и средние месячные аномалии температуры (°C) приземного воздуха на территории республики Беларусь весной.

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 2023 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>	8,03	7,30	9,20	9,20	8,63	9,50
Март	1,5	1,8	4,6	4,0	3,5	3,6
Апрель	9,3	8,0	9,2	9,3	9,1	10,3
Май	13,3	12,1	13,8	14,3	13,3	14,6
б) аномалия температуры (град, Цельсия)						
<i>Весна</i>	1,21	0,08	0,40	0,64	0,55	1,10
Март	1,54	1,13	1,87	1,86	2,08	2,35
Апрель	2,08	0,39	0,03	0,31	0,50	1,34
Май	0,00	-1,29	-0,71	-0,26	-0,93	-0,39

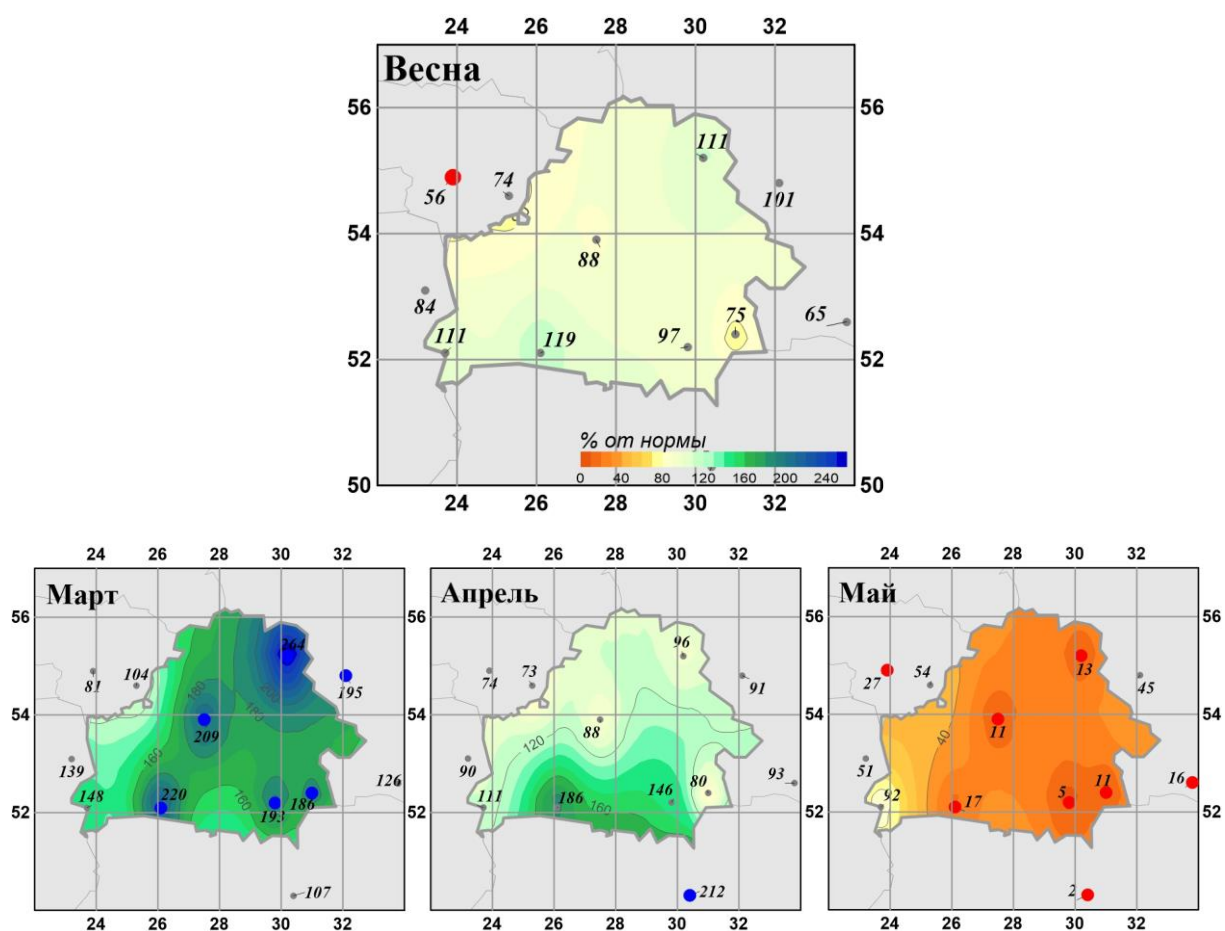


Рисунок 2 - Средние сезонные и месячные аномалии атмосферных осадков (% от нормы) на территории республики Беларусь весной 2023 г. Аномалии рассчитаны относительно периода 1991-2020 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) и осадков (в % от нормы) на станциях.

