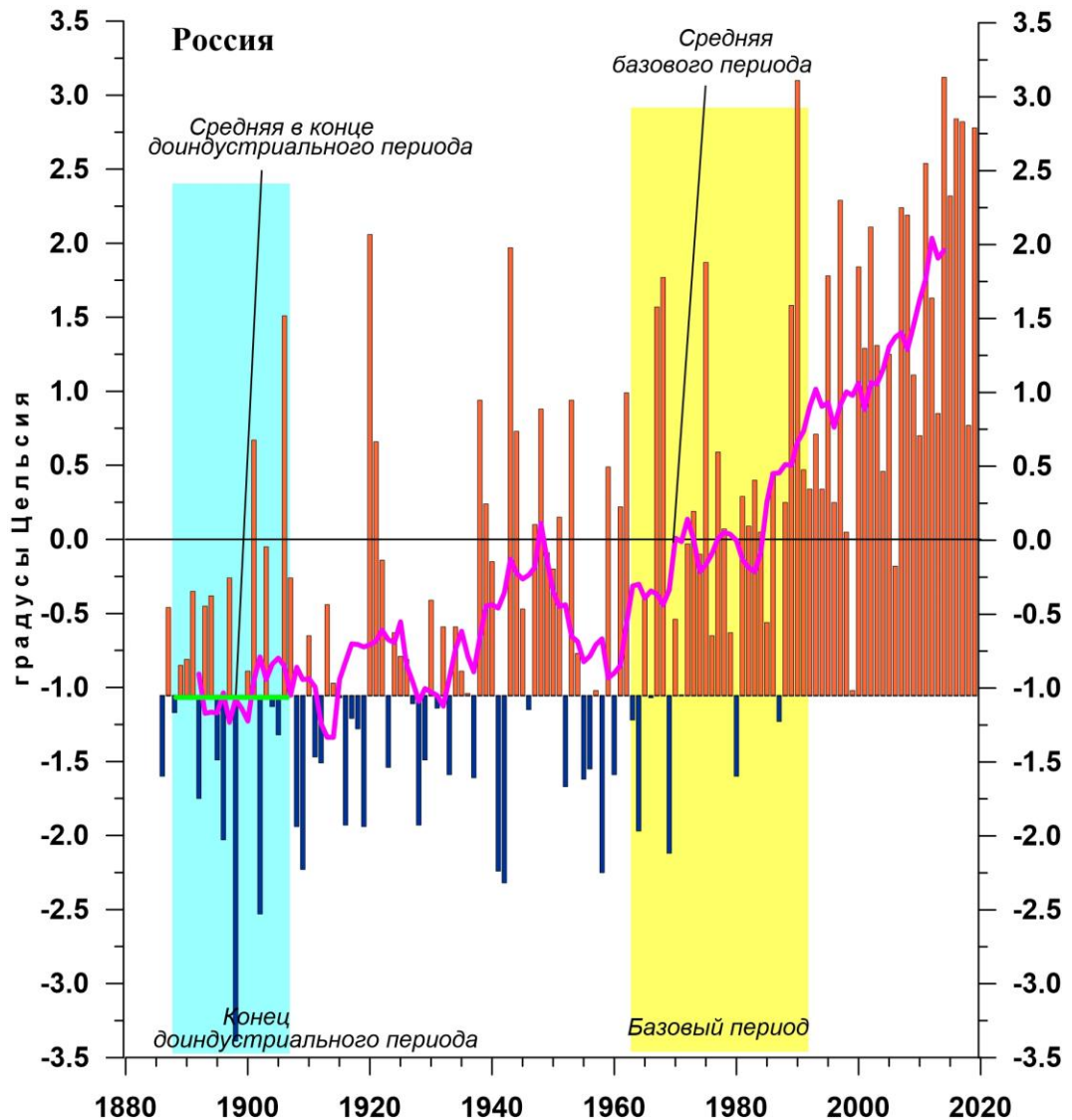


Федеральная служба
по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ФГБУ «Институт Глобального Климата и Экологии»



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2019

ВЕСНА: март - май

Обзор состояния и тенденций изменения
климата России

★
Москва 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ¹

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ (весенний сезон).....	6
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕСНЫ 2019 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, 1936-2019 гг.....	20
5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2019 гг. (весенний сезон)	24
ВЫВОДЫ	27
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности весны 2019 г. на территории Республики Беларусь	29

¹ На обложке приведен ход средней сезонной аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2019 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 (577) станций России). В настоящем выпуске использованы данные 249 (для осадков по архиву R1383) и 398 (для температуры по архиву T3288) 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. Следует заметить, что в соответствии с Указом Президента России от 3 ноября 2018 года №632 Республика Бурятия и Забайкальский край исключены из состава СФО и переданы в ДФО.



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-сайтах <http://climatechange.igce.ru>, <http://climatechange.su> (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), Г.В. Груза, Э.Я. Ранькова, Э.В., Т.В. Платова, О.Ф. Самохина, Ю.Ю. Соколов

1. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ (весенний сезон)

На рисунке 1.1 представлены временные ряды сезонных аномалий температуры у поверхности (весна 2019: март - май), осредненных по суше Северного полушария (СП) и по территории России. Временной ряд сезонных аномалий температуры над СП рассчитан по среднемесячным данным Университета Восточной Англии (массив crut4nh.txt на сайте www.cru.uea.ac.uk). Временной ряд для территории России рассчитан по станционным данным о температуре приземного воздуха ФГБУ «ИГКЭ». Представлен также линейный тренд за 1976-2019 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.

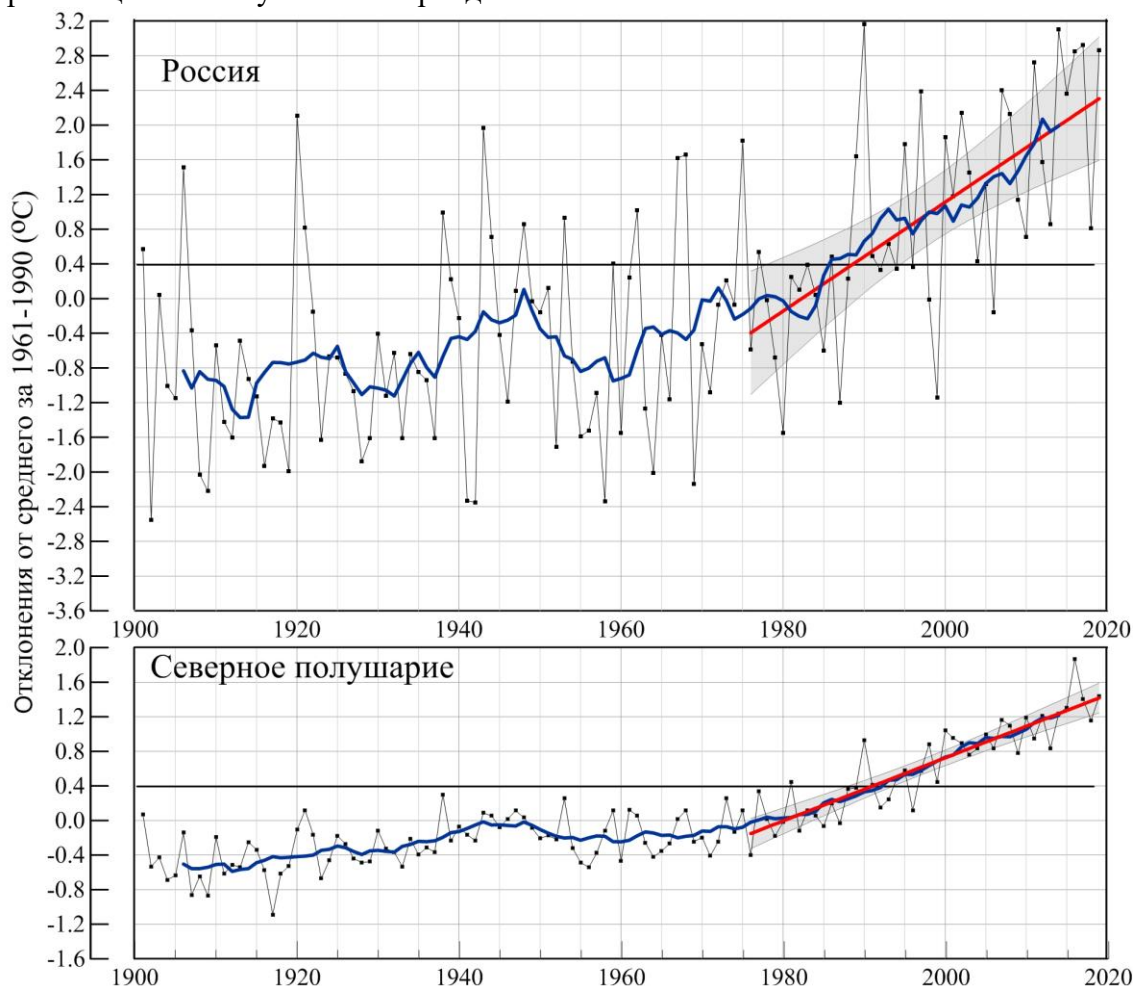


Рисунок 1.1 – Сезонная аномалия (весна: март - май) температуры приземного воздуха, осредненная по Северному полушарию (суша) и территории России за 1886-2019 гг.

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 1976-2019 гг. Использованы данные Университета Восточной Англии (СП) и данные ФГБУ «ИГКЭ» (Россия).

Аномалия температуры воздуха над сушей СП весной составила $+1.435^{\circ}\text{C}$ (при стандартном отклонении 0.18°C) – вторая положительная величина в ряду с 1886 г (рекордная аномалия зафиксирована весной 2016 года: $+1.87^{\circ}\text{C}$). Для России в целом средняя сезонная аномалия температуры приземного воздуха составила $+2.86^{\circ}\text{C}$ при величине стандартного отклонения 1.19°C .

Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений весенних температур за период 1976-2019 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 1976-2019 гг.

Регионы	vT_{2019}	$s_{1961-90}$	$b, ^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$	$D \%$
СП	1.44	0.18	0.36	80
Россия	2.86	1.19	0.63	42

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

2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕСНЫ 2019 ГГ. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

На рис. 2.1 и 2.2 представлены карты сезонных и месячных аномалий температуры и осадков на территории России весны 2019 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 2019 года осредненная аномалия по РФ составила 2.86°C – четвертая величина в ряду с 1936 года. На всей территории страны температуры были выше климатической нормы. Очень тепло (на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы) в центральных и южных областях ЕЧР (осредненная по ЦФО аномалия температуры 2.59°C – ранг 5), на юге СФО и во многих областях ДФО (осредненная по ДФО аномалия 2.93°C – ранг 4), где особенно тепло на северо-востоке (осредненная по региону Восточная Сибирь аномалия 3.28°C – ранг 3), в Приморье, в Забайкалье, наибольшая аномалия зафиксирована в Среднеколымске: 5.7°C .

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 $\sim 3-5^{\circ}$ с.ш. Исключение: сезонная изотерма 10°C на востоке Якутии практически совпадает с своим климатическим положением.

В марте осредненная аномалия температуры по РФ 4.30°C – четвертая величина в ряду. Тепло почти всюду (кроме отдельных районов ДФО). В целом по АРЧ осредненная аномалия температуры составила 4.72°C – ранг 4. Особенно тепло (всюду отмечались 95%-е экстремумы температуры) в Западной Сибири (6.30°C – исторический максимум в ряду) и в Средней Сибири (6.34°C – ранг 4). Максимальная аномалия зафиксирована на севере Красноярского края на станции Волочанка: $+10.6^{\circ}\text{C}$.

В ряде районов ДФО температуры были ниже климатической нормы (в Якутии до -2°C , на Камчатке до -1.3°C).

