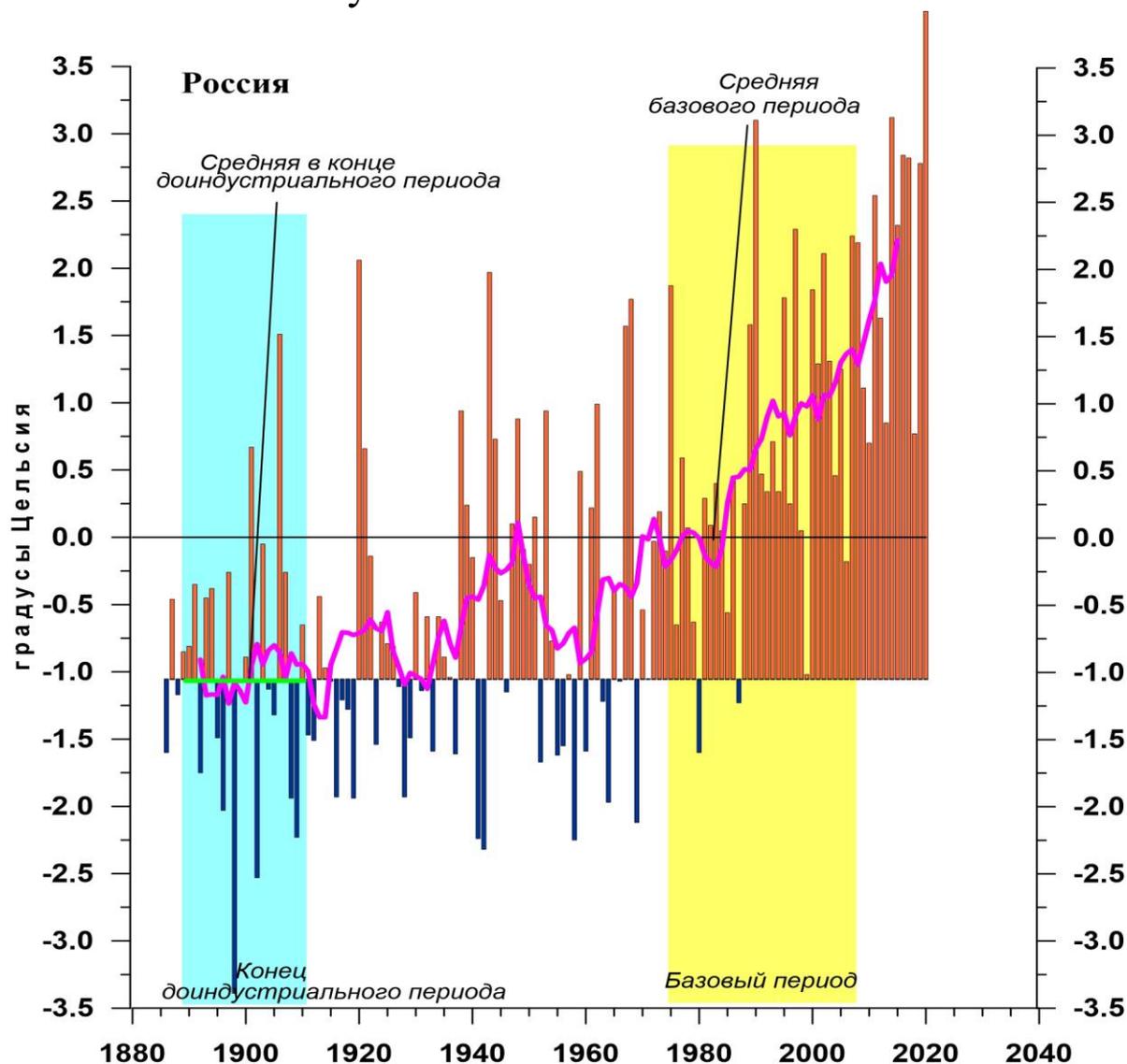


Федеральная служба
по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ФГБУ «Институт Глобального Климата и Экологии»



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2020

ВЕСНА: март - май

Обзор состояния и тенденций изменения
климата России

★
Москва 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ¹

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ (весенний сезон).....	6
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕСНЫ 2020 г. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	7
3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В ВЕСЕННИЙ СЕЗОН.....	15
4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ВЕСЕННЕГО СЕЗОНА В РЕГИОНАХ РОССИИ, 1936-2020 гг.....	20
5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2020 гг. (весенний сезон)	24
ВЫВОДЫ	27
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности весны 2020 г. на территории Республики Беларусь	29

¹ На обложке приведен ход средней сезонной аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2020 гг. (весна)
Аномалия температуры рассчитана как отклонение от средней температуры за базовый период 1961-1990 гг. Столбцы диаграммы представлены относительно средней за 1887 – 1905 гг. (конец «доиндустриального» периода)

ВВЕДЕНИЕ

Все приведенные в Бюллетене оценки для территории России получены по данным о средних месячных значениях температуры приземного воздуха и месячных суммах атмосферных осадков в базовых архивах ФГБУ «ИГКЭ». 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 247 (404) российских станций, по которым своевременно поступили сводки КЛИМАТ в оперативном потоке.

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

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



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

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

Для температуры воздуха все данные приведены по архиву T3288. 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*.

* Раздел подготовлен в рамках программы Союзного государства "Совершенствование системы обеспечения населения и отраслей экономики Российской Федерации и 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-сайтах <http://climatechange.igce.ru>, <http://climatechange.su> (ФГБУ «ИГКЭ»).

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

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

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 2020: март - май), осредненных по суше Северные полушария (СП) и по территории России. Временной ряд сезонных аномалий температуры над СП рассчитан по среднемесячным данным Университета Восточной Англии (массив crut4nh.txt на сайте www.cru.uea.ac.uk). Временной ряд для территории России рассчитан по станционным данным о температуре приземного воздуха ФГБУ «ИГКЭ». Представлен также линейный тренд за 1976-2020 гг.

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

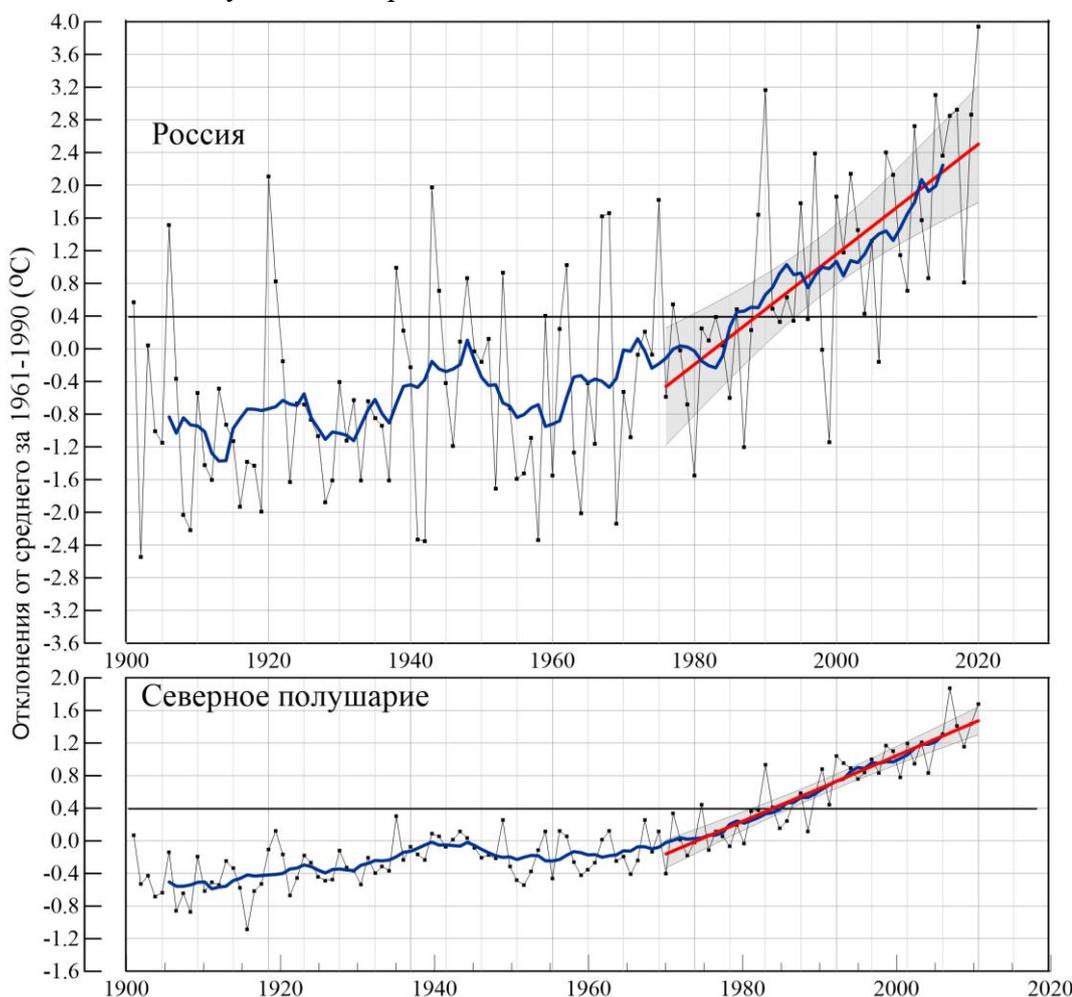


Рисунок 1.1 – Сезонная аномалия (весна: март - май) температуры приземного воздуха, осредненная по Северному полушарию (суша) и территории России за 1886-2020 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от средней за базовый период 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Показаны м.н.к. – оценка линейного тренда и 95% -я доверительная область для линии тренда за 1976-2020 гг. Использованы данные Университета Восточной Англии (СП) и данные ФГБУ «ИГКЭ» (Россия).

Аномалия температуры воздуха над сушей СП весной составила $+1.677^{\circ}\text{C}$ (при стандартном отклонении 0.18°C) – вторая положительная величина в ряду с 1886 г. (рекордное значение аномалии зафиксировано весной 2016 г. ($+1.87^{\circ}\text{C}$)). Для России в целом средняя сезонная аномалия температуры приземного воздуха составила $+3.94^{\circ}\text{C}$ – рекордная величина в ряду (величина стандартного отклонения составляет 1.19°C).

Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений весенних температур за период 1976-2020 гг. в среднем для суши СП и России, приведены в табл. 1.1. Величина тренда средней по территории России весенней температуры более чем в полтора раза превосходит тренд средней по Северному полушарию. Сглаженная кривая на рис.1 показывает, что начало потепления на территории России и для СП в целом приходится на начало 1960-х гг.

Таблица 1.1

Сезонные (весна: март - май) аномалии температуры приземного воздуха относительно норм базового периода 1961-1990 гг. ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по суше СП и России и оценки линейного тренда за период 1976-2020 гг.

Регионы	vT_{2020}	$s_{1961-90}$	$b, ^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$	$D \%$
СП	1.68	0.18	0.37	81
Россия	3.94	1.19	0.66	46

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

2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕСНЫ 2020 ГГ. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

На рис. 2.1 и 2.2 представлены карты сезонных и месячных аномалий температуры и осадков на территории России весны 2020 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 2020 года осредненная аномалия по РФ составила 3.94°C – рекордная величина в ряду с 1936 года. На всей территории страны температуры были выше климатической нормы. Аномально высокие температуры (95%-е экстремумы) наблюдались от востока ЕЧР до Хабаровского края и Корякского АО. Экстремальные погодные условия наблюдались в ПФО (аномалия 2.67°C – ранг 5), в УФО (аномалия 6.69°C – ранг 1), в СФО (5.48°C – ранг 1), в ДФО (3.38°C – ранг 3).

Распределение средних сезонных температур на рис. 2.2 позволяет проследить рассмотренные особенности несколько под другим углом. Сезонные изотермы на большей части страны смещены к северу на $\sim 5-7^{\circ}$ с.ш. относительно своего климатического положения.

В марте осредненная аномалия температуры по РФ 5.47°C – третья величина в ряду. Температуры выше климатической нормы (более, чем на 3°C) наблюдались на всей территории страны. Осредненная аномалия по ЕЧР: 5.88°C – рекордное значение в ряду, по АЧР: 5.31°C – третья величина в ряду. Повсеместно в ЕЧР, в Западной Сибири,

в районе Байкала, в Приморье, на Камчатке фиксировались 95%-е экстремумы температуры.