Таблица 3

Характеристики режима осадков на станциях Беларуси весной 2023 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>	54,0	44,0	50,3	51,3	47,0	34,0
Март	118	87	49	78	82	67
Апрель	36	38	41	66	56	28
Май	8	7	61	10	3	7
б) Аномалия сумм осадков / (мм/месяц)						
<i>Весна</i>	5,5	-6,3	4,9	8,0	-1,8	-11,4
Март	73,4	45,3	16,0	42,6	39,6	30,9
Апрель	-1,5	-5,0	4,1	30,5	17,7	-7,0
Май	-55,5	-59,2	-5,3	-49,0	-62,7	-58,1
в) Относительная аномалия сумм осадков (% от нормы)						
<i>Весна</i>	111	88	111	119	97	75
Март	264	209	148	220	193	186
Апрель	96	88	111	186	146	80
Май	13	11	92	17	5	11

На рисунках 3-6 показаны временные ряды осредненных по территории Беларуси сезонных и месячных аномалий температуры воздуха и осадков с 1936 по 2023 гг. В таблицах 4 и 5 приведены аномалии температуры и осадков, а также оценки трендов, в среднем по всей территории республики Беларусь.

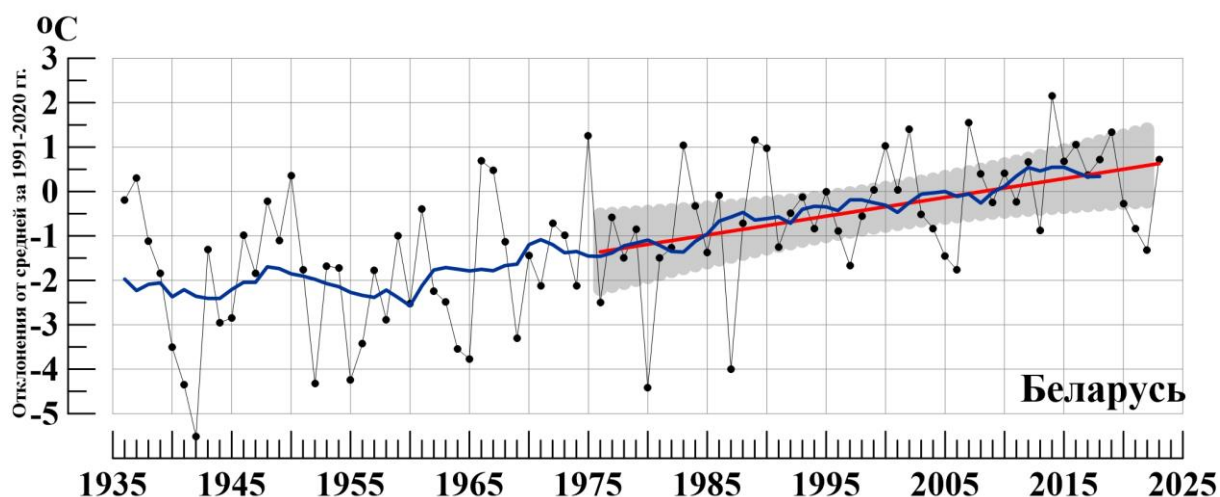


Рисунок 3 - Сезонные (март - май) аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1991-2020 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2023 гг.

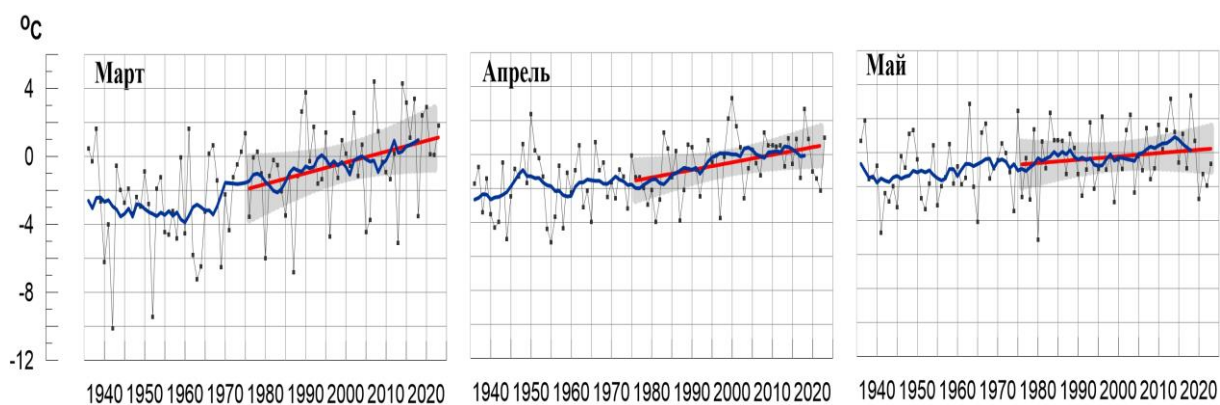


Рисунок 4 - Средние месячные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рисунке 3.

