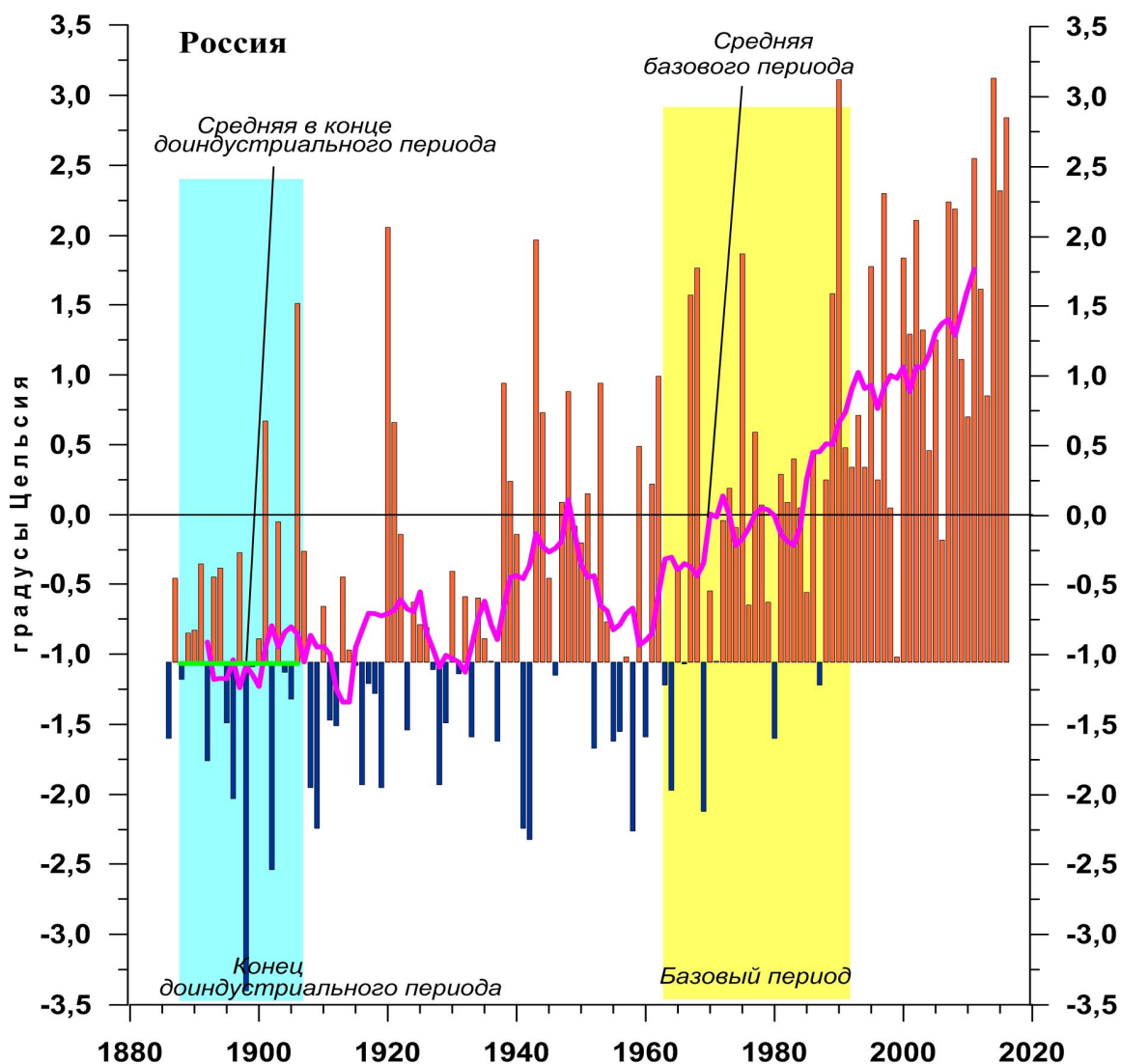


ФГБУ «Институт Глобального Климата и Экологии»



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2016

ВЕСНА: март - май

Обзор состояния и тенденций изменения
климата России

★
Москва 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ¹

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ (весенний сезон).....	6
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕСНЫ 2016 г. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	7
3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В ВЕСЕННИЙ СЕЗОН.....	14
4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ВЕСЕННЕГО СЕЗОНА В РЕГИОНАХ РОССИИ, 1936-2016 гг.....	19
5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2016 гг. (весенний сезон)	23
ВЫВОДЫ	26
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности весны 2016 г. на территории Республики Беларусь	28

¹ На обложке приведен ход средней сезонной аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2016 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 базовом архиве ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН». Архив включает данные инструментальных наблюдений на 1383 станциях земного шара, в том числе 455 станций стран СНГ и Балтии (из них 310 станций России). В настоящем выпуске использованы данные 254 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 наблюденного 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.

Аналогично, для каждого региона по данным о стационарных 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 неперевышения значения X_0 , как и обеспеченностью. Региональные индексы экстремальности определяются как доля площади региона, где вероятности неперевышения $F(X_0) \leq \alpha\%$ 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 Росгидромета и РАН»** с использованием материалов НИУ Росгидромета: ФГБУ «Гидрометцентр РФ» и ФГБУ

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

«ВНИИГМИ-МЦД». Дополнительная информация по проблеме изменений климата и годовые и сезонные бюллетени мониторинга климата регулярно размещаются на Интернет-сайтах <http://climatechange.igce.ru>, <http://climatechange.su> (ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»).

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

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 2016: 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 Росгидромета и РАН». Представлен также линейный тренд за 1976-2016 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.

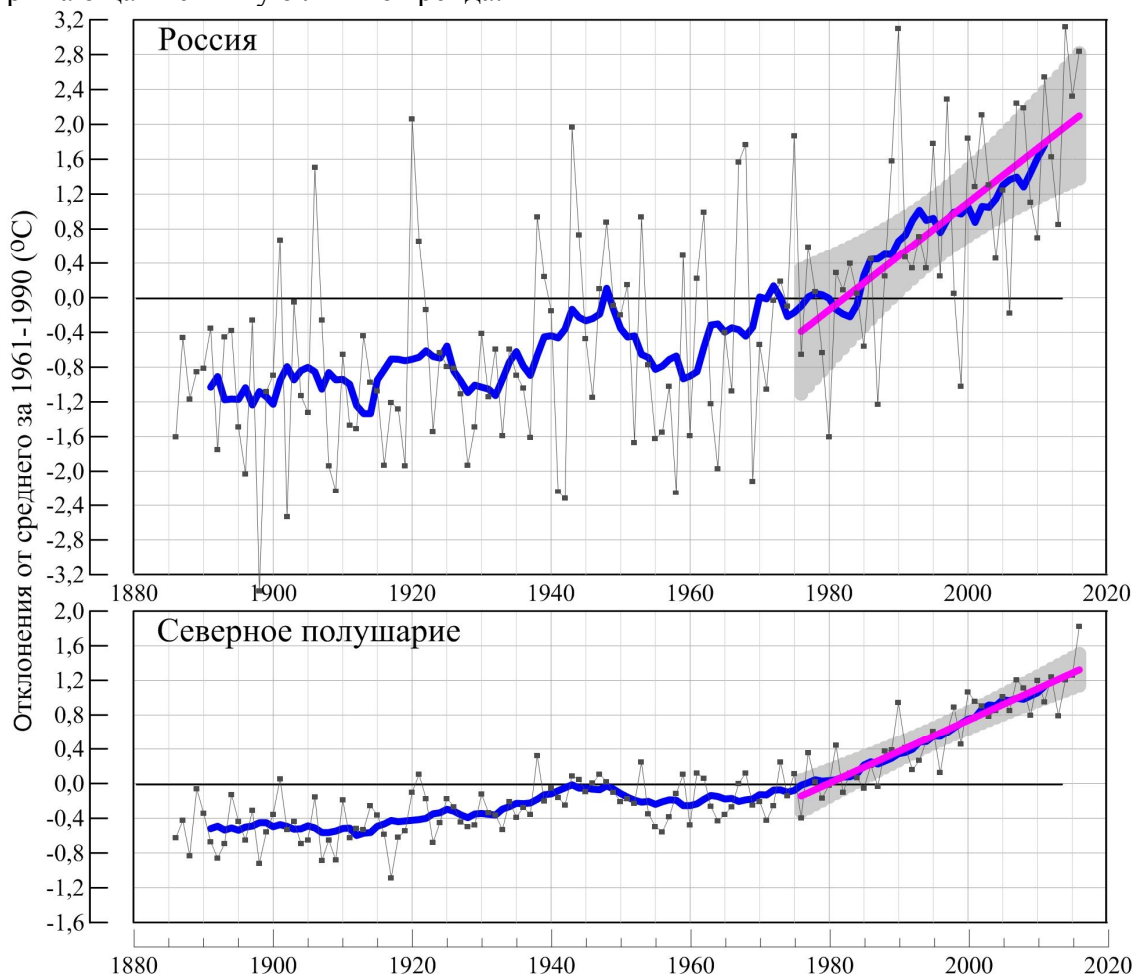


Рисунок 1.1 – Сезонная аномалия (весна: март - май) температуры приземного воздуха, осредненная по Северному полушарию (суша) и территории России за 1886-2016 гг.

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 1976-2016 гг. Используются данные Университета Восточной Англии (СП) и данные ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» (Россия).

Аномалия температуры воздуха над сушей СП весной составила $+1.82^{\circ}\text{C}$ (при стандартном отклонении 0.18°C) – рекордная величина в ряду с 1886 г. Предыдущий рекорд зафиксирован весной 2015 г.: $+1.26^{\circ}\text{C}$ – разность составляет 0.56°C .

Для России в целом средняя сезонная аномалия температуры приземного воздуха составила $+2.84^{\circ}\text{C}$ при величине стандартного отклонения 1.19°C – третья величина в ряду с 1886 г. (Рекордная аномалия зафиксирована в 2014 году: $+3.12^{\circ}\text{C}$, затем идет 1990 г. ($+3.11^{\circ}\text{C}$)).

Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений весенних температур за период 1976-2016 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 1976-2016 гг.

Регионы	νT_{2016}	$s_{1961-90}$	$b, ^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$	$D \%$
СП	1.82	0.18	0.37	78
Россия	2.84	1.19	0.62	39

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

2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕСНЫ 2015 ГГ. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

На рис. 2.1 и 2.2 представлены карты сезонных и месячных аномалий температуры и осадков на территории России весны 2015 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 2016 года было экстремально тепло на большей части страны (осредненная по РФ аномалия $+2.84^{\circ}\text{C}$ – третья величина с 1936 года), аномалии на севере ЕЧР и Западной Сибири до 5°C . Осредненные по всем федеральным округам аномалии – среди десяти самых крупных. 95%-е экстремумы повсеместно отмечались в ЕЧР (за счет всех месяцев сезона) и в Западной Сибири (в основном, за счет апреля).

Распределение средних сезонных температур на рис. 2.2 позволяет проследить рассмотренные особенности несколько под другим углом. Сезонные изотермы смещены на север от своего климатического положения примерно на 5°C - 7°C (на юге страны несколько больше, чем на севере).

Март. Осредненная по РФ аномалия температура составила 3.74°C - шестая величина в ряду. Тепло практически на всей территории страны кроме Чукотки. Очень

тепло (аномалии выше 3°C) на юге ЕЧР (осредненные по Приволжскому и Южному ФО аномалии: 3.68°C и 4.33°C – пятая и четвертая величины в соответствующих рядах); а в АЧР - к востоку от Оби и до Чукотки (осредненная по Сибирском ФО аномалия 4.97°C - пятая величина в ряду, максимальная аномалия зафиксирована в Иркутской области на станции Жигалово: 7.1°C). На многих станциях юга РФ отмечались 95%-е экстремумы.

На Чукотке холодно, минимальная аномалия зафиксирована на станции Марково: -1.8°C .