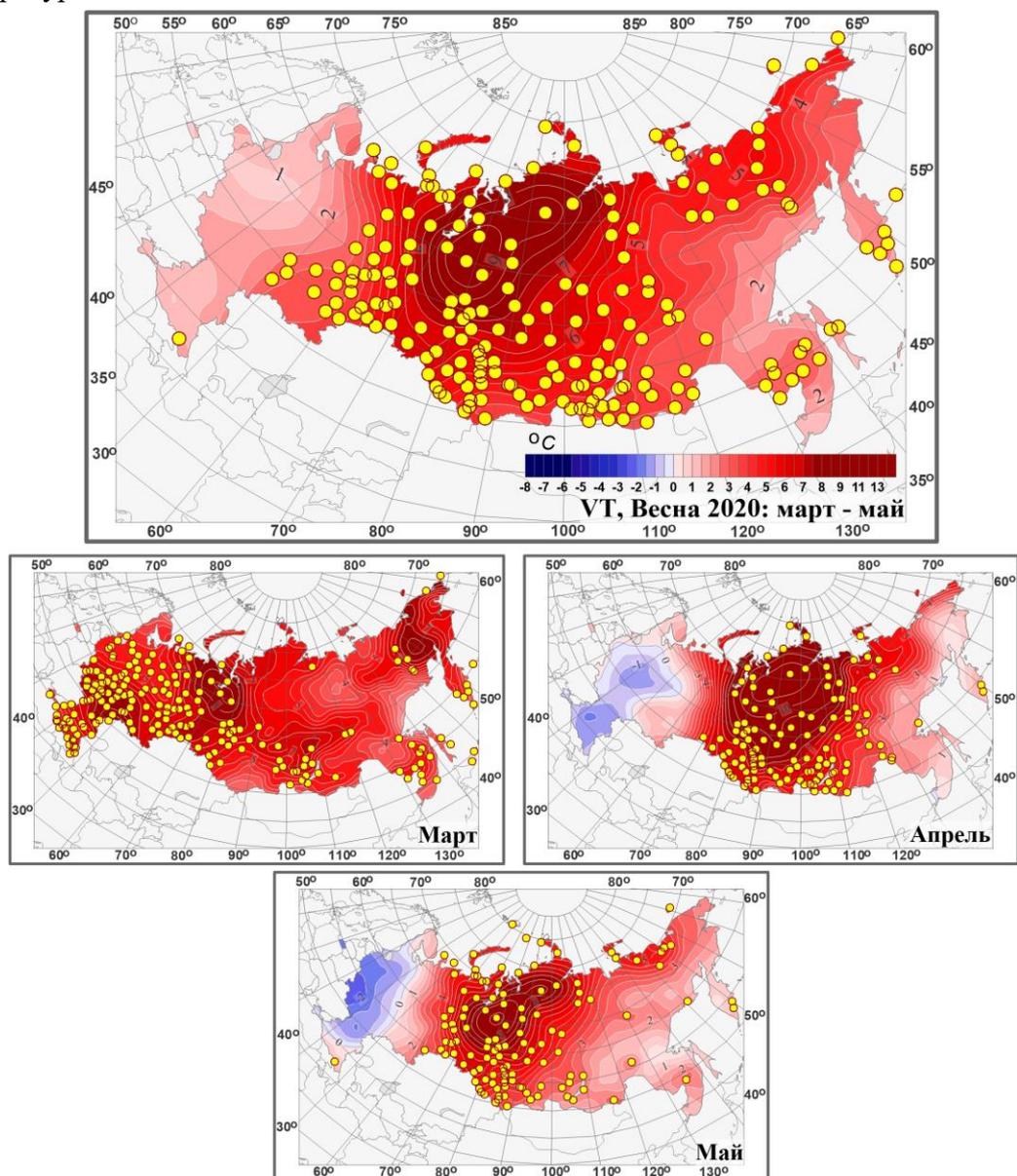


Рисунок 2.1 – Поля средней сезонной и средних месячных аномалий температуры приземного воздуха (°C) на территории России весной 2020 г. Кружками белого цвета показано местоположение станционных экстремумов ниже 5-го перцентиля, желтого – выше 95-го перцентиля. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за базовый период 1961-1990 гг.

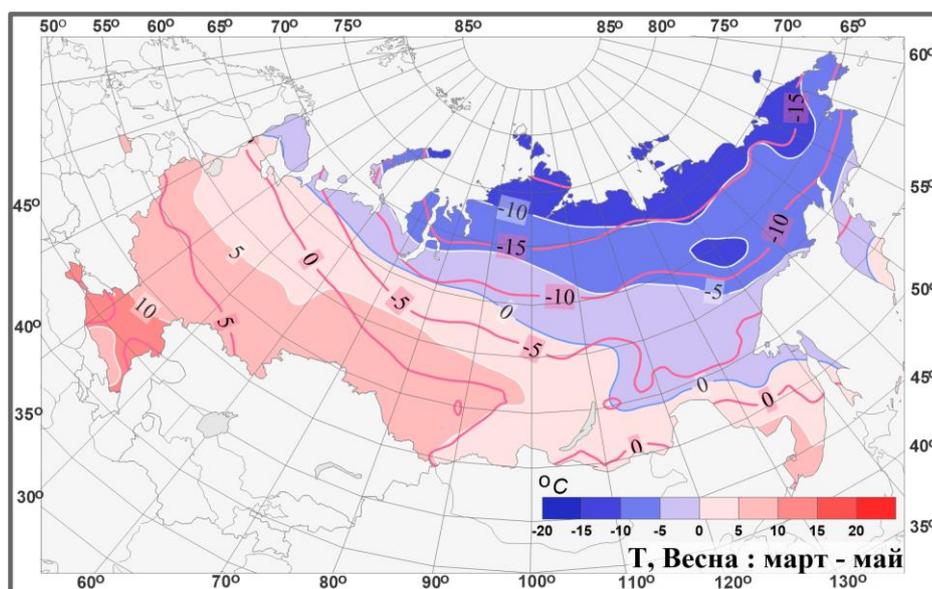


Рисунок 2.2 – Поля средней сезонной температуры приземного воздуха (°C) на территории России весной 2020 г. Розовые изолинии: средние изотермы за период 1961-1990 гг.

Апрель. Осредненная по РФ аномалия температуры 3.62°C – вторая величина в ряду (рекордное значение зафиксировано в апреле 1997 г.: 3.74°C). Температуры выше климатической нормы наблюдались на востоке ЕЧР и далее на всей АЧР (осредненная по АЧР 4.95°C – вторая величина в ряду). Экстремальные условия фиксировались в Западной Сибири (6.72°C – ранг 2), в Средней Сибири (7.04°C – ранг 2), в Прибайкалье и Забайкалье (4.86°C – ранг 3).

Температуры ниже климатической нормы наблюдались в ЦФО (-0.61°C), в ЮФО (-1.03°C) и в СКФО (-1.21°C).

Май. Осредненная по РФ аномалия температуры составила 2.73°C – максимальная величина в ряду наблюдений с 1936 года. Температуры выше климатической нормы наблюдались на востоке ЕЧР и далее на всей АЧР (3.59°C – рекордная величина). Экстремально тепло (на большинстве станций фиксировались 95%-е экстремумы) от Урала до течения Лены и на побережье Восточно-Сибирского моря. Самые высокие аномалии зафиксированы в междуречье Оби и Енисея (более 9°C). Из регионов следует отметить Западную Сибирь (6.34°C – ранг 1), Среднюю Сибирь (4.02°C – ранг 1) и Прибайкалье и Забайкалье (2.22°C – ранг 5); а из федеральных округов – Уральский ФО (6.64°C – ранг 1), Сибирский ФО (4.28°C – ранг 1) и ДФО (2.19°C – ранг 5).

На западе и в центре ЕЧР температуры были ниже климатической нормы, осредненная по ЦФО аномалия составила -1.48°C (с 2001 года это второй по величине холодный май (очень холодно было в 2020 году (аномалия -1.84°C)), а по ЮФО -0.66°C .

Атмосферные осадки. В целом за сезон осредненные по территории РФ осадки составили 121% нормы - четвертая величина в ряду. В ЕЧР (123%) следует отметить СЗФО (выпало 129% - ранг 4) и ЦФО (144% нормы – ранг 3); а в АЧР (119% - ранг 3) – Западную Сибирь (132% нормы – ранг 5) и Среднюю Сибирь (126% - ранг 4) и УФО

(152% - рекордная величина в ряду). Дефицит осадков (менее 80%) наблюдался на западе ЮФО, на Алтае, в Амурской области и в Хабаровском крае, на северо-востоке Якутии, на Чукотке.

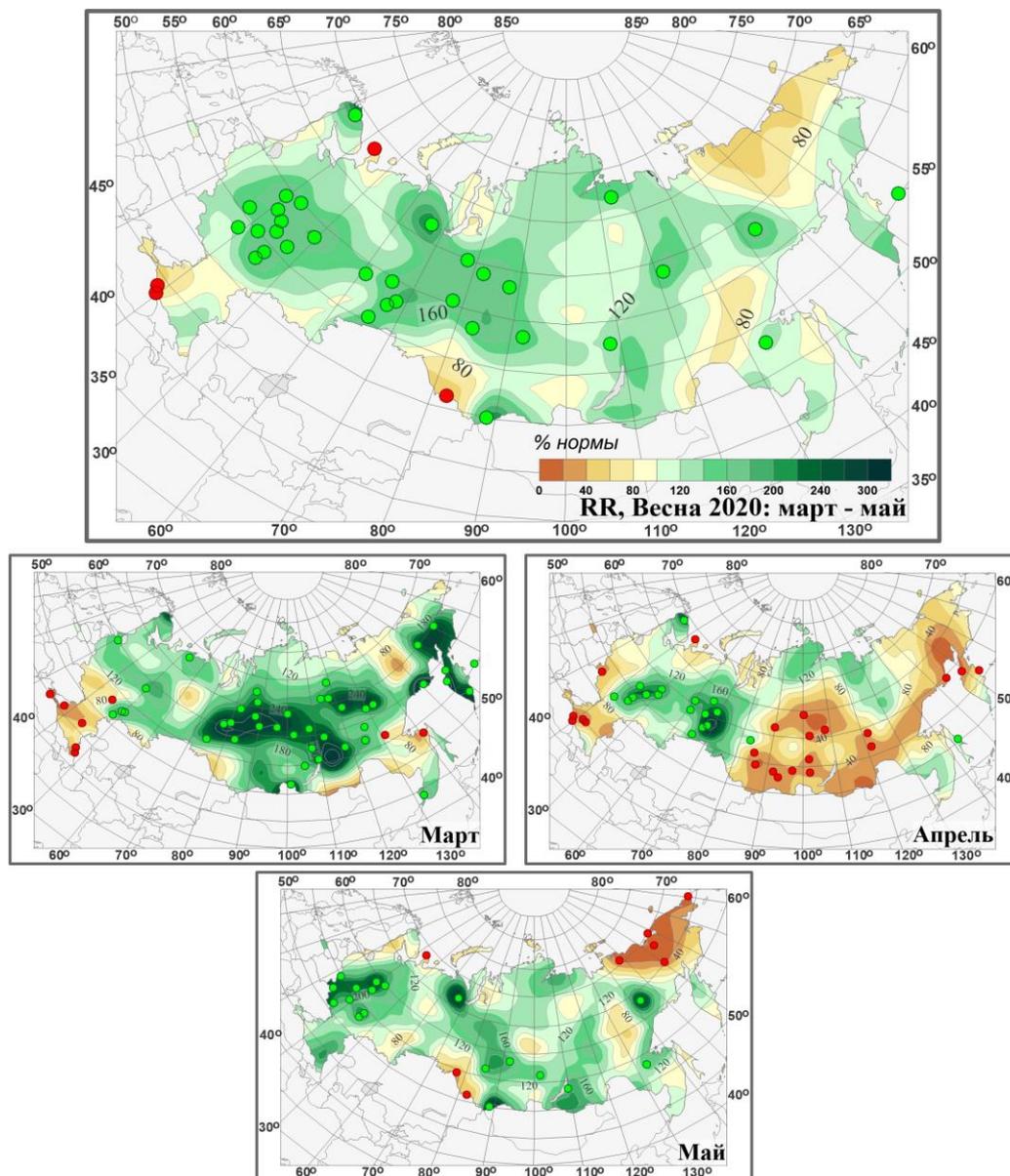


Рисунок 2.3 – Поля аномалий средних сезонных и месячных сумм осадков (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.) на территории России весной 2020 г. (март – май). Кружками красного цвета показаны станционные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го перцентиля.

Март. Осредненные по РФ осадки 144% нормы (ранг 8). Избыток осадков н наблюдался на большей части страны, кроме юга ЕЧР, Приамурья, бассейна Индигирки. Осредненные в целом по АЧР осадки составили 169% нормы (ранг2), а по СФО -189% (ранг 2), по ДФО – 157% (ранг 5), на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы.

Сильный дефицит осадков наблюдался на юге ЕЧР: в ЮФО (51% нормы - среди шести «самых сухих» в ряду) и в СКФО (58% - среди четырех «самых сухих»)

Апрель. Осредненные по РФ осадки: 93% нормы.

Сильный дефицит осадков (40%- 60% нормы, на многих станциях фиксировались 5%-е экстремумы осадков) наблюдался на большей части СФО (выпало 58% нормы – среди двух «самых сухих» апрелей в ряду, особенно «сухо» в Прибайкалье и Забайкалье (35% нормы – наименьшее значение в ряду)) и в Восточной Сибири (61% нормы). Сильный дефицит осадков наблюдался также на западе ЕЧР, в Южном (47%) и СКФО (62%).

Значительный избыток осадков (более 120% нормы, на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы) на востоке ЕЧР (в ПФО выпало 158% нормы – ранг 5) и УФО (166% - рекордная величина в ряду).

Избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался также на Таймыре, в бассейне Индигирки.

Май. Осредненные по РФ осадки: 129% нормы – вторая величина в ряду (максимальные осадки зафиксированы в мае 2007 (140%)), а по ЕЧР осредненные осадки составили 145% - третья величина в ряду (после мая 1941 (160%) и 2001 (152%)). Избыток осадков преобладал на большей части страны. Следует отметить ЦФО, где выпало 212% нормы (рекордная величина в ряду) и на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы. Сильный дефицит осадков (20-40% нормы, на многих станциях фиксировались 5%-е экстремумы) наблюдался в мае на северо-востоке Якутии и на Чукотке; а также на Алтае.