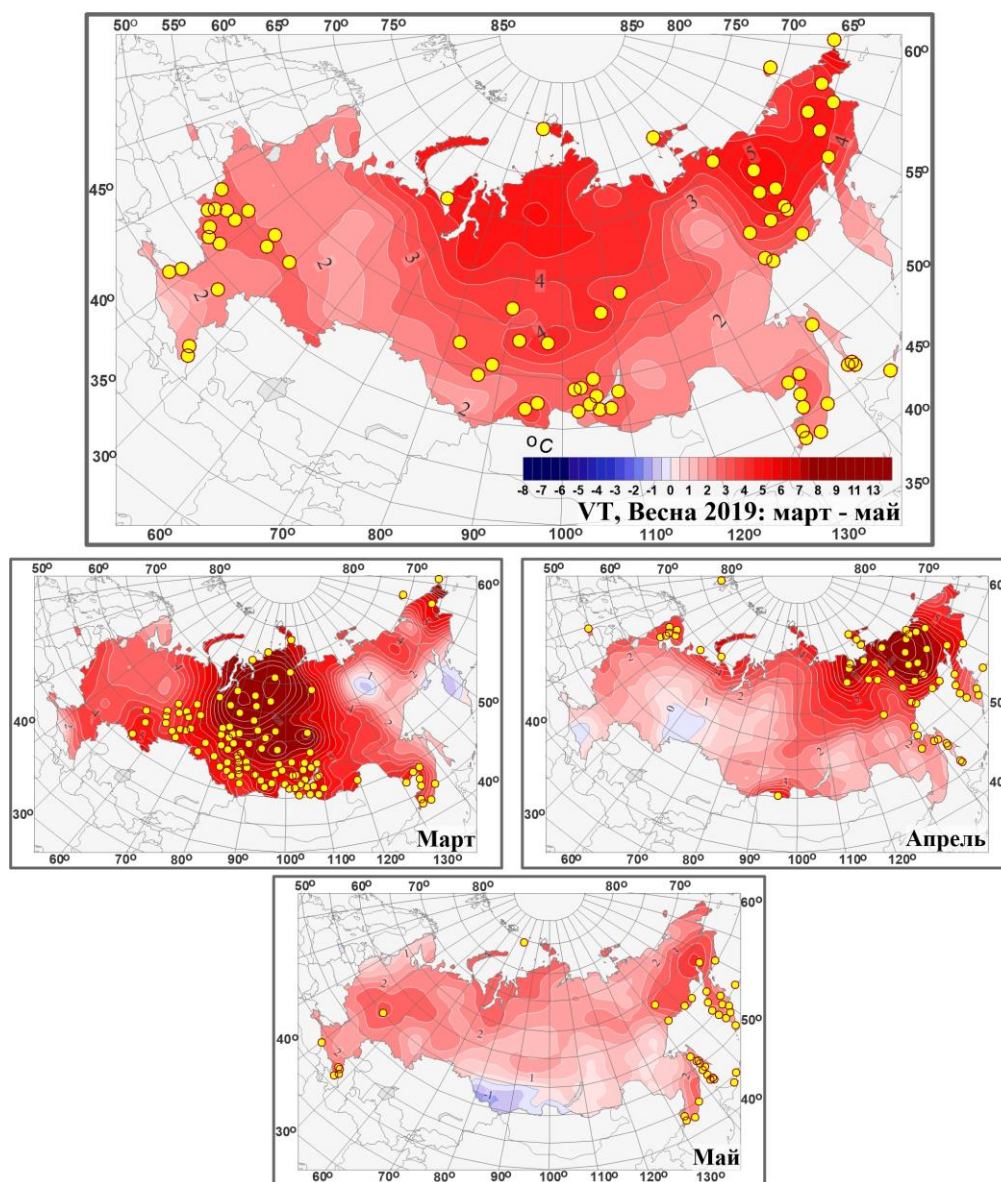


Рисунок 2.1 – Поля средней сезонной и средних месячных аномалий температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России весной 2019 г. Кружками белого цвета показано местоположение станционных экстремумов ниже 5-го перцентиля, желтого – выше 95-го перцентиля.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за базовый период 1961-1990 гг.

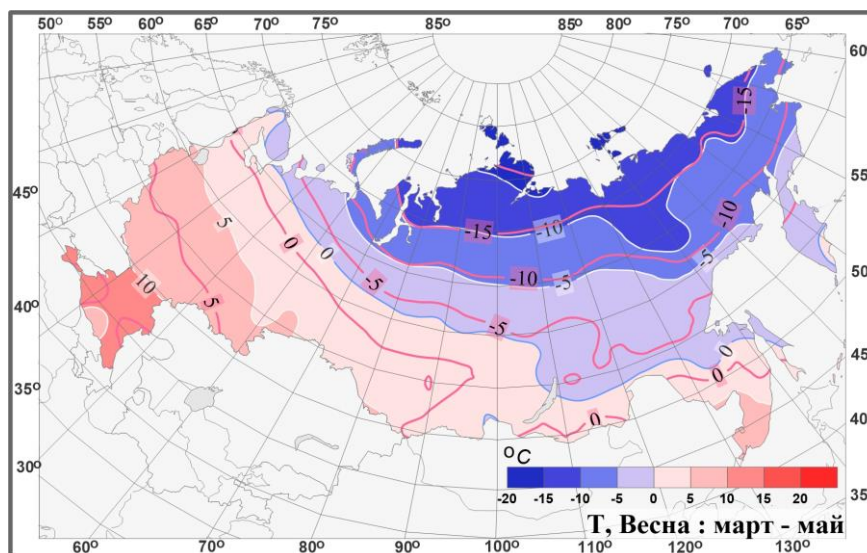


Рисунок 2.2 – Поля средней сезонной температуры приземного воздуха (°C) на территории России весной 2019 гг. Розовые изолинии: средние изотермы за период 1961-1990 гг.

Апрель. Осредненная по РФ аномалия температуры 2.57°C. Тепло всюду (кроме Южного Урала и юга ЮФО), экстремально тепло на севере и северо-востоке РФ (аномалии выше 4°C, на большинстве станций отмечались 95%-е экстремумы, осредненная по Восточной Сибири аномалия 5.45°C – максимальная величина в ряду). Максимальная аномалия температуры зафиксирована на станции Среднеколымск: 10.1°C.

Холодно (аномалии не менее -1°C) на Южном Урале и юге ЮФО.

Май. Осредненная по РФ аномалия температуры составила 1.68°C. Температуры выше климатической нормы наблюдались всюду, кроме Алтая и Саян. Очень тепло (повсеместно отмечались 95%-е экстремумы) в СКФО (осредненная по территории федерального округа аномалия составила 2.42°C – ранг 4), а также в Приморье, на Сахалине, в Магаданской области, на Камчатке. Наибольшая аномалия зафиксирована в Камчатской области на станции Каменское: 4.4°C.

Холодно (аномалии не менее -1.5°C) на Алтае и в Саянах.

Атмосферные осадки. В целом за сезон осредненные по территории РФ осадки составили 112% нормы. Избыток осадков (более 120% нормы, на ряде станций отмечались 95%-е экстремумы) наблюдался в Карелии, в Мурманской области, в ЮФО (138% нормы – ранг 5) – в основном за счет экстремально влажного марта; в нижнем и среднем течении Енисея, в Якутии, вдоль побережья Охотского моря – за счет экстремально влажного мая.

Дефицит осадков (менее 80%) наблюдался на юге СФО и в Забайкалье, на севере Якутии (в основном, за счет мая), на Сахалине (за счет апреля).

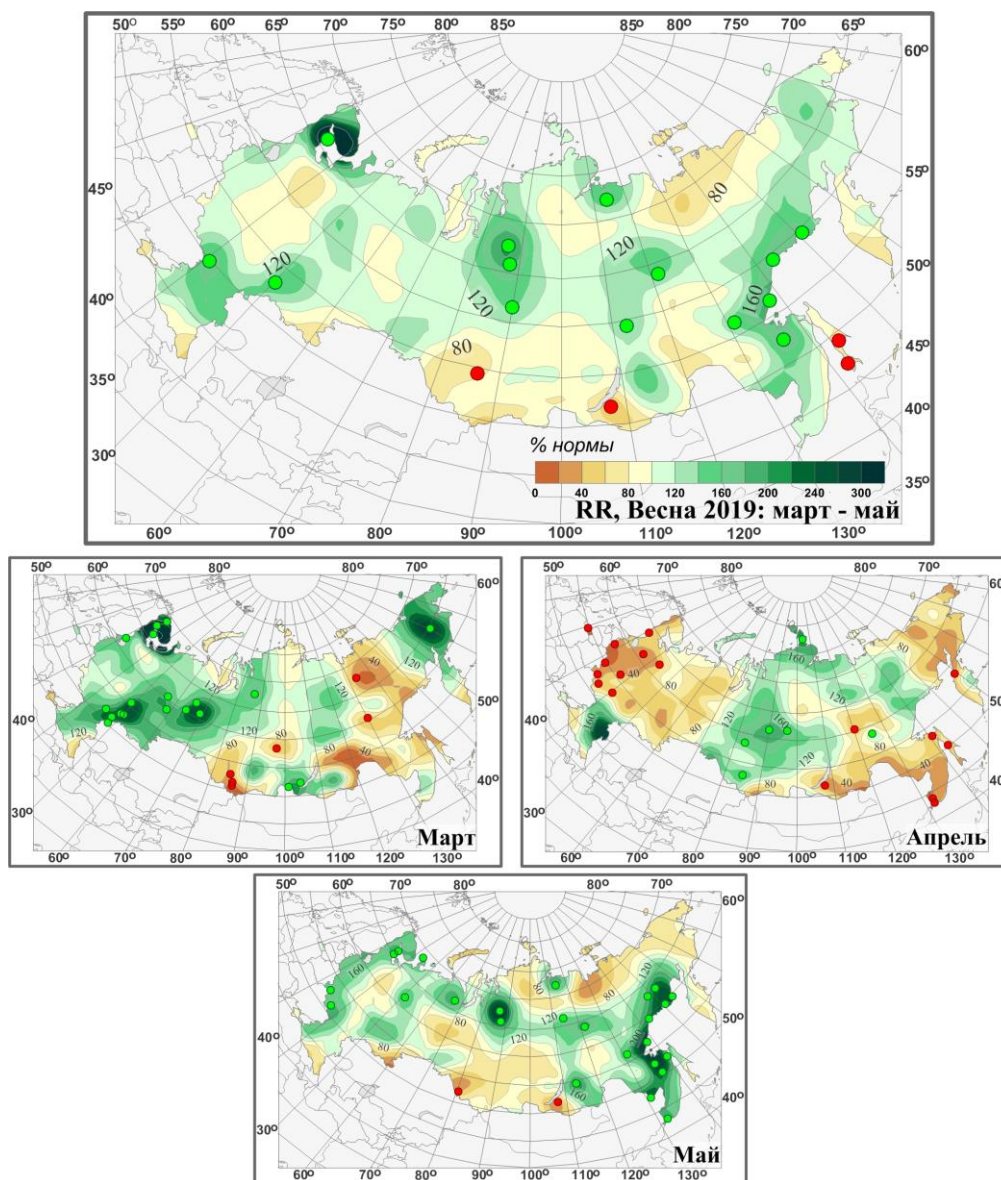


Рисунок 2.3 – Поля аномалий средних сезонных и месячных сумм осадков (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.) на территории России весной 2019 г. (март – май). Кружками красного цвета показаны стационарные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го перцентиля.