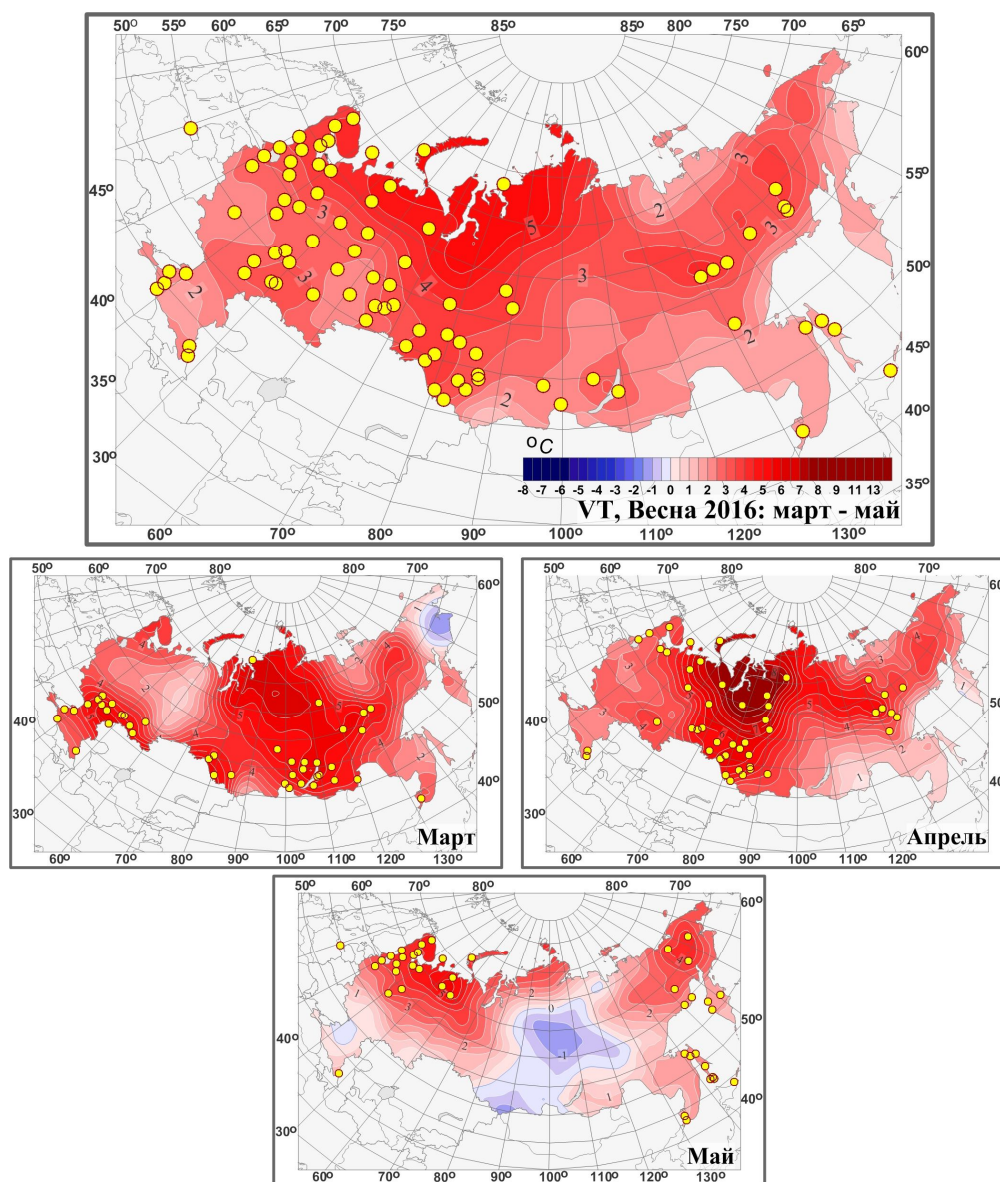


Рисунок 2.1 – Поля средней сезонной и средних месячных аномалий температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России весной 2015 г. Кружками белого цвета показано местоположение станционных экстремумов ниже 5-го перцентиля, желтого – выше 95-го перцентиля.

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

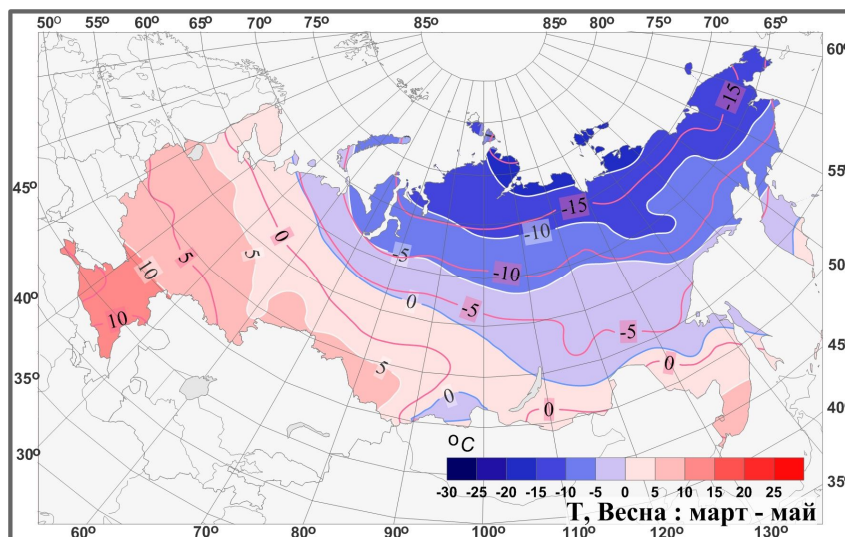


Рисунок 2.2 – Поля средней сезонной температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России весной 2016 гг. Розовые изолинии: средние изотермы за период 1961-1990 гг.

Апрель. Апрель – экстремально теплый месяц в сезоне, тепло всюду: на большей части страны аномалии выше 3°C , осредненная по РФ аномалия температуры: $+3.42^{\circ}\text{C}$ – вторая величина в ряду после рекордного апреля 1997 года ($+3.52^{\circ}\text{C}$). Экстремально тепло (на многих станциях отмечались 95% экстремумы) в Уральском и Сибирском ФО (осредненная по Уральскому ФО аномалия: $+5.92^{\circ}\text{C}$ – четвертая в ряду, максимальная аномалия зафиксирована на станции Тазовское Ямало-Ненецкого АО: 9.2°C). Очень тепло на севере Северо-Западного ФО (осредненная по ФО аномалия $+3.69^{\circ}\text{C}$ – пятая в ряду).

Незначительная область отрицательных температур наблюдается на Камчатке (на станции Ича аномалия -0.5°C).

Май. Осредненная по России аномалия температуры $+1.36^{\circ}\text{C}$.

Тепло в ЕЧР (кроме Ростовской области), 95%-е экстремумы отмечались на многих станциях СЗФО, аномалии в северных районах до 5°C (осредненная по СЗФО аномалия 4.16°C – максимум в ряду наблюдений с 1936 года); в Западной Сибири; на Таймыре; в Восточной Сибири (2.39°C – пятая величина в ряду); в Забайкалье; в Приамурье и Приморье.

На большей части Сибирского ФО (кроме Таймыра и Забайкалья) холодно, аномалии до -1.4°C .

Атмосферные осадки. В целом за сезон осредненные по территории РФ осадки составили 119% нормы – седьмая величина в ряду.

Избыток осадков (более 160% нормы) наблюдался в центре и юге ЕЧР (экстремальный избыток осадков наблюдался в Центральном ФО (за счет всех весенних месяцев) – выпало 143% нормы – третья величина в ряду, на многих станциях выпало более двух сезонных норм или более 95-го перцентиля: так в Воронеже 258%, в Тамбове 247%). Избыток осадков (более 120% нормы, в основном, за счет марта и мая) наблюдался на большей части Дальневосточного ФО (кроме побережья Северного

Ледовитого океана, Чукотки и Камчатки). Осредненные по Дальневосточному ФО осадки: 125% нормы – четвертая величина в ряду, экстремальное количество осадков (95%-е экстремумы) - в Якутии, в Хабаровском крае, в Приморье; максимальное количество осадков выпало в Приморском крае на станции Дальнереченск: 220% нормы.

Значительный дефицит осадков (80%-60%, за счет марта и апреля) наблюдался на побережье моря Лаптевых и далее на северо-востоке страны (на нескольких станциях отмечены 5%-е экстремумы), дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался на севере ЕЧР и в центральных районах Сибири.

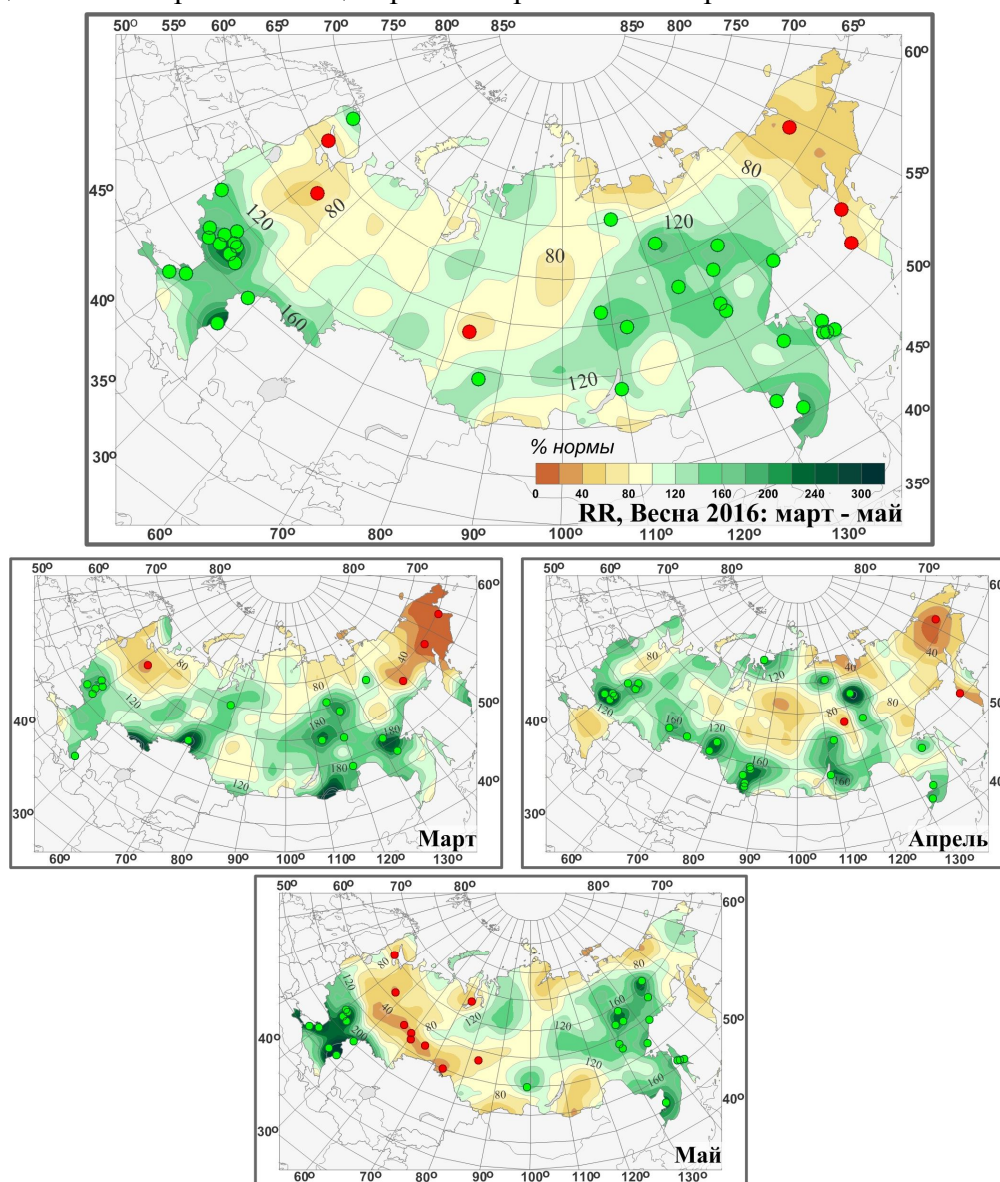


Рисунок 2.3 – Поля аномалий средних сезонных и месячных сумм осадков (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.) на территории России весной 2016г. (март – май). Кружками красного цвета показаны станционные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го перцентиля.

Март.

Осредненные по РФ осадки 119% нормы. Избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался в центральных и южных районах страны: на ряде станций центра ЕЧР,

Южного Урала, бассейнов рек Лены и Алдана отмечались 95%-е экстремумы осадков (наибольшее количество осадков зафиксировано в Тюменской области на станции Ишим: 409% нормы). Осредненные по региону Средняя Сибирь осадки 134% нормы – девятая величина в ряду.

Значительный дефицит осадков (20%-80% нормы) наблюдался на северо-востоке страны, на нескольких станциях осадков в марте не выпало совсем. Дефицит осадков (60%-80% нормы) наблюдался в Северо-Западном ФО.

Апрель. Осредненные по России осадки: 118%. Избыток осадков наблюдался на большей части ЕЧР (кроме Южного ФО и западных районов Архангельской и Вологодской областей) и далее, в южных районах АЧР, в течении Лены (кроме нижнего течения), а также вдоль побережья Карского моря. Экстремальный избыток осадков (более двух норм или более 95-го перцентиля) отмечался на ряде станций Центрального ФО (в Воронеже и Тамбове более трех норм), юга Сибири, бассейна Лены.

Сильный дефицит осадков (20%-80%) наблюдался в центре Сибири на северо-востоке страны (на нескольких станциях осадков не выпало совсем).

Дефицит осадков (40%-80%) наблюдался в Южном ФО.

Май. Осредненные по РФ осадки 120% - 7-ая величина в ряду.

Значительный избыток осадков наблюдался в южных районах ЕЧР, экстремальный избыток (более трех норм или более 95-го перцентиля) в ряде районов Центрального и Южного ФО (осредненные осадки по Южному ФО 201% -ранг 2), в Крымском ФО (229% - ранг 2), максимальное количество осадков зафиксировано в Астрахани (509% нормы). Значительный избыток осадков (более 160% нормы) наблюдался также в Дальневосточном ФО (144% нормы – ранг 3), на многих станциях Якутии, Хабаровского края и Сахалина отмечались 95%-е экстремумы (максимальное количество осадков выпало на станции Якутии Зырянка: 318%). Избыток осадков (более 120%) наблюдался в междуречье нижних течений Оби и Енисея.