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

Для осадков (табл. 2.2) дополнительно к отклонениям от нормы приведены относительные аномалии, т.е. отношение осредненной по территории региона сезонной суммы осадков к средней по региону сезонной норме, выраженное в процентах (о процедуре регионального осреднения см. во введении). Из-за выраженной асимметрии распределения осадков для характеристики масштаба аномалий разного знака приводятся величины разности между медианой и первым квартилем (25-й процентиль, т.е. точка, отсекающая 1-ю четверть распределения) функции распределения для характеристики величины дефицита осадков, а для оценки величины избытка осадков - разности между третьим квартилем и медианой, рассчитанные для базового периода. (приводится также величина аномалии, соответствующая медиане распределения, что позволяет судить о величине асимметрии). Кроме того, в таблицах приведены значения эмпирической вероятности (вероятности неперевышения) региональных аномалий по данным за 1936-2020 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 экстремально теплой, осредненная по РФ аномалия температуры составила $+3.94^{\circ}\text{C}$ – рекордная величина в ряду, а по АЧР - $+4.61^{\circ}\text{C}$ – также рекордная величина. Осредненные по всем регионам и федеральным округам аномалии – среди одиннадцати самых теплых в соответствующих рядах, особенно тепло было в регионах Западная Сибирь (6.54°C – ранг 1), Средняя Сибирь (5.43°C – ранг 1), Прибайкалье и Забайкалье (4.01°C – ранг 1), Восточная Сибирь (3.49°C – ранг 3). Из федеральных округов выделяется ПФО (2.67°C – ранг 5), УФО (6.69°C – ранг 1), СФО (5.48°C – ранг 1), ДФО (3.38°C – ранг 3).

Все три месяца в сезоне были экстремально теплыми в целом по РФ, осредненная за март аномалия температуры составила 5.47°C (ранг 3), за апрель - 3.62°C (ранг 2), за май - 2.73°C (ранг 1). В ЕЧР экстремально теплым был март (5.88°C – ранг 1), при этом экстремально тепло было во всех федеральных округах ЕЧР.

В АЧР экстремально теплыми были все три месяца (аномалии 5.31°C (ранг 3), 4.95°C (ранг 2), 3.59°C (ранг 1) соответственно), при этом экстремально тепло все три месяца было в УФО и СФО, а в ДФО экстремально тепло было в марте и в мае.

В ЕЧР в апреле и в мае наблюдались температуры ниже климатической нормы, в апреле в ЦФО (аномалия -0.61°C), в ЮФО (-1.03°C) и в СКФО (-1.21°C); а в мае в ЦФО (-1.48°C , с 2001 года это второй по величине холодный май в ЦФО) и в ЮФО (-0.66°C).

Таблица 2.1

Регионально осредненные аномалии температуры весной 2020 гг.

Регионы	vT_{2020}	$s_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2020})$
Российская Федерация	3.94	1.19	100
Физико-географические регионы России			
Европейская часть России	2.20	1.44	90.5
Азиатская часть России	4.61	1.24	100
Западная Сибирь	6.54	1.62	100
Средняя Сибирь	5.43	1.66	100
Прибайкалье и Забайкалье	4.02	1.39	100
Приамурье и Приморье	2.27	1.15	94.0
Восточная Сибирь	3.49	1.23	97.6
Федеральные округа РФ			
Северо-Западный	2.60	1.54	89.3
Центральный	1.45	1.68	81.0
Приволжский	2.67	1.70	95.2
Южный	1.49	1.47	84.5
Северо-Кавказский	1.24	0.96	81.0
Уральский	6.69	1.75	100
Сибирский	5.48	1.53	100
Дальневосточный	3.38	0.99	97.6

Примечание: Аномалии vT_{2020} ($^{\circ}\text{C}$) рассчитаны как отклонения от нормы 1961-1990 гг.; s ($^{\circ}\text{C}$) – среднее квадратическое отклонение за базовый период; вероятности превышения $P(t \leq T_{2020})$ рассчитаны по выборке за 1936-2020гг. и выражены в %.

Таблица 2.1.1

Регионально осредненные аномалии температуры в весенние месяцы 2020 года

Регионы	Март			Апрель			Май		
	vT_{2020}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2020})$	vT_{2020}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2020})$	vT_{2020}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2020})$
Российская Федерация	5.47	2.07	97.6	3.62	1.40	98.8	2.73	0.89	100
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	5.88	2.54	100	0.22	1.99	51.2	0.52	1.59	63.1
Азиатская часть России	5.31	2.18	97.6	4.95	1.56	98.8	3.59	1.24	100
Западная Сибирь	6.54	2.84	100	6.72	2.49	98.8	6.34	1.77	100
Средняя Сибирь	5.33	3.12	92.9	7.04	2.05	98.8	4.02	1.20	100
Прибайкалье и Забайкалье	4.96	2.57	94.0	4.86	1.78	97.6	2.22	1.08	95.2
Приамурье и Приморье	3.77	1.93	94.0	1.63	1.49	85.7	1.42	1.05	86.9
Восточная Сибирь	5.10	2.12	95.2	3.00	1.58	85.7	2.31	1.16	91.7
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	5.15	3.20	95.2	1.21	2.00	56.0	1.45	1.89	70.2
Центральный	6.45	2.81	100	-0.61	2.09	36.9	-1.48	2.10	22.6
Приволжский	6.90	2.83	100	0.24	2.55	57.1	0.88	1.81	66.7
Южный	6.16	2.62	100	-1.03	2.14	39.3	-0.66	1.54	39.3
Северо-Кавказский	4.52	1.91	98.8	-1.21	1.61	29.8	0.58	1.12	66.7
Уральский	7.29	3.30	98.8	6.13	2.74	95.2	6.64	1.93	100
Сибирский	5.48	2.87	95.2	6.74	2.14	100	4.28	1.12	100
Дальневосточный	4.63	2.02	96.4	3.30	1.43	94.0	2.19	1.03	95.2

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

Весна (табл. 2.2) в РФ в целом была влажной, количество выпавших осадков составило 121% нормы – четвертая величина в ряду. Во всех регионах и во всех федеральных округах (кроме ЮФО и СКФО) наблюдался избыток осадков. В ЕЧР (123%) экстремальный избыток осадков весной наблюдался в СЗФО (129% - ранг 4) и в ЦФО (144% - ранг 3); а в АЧР (119% - ранг 3) экстремальный избыток осадков наблюдался в Западной Сибири (132% - ранг 5) и в Средней Сибири (126% - ранг 4) и в УФО (152% - ранг 1).

Из месяцев следует отметить экстремально влажный май, в целом по РФ выпало 129% нормы (ранг 2), при этом много осадков выпало в ЕЧР (145% - ранг 3, особенно в ЦФО (212% нормы – ранг 1)). В марте экстремально влажно в целом по АЧР (169% - ранг 2), особенно в СФО (189% - ранг 2) и в ДФО (157% - ранг 5); и экстремально сухо на юге ЕЧР: в ЮФО (выпало 51% нормы) и в СКФО (58% – среди четырех «самых сухих»). В апреле экстремально «влажно» в ПФО (158% - ранг 5) и в УФО (166% - ранг 1) и экстремально «сухо» в СФО (58% - среди двух «самых сухих») и в регионе Прибайкалье и Забайкалье (35% - «самый сухой» апрель в этом регионе).

Таблица 2.2

Регионально осредненные аномалии осадков весной 2020 г.

Регионы	νR_{2020}	RR_{2020}	m	$m-q1$	$q3-m$	$P(r \leq R_{2020})$
Российская Федерация	5.9	121	-0.1	1.6	2.2	96.4
Физико-географические регионы России						
Европейская часть России	8.6	123	-0.3	2.9	2.2	92.9
Азиатская часть России	4.7	119	0.3	1.9	1.6	97.6
Западная Сибирь	8.9	132	0.6	4.5	3.3	95.2
Средняя Сибирь	5.4	126	-0.2	1.7	2.1	96.4
Прибайкалье и Забайкалье	1.4	107	0.2	2.6	1.3	63.1
Приамурье и Приморье	3.1	108	-0.2	4.5	4.3	60.7
Восточная Сибирь	2.0	110	-0.6	2.0	2.9	72.6
Федеральные округа РФ						
Северо-Западный	10.0	129	-1.2	1.8	5.6	96.4
Центральный	17.2	144	1.0	7.0	4.0	97.6
Приволжский	12.9	139	0.7	5.9	3.8	89.3
Южный	-8.0	79	-0.7	5.1	6.7	16.7
Северо-Кавказский	-4.9	91	2.2	3.9	9.2	28.6
Уральский	15.0	152	0.2	4.5	2.8	100
Сибирский	3.6	115	0.2	0.2	2.6	88.1
Дальневосточный	2.5	111	-0.5	0.7	1.6	78.6

Примечание: 1. Аномалии νR_{2020} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за базовый период 1961-1990 гг.), RR_{2020} - отношение R_{2020} к норме, выраженное в %, $q1$, $q3$ и m - соответственно первый, третий квартиль и медиана аномалий (мм/месяц) за базовый период; вероятности неперевышения $P(r \leq R_{20189})$ - рассчитаны по выборке за 1936-2018гг. и выражены в %. Выделены экстремальные значения, попавшие в 5% максимальных.

Таблица 2.2.1

Регионально осредненные аномалии осадков в весенние месяцы.

Регионы	Март			Апрель			Май		
	νR_{2020}	RR_{2020}	$P(r \leq R_{2020})$	νR_{2020}	RR_{2020}	$P(r \leq R_{2020})$	νR_{2020}	RR_{2020}	$P(r \leq R_{2020})$
Российская Федерация	8.4	144	91.7	-1.8	93	45.2	10.9	129	98.8
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	3.4	111	57.1	2.2	106	67.9	20.0	145	97.6
Азиатская часть России	10.4	169	98.8	-3.3	85	21.4	7.2	121	90.5
Западная Сибирь	10.1	155	89.3	7.8	130	81.0	8.7	122	79.8
Средняя Сибирь	14.7	206	100	-6.2	67	8.3	7.8	125	85.7
Прибайкалье и Забайкалье	7.4	184	95.2	-11.9	35	0	8.8	127	84.5
Приамурье и Приморье	1.7	109	61.9	-2.8	93	54.8	10.3	118	65.5
Восточная Сибирь	11.9	181	92.9	-7.0	61	14.3	1.1	104	66.7
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	11.8	141	89.3	4.2	113	66.7	13.9	133	85.7
Центральный	1.2	104	56.0	-3.0	92	46.4	53.2	212	100
Приволжский	8.0	130	71.4	18.9	158	95.2	11.1	128	69.0

Южный	-15.7	51	6.0	-19.7	47	8.3	11.5	125	76.2
Северо-Кавказский	-19.0	58	3.6	-21.0	62	10.7	24.0	137	84.5
Уральский	11.5	158	85.7	18.3	166	100	15.2	140	85.7
Сибирский	12.6	189	98.8	-9.0	58	1.2	7.2	120	83.3
Дальневосточный	8.3	157	95.2	-4.8	78	27.4	4.2	113	75.0

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 1976-2020 гг.: температуры приземного воздуха и атмосферных осадков на территории России для весеннего сезона в целом и для каждого из месяцев весны.

Оценки получены по стационарным временным рядам аномалий в точках расположения станций и затем картированы. Представленные поля характеризуют направление и среднюю скорость изменений температуры и осадков весеннего сезона на территории России с 1976 г.

Весенние температуры растут на всей территории страны. Наиболее значительный рост температуры наблюдается на севере Западной и Средней Сибири (до $+1.6^{\circ}\text{C}/10$ 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 $+0.5^{\circ}\text{C}/10$ 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 $+2.0^{\circ}\text{C}/10$ лет), а также на северо-востоке (до $+1.9^{\circ}\text{C}/10$ лет), в апреле: на севере страны (до $+1.6^{\circ}\text{C}/10$ лет), в мае: на севере Средней Сибири (до $+1.0^{\circ}\text{C}/10$ лет).

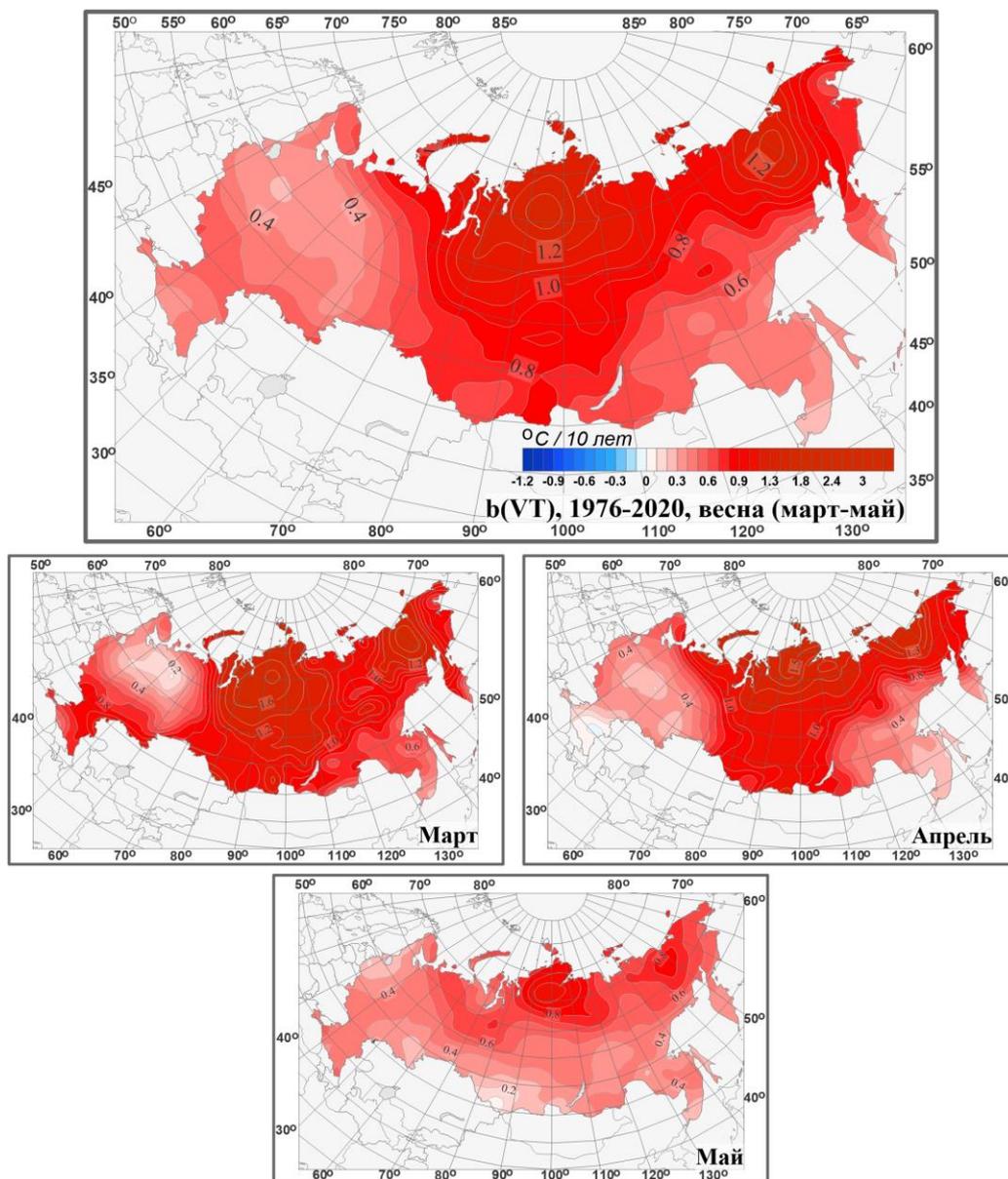


Рисунок 3.1 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий температуры ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) на территории России по данным за 1976-2020 (весна)