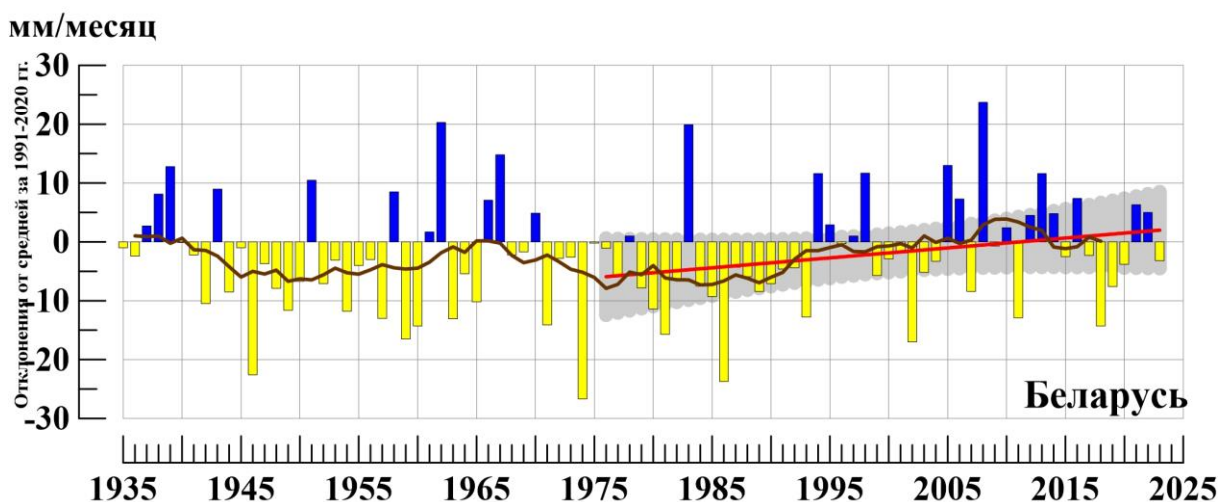


Рисунок 5 - Сезонные (март - май) аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рис. 3

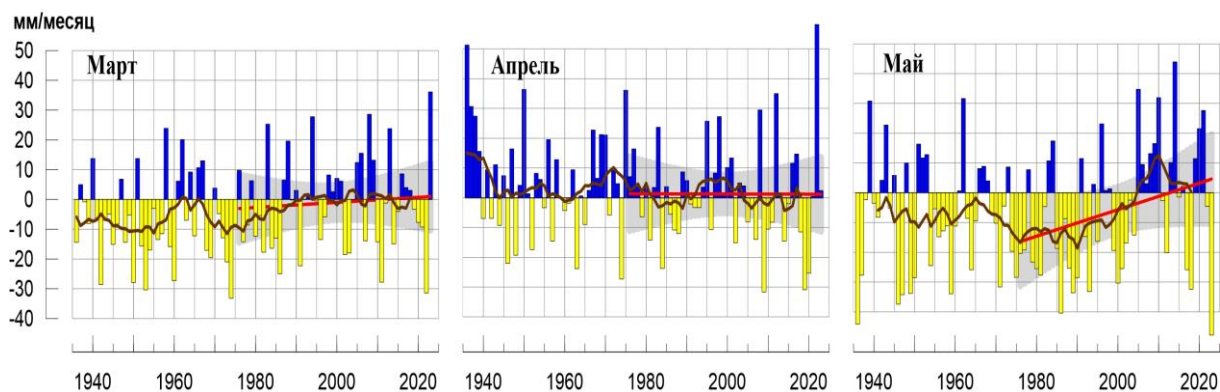


Рисунок 6 - Средние месячные аномалии атмосферных осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рисунке 3.

Таблица 4

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

	νT_{2023}	s	RR_{2023}	νR_{2023}	s
Весна	0,72	0,99	94	-3,2	9,1
Март	1,82	2,59	193	36,1	14,2
Апрель	0,98	1,51	107	2,4	16,6
Май	-0,65	1,73	26	-47,8	20,5

Примечание: Аномалии νT_{2023} (°C), νR_{2023} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за период 1991-2020 гг.), RR_{2023} (%) – осадки в процентах от нормы, s (°C, мм/месяц), – среднее квадратическое отклонение

Таблица 5

Оценки линейного тренда 1976-2023 гг. в среднем по Республике Беларусь

Сезон	Температура		Осадки	
	$b_{1976-2023}$ °C/10 лет	$D_{1976-2023}$ %	$b_{1976-2023}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2023}$ %
Весна	0,42	21	1,7	6
Март	0,64	11	0,9	1
Апрель	0,45	14	-0,0	0
Май	0,20	2	4,5	9