Значительный дефицит осадков (менее 80%) наблюдался в северных районах ЕЧР (осредненные по СЗФО осадки 70% - пятая среди наименьших величин в ряду), и далее, на Южном Урале, на юге Сибирского ФО, а также на побережье моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря, и на Камчатке. На многих станциях Южного Урала отмечались 5% экстремумы. Наименьшее количество осадков выпало на станциях Тюмень и Омск: 15% нормы.

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 превышения) региональных аномалий по данным за 1936-2014 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) была третьей среди теплых лет в ряду наблюдений с 1936 года, аномалия температуры составила +2.84°C. Осредненные по всем федеральным округам аномалии – среди десяти самых крупных. Из регионов следует отметить ЕЧР (2.80°C – ранг 3) и Западную Сибирь (3.59°C – ранг 4). Из месяцев сезона выделяется апрель – аномалия 3.42°C – вторая в ряду (особенно тепло в Западной Сибири (5.68°C – ранг 3) и в СЗФО (3.69°C – ранг 5)).

Таблица 2.1

Регионально осредненные аномалии температуры весной 2016 г.

Регионы	νT_{2016}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2016})$
Российская Федерация	2.84	1.19	97.5
Физико-географические регионы России			
Европейская часть России	2.80	1.44	97.5
Азиатская часть России	2.86		95.0
Западная Сибирь	3.59	1.62	96.2
Средняя Сибирь	3.11	1.66	92.5
Прибайкалье и Забайкалье	2.36	1.39	91.3
Приамурье и Приморье	1.74	1.15	90.0
Восточная Сибирь	2.66	1.23	93.8
Федеральные округа РФ			
Северо-Западный	3.51	1.54	98.8
Центральный	2.47	1.68	95.0
Приволжский	2.69	1.70	96.2
Южный	2.30	1.47	97.5
Северо-Кавказский	1.84	0.96	97.5
Уральский	3.73	1.75	95.0
Сибирский	2.94	1.47	93.8
Дальневосточный	2.52	1.23	92.5
Крымский	2.14	1.13	97.5

Примечание: 1. Аномалии νT_{2016} (°C) рассчитаны как отклонения от нормы 1961-1990 гг.; s (°C) – среднее квадратическое отклонение за базовый период; вероятности превышения $P(t \leq T_{2016})$ рассчитаны по выборке за 1936-2015 гг. и выражены в %. Выделены экстремальные значения, попавшие в 5% максимальных. **Таблица 2.1.1**

Регионально осредненные аномалии температуры в весенние месяцы.

Регионы	Март			Апрель			Май		
	vT_{2016}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2016})$	vT_{2016}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2016})$	vT_{2016}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2016})$
Российская Федерация	3.74	2.07	93.8	3.42	1.40	98.8	1.36	0.89	85.0
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	3.22	2.54	90.0	3.00	1.99	90.0	2.15	1.59	85.0
Азиатская часть России	3.95		91.3	3.59		95.0	1.05	1.24	75.0
Западная Сибирь	3.81	2.84	90.0	5.68	2.49	97.5	1.32	1.77	66.3
Средняя Сибирь	5.23	3.12	93.8	4.21	2.05	93.8	-0.11	1.20	32.5
Прибайкалье и Забайкалье	4.92	2.57	95.0	1.85	1.78	77.5	0.32	1.08	53.8
Приамурье и Приморье	2.57	1.93	90.0	1.22	1.49	80.0	1.44	1.05	91.3
Восточная Сибирь	2.64	2.12	82.5	2.89	1.58	86.3	2.39	1.16	95.0
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	2.62	3.20	83.7	3.69	2.00	95.0	4.16	1.89	100
Центральный	3.20	2.81	87.5	2.63	2.09	87.5	1.58	2.10	77.5
Приволжский	3.68	2.83	95.0	3.01	2.55	87.5	1.37	1.81	73.8
Южный	4.33	2.62	96.2	2.31	2.14	91.3	0.26	1.54	58.7
Северо-Кавказский	2.93	1.91	92.5	2.06	1.61	91.3	0.51	1.12	70.0
Уральский	3.18	3.30	86.3	5.92	2.74	96.2	2.12	1.93	76.2
Сибирский	4.97	2.76	95.0	3.73	1.99	92.5	0.14	1.02	41.2
Дальневосточный	3.28	2.04	87.5	2.76	1.47	92.5	1.52	1.09	83.7
Крымский	3.63	2.23	96.2	2.61	1.73	95.0	0.17	1.39	57.5

Весна (табл. 2.2) в РФ в целом была влажной, количество выпавших осадков составило 116% нормы. Весенние осадки, осредненные по АЧР: 116% нормы – пятая величина в ряду (особенно много осадков выпало в Приамурье и Приморье (140% - ранг 5)). В ЕЧР много осадков выпало в Центральном ФО: 143% - ранг 3).

Из месяцев следует отметить май. В ЕЧР много осадков выпало в ЮФО (201% - ранг 2) и в Крымском ФО (229% - ранг 2); а в СЗФО выпало лишь 70% нормы – пятая среди наименьших величин. В АЧР в мае много осадков выпало в Приамурье и Приморье (152% - ранг 5), в Восточной Сибири (135% - ранг 4).

Таблица 2.2

Регионально осредненные аномалии осадков весной 2016 г.

Регионы	vR_{2016}	RR_{2016}	m	$m-q1$	$q3-m$	$P(r \leq R_{2016})$
Российская Федерация	4.3	116	-0.1	1.6	2.2	92.5
Физико-географические регионы России						
Европейская часть России	5.1	114	-0.3	2.9	2.2	78.8
Азиатская часть России	3.9	116	0.3	1.9	1.6	95.0
Западная Сибирь	2.2	108	0.6	4.5	3.3	57.5
Средняя Сибирь	4.1	119	-0.2	1.7	2.1	92.5
Прибайкалье и Забайкалье	2.3	112	0.2	2.6	1.3	71.2
Приамурье и Приморье	15.2	140	-0.2	4.5	4.3	95.0
Восточная Сибирь	0.9	104	-0.6	2.0	2.9	63.7
Федеральные округа РФ						
Северо-Западный	-5.4	84	-1.2	1.8	5.6	13.7

Центральный	16.8	143	1.0	7.0	4.0	97.5
Приволжский	7.2	122	0.7	5.9	3.8	80.0
Южный	14.6	137	-0.7	5.1	6.7	88.7
Северо-Кавказский	-1.6	97	2.2	3.9	9.2	43.8
Уральский	2.3	108	0.2	4.5	2.8	56.3
Сибирский	2.1	109	0.0	1.5	2.5	65.0
Дальневосточный	6.0	125	-0.6	0.6	1.8	96.2
Крымский	22.4	160	-0.04	1.10	0.84	100

Примечание: 1. Аномалии vR_{2015} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за базовый период 1961-1990 гг.), RR_{2016} - отношение R_{2015} к норме, выраженное в %, $q1$, $q3$ и m - соответственно первый, третий квартиль и медиана аномалий (мм/месяц) за базовый период; вероятности неперевышения $P(r \leq R_{2016})$ - рассчитаны по выборке за 1936-2015 гг. и выражены в %. Выделены экстремальные значения, попавшие в 5% максимальных.

Таблица 2.2.1

Регионально осредненные аномалии осадков в весенние месяцы.

Регионы	Март			Апрель			Май		
	vR_{2016}	RR_{2016}	$P(r \leq R_{2016})$	vR_{2016}	RR_{2016}	$P(r \leq R_{2016})$	vR_{2016}	RR_{2016}	$P(r \leq R_{2016})$
Российская Федерация	3.6	119	71.2	4.7	118	90.0	4.8	113	75.0
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	2.1	107	51.2	8.5	124	87.5	5.0	111	57.5
Азиатская часть России	4.1	127	83.7	3.1	113	86.3	4.7	113	82.5
Западная Сибирь	5.6	130	73.8	10.0	138	91.3	-9.0	77	7.5
Средняя Сибирь	4.7	134	91.3	0.6	103	58.7	7.3	124	85.0
Прибайкалье и Забайкалье	3.7	142	88.7	7.4	141	91.3	-4.2	87	30.0
Приамурье и Приморье	6.2	133	82.5	9.8	125	88.7	29.5	152	95.0
Восточная Сибирь	1.2	108	55.0	-7.3	59	11.2	8.8	135	96.2
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	-8.4	70	21.3	5.3	116	71.2	-12.3	70	5.0
Центральный	11.6	136	80.0	18.8	149	93.8	20.0	142	87.5
Приволжский	8.2	131	73.8	15.1	146	90.0	-1.8	95	42.5
Южный	2.4	107	52.5	-5.4	86	30.0	46.8	201	98.8
Северо-Кавказский	3.6	108	58.7	-15.2	73	18.8	6.7	110	56.3
Уральский	9.6	148	82.5	5.2	119	76.2	-8.0	79	13.8
Сибирский	3.0	121	76.2	6.6	131	90.0	-3.3	91	33.8
Дальневосточный	3.4	123	73.8	0.1	100	67.5	14.5	144	97.5
Крымский	-0.4	99	46.3	13.9	140	80.0	53.8	229	98.8

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 1976-2016 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 $+1.4^{\circ}\text{C}/10$ лет на Таймыре), в Чукотском АО (до $+1.4^{\circ}\text{C}/10$ лет вблизи побережья Восточно-Сибирского моря). На большей части ЕЧР, юге Якутии, в Приамурье и в Приморье, на Сахалине весенние температуры растут значительно слабее (до $+0.4^{\circ}\text{C}/10$ лет).

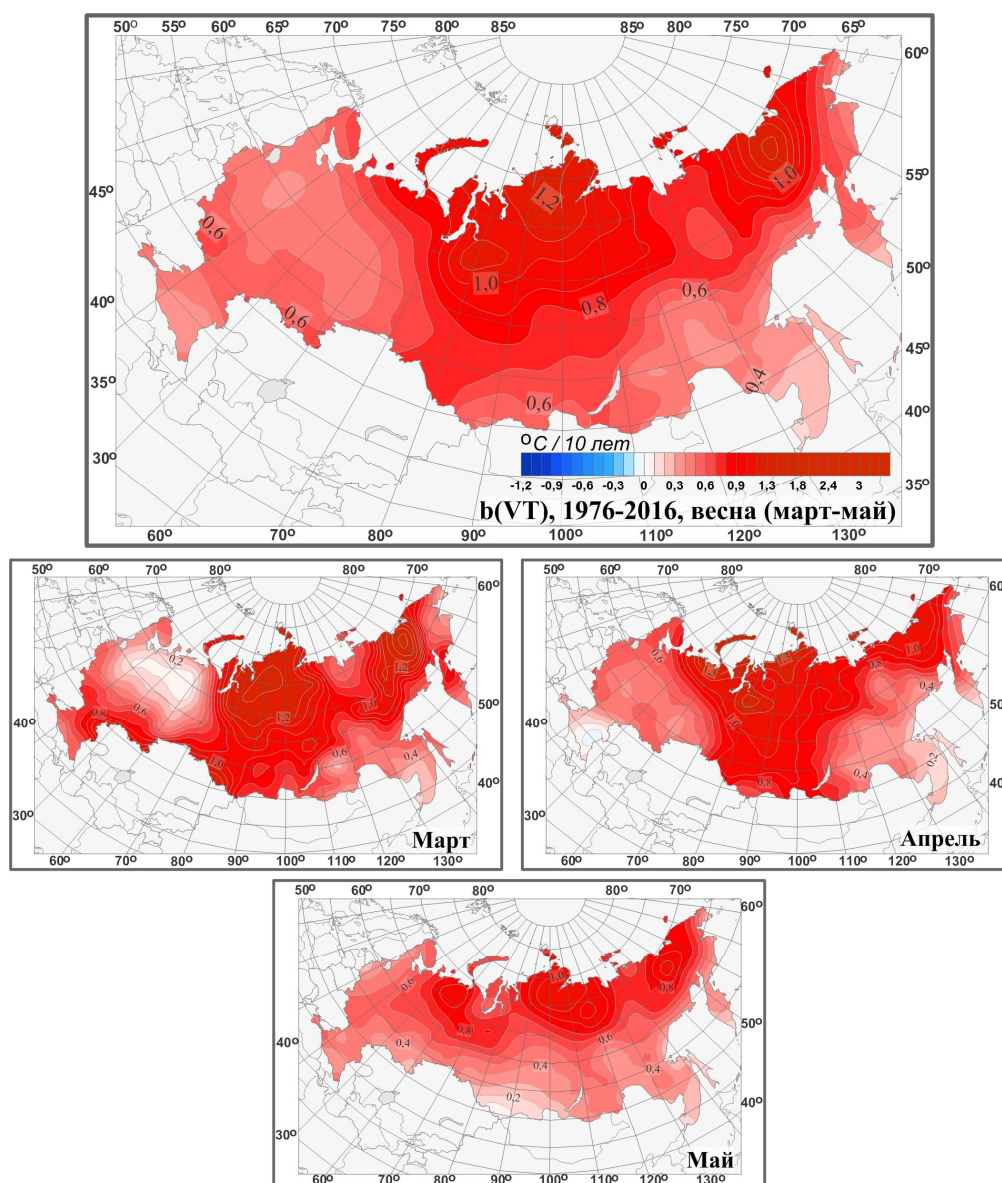


Рисунок 3.1 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий температуры ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) на территории России по данным за 1976-2016 (весна)

Рост температуры наблюдается во все месяцы сезона практически на всей

территории РФ.