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

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

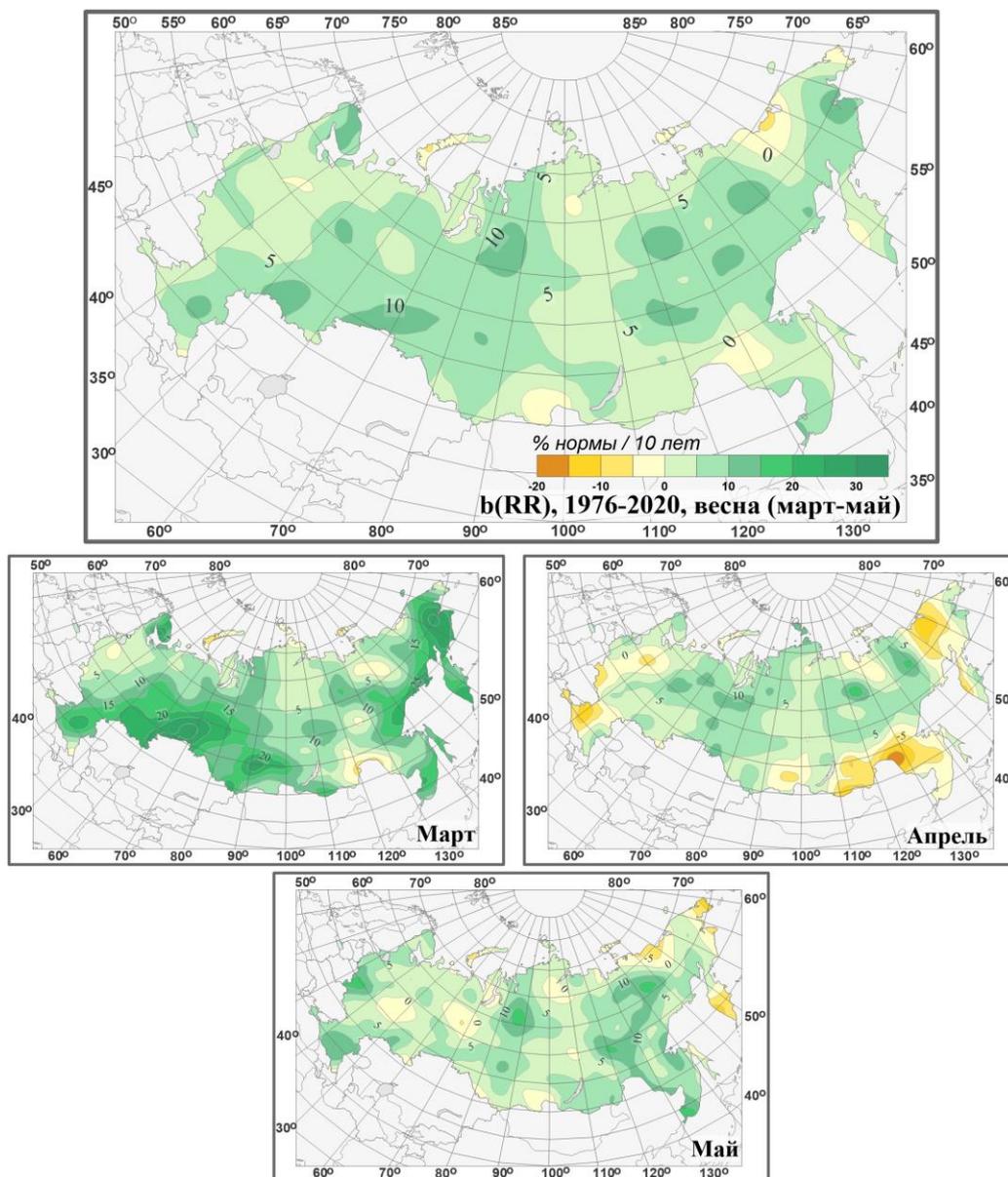


Рисунок 3.2 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий осадков (% нормы /10 лет) на территории России по данным за 1976-2020 (весна).

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

Характерной особенностью изменения *апрельских* осадков является наличие нескольких крупных областей убывания осадков. В ЕЧР осадки убывают в юго-западных районах (около -10%/10 лет); в Амурской области наблюдается более значительное убывание (до -15%/10 лет); осадки также убывают в Восточной Сибири, на западе Камчатки (до -10%/10 лет). На Северном Урале и в нижнем течении Оби и Енисея, в Якутии наблюдается значительный рост (более 10%/10 лет).

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

по побережью Восточно-Сибирского моря и на востоке Чукотки в мае наблюдается уменьшение осадков. По сравнению с оценками 1976-2019 гг. значительно уменьшилась интенсивность областей убывания осадков в ЦФО и в Западной Сибири.

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 1976-2020 гг. положителен: он составляет $0.66^{\circ}\text{C}/10$ 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).

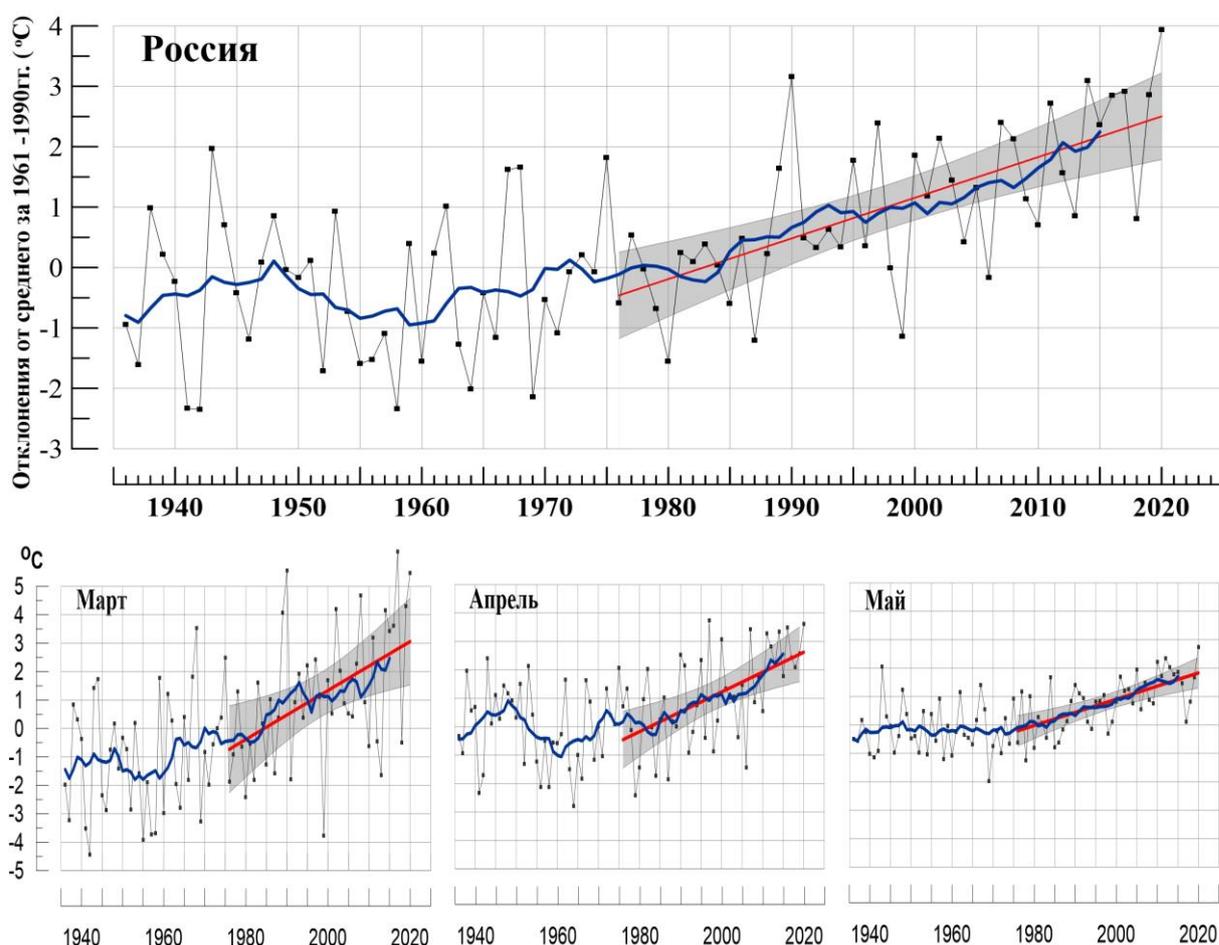


Рисунок 3.3 – Аномалия средней сезонной (вверху) и для месяцев сезона температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) осредненная по территории РФ.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2020 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 1976-2020 гг.

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

Регион Российская Федерация	Температура		Осадки		
	b , °C/10 лет	D , %	b , мм/мес/10 лет	b , %/10 лет	D , %
Весна	0.66	46	1.6	5.8	39
Март	0.86	24	2.3	12.2	35
Апрель	0.70	32	0.4	1.5	2
Май	0.46	42	2.1	5.8	28

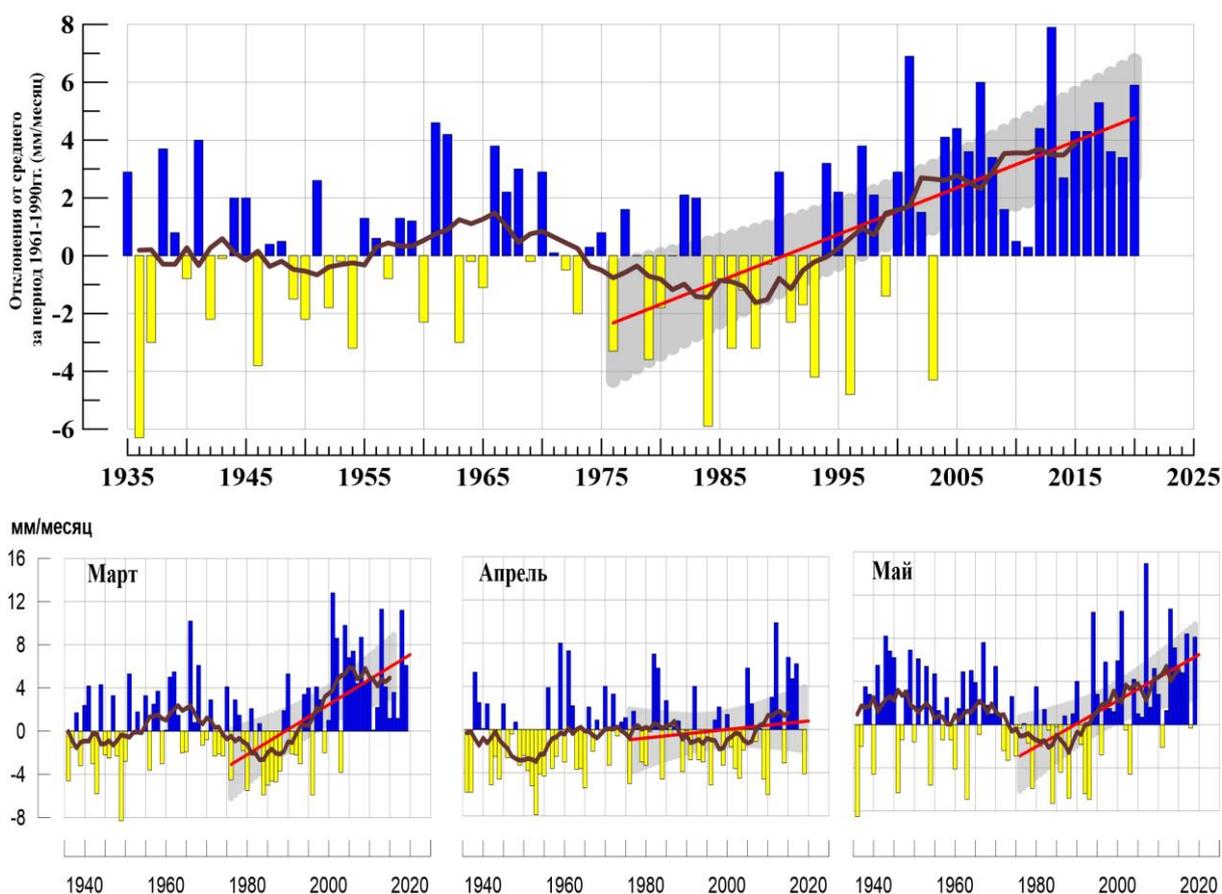


Рисунок 3.4 – То же, что на рис. 3.3, но для атмосферных осадков (мм/мес).