Март. Осредненные по РФ осадки 132% нормы. Много осадков выпало в ЕЧР (161% нормы – вторая величина после весны 1961 г.: 171%), особенно в СЗФО (173% нормы – исторический максимум) и ПФО (181% - шестая величина в ряду). Также много осадков (на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы) выпало в центральных районах Западной Сибири, на Чукотке. На Алтае и во многих районах ДФО наблюдался дефицит осадков.

Апрель. Осредненные по РФ осадки: 84% нормы.

Сильный дефицит осадков (менее 60% нормы) наблюдался в ЕЧР (кроме ЮФО), осредненные по ЕЧР осадки: 66% нормы – среди шести самых «сухих» апрельских осадков в ряду, на ряде станций фиксировались 5%-е экстремумы, особенно «сухо» в ЦФО (46% нормы – среди четырех самых «сухих»).

Сильный дефицит осадков наблюдался также на востоке ДФО (в целом по федеральному округу выпало 74%).

Избыток осадков (более 120%) наблюдался восточнее Оби: в Западной и Средней Сибири (129%, на ряде станций зафиксированы 95%-е экстремумы), на Таймыре, в Якутии, в Хабаровском крае.

Май. Осредненные по РФ осадки: 122% нормы.

Значительный избыток осадков (более 120% нормы, на ряде станций отмечались 95%-е экстремумы) наблюдался вдоль побережья Охотского и Японского морей, на юге Якутии (в целом по ДФО осадки составили 146% нормы – ранг 3), а также на большей части ЕЧР (особенно на западе), в нижнем течении Оби и Енисея.

Дефицит осадков (40-80% нормы) наблюдался на севере АЧР восточнее течения Лены, на юге СФО, в Забайкалье.

В таблицах 2.1 и 2.2 представлены регионально осредненные аномалии температуры и осадков, рассчитанные по значениям станционных 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 1936-2019 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 очень теплой, осредненная по РФ аномалия температуры составила +2.86°C – среди четырех самых теплых. Осредненные по всем регионам и федеральным округам аномалии – среди девяти самых теплых в соответствующих рядах, особенно тепло было в регионе Восточная Сибирь (3.28°C – ранг 3). Из федеральных округов следует отметить ЦФО (2.59°C – ранг 5) и ДФО (2.93°C – ранг 4).

Таблица 2.1

Регионально осредненные аномалии температуры весной 2019 гг.

Регионы	νT_{2019}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2019})$
Российская Федерация	2.86	1.19	96.4
Физико-географические регионы России			
Европейская часть России	2.29	1.44	91.4
Азиатская часть России	3.08	1.24	94.0
Западная Сибирь	3.03	1.62	92.8
Средняя Сибирь	3.63	1.66	94.0
Прибайкалье и Забайкалье	2.64	1.39	92.8
Приамурье и Приморье	2.06	1.15	91.6
Восточная Сибирь	3.28	1.23	97.6
Федеральные округа РФ			
Северо-Западный	2.44	1.54	89.2
Центральный	2.59	1.68	95.2
Приволжский	2.33	1.70	91.6
Южный	2.00	1.47	91.6
Северо-Кавказский	1.56	0.96	90.4
Уральский	3.26	1.75	91.6
Сибирский	3.26	1.53	92.8
Дальневосточный	2.93	0.99	96.4

Примечание: Аномалии νT_{2019} ($^{\circ}\text{C}$) рассчитаны как отклонения от нормы 1961-1990 гг.; s ($^{\circ}\text{C}$) – среднее квадратическое отклонение за базовый период; вероятности превышения $P(t \leq T_{2019})$ рассчитаны по выборке за 1936-2019гг. и выражены в %.

Таблица 2.1.1

Регионально осредненные аномалии температуры в весенние месяцы

Регионы	Март			Апрель			Май		
	νT_{2019}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2019})$	νT_{2019}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2019})$	νT_{2019}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2019})$
Российская Федерация	4.30	2.07	96.4	2.57	1.40	91.6	1.68	0.89	89.2
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	3.18	2.54	89.2	1.57	1.99	74.7	2.12	1.59	84.3
Азиатская часть России	4.72	2.18	96.4	2.96	1.56	92.8	1.51	1.24	84.3
Западная Сибирь	6.30	2.84	100	1.40	2.49	59.0	1.39	1.77	65.1
Средняя Сибирь	6.34	3.12	96.4	3.01	2.05	84.3	1.54	1.20	75.9
Прибайкалье и Забайкалье	5.45	2.57	97.6	2.07	1.78	80.7	0.40	1.08	55.4
Приамурье и Приморье	3.01	1.93	90.4	1.74	1.49	88.0	1.43	1.05	88.0
Восточная Сибирь	2.15	2.12	75.9	5.45	1.58	100	2.20	1.16	90.4
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	3.03	3.20	85.5	2.42	2.00	74.7	1.86	1.89	78.3
Центральный	3.34	2.81	86.7	1.98	2.09	80.7	2.43	2.10	86.7
Приволжский	3.70	2.83	94.0	0.93	2.55	68.7	2.34	1.81	84.3
Южный	3.03	2.62	84.3	0.82	2.14	66.3	2.09	1.54	85.5
Северо-Кавказский	1.99	1.91	75.9	0.24	1.61	60.2	2.42	1.12	96.4
Уральский	6.36	3.30	98.8	1.23	2.74	54.2	2.16	1.93	77.1
Сибирский	6.91	2.87	100	2.02	2.14	67.5	0.84	1.12	66.3
Дальневосточный	3.21	2.02	86.7	3.84	1.43	97.6	1.70	1.03	89.2

Примечание: Выделены экстремальные значения, попавшие в 5% максимальных и 5% минимальных. **Таблица 2.2**

Регионально осредненные аномалии осадков весной 2019 г.

Регионы	νR_{2019}	RR_{2019}	m	$m-q1$	$q3-m$	$P(r \leq R_{2019})$
Российская Федерация	3.4	112	-0.1	1.6	2.2	79.5
Физико-географические регионы России						
Европейская часть России	5.7	115	-0.3	2.9	2.2	78.3
Азиатская часть России	2.4	110	0.3	1.9	1.6	78.3
Западная Сибирь	1.4	105	0.6	4.5	3.3	49.4
Средняя Сибирь	3.8	118	-0.2	1.7	2.1	88.0
Прибайкалье и Забайкалье	-1.6	92	0.2	2.6	1.3	25.3
Приамурье и Приморье	4.2	111	-0.2	4.5	4.3	71.1
Восточная Сибирь	3.5	118	-0.6	2.0	2.9	89.2
Федеральные округа РФ						
Северо-Западный	6.0	118	-1.2	1.8	5.6	83.1
Центральный	0.3	101	1.0	7.0	4.0	45.8
Приволжский	4.1	112	0.7	5.9	3.8	65.1
Южный	14.7	138	-0.7	5.1	6.7	95.2
Северо-Кавказский	5.7	110	2.2	3.9	9.2	67.5
Уральский	3.5	112	0.2	4.5	2.8	66.3
Сибирский	1.8	107	0.2	0.2	2.6	63.9
Дальневосточный	2.6	111	-0.5	0.7	1.6	83.1

Примечание: 1. Аномалии νR_{2019} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за базовый период 1961-1990 гг.), RR_{2019} - отношение R_{2019} к норме, выраженное в %, $q1$, $q3$ и m - соответственно первый, третий квартиль и медиана аномалий (мм/месяц) за базовый период; вероятности непревышения $P(r \leq R_{2019})$ - рассчитаны по выборке за 1936-2018гг. и выражены в %. Выделены экстремальные значения, попавшие в 5% максимальных.

Из месяцев сезона особо выделяется экстремально теплый март, осредненная по РФ аномалия температуры составила 4.30°C – ранг 4, особенно тепло в АЧР (4.72°C – ранг 4): в Западной Сибири (6.30°C – ранг 1), в Средней Сибири (6.34°C – ранг 4), в Прибайкалье и Забайкалье (5.45°C – ранг 3). Из федеральных округов выделяются Уральский ФО (6.36°C – ранг 2) и Сибирский ФО (6.91°C – ранг 1).

В апреле и в мае осредненные по всем регионам и федеральным округам аномалии температуры также положительные. В апреле экстремально тепло в Восточной Сибири: аномалия 5.45°C – ранг 1 (в ДФО: 3.84°C – ранг 3); в мае – в СКФО (2.42°C – ранг 4).

Весна (табл. 2.2) в РФ в целом была достаточно влажной, количество выпавших осадков составило 112% нормы. Во всех регионах (кроме региона Прибайкалье и Забайкалье) и во всех федеральных округах (кроме ЦФО) наблюдался избыток осадков. В ЮФО весной выпало 138% нормы (ранг 5). В регионе Прибайкалье и Забайкалье весной наблюдался дефицит осадков (выпало лишь 92% сезонной нормы), а в ЦФО количество выпавших осадков было около нормы (101%).

Из месяцев следует отметить экстремально влажный март в ЕЧР (161% - ранг 2), особенно в СЗФО (173% - ранг 1); экстремально влажный май на востоке страны – в Приамурье и Приморье (165%- ранг 4) и в Восточной Сибири (151% - ранг 3) (в целом по ДФО в мае выпало 146% - ранг 3).

Особо следует отметить апрель – в целом по РФ выпало лишь 84% нормы осадков. Очень «сухо» было в ЦФО (46% нормы – среди четырех самых «сухих» апрелей, в ДФО (73% - среди двенадцати самых «сухих» апрельских месяцев.

Таблица 2.2.1

Регионально осредненные аномалии осадков в весенние месяцы.

Регионы	Март			Апрель			Май		
	νR_{2019}	RR_{2019}	$P(r \leq R_{2019})$	νR_{2019}	RR_{2019}	$P(r \leq R_{2019})$	νR_{2019}	RR_{2019}	$P(r \leq R_{2019})$
Российская Федерация	6.1	132	89.2	-4.1	84	18.1	8.1	122	92.8
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	18.4	161	98.8	-12.1	66	6.0	10.7	124	81.9
Азиатская часть России	1.2	108	60.2	-0.9	96	44.6	7.1	120	89.2
Западная Сибирь	4.6	125	69.9	4.2	116	60.2	-4.2	90	30.1
Средняя Сибирь	2.5	188	75.9	5.3	129	90.4	3.8	112	68.7
Прибайкалье и Забайкалье	1.4	116	65.1	-4.5	75	15.7	-1.6	95	36.1
Приамурье и Приморье	-5.9	69	21.7	-18.0	54	10.8	36.4	165	96.4
Восточная Сибирь	-0.1	99	44.6	-2.3	87	47.0	13.0	151	97.6
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	21.0	173	100	-14.1	57	9.6	11.1	127	81.5
Центральный	8.6	127	75.9	-20.5	46	3.6	12.9	127	77.1
Приволжский	21.4	181	94.0	-12.4	62	16.9	3.1	108	54.2
Южный	18.9	158	86.7	5.4	115	68.7	20.5	145	85.5
Северо-Кавказский	10.0	122	73.5	-4.8	91	45.8	11.8	118	68.7
Уральский	13.4	167	88.0	-2.4	92	39.8	-0.6	98	43.4
Сибирский	0.4	103	54.2	8.3	136	91.6	-2.5	93	43.4
Дальневосточный	-1.0	93	39.8	-5.9	73	13.3	14.9	146	97.6

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 1976-2019 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 $+1.5^{\circ}\text{C}/10$ 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 (кроме марта на севере ЕЧР).

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 $+1.8^{\circ}\text{C}/10$ 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).