Наибольший рост температуры наблюдается в марте: в Западной и Средней Сибири (до $+1.2^{\circ}\text{C}/10$ лет), а также на северо-востоке (до $+1.8^{\circ}\text{C}/10$ лет), в апреле: на севере страны (до $+1.2^{\circ}\text{C}/10$ лет), в мае: на севере Средней Сибири (до $+1.2^{\circ}\text{C}/10$ лет).

В марте на севере европейской части страны наблюдается область, где похолодания практически нет (в оценках за период 1976-2014 гг. в этой области наблюдалось похолодание до $-0.2^{\circ}\text{C}/10$ лет). В апреле на территории Северо-Кавказского ФО наблюдается слабое похолодание.

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 западе Прикаспийской низменности, на Южном Урале, на востоке Якутии, в бассейне Анадыря. Рост осадков на большей части территории РФ наблюдается во все весенние месяцы.

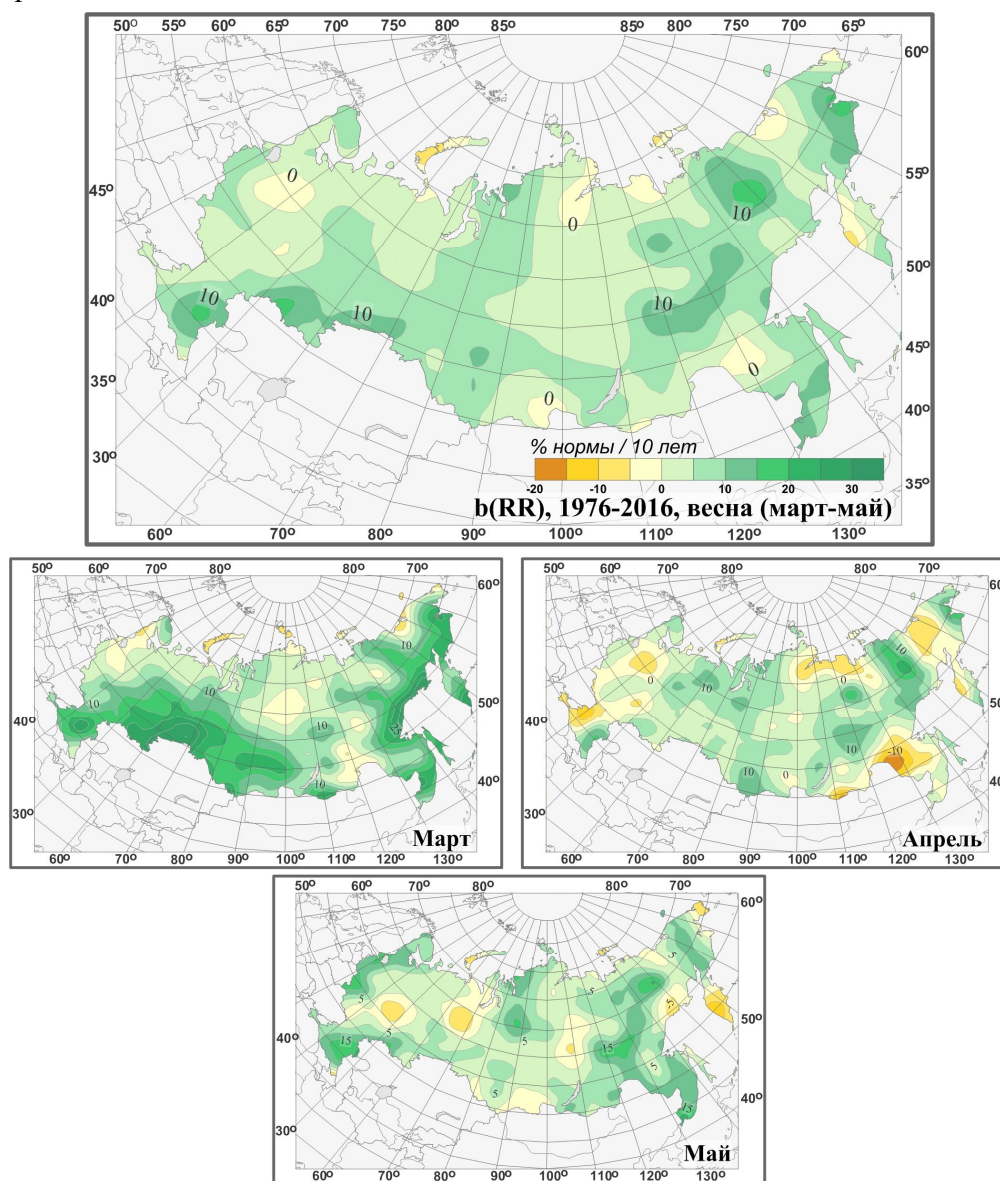


Рисунок 3.2 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий осадков (% нормы /10 лет) на территории России по данным за 1976-2016 (весна).

В *марте* на большей части РФ наблюдается существенный рост осадков. Наиболее интенсивный рост (более 20%/10 лет) происходит на юге ЕЧР, на Среднем и Южном Урале и юге Западной и Средней Сибири, на востоке Якутии, вдоль побережья морей Тихого океана. Уменьшение осадков наблюдается на Среднесибирском плоскогорье (незначительное), в верхнем течении Амура (довольно значительное).

Характерной особенностью изменения *апрельских* осадков является наличие нескольких крупных областей убывания осадков. Осадки убывают на большей части европейской России, особенно в юго-западных районах (до -10%/10 лет); в Амурской области наблюдается более значительное убывание (до -20%/10 лет); осадки также убывают на севере Сибири вдоль моря Лаптевых, на западе Чукотского АО и Камчатского края. На западном побережье Каспийского моря, на Северном Урале и в нижнем течении Оби и Енисея, в Якутии, на востоке Чукотки 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 востоке Чукотки в мае наблюдается уменьшение осадков.

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

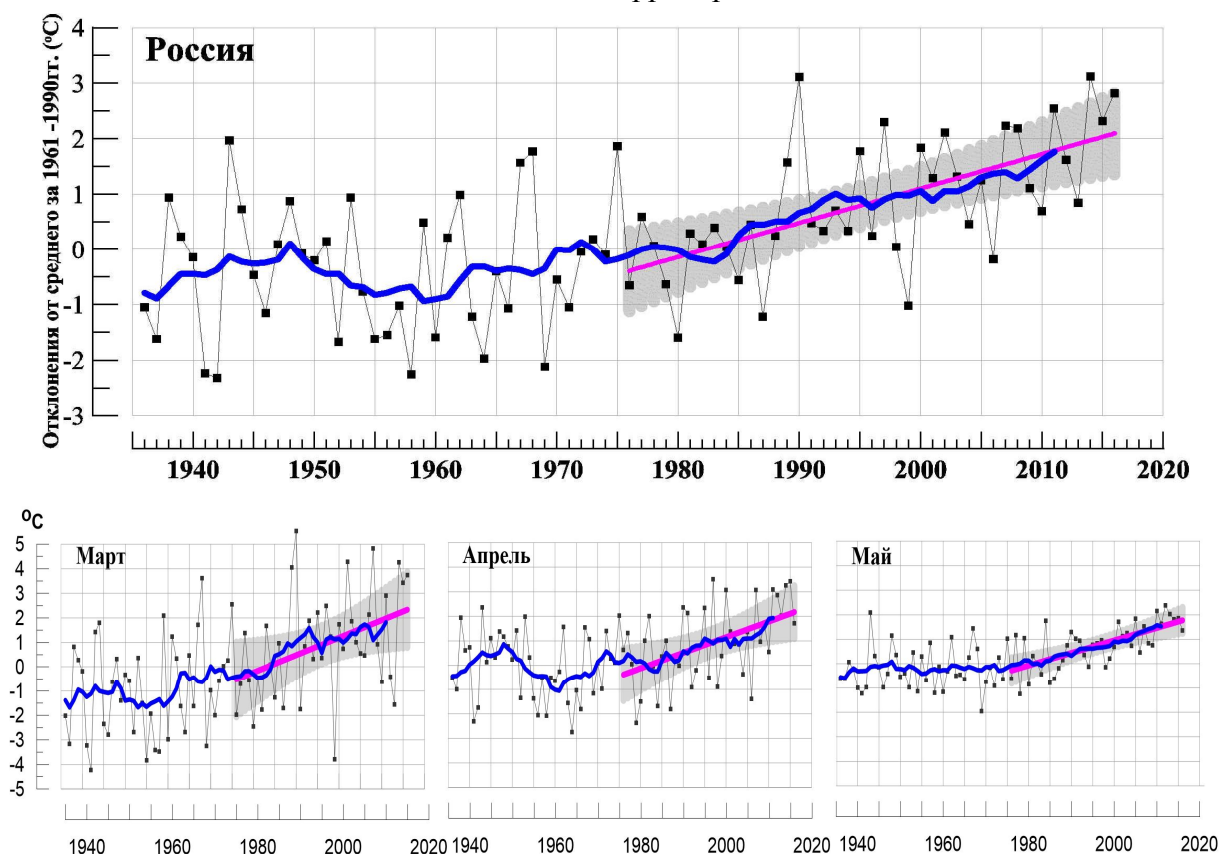


Рисунок 3.3 – Аномалия средней сезонной (вверху) и для месяцев сезона температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) осредненная по территории РФ.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2015 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 1976-2016 гг.

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

Регион Российская Федерация	Температура		Осадки	
	<i>b</i> °C/10 лет	<i>D</i> , %	<i>b</i> мм/мес/10 лет	<i>D</i> , %
Весна	0.62	39	1.6	32
Март	0.71	16	2.3	31
Апрель	0.64	24	0.5	3
Май	0.51	46	2.0	22

Тренд средней по России весенней температуры за период 1976-2016 гг. положителен: он составляет 0.62°C/10 лет, объясняет 39% межгодовой изменчивости (табл. 3.1): тренд значим на 1%-м уровне, как и тренды мартовских, апрельских и майских температур. В марте с начала 1990-х гг. наблюдается замедление роста температуры (сглаженная кривая на рис. 3.3).

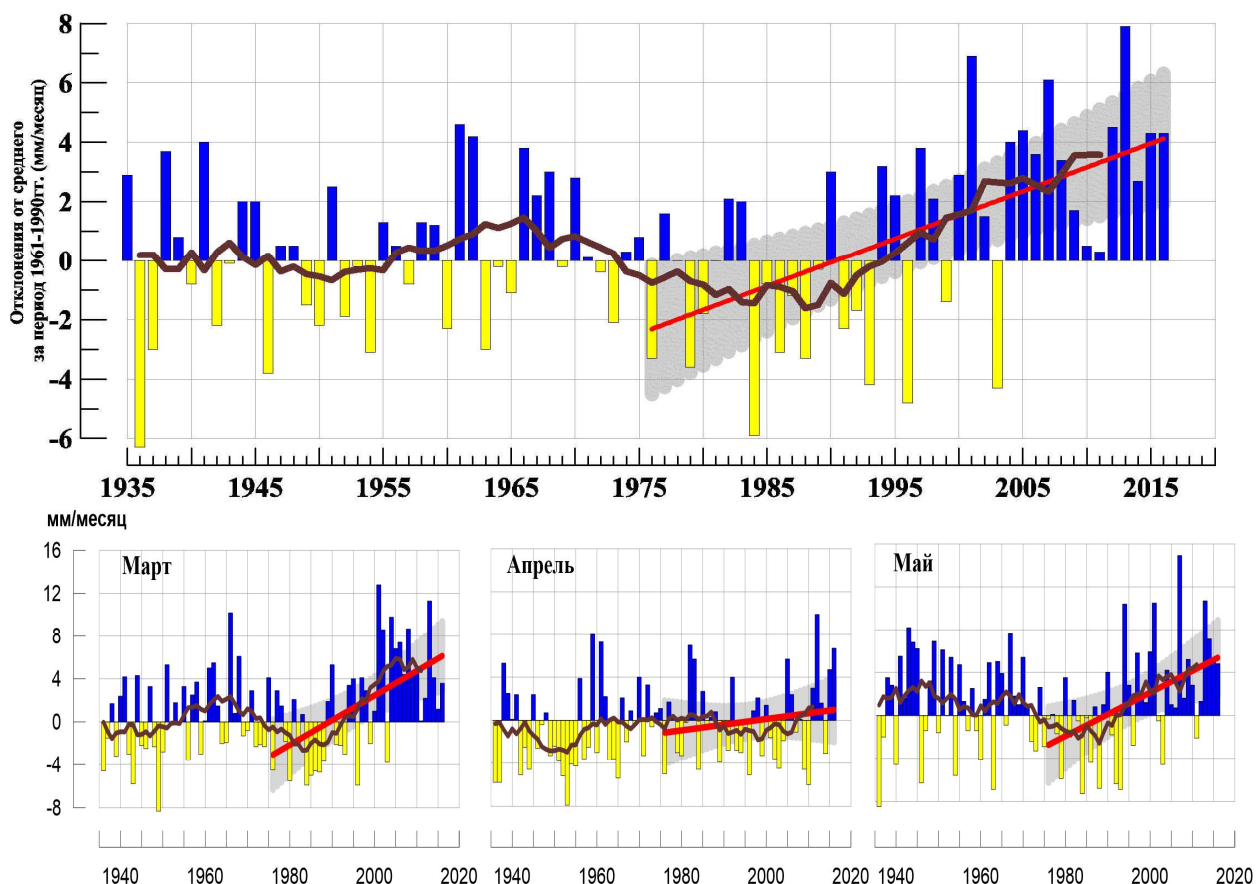


Рисунок 3.4 – То же, что на рис. 3.3, но для атмосферных осадков (мм/мес).