Тренд сезонных сумм осадков составляет 5.8%/10 лет и объясняет 39 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 1936-2020 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 – 2020 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2020 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 1976-2020 гг. (весенний сезон), *b* – коэффициенты линейного тренда, *D* – вклад тренда в дисперсию ряда.

Регионы	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> , %
Россия	0.66	46	1.6	5.8	39
Физико-географические регионы России					
Европейская часть России	0.44	24	1.8	5.0	20
Азиатская часть России	0.75	45	1.5	6.2	40
Западная Сибирь	0.75	29	2.3	8.3	34
Средняя Сибирь	0.87	40	1.4	6.7	38
Прибайкалье и Забайкалье	0.66	33	0.6	2.8	4
Приамурье и Приморье	0.41	24	1.7	4.4	7
Восточная Сибирь	0.81	44	1.2	6.2	26
Федеральные округа РФ					
Северо-Западный	0.44	17	1.5	4.2	13
Центральный	0.46	21	1.9	4.8	9
Приволжский	0.44	17	2.0	6.1	12
Южный	0.48	25	1.8	4.6	7
Северно-Кавказский	0.37	26	2.3	4.1	7
Уральский	0.74	24	2.4	8.4	29
Сибирский	0.79	39	1.4	5.7	22
Дальневосточный	0.71	44	1.4	5.8	32

В таблице 4.1 приведены оценки линейных трендов регионально осредненных значений температуры и осадков за 1976-2020 гг. для физико-географических регионов и федеральных округов РФ. Во всех регионах в среднем за период 1976-2020 гг. наблюдается рост температуры: тренды значимы на 1%-м уровне для всех регионов. Для большинства регионов (рис. 4.1) начало потепления можно отнести к 1960-м годам, хотя начало глобального потепления, связываемого с ростом индустриальных выбросов парниковых газов, относится к середине 1970-х гг. По-видимому, эти региональные отличия следует связывать с долгопериодными колебаниями в системе океан-атмосфера, которые, накладываясь на глобальный тренд, дают несколько отличающуюся картину изменений. Во многих регионах в конце 20-го – начале 21-го

столетия весенние температуры оставались примерно постоянными (некоторое замедление потепления), затем рост температуры возобновился.

По сравнению с периодом 1976-2019 гг. в федеральных округах АЧР наблюдается увеличение трендов на 0.03°C - $0.09^{\circ}\text{C}/10$ лет из-за очень теплой весны 2020 года, наиболее значительное увеличение ($0.09^{\circ}\text{C}/10$ лет) наблюдается в Уральском ФО.

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

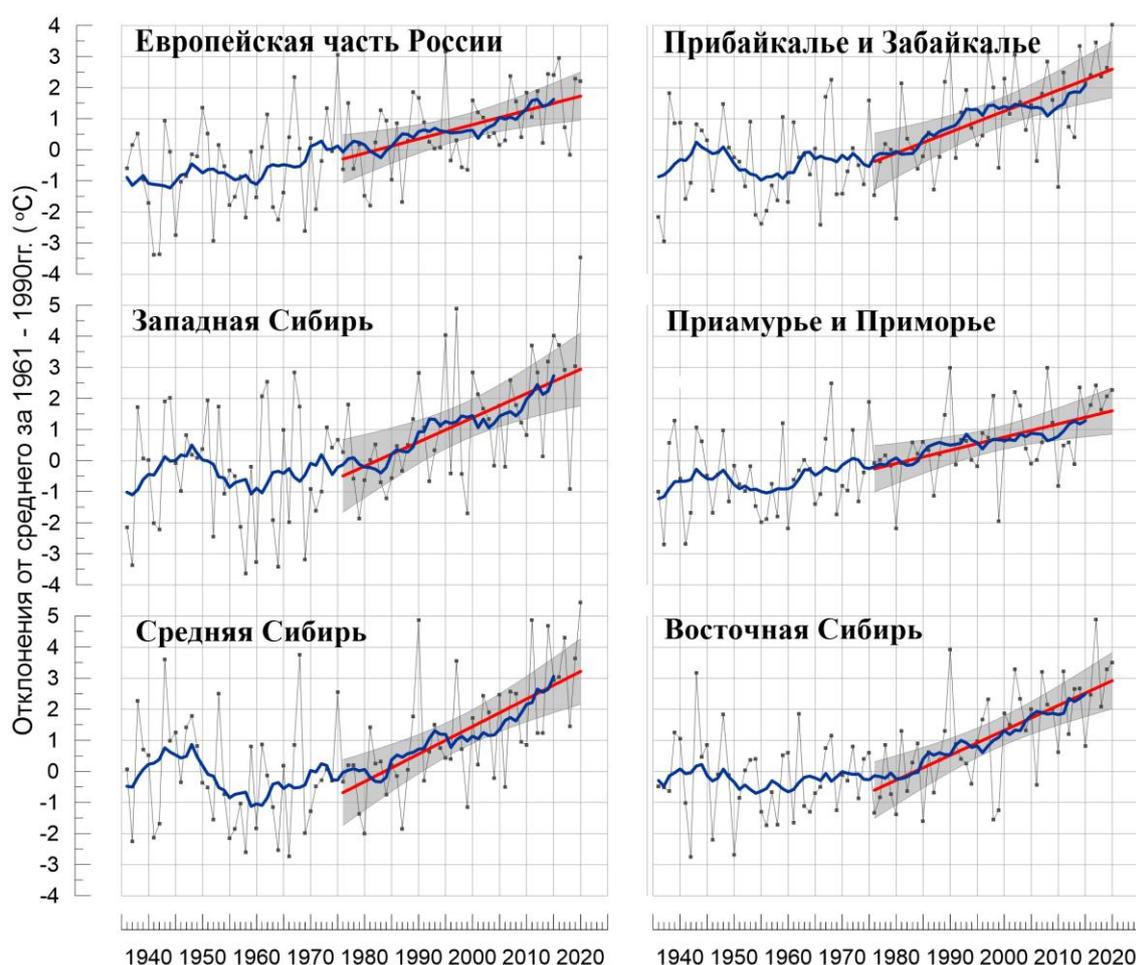


Рисунок 4.1 - Сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории физико-географических регионов РФ, весна 2020 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2020 гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда.

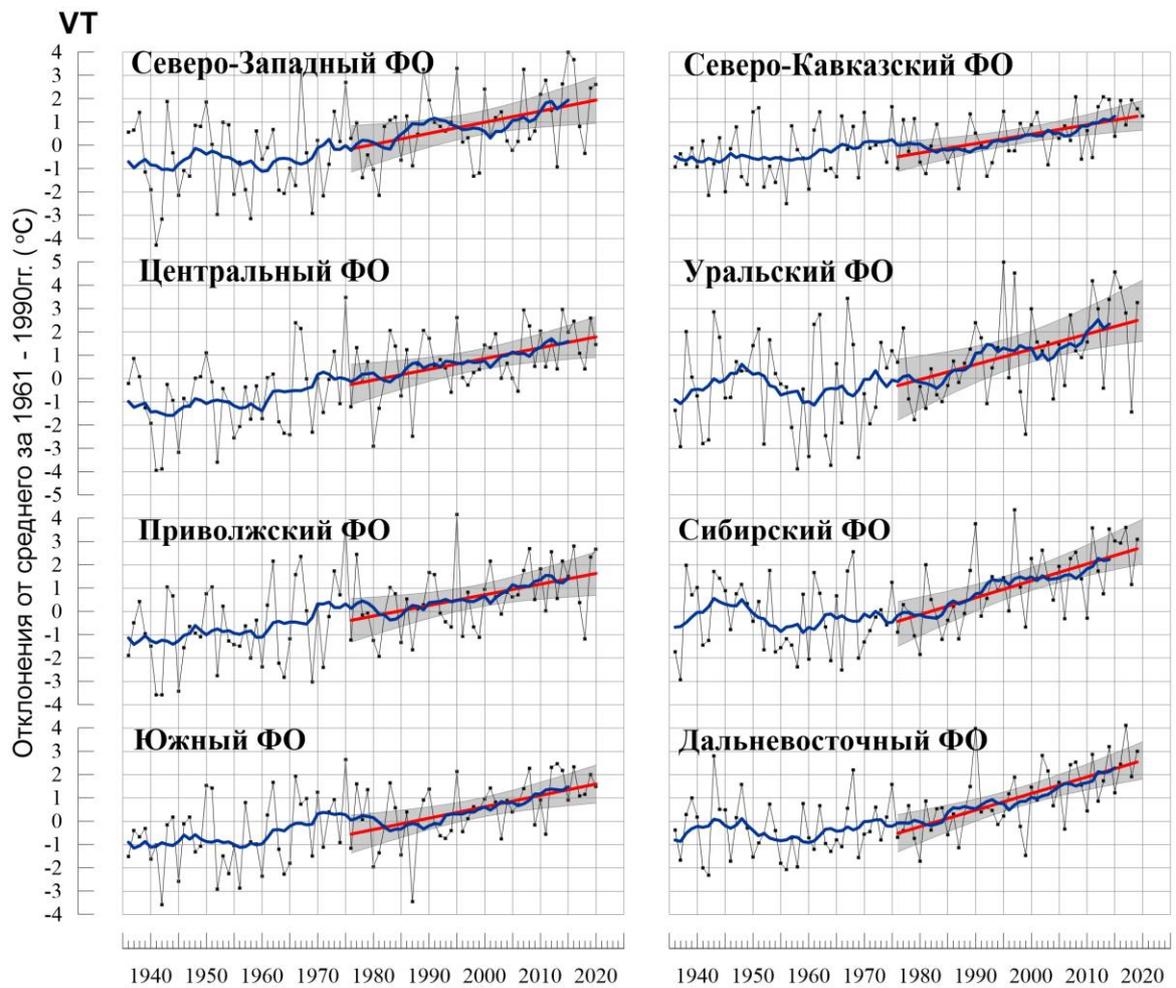


Рисунок 4.2 – То же, что на рис.4.1, но для федеральных округов

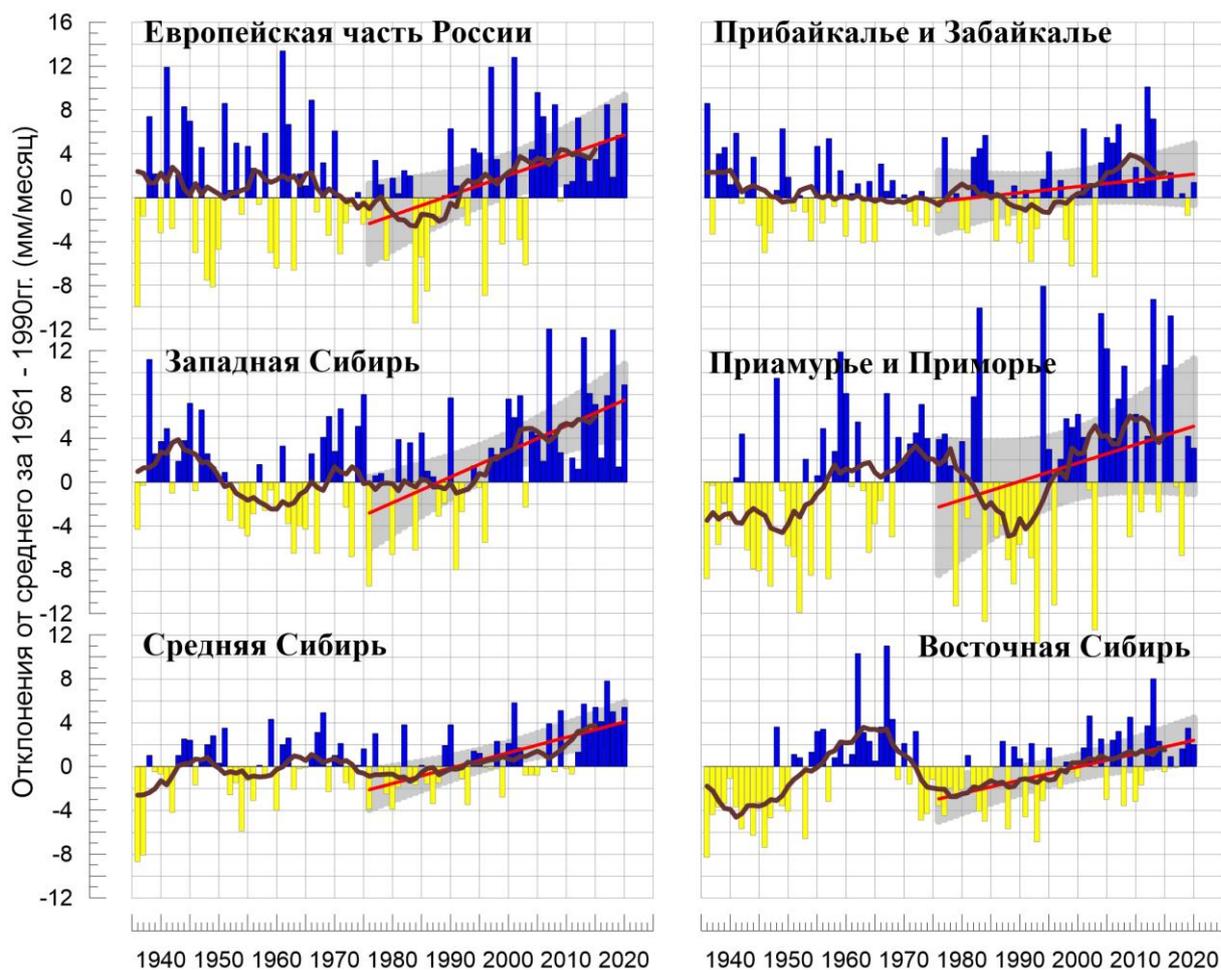


Рисунок 4.3 - Сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории регионов РФ, весна 2020 гг.
 Условные обозначения см. на рис. 4.1.