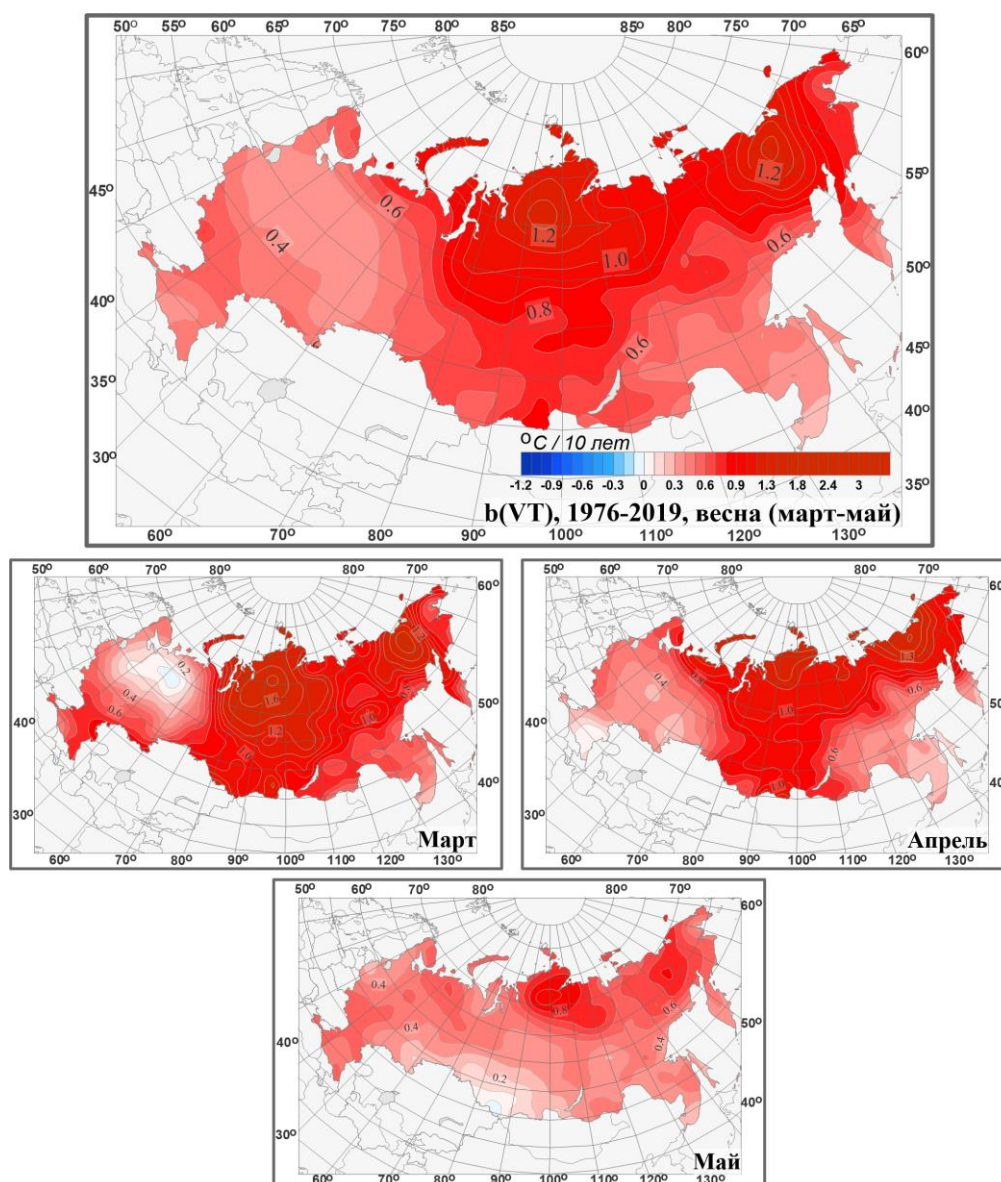


Рисунок 3.1 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий температуры ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) на территории России по данным за 1976-2019 (весна)

В марте на севере европейской части страны наблюдается область, где потепление очень мало (до $0.2^{\circ}\text{C}/10$ лет) или наблюдается слабое похолодание (до

-0.2°C/10 лет). Области, где потепления практически нет (коэффициент линейного тренда: -0.2 - +0.2°C/10 лет) наблюдаются в апреле 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 в Прикаспийской низменности, 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.

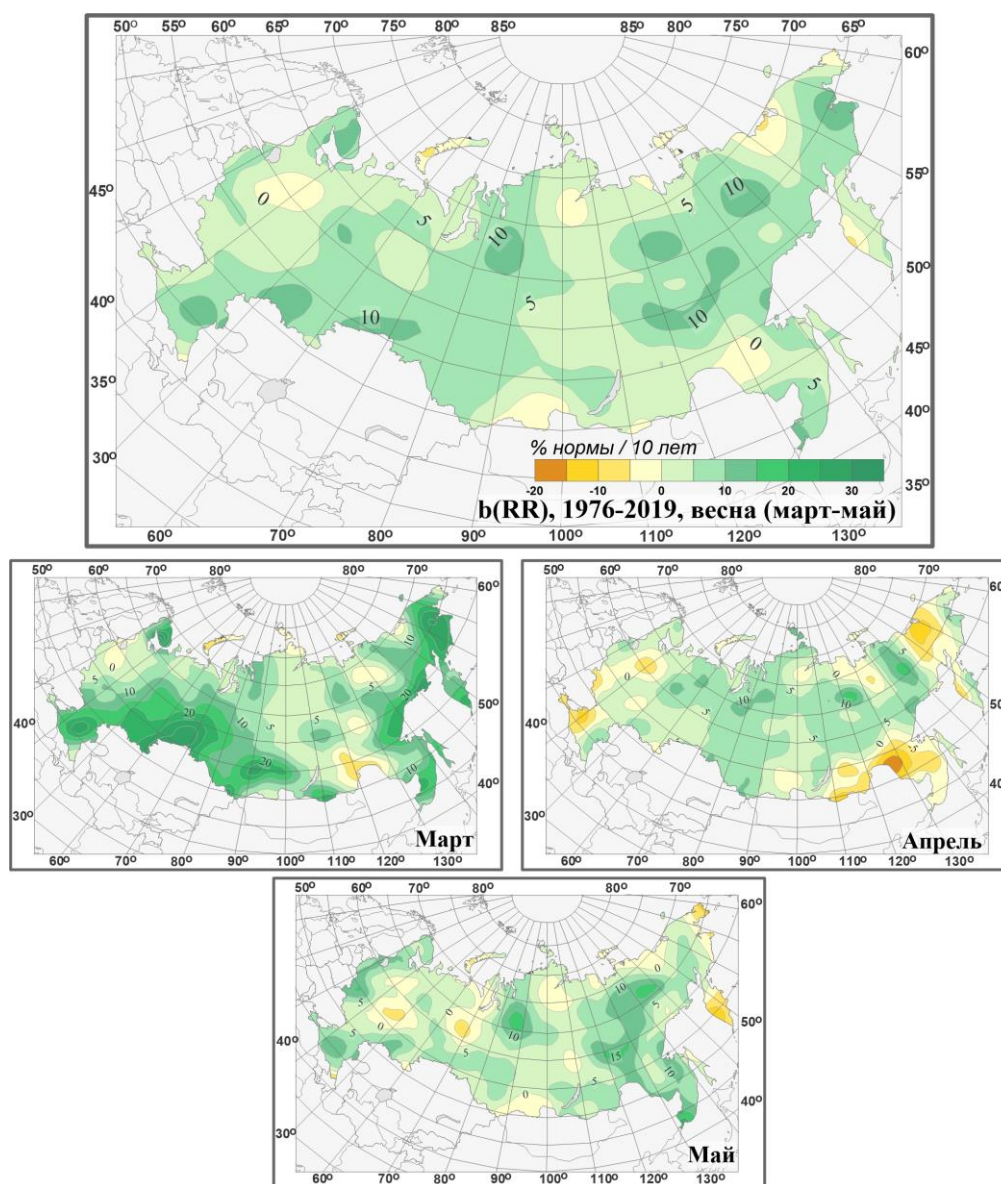


Рисунок 3.2 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий осадков (% нормы /10 лет) на территории России по данным за 1976-2019 (весна).

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. По сравнению с оценками

1976-2018 гг. область убывания осадков вдоль Восточно-Сибирского моря практически исчезла; увеличилась интенсивность убывания осадков в Приамурье.

Характерной особенностью изменения *апрельских* осадков является наличие нескольких крупных областей убывания осадков. В ЕЧР осадки убывают в юго-западных районах (около $-10\%/10$ лет); в Амурской области наблюдается более значительное убывание (до $-20\%/10$ лет); осадки также убывают в Восточной Сибири, на западе Камчатки (до $-10\%/10$ лет). На Северном Урале и в нижнем течении Оби и Енисея, на востоке 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 и на востоке Чукотки в мае наблюдается уменьшение осадков.

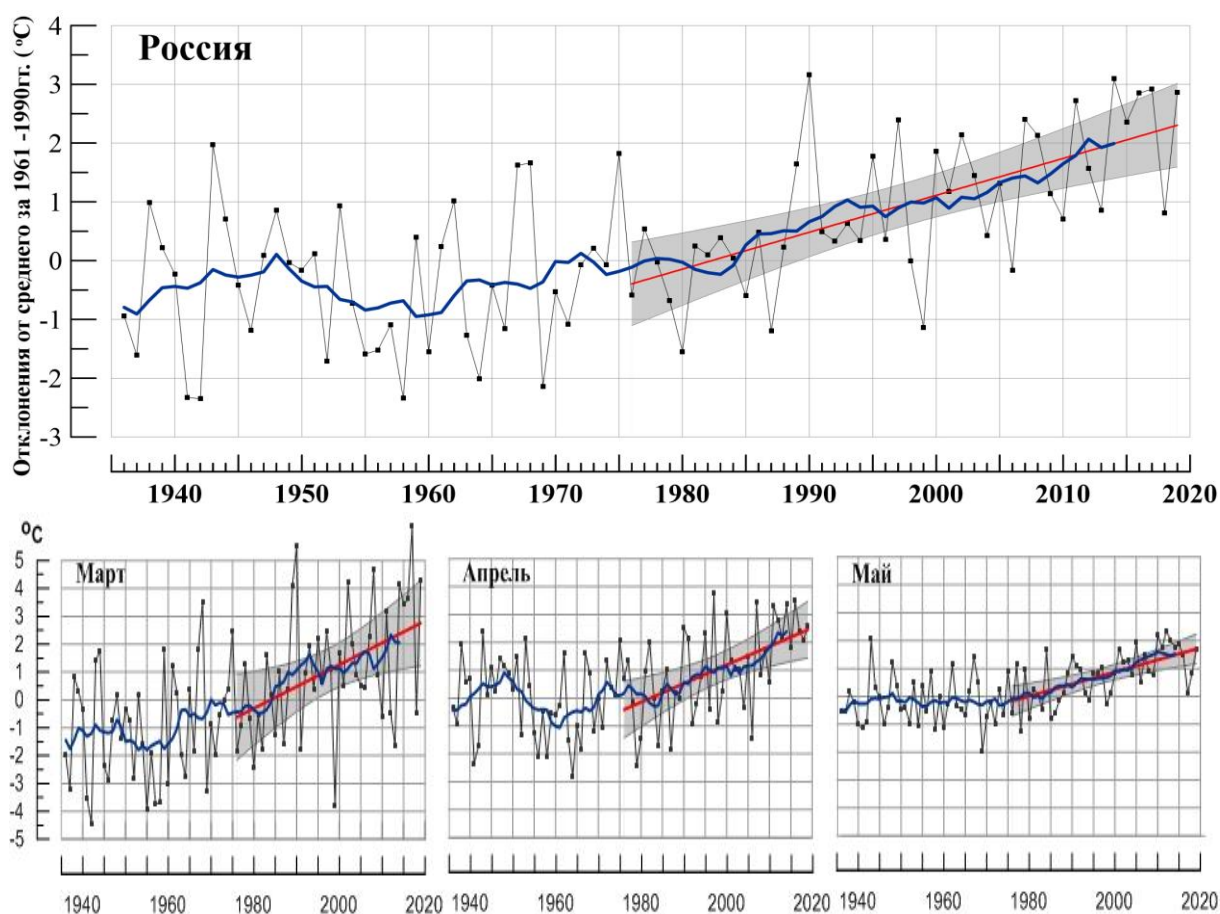


Рисунок 3.3 – Аномалия средней сезонной (вверху) и для месяцев сезона температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) осредненная по территории РФ.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2019 гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда.