Тренд сезонных сумм осадков составляет 1.6 (мм/мес) / 10 лет и объясняет 32% 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 1936-2016 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 ($^{\circ}\text{C}$) и месячных сумм осадков (мм/месяц) весеннего сезона за 1936 – 2016 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2016 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 1976-2016 гг. (весенний сезон),

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

Регионы	Температура		Осадки		
	b $^{\circ}\text{C}/10$ лет	D , %	b мм/мес/10 лет	b , %/10 лет	D , %
Россия	0.62	39	1.6	5.9	32
Физико-географические регионы России					
Европейская часть России	0.49	25	1.7	4.7	15
Азиатская часть России	0.67	37	1.6	6.4	35
Западная Сибирь	0.74	29	2.2	7.8	28
Средняя Сибирь	0.77	31	1.1	5.4	26
Прибайкалье и Забайкалье	0.56	22	0.9	6.3	7
Приамурье и Приморье	0.33	13	2.4	6.5	11
Восточная Сибирь	0.72	35	1.3	6.5	23
Федеральные округа РФ					
Северо-Западный	0.51	19	1.3	3.6	8
Центральный	0.51	21	1.6	4.1	5
Приволжский	0.51	20	1.8	5.5	8
Южный	0.49	21	2.0	5.2	8
Северно-Кавказский	0.35	20	2.7	5.0	8
Уральский	0.72	23	2.2	7.9	22
Сибирский	0.71	32	1.3	5.5	18
Дальневосточный	0.62	34	1.6	6.7	33
Крымский	0.49	24	0.6	1.6	0

В таблице 4.1 приведены оценки линейных трендов регионально осредненных значений температуры и осадков за 1976-2016 гг. для физико-географических регионов и федеральных округов РФ. Во всех регионах в среднем за период 1976-2016 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. С середины 1990-х гг. рост температуры в Прибайкалье и Забайкалье, в Приамурье и Приморье, в Сибирском ФО весенние температуры остаются примерно постоянными.

По сравнению с периодом 1976-2015 гг. во всех регионах и федеральных округах наблюдается увеличение трендов на $0.02^{\circ}\text{C}-0.03^{\circ}\text{C}/10$ лет за счет аномально теплой весны.

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).

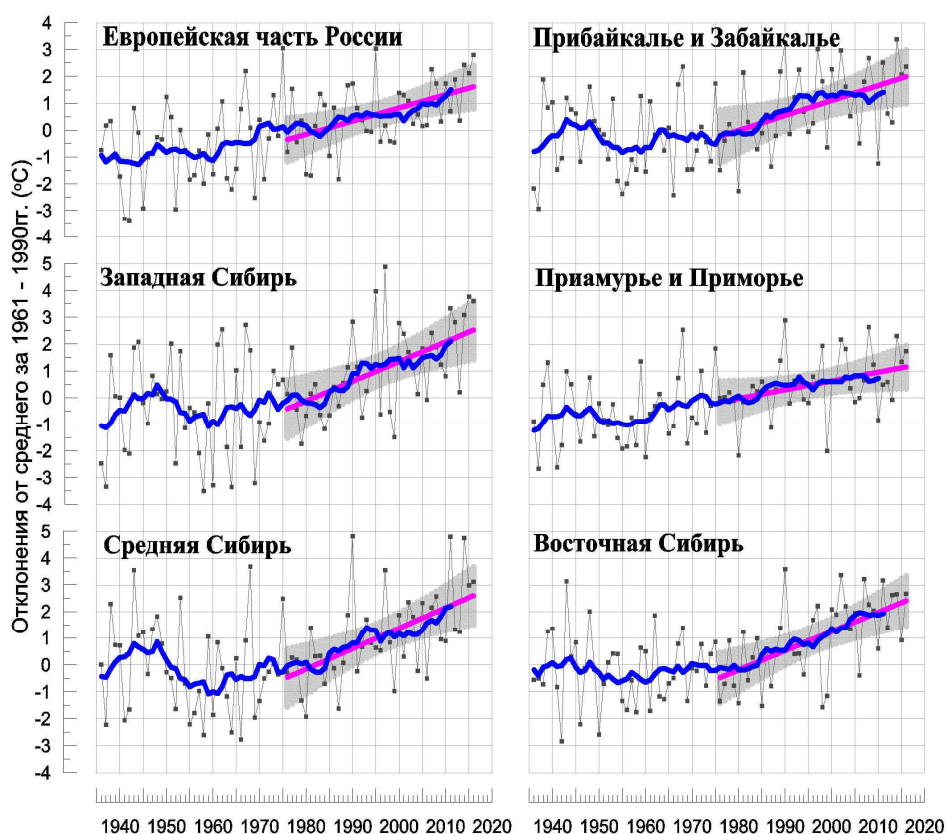


Рисунок 4.1 - Сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории физико-географических регионов РФ, весна 2016 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2016 гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда.

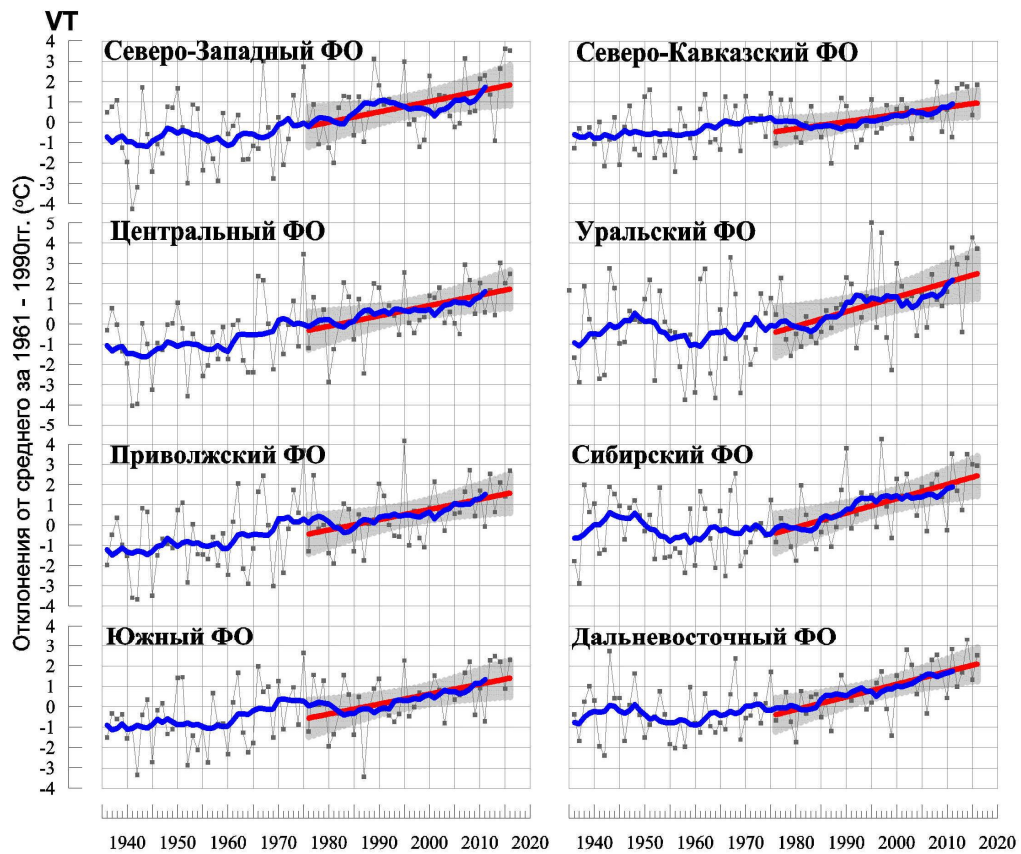


Рисунок 4.2 – То же, что на рис.4.1, но для федеральных округов

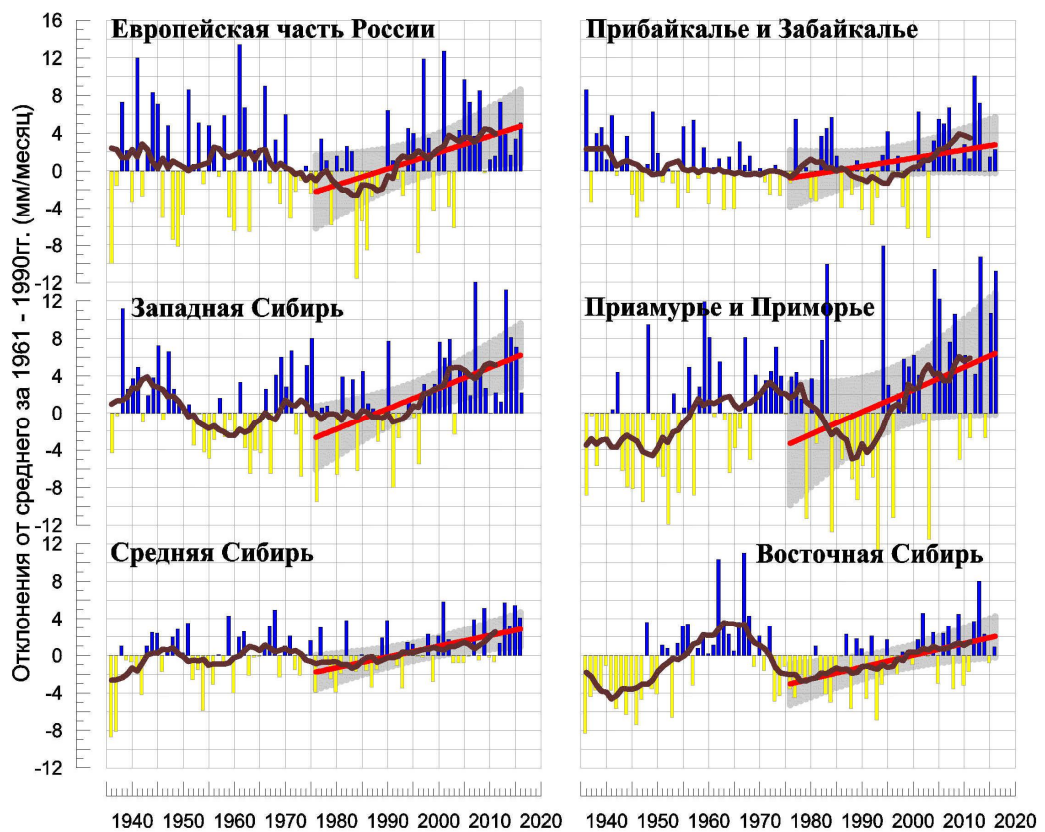


Рисунок 4.3 - Сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), усредненные по территории регионов РФ, весна 2016 г.

Условные обозначения см. на рис. 4.1.