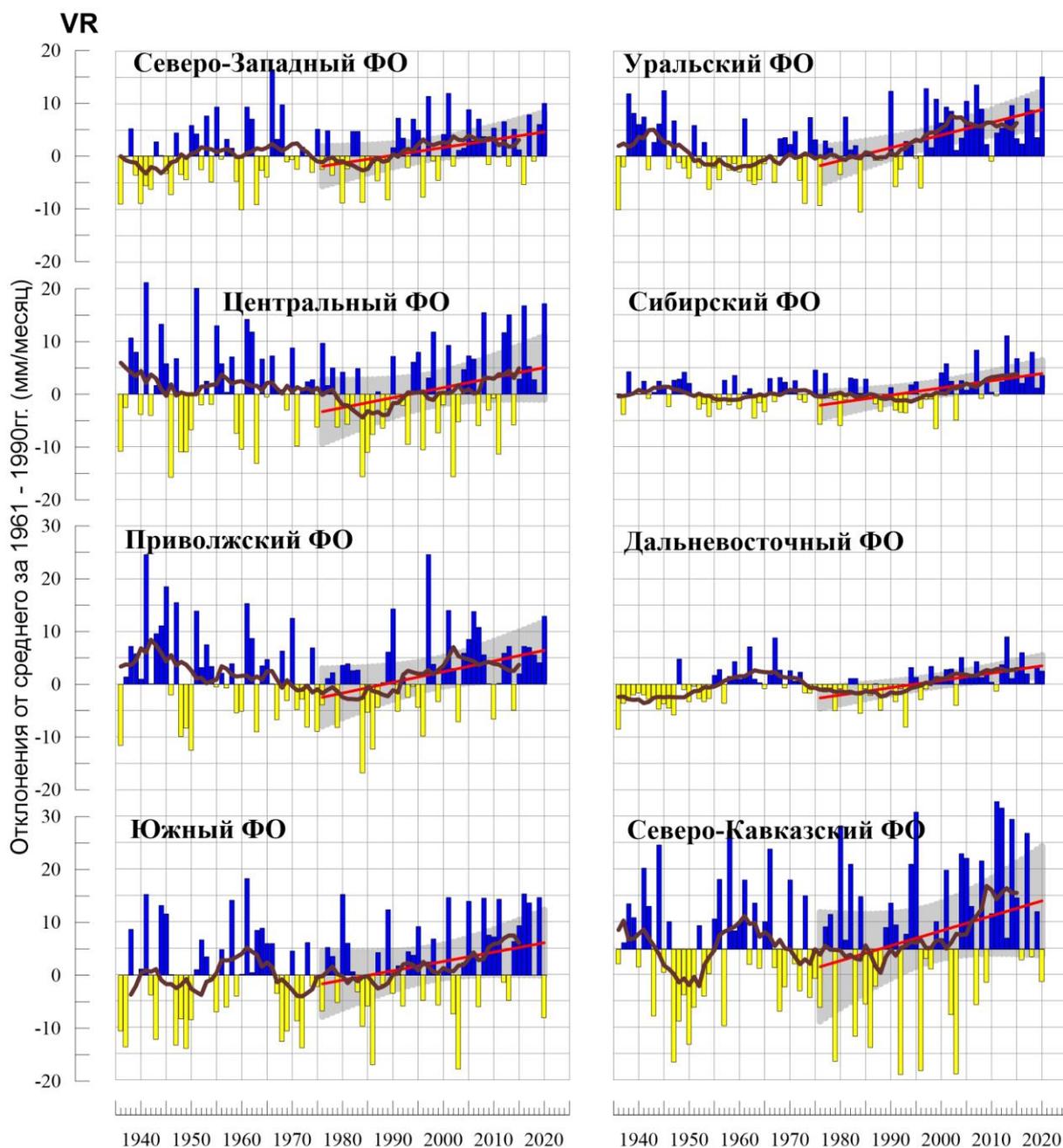


Рисунок 4.4 – То же, что на рис.4.3, но для федеральных округов

5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2020 гг. (весенний сезон)

В разделе приведены некоторые индексы экстремальности и аномальности для весеннего сезона в целом по территории России за период 1936 -2020 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 2020 г. (рис. 5.1). Площадь, занятая крупными положительными аномалиями (выше 80- процентиля весной 2020 года составила 86% (ранг 5). С 1976 г. (начало глобального потепления) наблюдается увеличение площади под крупными положительными аномалиями, тренд за период 1976-2020 составляет 15.0%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 43%), площади, с крупными отрицательными аномалиями (ниже 20-го процентиля) весной 2020 года не наблюдалось.

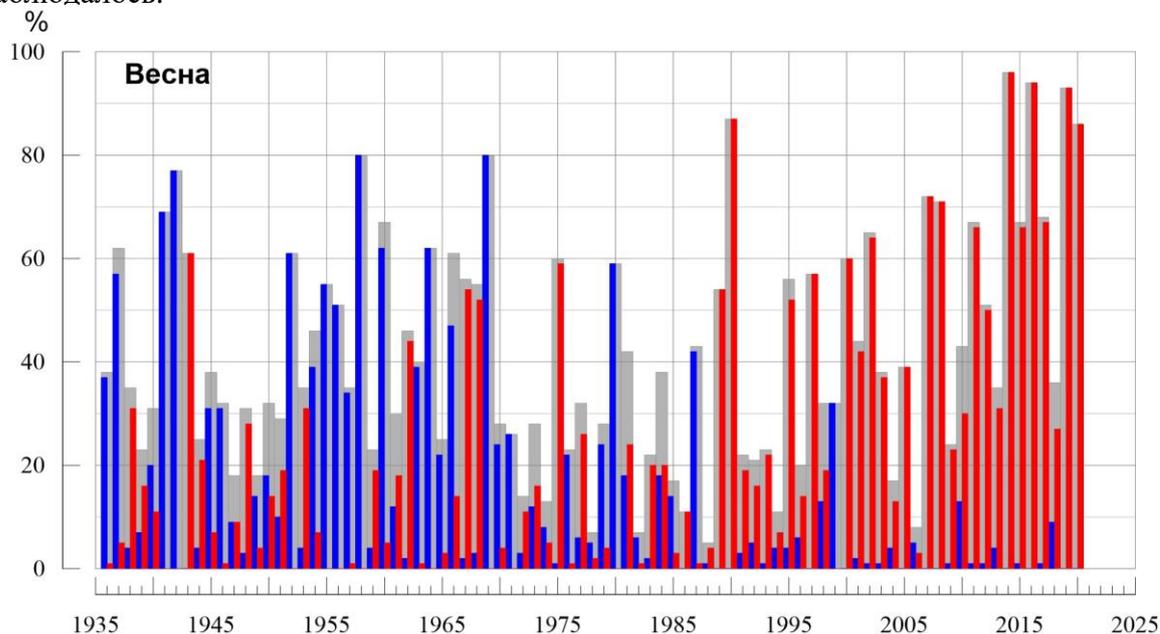


Рисунок 5.1 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями температуры, 1936-2020 гг. (весна):

— ниже 20-го процентиля, — выше 80-го процентиля,
 — 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 весны, когда на значительной территории наблюдались экстремальные отрицательные аномалии: 1941 (22% площади занято экстремально холодными аномалиями), 1937 (19%), 1945 (15%), 1958 (10%), 1966 (10%). С конца 1980-х гг. преобладают положительные экстремумы.

Весной 2020 г. площадь под экстремумами тепла (выше 2σ) составила 37% территории страны – это рекордная величина в ряду. Весной 2020 года площади под экстремумами холода (ниже -2σ) не наблюдалось.

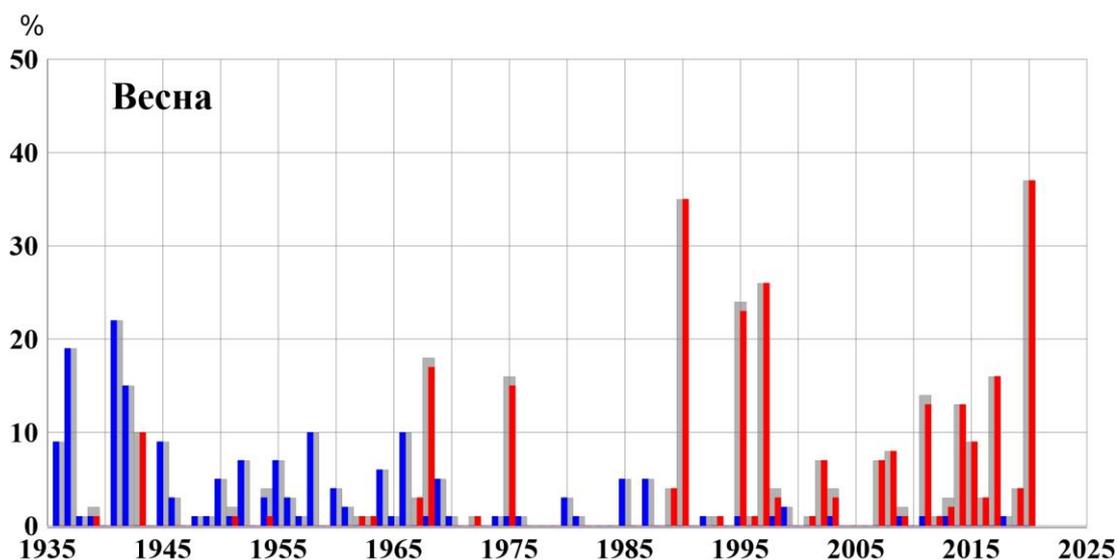


Рисунок 5.2 - Доля площади РФ (в процентах) с экстремальными (сезонная аномалия меньше -2σ : синие столбики, больше $+2\sigma$: красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры весной, 1936-2020 гг. Базовый период для расчета статистик: 1961-1990 гг.

Индекс аномальности Багрова (рис. 5.3) весной 2020 года равен 2.5 (рекордная величина в ряду). Анализ индекса аномальности Багрова показывает, что с начала 1980-х гг. аномальность температурного режима на территории РФ в весенний сезон растет – тренд за период 1976-2020 гг. составил 0.22 / 10 лет и объясняет 36% общей дисперсии ряда.

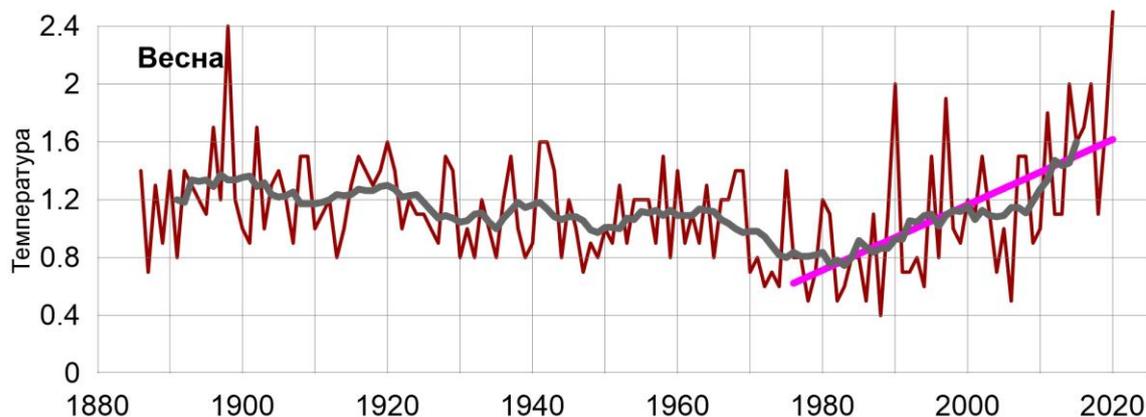


Рисунок 5.3. - Индекс аномальности (индекс Багрова) температурного режима на территории России весной 1886-2020 гг.

Осадки. Весной 2020 г. площадь, занятая крупными аномалиями выше 80-го перцентиля (рис. 5.4) составила 33%, ниже 20-го перцентиля – 8%. С 1976 г. наблюдается увеличение площади под аномалиями выше 80-го перцентиля, тренд за период 1976-2020 составляет 4.6%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 39%: тренд значим на уровне 1%) и уменьшение площади под аномалии ниже 20-го

процентиля, тренд за период 1976-2020 составляет $-2.7\%/10$ лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 19%).