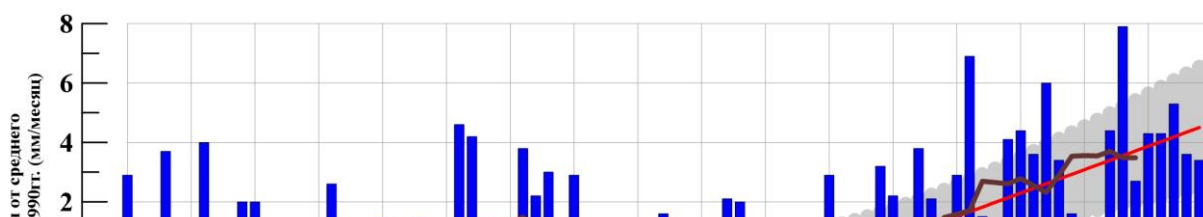


Рисунок 3.4 – То же, что на рис. 3.3, но для атмосферных осадков (мм/мес).

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 1976-2019 гг. положителен: он составляет $0.63^{\circ}\text{C}/10$ лет, объясняет 42% 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).

Таблица 3.1

Оценки линейного тренда температуры приземного воздуха и суммы осадков, осредненных по территории России и за весенний сезон, за 1976-2019 гг.

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

Регион Российская Федерация	Температура		Осадки		
	b , $^{\circ}\text{C}/10$ лет	D , %	b , мм/мес/10 лет	b , %/10 лет	D , %
Весна	0.63	42	1.6	5.7	36
Март	0.78	20	2.3	12.0	32
Апрель	0.67	29	0.5	1.8	4
Май	0.43	38	1.9	5.4	25

Тренд сезонных сумм осадков составляет $5.7\%/10$ лет и объясняет 36 межгодовой изменчивости. Рост осадков происходит в марте и мае, начало его

относится ко второй половине 1980-х гг. Хотя сезонный, а также мартовский и майский тренды значимы на 1%-м уровне, т.е. можно утверждать достаточно определенно, что осадки растут в рассматриваемый период, общий характер изменения осадков (выраженные долгопериодные колебания с периодами в несколько десятилетий) дает основание для альтернативы: рост осадков является тенденцией, связанной с глобальным потеплением, либо это возрастающая фаза естественного долгопериодного колебания.

4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ВЕСЕННЕГО СЕЗОНА В РЕГИОНАХ РОССИИ ЗА ПЕРИОД 1936-2019 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 – 2019 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2019 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 1976-2019 гг. (весенний сезон), b – коэффициенты линейного тренда, D - вклад тренда в дисперсию ряда.

Регионы	Температура		Осадки		
	b °C/10 лет	D , %	b мм/мес/10 лет	b , %/10 лет	D , %
Россия	0.63	42	1.6	5.7	36
Физико-географические регионы России					
Европейская часть России	0.44	23	1.8	4.7	18
Азиатская часть России	0.70	41	1.5	6.2	38
Западная Сибирь	0.67	25	2.3	8.1	31
Средняя Сибирь	0.82	36	1.4	6.4	35
Прибайкалье и Забайкалье	0.63	31	0.6	2.9	4
Приамурье и Приморье	0.40	21	1.7	4.6	7
Восточная Сибирь	0.78	40	1.2	6.3	25
Федеральные округа РФ					
Северо-Западный	0.46	16	1.3	3.7	10
Центральный	0.47	21	1.5	3.9	6
Приволжский	0.42	16	1.8	5.5	9
Южный	0.49	25	2.2	5.7	11
Северно-Кавказский	0.40	27	2.7	4.8	9
Уральский	0.65	20	2.2	7.7	25
Сибирский	0.76	36	1.6	6.2	22
Дальневосточный	0.68	40	1.3	5.7	31

В таблице 4.1 приведены оценки линейных трендов регионально осредненных значений температуры и осадков за 1976-2019 гг. для физико-географических регионов

и федеральных округов РФ. Во всех регионах в среднем за период 1976-2019 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 промышленных выбросов парниковых газов, относится к середине 1970-х гг. По-видимому, эти региональные отличия следует связывать с долгопериодными колебаниями в системе океан-атмосфера, которые, накладываясь на глобальный тренд, дают несколько отличающуюся картину изменений. Во многих регионах в конце 20-го – начале 21-го столетия весенние температуры оставались примерно постоянными (некоторое замедление потепления), затем рост температуры возобновился.

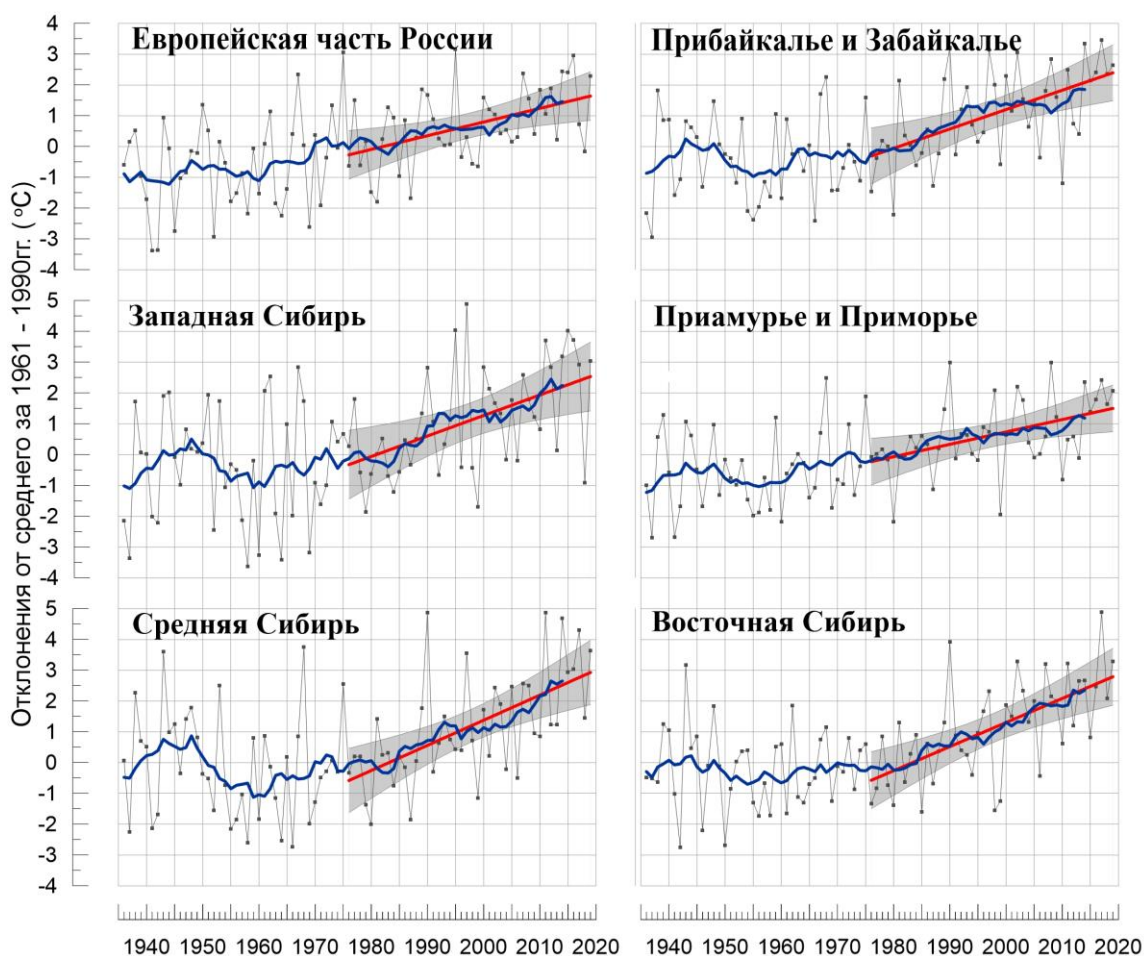


Рисунок 4.1 - Сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории физико-географических регионов РФ, весна 2019 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2019 гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда.

По сравнению с периодом 1976-2018 гг. во всех регионах и федеральных округах РФ наблюдается увеличение трендов на 0.01°C - $0.03^{\circ}\text{C}/10$ лет из-за очень

теплой весны 2019 года, наиболее значительное увеличение ($0.05^{\circ}\text{C}/10$ лет) наблюдается в Сибирском ФО.

В изменениях осадков (рис. 4.3, 4.4) 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).