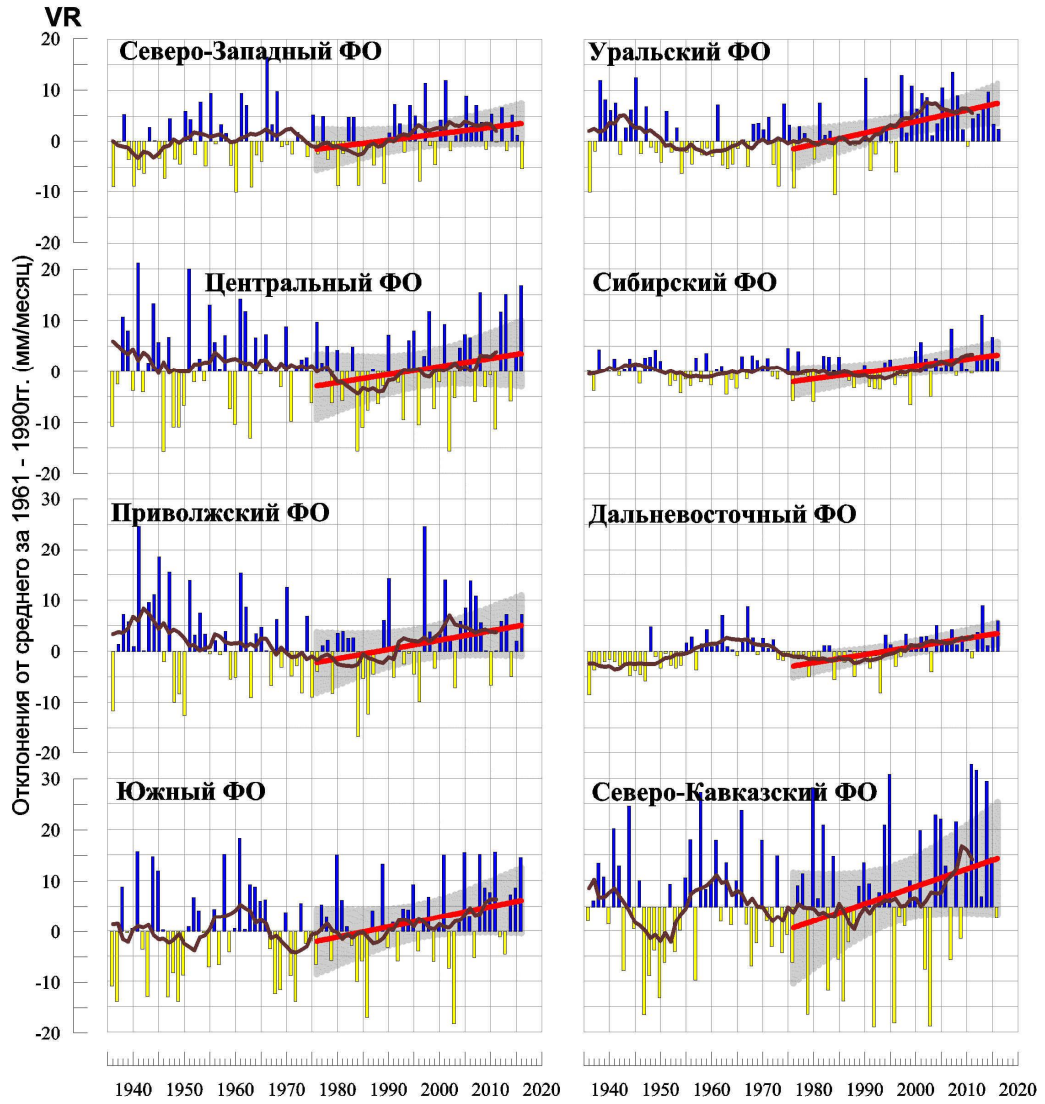


Рисунок 4.4 – То же, что на рис.4.3, но для федеральных округов

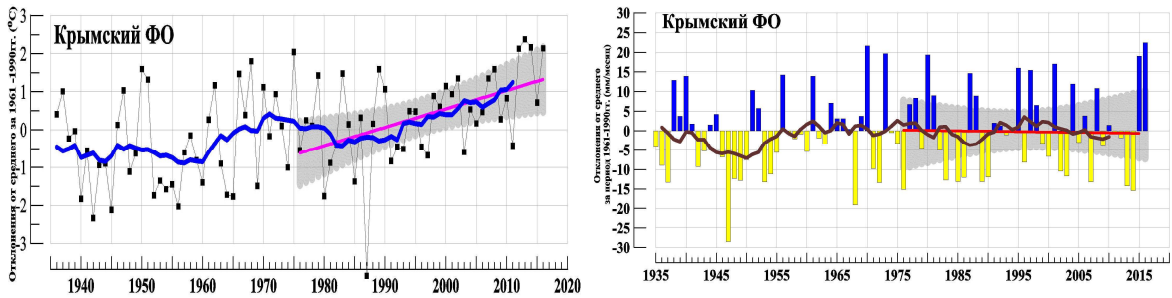


Рисунок 4.5 – То же, что на рис. 4.1 и 4.3, но для Крымского ФО.

5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2016 гг. (весенний сезон)

В разделе приведены некоторые индексы экстремальности и аномальности для весеннего сезона в целом по территории России за период 1936 -2016 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 2016 гг. (рис. 5.1) площадь, занятая крупными положительными аномалиями (выше 80-го перцентиля) была велика (94% - вторая величина после экстремальной весны 2014 г. (96%)). Площади, занятой аномалиями меньше 20-го перцентиля весной 2016 года не наблюдалось. С 1976 г. (начало глобального потепления) наблюдается увеличение площади под крупными положительными аномалиями, тренд за период 1976-2016 составляет 14,5%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 38%).

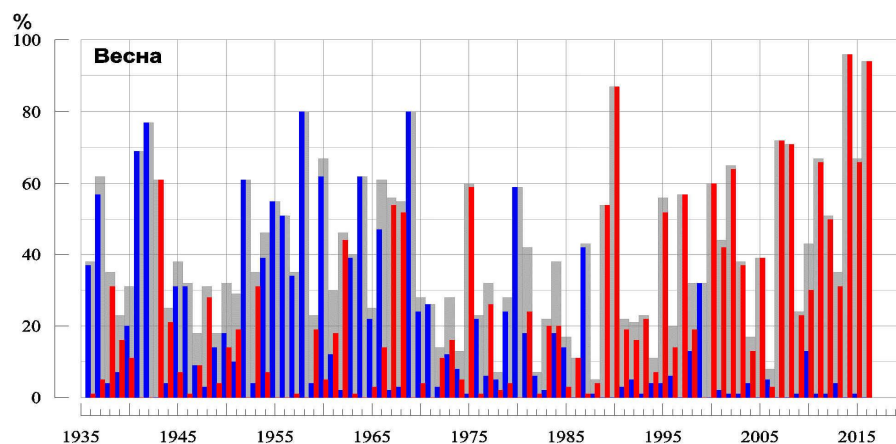


Рисунок 5.1 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями температуры, 1936-2016 гг. (весна):

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

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

Весны с наибольшими площадями под экстремумами тепла: 1990 (35% площади занято экстремально теплыми аномалиями), 1997 (26%), 1995 (23%), 2014 (22%), 2011 (22%), 1968 (18%), 1975 (16%), 2015 (14%). Весной 2016 г. площадь под экстремумами тепла (выше 2σ) составила 3%, под экстремумами холода (ниже -2σ): 0%.

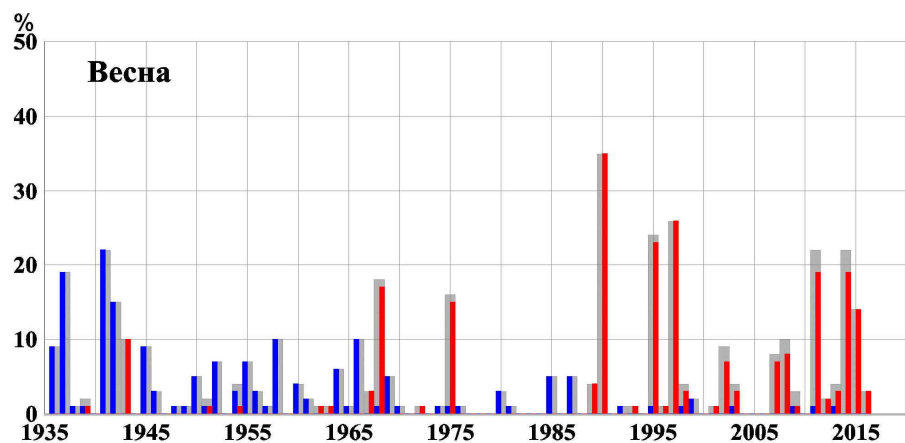


Рисунок 5.2 - Доля площади РФ (в процентах) с экстремальными (сезонная аномалия меньше -2σ : синие столбики, больше $+2\sigma$: красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры весной, 1936-2016 гг. Базовый период для расчета статистик: 1961-1990 гг.

Анализ изменений индекса аномальности Багрова (рис. 5.3) показывает, что с начала 1980-х гг. аномальность температурного режима на территории РФ в весенний сезон растет – тренд за период 1976-2016 гг. составил $0.18 / 10$ лет и объясняет 26% общей дисперсии ряда.

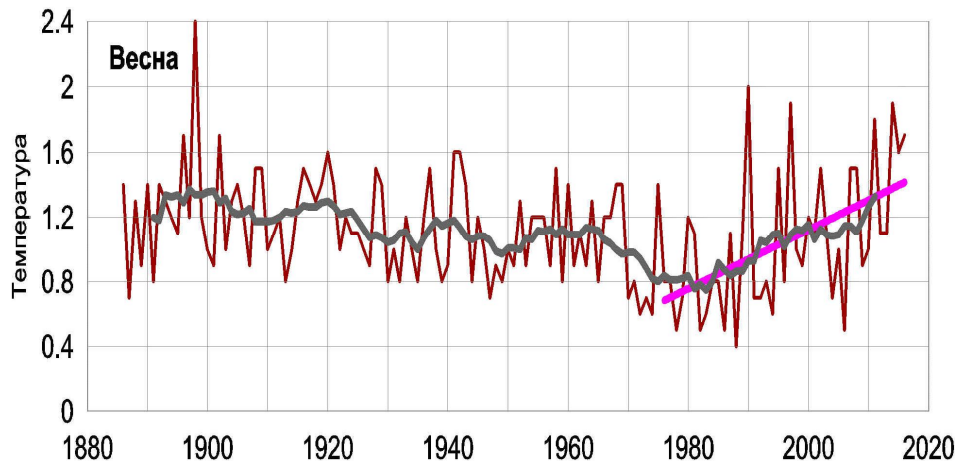


Рисунок 5.3. - Индекс аномальности (индекс Багрова) температурного режима на территории России весной 1886-2016 гг.

Осадки. Весной 2016 г. площадь, занятая крупными аномалиями выше 80 перцентиля (рис. 5.4) составила 28%, ниже 20-го перцентиля – 13%, и то и другое близко к среднему с начала 21-го века. С 1976 г. наблюдается увеличение площади под аномалиями выше 80-го перцентиля, тренд за период 1976-2016 составляет $4.9\%/10$ лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 38%: тренд значим на уровне 1%) и уменьшение площади под аномалии ниже 20-го перцентиля, тренд за период 1976-2016 составляет $-2.5\%/10$ лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 14%).

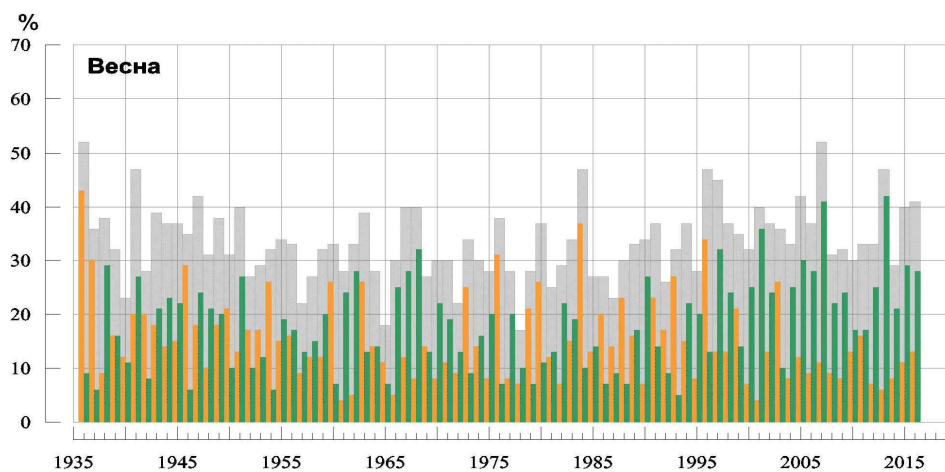


Рисунок 5.4 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями осадков, 1936-2016 гг. (весна):

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

ВЫВОДЫ

1. Весна для Северного полушария в целом была экстремально теплой: аномалия температуры воздуха над сушей СП $+1.82^{\circ}\text{C}$ – рекордная величина в ряду с 1886 г. . Предыдущий рекорд зафиксирован весной 2015 г.: $+1.26^{\circ}\text{C}$ – разность составляет 0.56°C .

2. Весна для России в целом была очень теплой (осредненная сезонная аномалия $+2.84^{\circ}\text{C}$ – третья величина в ряду). Тепло всюду. Осредненные по всем федеральным округам аномалии – среди десяти самых крупных. 95%-е экстремумы повсеместно отмечались в ЕЧР и в Западной Сибири, аномалии температуры на севере Западной Сибири до 5°C ..

3. Доля площади территории России, занятая крупными положительными среднесезонными аномалиями температуры (выше 80-го перцентиля), составила 94% (вторая величина после экстремальной весны 2014 г. (96%)), а под экстремальными положительными аномалиями (выше 2σ) лишь 3%.

4. Очень теплым был апрель. Осредненная по РФ аномалия температуры $+3.42^{\circ}\text{C}$ – 2-ая величина с 1936 года. Особенно тепло в Западной Сибири (5.68°C – ранг 3) и в СЗФО (3.69°C – ранг 5), в этих районах отмечались 95%-е экстремумы.

В марте тепло на большей части страны (кроме Чукотки). Осредненная по РФ аномалия температуры $+3.74^{\circ}\text{C}$ – 6-ая величина в ряду. Очень тепло (аномалии выше 3°C) на юге ЕЧР, а в АЧР - к востоку от Оби и до Чукотки, а многих станциях юга РФ отмечались 95%-е экстремумы.