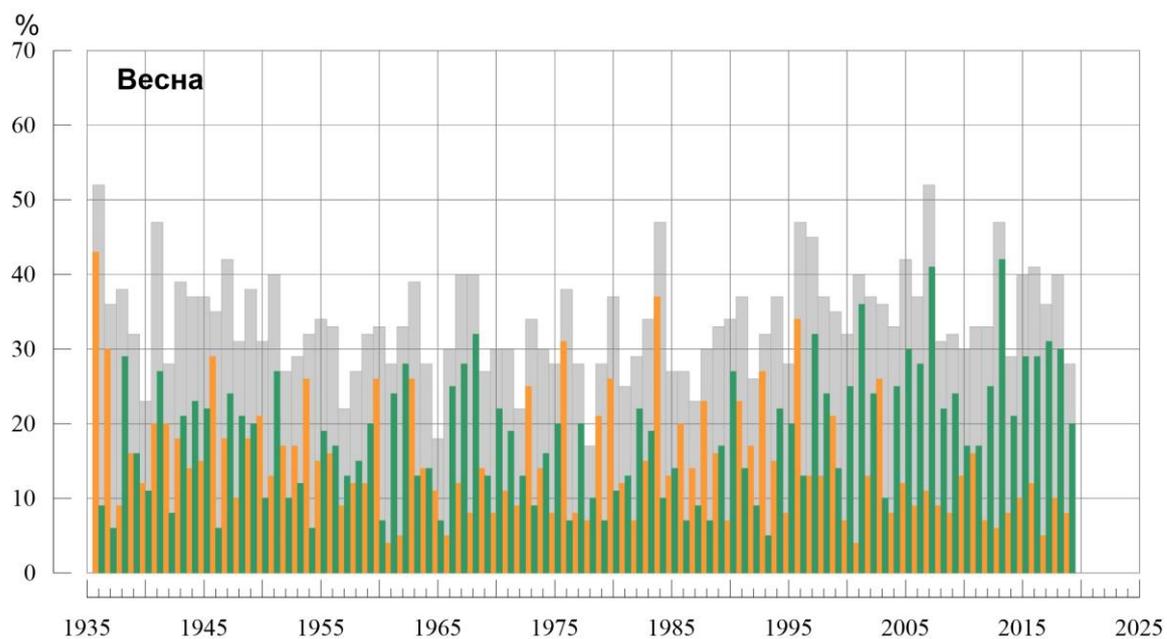


Рисунок 5.4 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями осадков, 1936-2020 гг. (весна):

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

ВЫВОДЫ

1. Весна для Северного полушария в целом была очень теплой: аномалия температуры воздуха над сушей СП составила $+1.677^{\circ}\text{C}$ – вторая величина в ряду с 1886 г., величина аномалии расположена у верхней границы 95%-ой доверительной области, разность между сезонной аномалией и линией тренда составила $+0.203^{\circ}\text{C}$.

2. Осредненная по РФ весенняя аномалия температуры: $+3.94^{\circ}\text{C}$ – рекордная величина в ряду с 1936 года. Экстремально тепло (на большинстве станций отмечались 95%-е экстремумы) от востока ЕЧР до Хабаровского края и Корякского АО. Осредненная по ПФО аномалия температуры: 2.67°C (ранг 5), по УФО: 6.69°C (ранг 1), по СФО: 5.48°C (ранг 1), по ДФО: 3.38°C (ранг 3).

3. Доля площади территории России, занятая крупными положительными (выше 80-го перцентиля) среднесезонными аномалиями температуры составила 86% страны – 5-я величина в ряду, при этом под экстремальными положительными аномалиями (выше 2σ) было занято 37% площади страны - рекордная величина.

4. Все три месяца в сезоне в целом по РФ были экстремально теплыми, осредненная за март аномалия температуры составила 5.47°C (ранг 3), за апрель – 3.62°C (ранг 2), за май – 2.73°C (ранг 1). Особо выделяется март, осредненные по всем федеральным округам аномалии температуры среди пяти самых крупных в соответствующих рядах.

В АЧР экстремально теплыми были все три месяца (аномалии 5.31°C (ранг 3), 4.95°C (ранг 2), 3.59°C (ранг 1) соответственно), при этом экстремально тепло все три месяца было в УФО и СФО, а в ДФО экстремально тепло было в марте и в мае.

В ЕЧР в апреле и в мае наблюдались температуры ниже климатической нормы, в апреле в ЦФО (аномалия -0.61°C), в ЮФО (-1.03°C) и в СКФО (-1.21°C); а в мае в ЦФО (-1.48°C , с 2001 года это второй по величине самый холодный) и в ЮФО (-0.66°C).

5. Весной в среднем по РФ выпало 121% нормы осадков – четвертая величина в ряду Экстремальный избыток осадков (на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы) наблюдался в СЗФО (129% - ранг 4), в ЦФО (144% - ранг 3, в УФО (152% - ранг 1); а также на западе АЧР (в Западной Сибири (132% - ранг 5) и в Средней Сибири (126% - ранг 4)). Весной дефицит осадков (менее 80%) наблюдался на западе ЮФО, на Алтае, в Амурской области и в Хабаровском крае, на северо-востоке Якутии, на Чукотке.

6. Весной 2020 г. площадь, занятая крупными аномалиями выше 80 перцентиля составила 33%, ниже 20-го перцентиля – 8%.

7. Из месяцев выделяется экстремально влажный май, в целом по РФ выпало 129% нормы (ранг 2), при этом много осадков выпало в ЕЧР (145% - ранг 3, особенно в ЦФО (212% нормы – ранг 1)). В мае сильный дефицит осадков (20-40% нормы) наблюдался на северо-востоке Якутии и на Чукотке; а также на Алтае.

Не менее интересен март, в целом по АЧР выпало 169% нормы (ранг 2), особенно много осадков выпало в СФО (189% - ранг 2) и в ДФО (157% - ранг 5). В марте экстремально сухо на юге ЕЧР: в ЮФО (51%) и в СКФО (58% – среди четырех «самых сухих»).

В апреле экстремальный избыток осадков наблюдался в центре и на востоке ЕЧР (в ПФО выпало 158% - ранг 5) и на западе Западной Сибири (в УФО выпало 166% - ранг 1). В апреле сильный дефицит осадков наблюдался в центре и на юге СФО (в среднем по федеральному округу выпало 58% - эта величина среди двух наименьших), особенно, в регионе Прибайкалье и Забайкалье (выпало 35% - это «самый сухой» апрель в этом регионе).

8. В целом по России линейный тренд весенней температуры воздуха за период 1976-2020 гг. составил $+0.66^{\circ}\text{C}/10$ лет при вкладе тренда в дисперсию ряда 46%, что более чем в полтора раза выше, чем в среднем для суши Северного полушария ($+0.37^{\circ}\text{C}/10$ лет, вклад в дисперсию ряда 81%). Наиболее быстрое потепление наблюдается на севере АЧР (до $+1.6^{\circ}\text{C}/10$ лет – на Таймыре и до $+1.4^{\circ}\text{C}/10$ лет в Чукотском АО), максимум - в марте (до $+2.0^{\circ}\text{C}/10$ лет – в Западной и Средней Сибири и до $+1.9^{\circ}\text{C}/10$ лет - в Чукотском АО). 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.

9. Тренд весенних сумм осадков для России в целом положителен: составляет $+5.8\% /10$ лет, объясняет 39% межгодовой изменчивости. Наиболее интенсивный рост осадков (более $10\%/10$ лет) наблюдается на Кольском полуострове, на юге Поволжья, на юге Западной Сибири, в нижнем течении Енисея, в Якутии, в бассейне Анадыря. Регионально осредненные суммы весенних осадков растут для всех физико-географических регионов и Федеральных округов. Следует отметить для марта исключительно высокие темпы роста осадков (выше 10% за 10 лет) на огромных территориях юга и востока страны (исключая лишь Амурскую область и север Якутии).

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 2020



ВВЕДЕНИЕ

В настоящем Приложении* приводится информация о состоянии приземного климата (температура приземного воздуха и атмосферные осадки) весной 2020 г. и о наиболее значительных климатических аномалиях этого периода на территории Республики Беларусь. Работа выполняется в рамках сотрудничества по программе Союзного государства "Совершенствование системы обеспечения населения и отраслей экономики Российской Федерации и Республики Беларусь информацией о сложившихся и прогнозируемых погодно-климатических условиях, состоянии и загрязнении природной среды".

Все оценки получены по данным о средних месячных значениях температуры приземного воздуха и месячных суммах атмосферных осадков в базовом архиве ИГКЭ, содержащем данные гидрометеорологических наблюдений на 455 станциях стран СНГ и Балтии (из них 7 станций Республики Беларусь, табл. 1).

Таблица 1.

Список используемых станций Республики Беларусь.

	Название	№ ВМО	широта	Долгота	Высота
1	Витебск	26666	55.20	30.20	169
2	Минск	26850	53.90	27.50	234
3	Могилев	26863	53.90	30.30	180
4	Брест	33008	52.10	23.70	144
5	Пинск	33019	52.10	26.10	144
6	Василевичи	33038	52.30	29.80	140
7	Гомель	33041	52.40	31.00	138

Под аномалиями температуры в бюллетене понимаются отклонения наблюдаемого значения от нормы, то есть от средней за базовый период 1961-1990 гг. Аномалии осадков рассматриваются как в отклонениях от нормы (аналогично температуре), так и в процентах от нормы (процентное отношение количества выпавших осадков к соответствующему значению нормы). Дополнительно приводится «вероятность непревышения» текущего значения во временном ряду рассматриваемой переменной за некоторый период с 1936 по 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

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

станциях). На втором этапе выполняется взвешенное осреднение «ячеечных» средних с весами, пропорциональными площади пересечения ячейки с территорией региона. Все расчеты, включая определение принадлежности ячейки к региону, площади их пересечения и ячейечных весовых множителей, выполняются автоматически, на основании заданной замкнутой ломаной, ограничивающей территорию региона.

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

СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ВЕСНОЙ 2020 г.

В таблицах 2 и 3 приведены станционные данные о наблюдаемой температуре и осадках для каждого месяца рассматриваемого весеннего сезона и для сезона в целом, а на рисунках 1 и 2 – соответствующие этим данным распределения аномалий (поля изолиний), также для сезона и для каждого из месяцев.

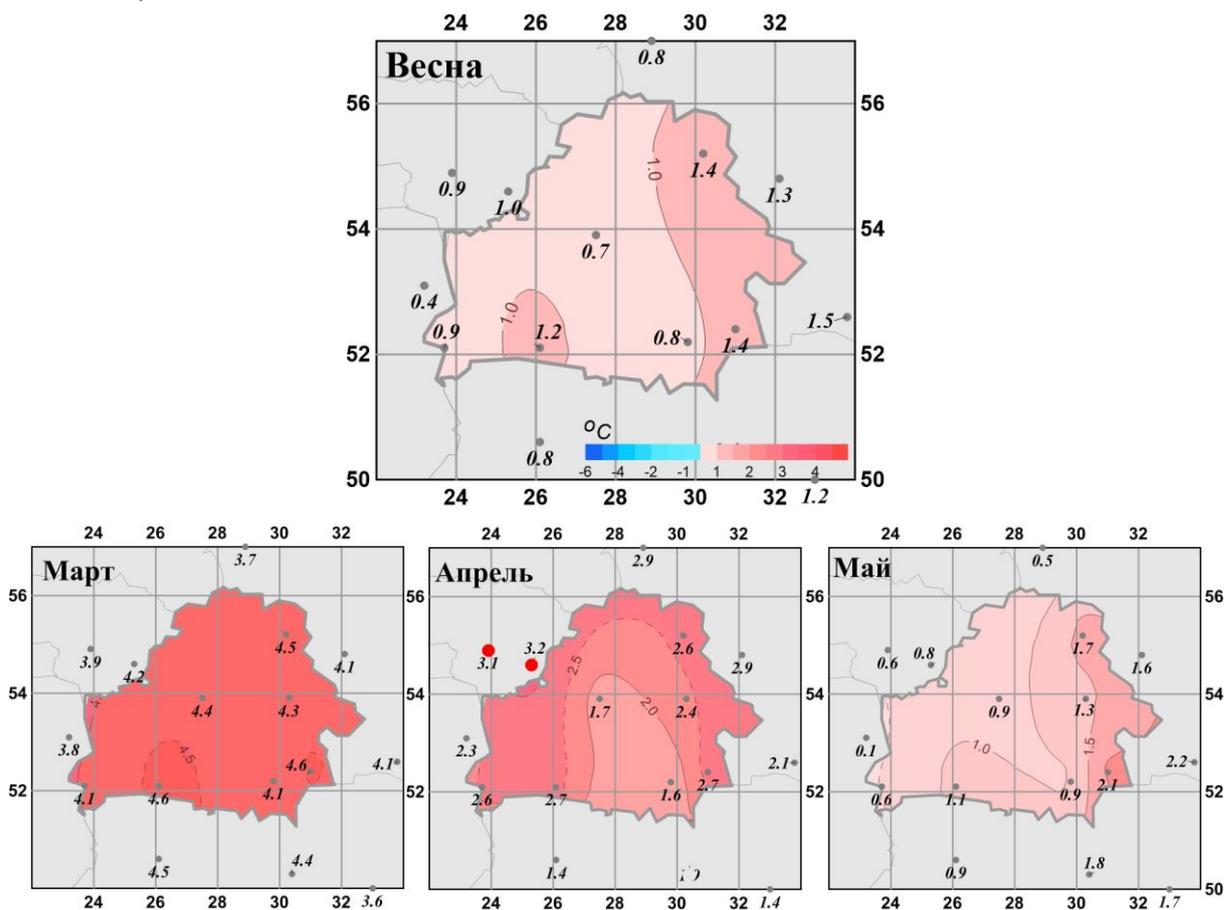


Рисунок 1 - Средние сезонные и средние месячные аномалии температуры (°C) приземного воздуха на территории республики Беларусь весной.