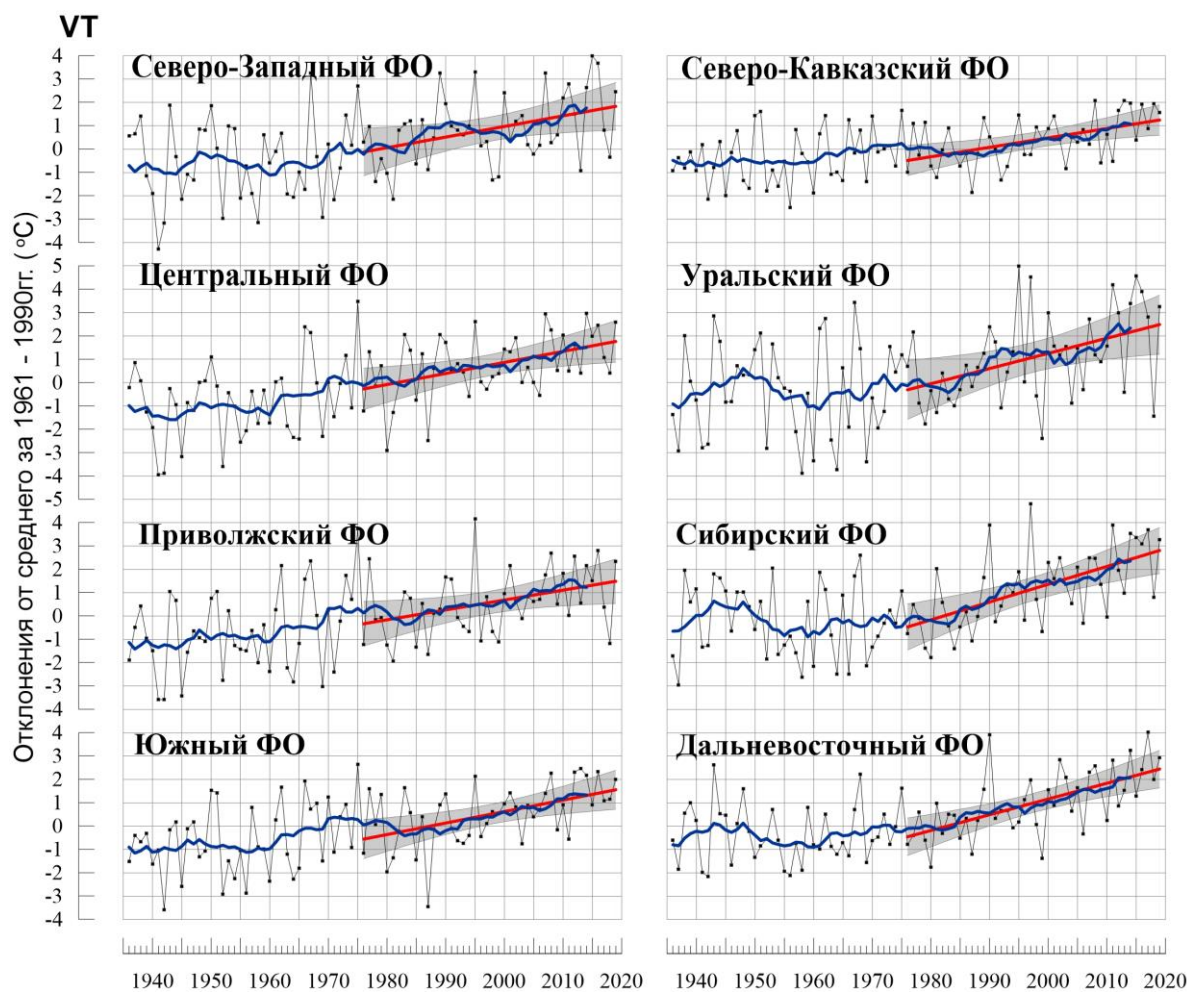


Рисунок 4.2 – То же, что на рис.4.1, но для федеральных округов

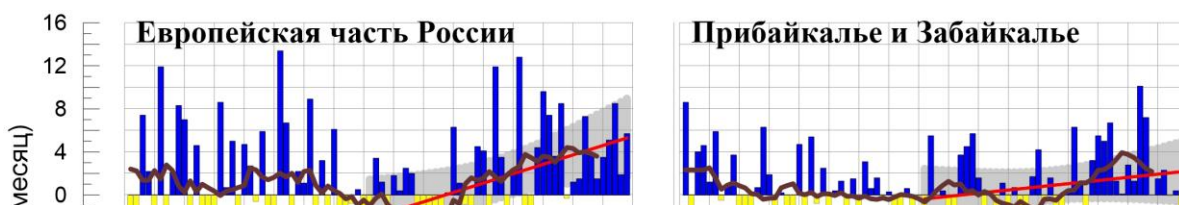


Рисунок 4.3 - Сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории регионов РФ, весна 2019 г.
Условные обозначения см. на рис. 4.1.

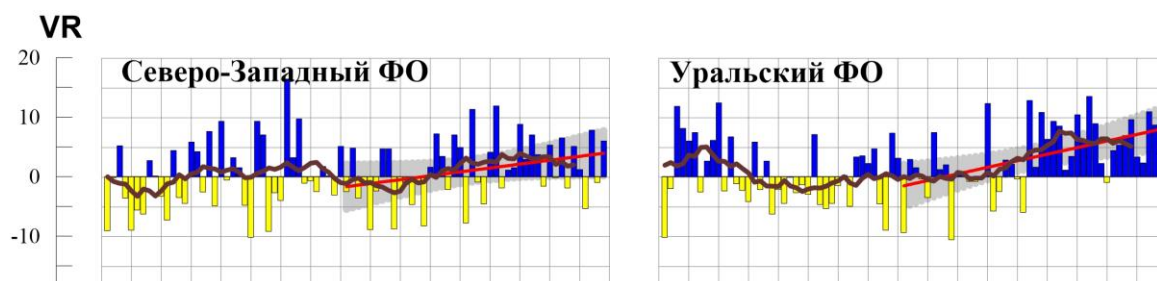


Рисунок 4.4 – То же, что на рис.4.3, но для федеральных округов

5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2019 гг. (весенний сезон)

В разделе приведены некоторые индексы экстремальности и аномальности для весеннего сезона в целом по территории России за период 1936 -2019 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 2019 гг. (рис. 5.1). Площадь, занятая крупными положительными аномалиями (выше 80- перцентиля весной 2019 года составила 93%. С 1976 г. (начало глобального потепления) наблюдается увеличение площади под крупными положительными аномалиями, тренд за период 1976-2019 составляет

14,4%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 40%). площадь, с крупными отрицательными аномалиями (ниже 20-го перцентиля) весной 2019 года не наблюдалась.

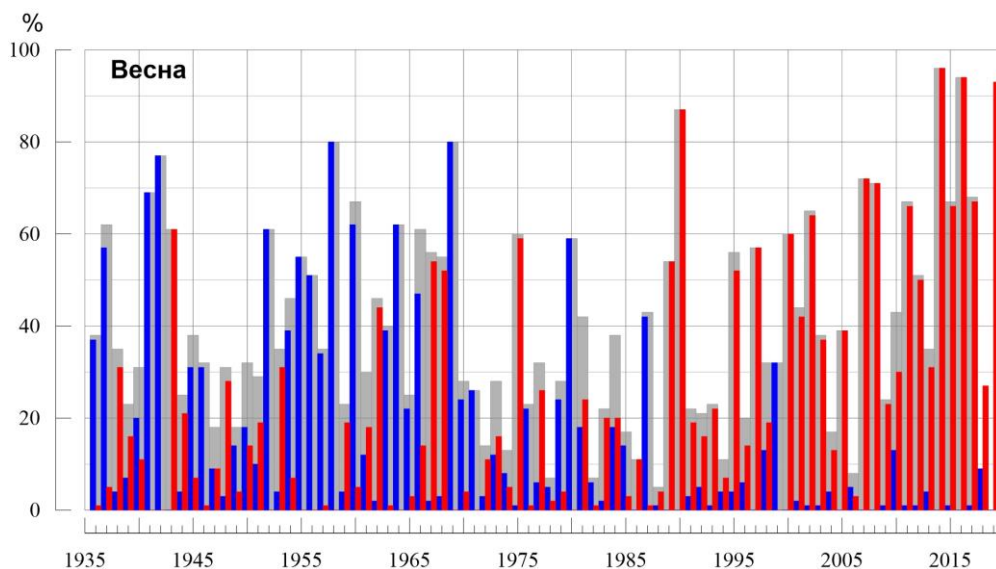


Рисунок 5.1 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями температуры, 1936-2019 гг. (весна):

— 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).

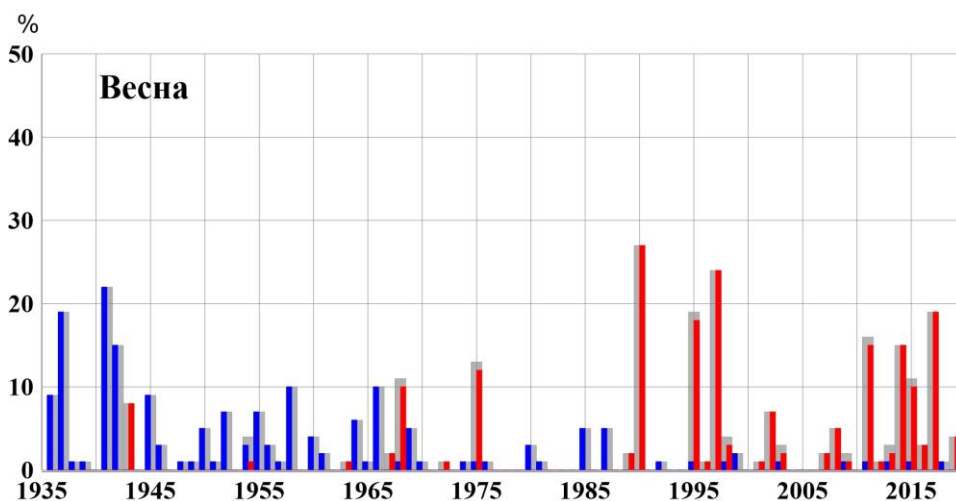


Рисунок 5.2 - Доля площади РФ (в процентах) с экстремальными (сезонная аномалия меньше -2σ : синие столбики, больше $+2\sigma$: красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры весной, 1936-2019 гг. Базовый период для расчета статистик: 1961-1990 гг.

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.

Весной 2019 г. Площадь, занятая экстремумами тепла (выше 2σ) составила 4%, площадей, занятых экстремумами холода (ниже -2σ) не наблюдались.

Индекс аномальности Багрова (рис. 5.3) весной 2019 года равен 1.7 (ранг 6-7). Анализ индекса аномальности Багрова показывает, что с начала 1980-х гг. аномальность температурного режима на территории РФ в весенний сезон растет – тренд за период 1976-2019 гг. составил 0.20 / 10 лет и объясняет 31% общей дисперсии ряда.

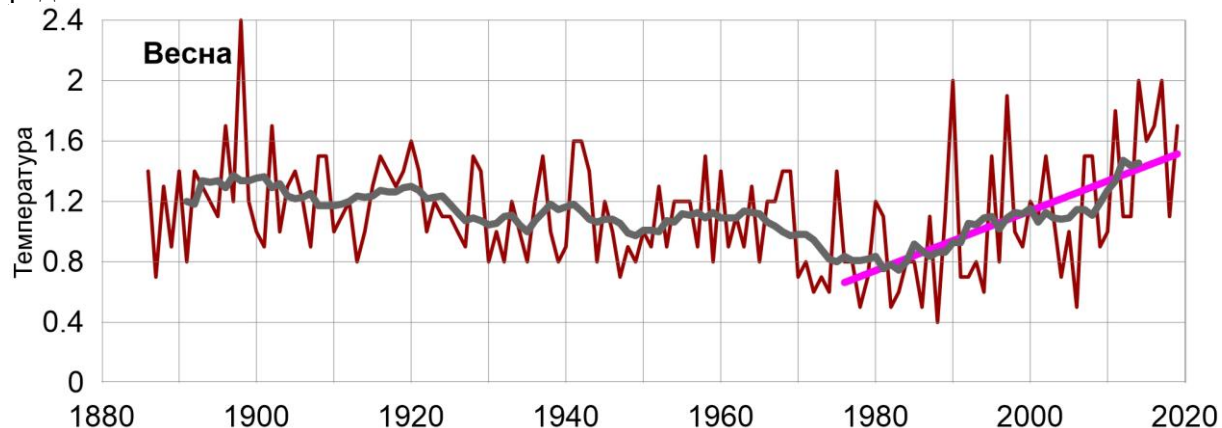


Рисунок 5.3. - Индекс аномальности (индекс Багрова) температурного режима на территории России весной 1886-2019 гг.

Осадки. Весной 2019 г. площадь, занятая крупными аномалиями выше 80 перцентиля (рис. 5.4) составила 21%. ниже 20-го перцентиля – 8%.

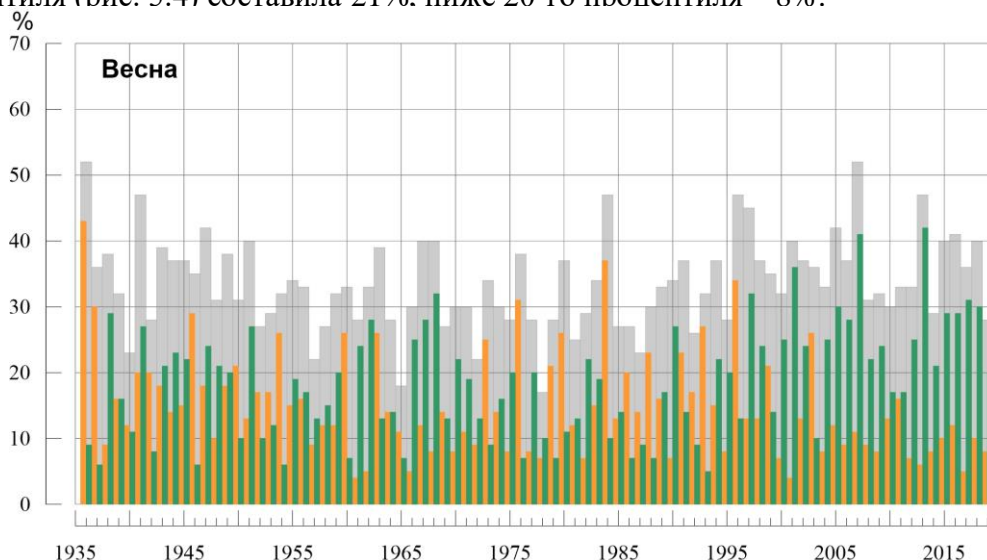


Рисунок 5.4 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями осадков, 1936-2019 гг. (весна):

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

С 1976 г. наблюдается увеличение площади под аномалиями выше 80-го перцентиля, тренд за период 1976-2019 составляет 4.6%/10 лет (доля объясненной

трендом дисперсии ряда 39%: тренд значим на уровне 1%) и уменьшение площади под аномалии ниже 20-го перцентиля, тренд за период 1976-2019 составляет -2.7%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 18%).