В мае тепло в ЕЧР (особенно в СЗФО: аномалия 4.16°C – максимум в ряду наблюдений с 1936 года, аномалии на станциях до 5°C) и в Западной Сибири; в Восточной Сибири (2.39°C – пятая величина в ряду). В мае холодно на большей части Сибирского ФО, аномалии до -1.4°C .

5. Весной в среднем по РФ выпало 119% нормы осадков (ранг 7). Экстремальный избыток осадков наблюдался в центре и юге ЕЧР (ЦФО выпало 143% нормы – третья величина с 1936 г.), в центральных и южных районах ДВФО (осредненные по ДВФО осадки: 125% нормы – ранг 4), на многих станциях этих районов зафиксированы 95%-е экстремумы. Значительный дефицит осадков (80%-60%) наблюдался на побережье моря Лаптевых и далее на северо-востоке страны.

6. Весной 2016 г. площадь, занятая крупными аномалиями выше 80 перцентиля составила 28%, ниже 20-го перцентиля – 13%.

7. Из месяцев сезона следует особенно выделить март. Избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался в центральных и южных районах страны, на ряде станций зафиксированы 95%-е экстремумы. В марте значительный дефицит осадков (20%-80% нормы) наблюдался на северо-востоке страны.

В апреле избыток осадков (на ряде станций экстремальный) наблюдался в ЕЧР (кроме юга), на юге АЧР, а также в течении Лены и вдоль побережья Карского моря. Дефицит осадков в апреле (20%-80%) наблюдался в центре Сибири на северо-востоке страны.

В мае экстремальный избыток осадков наблюдался в южных районах ЕЧР (осредненные осадки по ЮФО и Крымскому ФО: 201% и 229% - вторые величины в соответствующих рядах). Значительный избыток осадков наблюдался также в Дальневосточном ФО (144% нормы – ранг 3). Значительный дефицит осадков в мае наблюдался в центральных и северных районах ЕЧР (в СЗФО выпало 70% - пятая среди наименьших величин в ряду), и далее, на Южном Урале, на юге Сибирского ФО.

8. В целом по России линейный тренд весенней температуры воздуха за период 1976-2016 гг. составил $+0.62^{\circ}\text{C}/10$ лет при вкладе тренда в дисперсию ряда 39%, что более чем в полтора раза выше, чем в среднем для суши Северного полушария ($+0.37^{\circ}\text{C}/10$ лет, вклад в дисперсию ряда 78%). Наиболее быстрое потепление наблюдается на севере АЧР (до $+1.4^{\circ}\text{C}/10$ лет в Чукотском АО), максимум - в марте (в Чукотском АО до $+1.8^{\circ}\text{C}/10$ лет). На ЕЧР, в Приамурье и Приморье весенние температуры растут значительно слабее ($+0.4^{\circ}\text{C}$ - $+0.6^{\circ}\text{C}/10$ лет). В Прибайкалье и Забайкалье, в Приамурье и Приморье, в Сибирском ФО начиная с 1990 гг. происходит замедление роста температуры.

9. Тренд весенних сумм осадков для России в целом положителен: составляет $+5.9\%$ /10 лет, объясняет 32% межгодовой изменчивости. Наиболее интенсивный рост осадков (более 10%/10 лет) наблюдается на западе Прикаспийской низменности, на Южном Урале, на востоке 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 20% за 10 лет) на огромных территориях южной половины и Дальнего Востока России, исключая лишь часть Читинской и Амурской области.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Федеральная служба
по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды

Российская
Академия Наук

ФГБУ «Институт Глобального климата и экологии»

Обзор состояния и тенденций изменения климата на территории Республики Беларусь

ВЕСНА 2015



ВВЕДЕНИЕ

В настоящем Приложении^{*} приводится информация о состоянии приземного климата (температура приземного воздуха и атмосферные осадки) весной 2015 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 2015 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»

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

среднее (среднее арифметическое из значений аномалий на попавших в эту ячейку 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 ячеечных весовых множителей, выполняются автоматически, на основании заданной замкнутой ломаной, ограничивающей территорию региона.

Аналогичным образом, по данным о стационарных «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 2016 г.

В таблицах 2 и 3 приведены стационарные 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. В таблицах 4 и 5 приведены аномалии температуры и осадков, а также оценки трендов, в среднем по всей территории республики Беларусь.

Весной (рис. 1) в Беларуси было очень тепло, осредненная по территории республики сезонная аномалия температуры $+2.31^{\circ}\text{C}$ – 7-ая положительная величина в ряду, на всех станциях республики аномалии температуры были выше нормы, аномалии от $+2.19^{\circ}\text{C}$ (в Василевичах) до $+2.55^{\circ}\text{C}$ (в Витебске и в Минске). В Минске сезонная температура выше 95-го перцентиля.

Таблица 2

Характеристики температурного режима на станциях Беларуси весной 2016 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)							
Весна	7.90	8.40	7.80	9.73	9.63	9.27	9.30
Март	0.7	1.5	0.8	3.9	3.4	2.8	2.5
Апрель	8.1	8.3	8.4	9.7	9.9	10.3	10.0
Май	14.9	15.4	14.2	15.6	15.6	14.7	15.4
б) аномалия температуры (град. Цельсия)							
Весна	2.55	2.55	2.21	2.22	2.54	2.19	2.34
Март	2.86	2.88	2.71	2.80	3.34	3.16	3.29
Апрель	2.55	2.31	2.69	1.96	2.34	2.86	2.61
Май	2.23	2.47	1.24	1.91	1.94	0.54	1.11

Тепло было во все месяцы сезона, особенно в марте (аномалия 2.95°C – ранг 13) и в апреле (аномалия 2.37°C – ранг 8). В марте аномалии температуры от $+2.71^{\circ}\text{C}$ (в

Могилеве) до $+3.34^{\circ}\text{C}$ (в Пинске); в апреле от $+1.96^{\circ}\text{C}$ (в Бресте) до $+2.86^{\circ}\text{C}$ (в Василевичах) в Василевичах температура была выше 95-го перцентиля; в мае от $+0.54^{\circ}\text{C}$ (в Василевичах) до $+2.47^{\circ}\text{C}$ (в Минске).

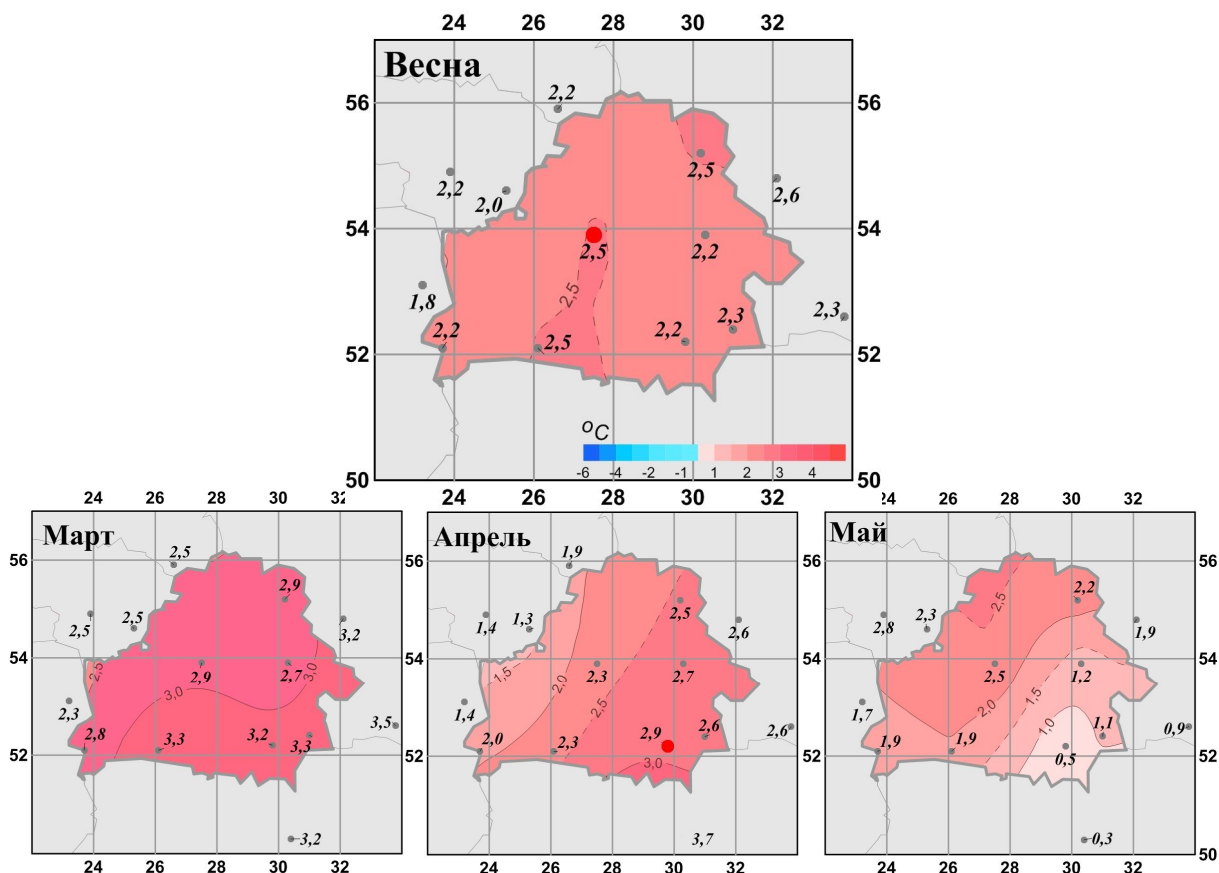


Рисунок 1 - Средние сезонные и средние месячные аномалии температуры ($^{\circ}\text{C}$) приземного воздуха на территории республики Беларусь весной.

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

Весной (рис. 2) осредненные по территории республики осадки составили 128% сезонной нормы (ранг 13). Много осадков выпало на востоке республики (150% нормы выпало в Гомеле). Меньше всего осадков выпало в Минске: 105% сезонной нормы.

В марте избыток осадков наблюдался на западе (в Бресте выпало 209% нормы) и на востоке республики (в Могилеве 176%). В центральных районах (в Минске выпало лишь 81% нормы).

В апреле дефицит осадков отмечался в Могилеве (87%) и в Василевичах (84%), на остальных станциях наблюдался избыток осадков (больше всего осадков выпало в Пинске: 169% нормы).

В мае восточных районах отмечался значительный избыток осадков (в Гомеле выпало 183%), в западных районах - дефицит осадков (меньше всего осадков выпало в Бресте: 79%).

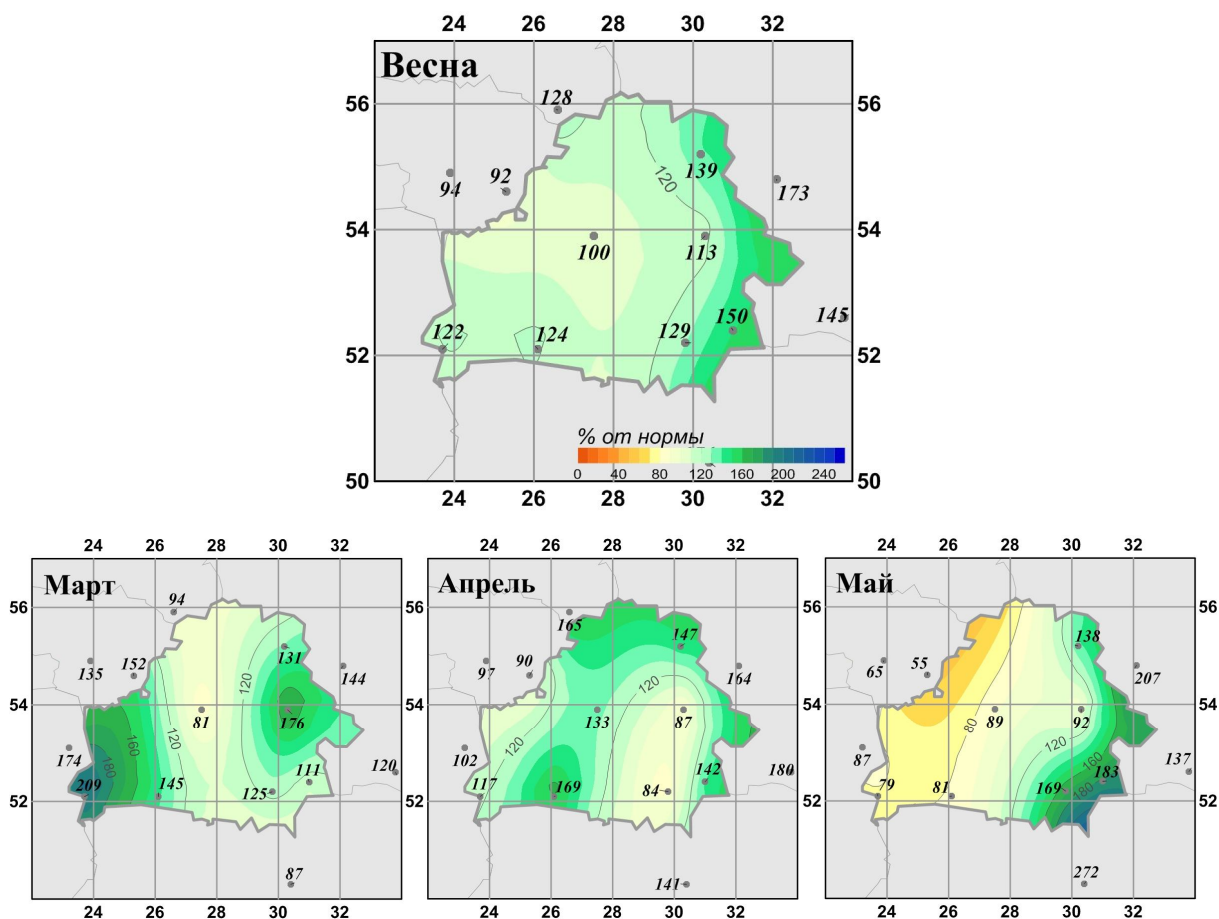


Рисунок 2 - Средние сезонные и месячные аномалии атмосферных осадков (% от нормы) на территории республики Беларусь весной.