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

Таблица 2

Характеристики температурного режима на станциях Беларуси весной 2020 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>	6.73	6.53	8.43	8.27	7.83	8.37
Март	3.1	3.1	4.7	4.6	4.4	5.1
Апрель	6.0	6.1	8.7	8.2	7.7	8.1
Май	11.1	10.4	11.9	12.0	11.4	11.9
б) аномалия температуры (град. Цельсия)						
<i>Весна</i>	1.38	0.69	0.92	1.17	0.75	1.4
Март	5.26	4.48	3.6	4.54	4.76	5.89
Апрель	0.45	0.11	0.96	0.64	0.26	0.71
Май	-1.57	-2.53	-1.79	-1.66	-2.76	-2.39

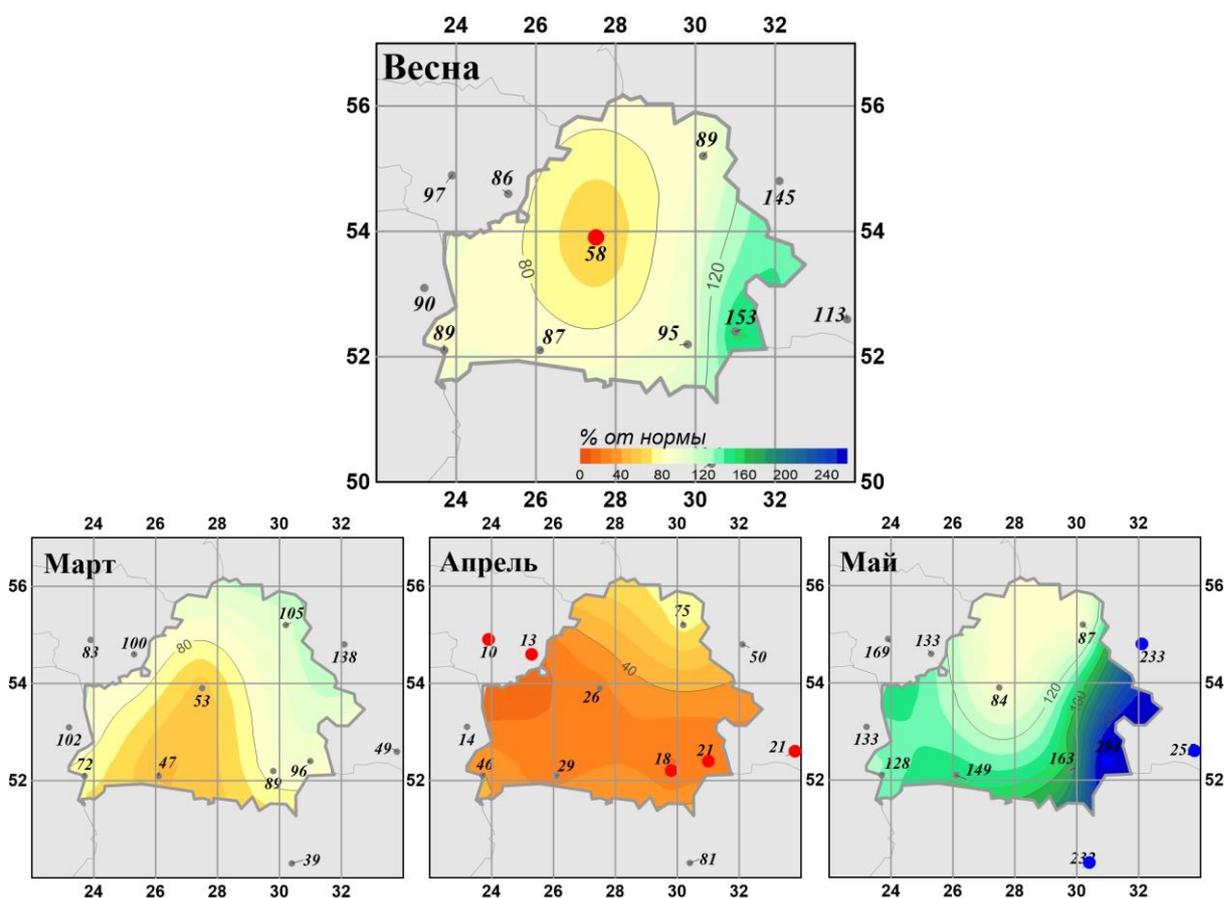


Рисунок 2 - Средние сезонные и месячные аномалии атмосферных осадков (% от нормы) на территории республики Беларусь весной 2020 г.

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

Таблица 3

Характеристики режима осадков на станциях Беларуси весной 2020 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>	37.7	28.3	38.3	35.3	41.7	60.0
Март	41	22	22	14	30	31
Апрель	29	11	18	11	8	8
Май	43	52	75	81	87	141
б) Аномалия сумм осадков / (мм/месяц)						
<i>Весна</i>	-4.67	-20.20	-4.47	-5.07	-2.40	20.80
Март	2.0	-19.8	-8.6	-15.6	-3.7	-1.4
Апрель	-9.8	-31.2	-21.3	-26.3	-37.2	-29.2
Май	-6.2	-9.6	-4.47	-5.07	-2.40	20.80
в) Относительная аномалия сумм осадков (% от нормы)						
<i>Весна</i>	89	58	89	87	95	153
Март	105	53	72	47	89	96
Апрель	75	26	46	29	18	21
Май	87	84	128	149	163	294

На рисунках 3-6 показаны временные ряды осредненных по территории Беларуси сезонных и месячных аномалий температуры воздуха и осадков с 1936 по 2020 гг. В таблицах 4 и 5 приведены аномалии температуры и осадков, а также оценки трендов, в среднем по всей территории республики Беларусь.

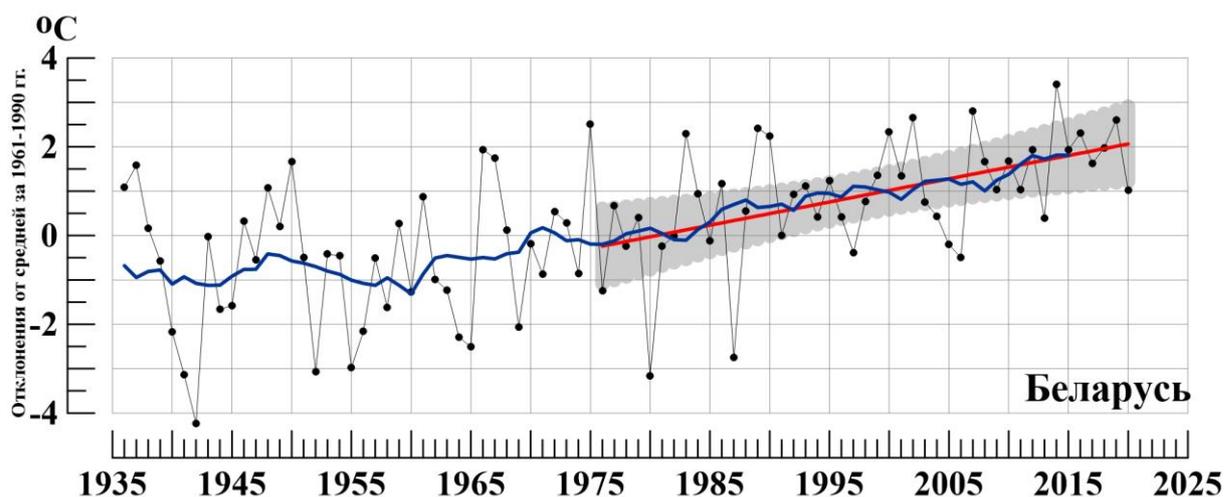


Рисунок 3 - Сезонные (март - май) аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2020 гг.

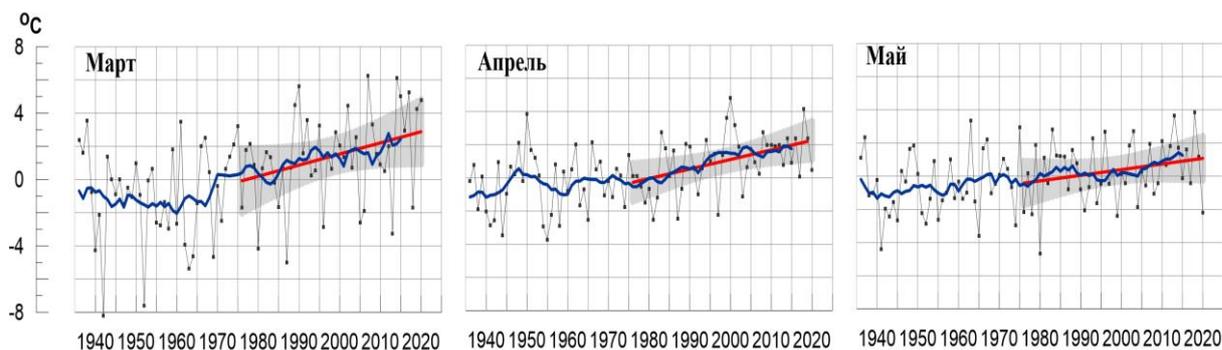


Рисунок 4 - Средние месячные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рисунке 3.

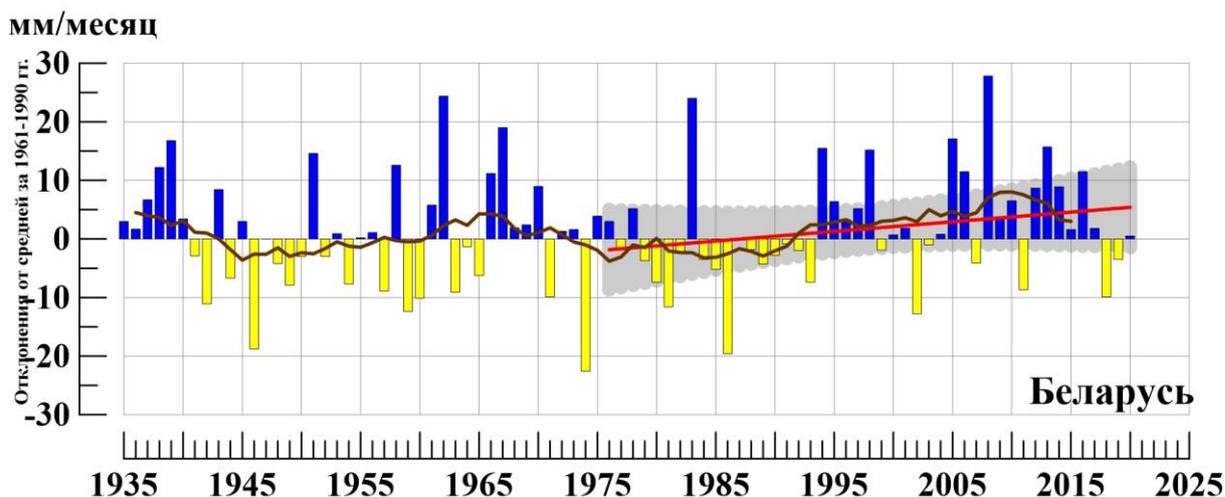


Рисунок 5 - Сезонные (март - май) аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рис. 3

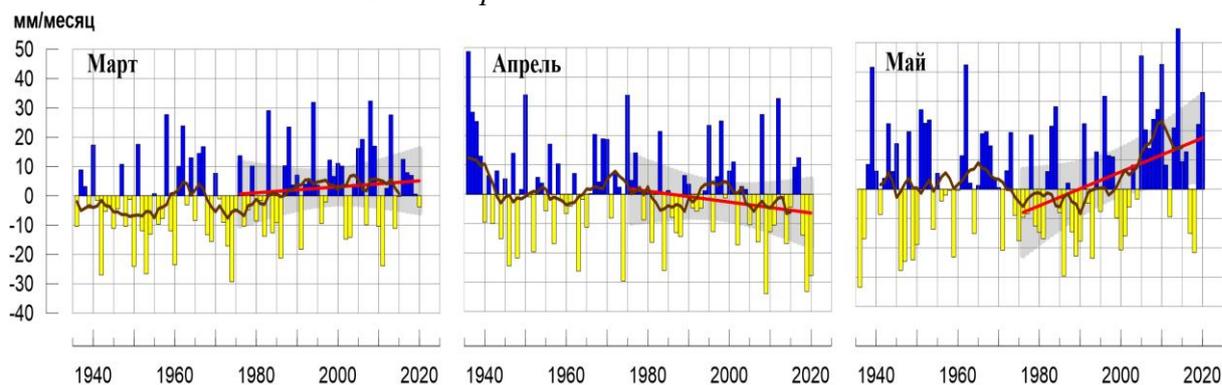


Рисунок 6 - Средние месячные аномалии атмосферных осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рисунке 3.

Таблица 4

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

	νT_{2020}	s	RR_{2020}	νR_{2020}	s
Весна	1.02	1.58	101	0.5	10.6
Март	4.79	2.93	89	-3.8	14.5
Апрель	0.47	1.51	31	-27.8	14.8
Май	-2.21	1.95	162	33.0	17.4

Примечание: Аномалии νT_{2020} ($^{\circ}\text{C}$), νR_{2020} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за период 1961-1990 гг.), RR_{2020} (%) – осадки в процентах от нормы, s ($^{\circ}\text{C}$, мм/месяц), – среднее квадратическое отклонение

Таблица 5

Оценки линейного тренда 1976-2020 гг. в среднем по Республике Беларусь

Сезон	Температура		Осадки	
	$b_{1976-2020}$ $^{\circ}\text{C}/10$ лет	$D_{1976-2020}$ %	$b_{1976-2020}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2020}$ %
Весна	0.52	27	1.6	5
Март	0.67	10	1.0	1
Апрель	0.58	20	-1.9	2
Май	0.34	6	5.8	14