ВЫВОДЫ

1. Весна для Северного полушария в целом была очень теплой: аномалия температуры воздуха над сушей СП составила +1.435°C – вторая величина в ряду с 1886 г. (разность между сезонной аномалией и линией тренда составила лишь 0.017°C).

2. Осредненная по РФ весенняя аномалия температуры: +2.86°C – ранг 4. На всей территории страны температуры были выше климатической нормы. Очень тепло (на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы) в ЦФО (аномалия температуры 2.59°C – ранг 5), на юге СФО и во многих областях ДФО (2.93°C – ранг 4).

3. Доля площади территории России, занятая крупными положительными (выше 80-го перцентиля) среднесезонными аномалиями температуры составила 93% страны – 3-я величина в ряду, при этом под экстремальными положительными аномалиями (выше 2σ) было занято 4% площади страны.

4. Экстремально теплым месяцем был март. Осредненная по РФ аномалия температуры 4.30°C – ранг 4, особенно в АЧР (4.72°C – ранг 4). Из регионов АЧР следует отметить Западную Сибирь (6.30°C – исторический максимум в ряду) и Среднюю Сибирь (6.34°C – ранг 4) – на большинстве станций отмечались 95%-е экстремумы.

В апреле тепло всюду (кроме Южного Урала и юга ЮФО), экстремально тепло в регионе Восточная Сибирь (аномалия 5.45°C – максимальная величина в ряду).

В мае тепло всюду (кроме Алтая и Саян). Очень тепло (повсеместно отмечались 95%-е экстремумы) в СКФО (2.42°C – ранг 4), а также в Приморье, на Сахалине, в Магаданской области, на Камчатке.

5. Весной наблюдался избыток осадков, в среднем по РФ выпало 112% нормы осадков. Избыток осадков (более 120% нормы, на ряде станций отмечались 95%-е экстремумы) наблюдался в Карелии, в Мурманской области, в ЮФО (138% нормы – ранг 5); в нижнем и среднем течении Енисея, в Якутии, вдоль побережья Охотского моря. Дефицит осадков (менее 80%) наблюдался на юге СФО и в Забайкалье, на севере Якутии, на Сахалине.

6. Весной 2019 г. площадь, занятая крупными аномалиями выше 80 перцентиля составила 21%, ниже 20-го перцентиля – 8%.

7. Из месяцев сезона следует особо выделить экстремально «влажный» март в ЕЧР (161% нормы. – ранг 2), в центральных районах Западной Сибири, на Чукотке. При этом, на Алтае и во многих районах ДФО наблюдался дефицит осадков.

В мае экстремальный избыток осадков (на станциях отмечались 95%-е экстремумы) наблюдался вдоль побережья Охотского и Японского морей, на юге Якутии (в целом по ДФО осадки составили 146% нормы – ранг 3), значительный избыток осадков наблюдался на большей части ЕЧР (особенно на западе), в нижнем

течении Оби и Енисея. Дефицит осадков в мае (40-80% нормы) наблюдался на севере АЧР восточнее течения Лены, на юге СФО, в Забайкалье.

Особенность апреля - сильный дефицит осадков (менее 60% нормы) в ЕЧР (выпало 66% нормы – среди шести самых «сухих», дефицит наблюдался всюду, кроме ЮФО); на востоке ДФО (74%). Избыток осадков в апреле (более 120%) наблюдался в Западной и Средней Сибири (129%), на Таймыре, в Якутии, в Хабаровском крае.

8. В целом по России линейный тренд весенней температуры воздуха за период 1976-2019 гг. составил $+0.63^{\circ}\text{C}/10$ лет при вкладе тренда в дисперсию ряда 42%, что более чем в полтора раза выше, чем в среднем для суши Северного полушария ($+0.36^{\circ}\text{C}/10$ лет, вклад в дисперсию ряда 80%). Наиболее быстрое потепление наблюдается на севере АЧР (до $+1.5^{\circ}\text{C}/10$ 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 $+5.7\% /10$ лет, объясняет 36% межгодовой изменчивости. Наиболее интенсивный рост осадков (более 10%/10 лет) наблюдается в Прикаспийской низменности, на юге Поволжья, на юге Западной Сибири, в 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).

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 2019



ВВЕДЕНИЕ

В настоящем Приложении* приводится информация о состоянии приземного климата (температура приземного воздуха и атмосферные осадки) весной 2019 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 2019 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.

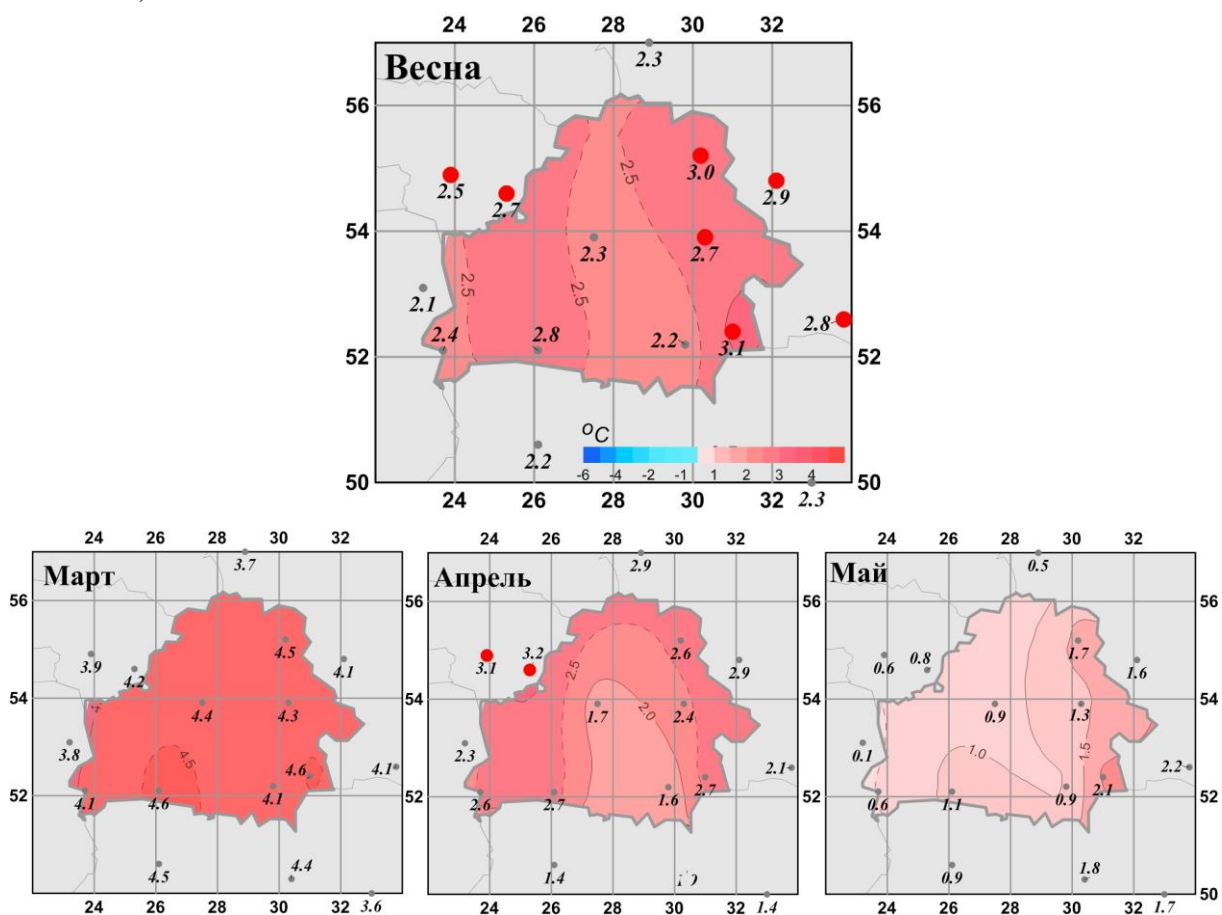


Рисунок 1 - Средние сезонные и средние месячные аномалии температуры (°C) приземного воздуха на территории республики Беларусь весной.

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 2019 г.

	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Могилев</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	26666	26850	26863	33008	33019	33038	33041
а) температура (град. Цельсия)							
<i>Весна</i>	7.37	8.43	7.10	10.37	9.97	8.50	8.83
Март	2.3	3.0	2.4	5.2	4.7	3.7	3.8
Апрель	8.2	7.7	8.1	10.3	10.3	9.0	10.1
Май	16.2	17.4	16.5	17.8	18.1	17.2	18.4
б) аномалия температуры (град. Цельсия)							
<i>Весна</i>	2.95	2.32	2.68	2.42	2.84	2.19	3.14
Март	4.46	4.38	4.31	4.10	4.64	4.06	4.59
Апрель	2.65	1.71	2.39	2.56	2.74	1.56	2.71
Май	1.73	0.87	1.34	0.61	1.14	0.94	2.11