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 2016 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>	58.7	48.3	49.0	52.0	50.0	56.7	59.0
Март	51	34	61	64	43	42	36
Апрель	57	56	35	46	63	38	53
Май	68	55	51	46	44	90	88
б) Аномалия сумм осадков / (мм/месяц)							
<i>Весна</i>	16.3	-0.2	5.6	9.2	9.6	12.6	19.8
Март	12.0	-7.8	26.4	33.4	13.4	8.3	3.6
Апрель	18.2	13.8	-5.3	6.7	25.7	-7.2	15.8
Май	18.8	-6.6	-4.2	-12.5	-10.3	36.7	40.0
в) Относительная аномалия сумм осадков (% от нормы)							
<i>Весна</i>	139	105	113	122	124	129	150
Март	131	81	176	209	145	125	111
Апрель	147	133	87	117	169	84	42
Май	138	89	92	79	81	169	183

На рисунках 3, 4 показаны временные ряды осредненных по территории Беларуси сезонных и месячных аномалий температуры воздуха и осадков с 1936 по 2016 гг.

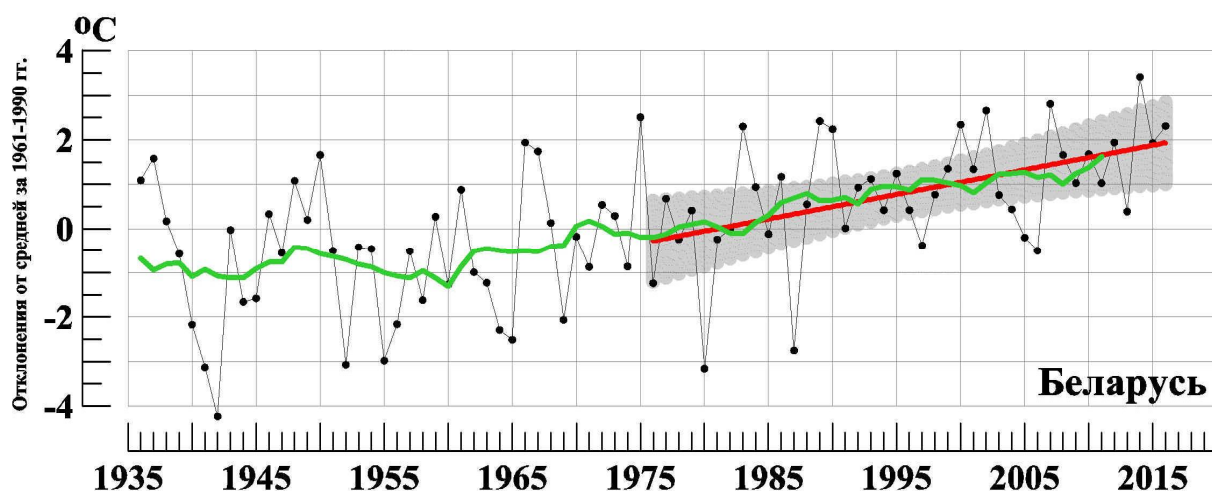


Рисунок 3 - Сезонные (март - май) аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2016 гг.

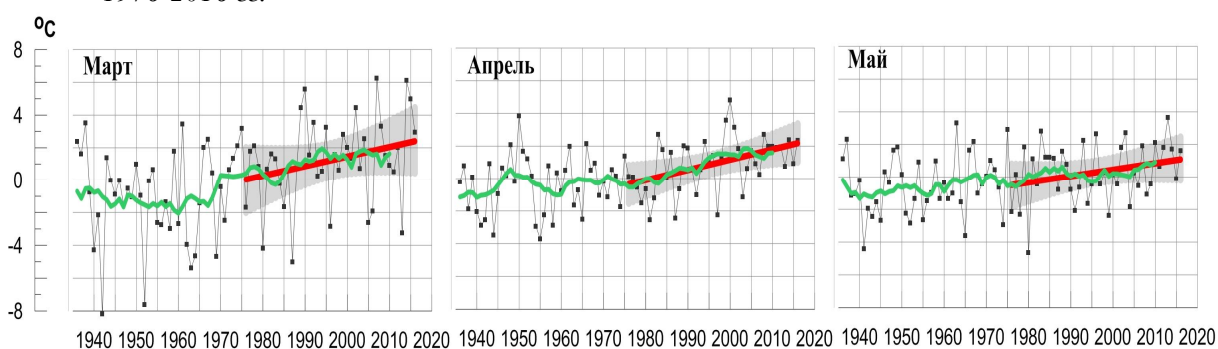


Рисунок 4 - Средние месячные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь.

Условные обозначения см. на рисунке 3.

Тренд весенних температур, в среднем по территории Беларуси, составил $+0.55^{\circ}\text{C}/10$ лет (ответствен за 24% дисперсии). Во все месяцы сезона тренд положителен. Наибольшее потепление наблюдается в апреле: тренд составил $+0.64^{\circ}\text{C}/10$ лет (ответствен за 21% дисперсии ряда).

В изменении регионально осредненных осадков сезонный тренд составил 2.9 мм/месяц/10 лет (ответствен за 13% дисперсии). Рост осадков отмечается в мае: $+7.5$ мм/месяц/10 лет (ответствен за 19% дисперсии), в марте рост осадков незначительный: 1.4 мм/месяц/10 лет, 1%. В апреле наблюдается слабое уменьшение осадков.

Вклад трендов температуры и осадков в суммарную изменчивость во все месяцы сезона статистически незначим даже на 5%-ом уровне значимости, за исключением положительного тренда температуры в апреле и положительного тренда осадков - в мае.

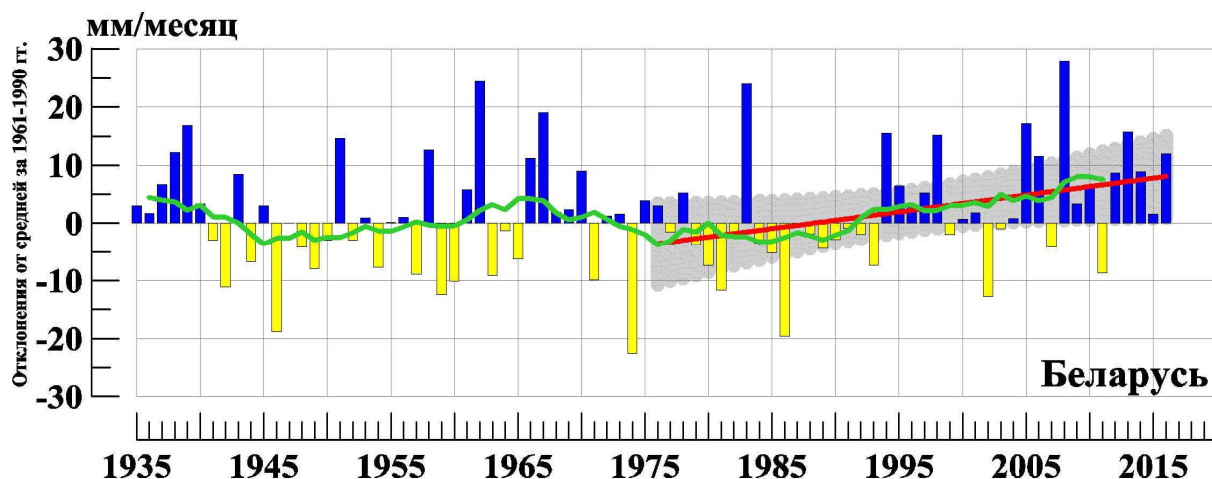


Рисунок 5 - Сезонные (март - май) аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рис. 3

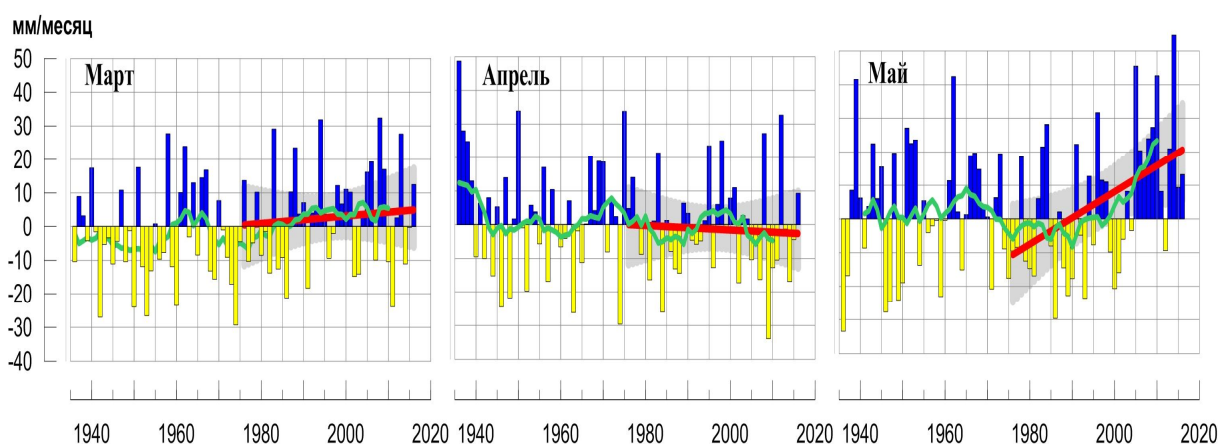


Рисунок 6 - Средние месячные аномалии атмосферных осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рисунке 3.

Таблица 4

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

	νT_{2016}	s	RR_{2016}	νR_{2016}	s
Весна	2.31	1.58	128	11.9	10.6
Март	2.95	2.93	135	12.5	14.5
Апрель	2.37	1.51	123	9.3	14.8
Май	1.62	1.95	125	13.2	17.4

Примечание: Аномалии νT_{2016} ($^{\circ}C$), νR_{2016} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за период 1961-1990 гг.), RR_{2016} (%) – осадки в процентах от нормы, s ($^{\circ}C$, мм/месяц), – среднее квадратическое отклонение

Таблица 5

Оценки линейного тренда 1976-2016 гг. в среднем по Республике Беларусь

Сезон	Температура		Осадки	
	$b_{1976-2016}$ °C/10 лет	$D_{1976-2016}$ %	$b_{1976-2016}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2016}$ %
Весна	0.55	24	2.9	13
Март	0.61	8	1.4	1
Апрель	0.64	21	-0.2	0
Май	0.41	8	7.5	19

ВЫВОДЫ

1. Весна в Беларуси была очень теплой, осредненная по территории республики сезонная аномалия температуры $+2.31^{\circ}\text{C}$ – 7-ая положительная величина в ряду, на всех станциях республики сезонные аномалии выше $+2^{\circ}\text{C}$. Тепло было во все месяцы сезона, в апреле осредненная по территории республики аномалия температуры составила $+2.37^{\circ}\text{C}$ – 8-ая положительная величина в ряду, в марте - $+2.95^{\circ}\text{C}$ – ранг 13, в мае - $+1.62^{\circ}\text{C}$ – ранг 19.

2. В среднем по Беларуси осадки составили 128% нормы (ранг 13). Из месяцев следует отметить май: в западных районах дефицит осадков (в Бресте выпало 79% нормы), в восточных районах значительный избыток осадков (в Гомеле 183% нормы). В остальные месяцы преобладал избыток осадков.

3. В среднем по территории Беларуси отмечается тенденция к потеплению, как в среднем за сезон (линейный тренд составил $0.55^{\circ}\text{C}/10$ лет, ответствен за 24% дисперсии), так и в отдельные весенние месяцы. Наибольшее потепление наблюдается в апреле: тренд составил $+0.64^{\circ}\text{C}/10$ лет (ответствен за 21% дисперсии ряда).

В целом для Беларуси отмечается тенденция к увеличению осадков, линейный тренд составил 2.9 мм/месяц/10 лет (ответствен за 13% дисперсии), рост осадков отмечается в мае: $+7.5$ мм/месяц/10 лет (ответствен за 20% дисперсии). В апреле наблюдается слабое уменьшение осадков.