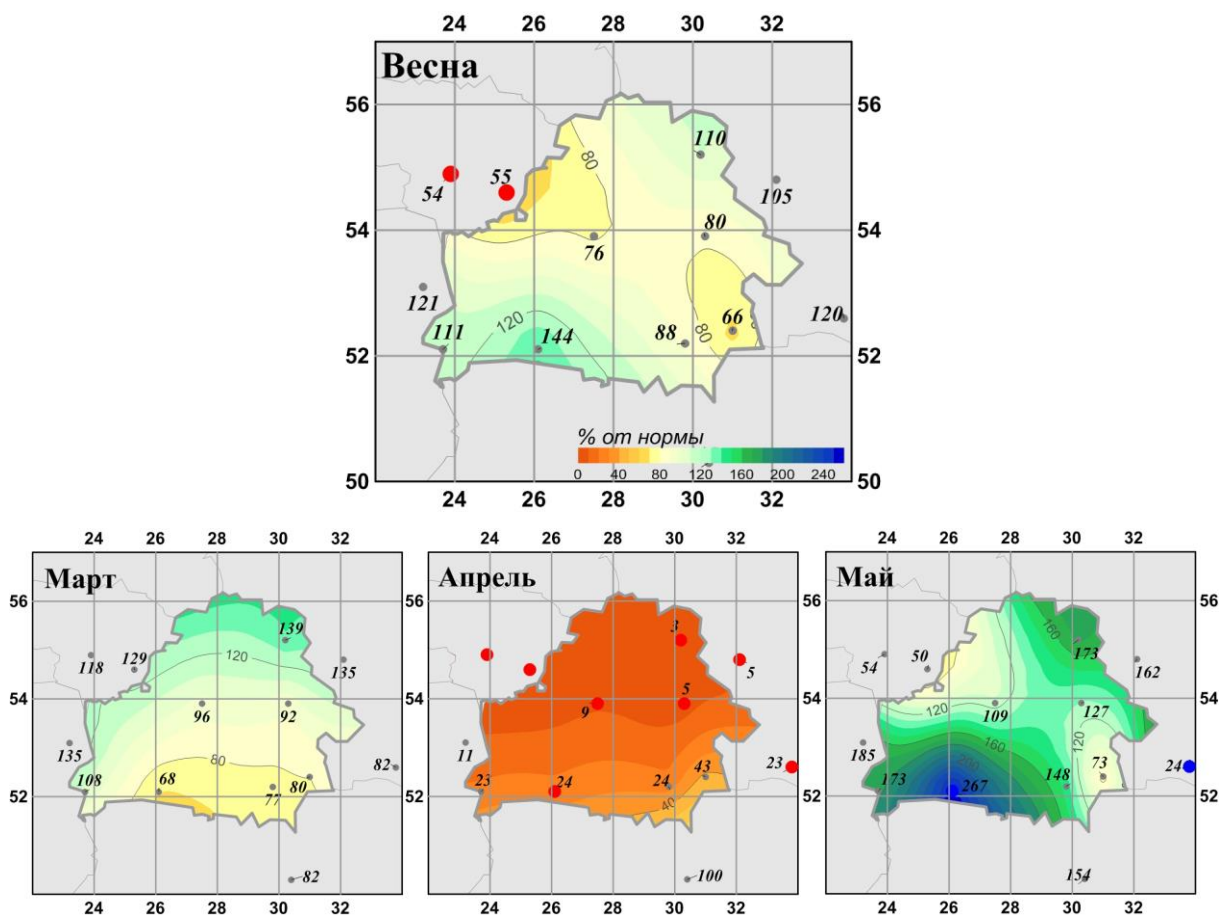


Рисунок 2 - Средние сезонные и месячные аномалии атмосферных осадков (% от нормы) на территории республики Беларусь весной 2019 г. Аномалии рассчитаны относительно периода 1961-1990 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) и осадков (в % от нормы) на станциях.

Таблица 3

Характеристики режима осадков на станциях Беларуси весной 2019 г.

	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Могилев</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	26666	26850	26863	33008	33019	33038	33041
а) Сумма осадков (мм/месяц)							
<i>Весна</i>	66.3	60.7	59.0	61.7	59.0	62.7	68.7
Март	54	40	32	33	20	26	26
Апрель	1	4	2	9	9	11	16
Май	144	138	143	143	148	151	164
б) Аномалия сумм осадков / (мм/месяц)							
<i>Весна</i>	4.3	-11.5	-8.7	4.9	17.6	-5.4	-13.5
Март	15	-1.8	-2.6	2.4	-9.6	-7.7	-6.4
Апрель	-37.8	-38.2	-38.3	-30.3	-28.3	-34.2	-21.2
Май	35.8	5.4	14.8	42.5	90.7	25.7	-13
в) Относительная аномалия сумм осадков (% от нормы)							
<i>Весна</i>	110	76	80	111	144	88	66
Март	139	96	92	108	68	77	80
Апрель	3	9	5	23	24	24	43
Май	173	109	127	173	267	148	73

На рисунках 3-6 показаны временные ряды осредненных по территории Беларуси сезонных и месячных аномалий температуры воздуха и осадков с 1936 по 2019 гг. В таблицах 4 и 5 приведены аномалии температуры и осадков, а также оценки трендов, в среднем по всей территории республики Беларусь.

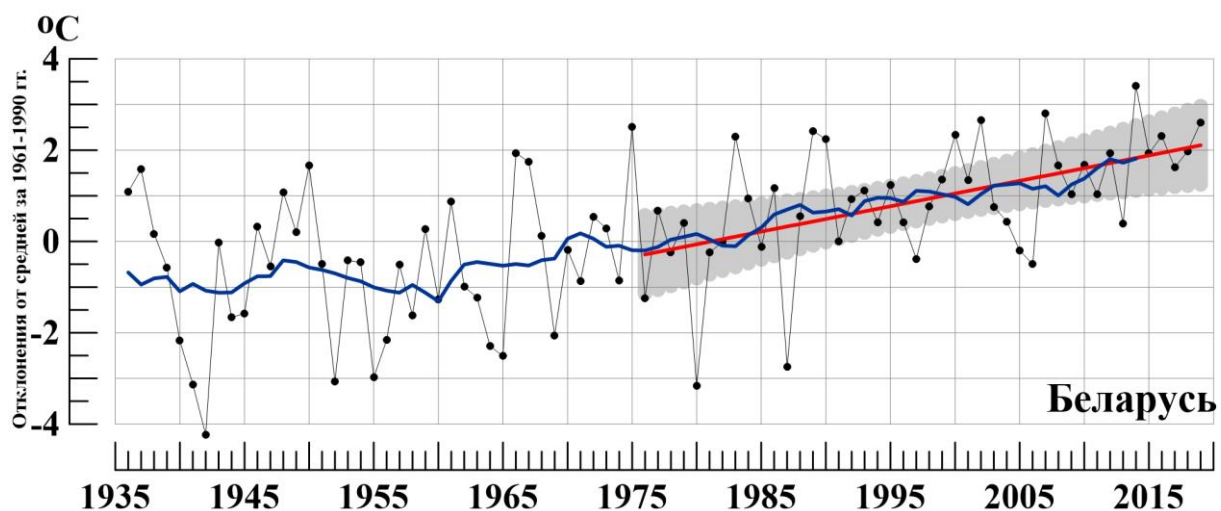


Рисунок 3 - Сезонные (март - май) аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2019 гг.

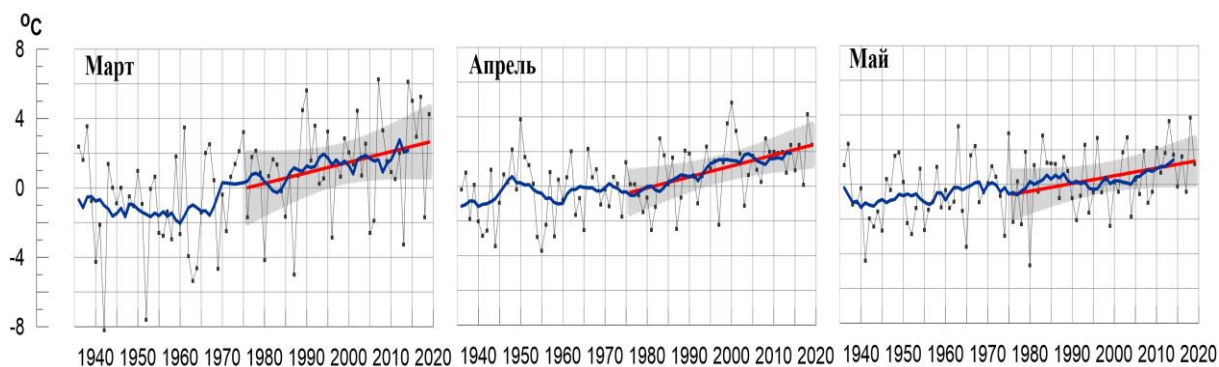


Рисунок 4 - Средние месячные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рисунке 3.

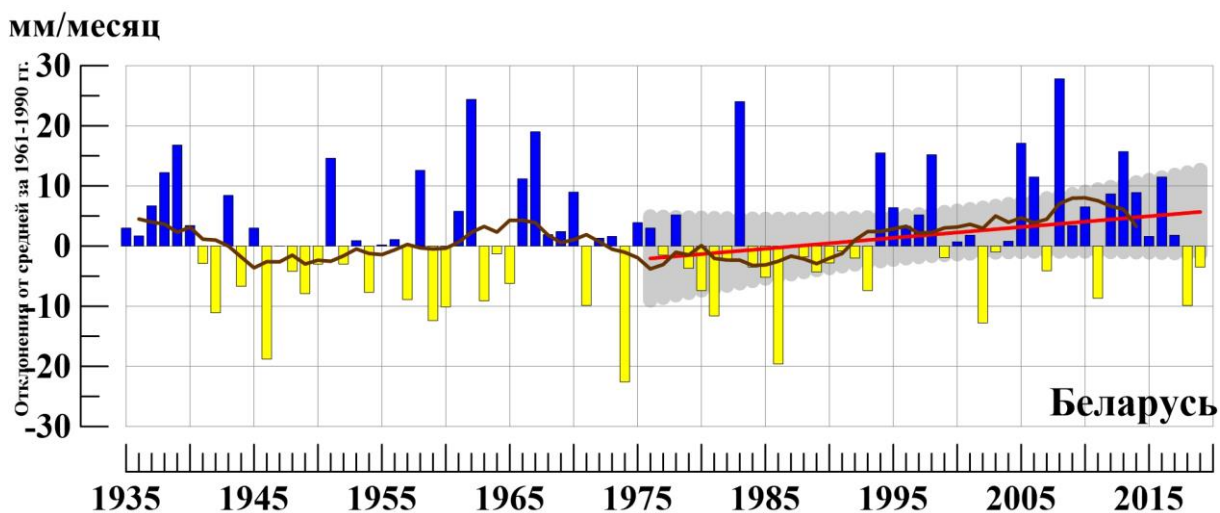


Рисунок 5 - Сезонные (март - май) аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рис. 3

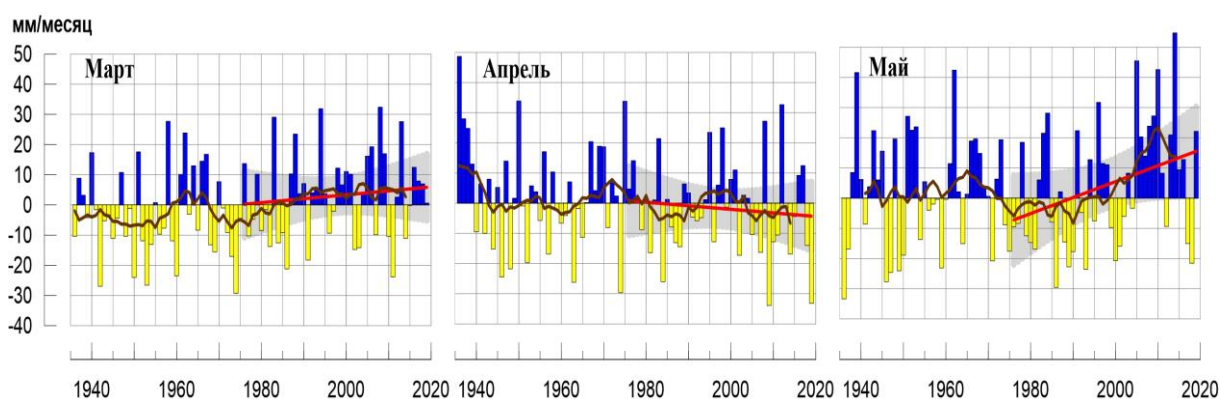


Рисунок 6 - Средние месячные аномалии атмосферных осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рисунке 3.

Таблица 4

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

	νT_{2019}	s	RR_{2019}	νR_{2019}	s
Весна	2.61	1.58	92	-3.5	10.6
Март	4.26	2.93	102	0.6	14.5
Апрель	2.38	1.51	18	-33.2	14.8
Май	1.18	1.95	141	22.1	17.4

Примечание: Аномалии νT_{2019} (°C), νR_{2019} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за период 1961-1990 гг.), RR_{2019} (%) – осадки в процентах от нормы, s (°C, мм/месяц), – среднее квадратическое отклонение

Таблица 5

Оценки линейного тренда 1976-2019 гг. в среднем по Республике Беларусь

Сезон	Температура		Осадки	
	$b_{1976-2019}$ °C/10 лет	$D_{1976-2019}$ %	$b_{1976-2019}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2019}$ %
Весна	0.56	28	1.8	6
Март	0.61	8	1.3	1
Апрель	0.63	23	-0.2	1
Май	0.44	10	5.3	11