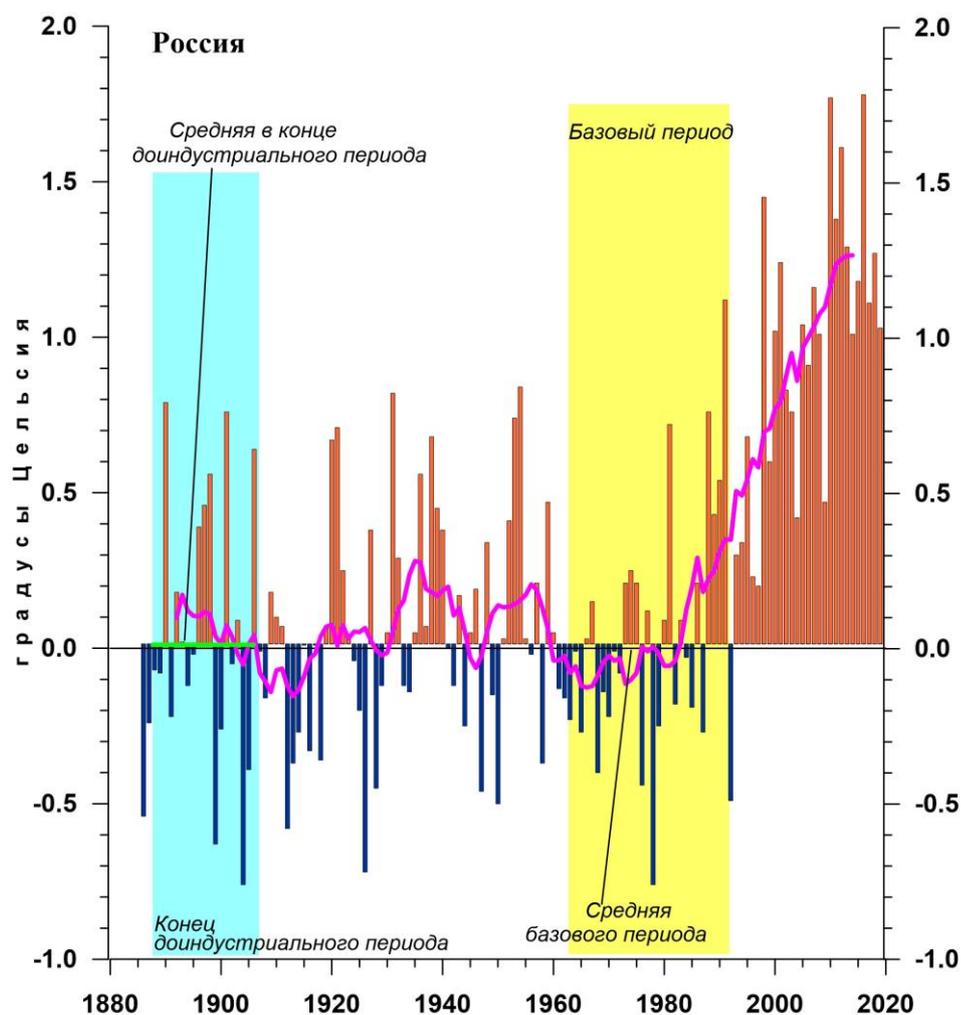


Федеральная служба
по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ФГБУ «Институт Глобального Климата и Экологии»



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2019

ЛЕТО: июнь - август

Обзор состояния и тенденций изменения
климата России

★
Москва 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ¹

ВВЕДЕНИЕ.....		3
1.	ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ (летний сезон).....	6
2.	КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЕТА 2019 г. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	7
3.	ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В ЛЕТНИЙ СЕЗОН.....	15
4.	ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ЛЕТНЕГО СЕЗОНА В РЕГИОНАХ РОССИИ, 1936-2019 гг.....	20
5.	ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2019 гг. (летний сезон)	25
ВЫВОДЫ		27
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности лета 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. (лето)
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 248 (для осадков по архиву R1383) и 395 (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 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 превышения 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», ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» и ФГБУ «ВНИИСХМ». 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, Т.В. Платова, О.Ф. Самохина, Ю.Ю. Соколов

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

На рисунке 1.1 представлены временные ряды сезонных аномалий температуры у поверхности (лето 2019: июнь - август), 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 стационарным данным о температуре приземного воздуха ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН». 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.

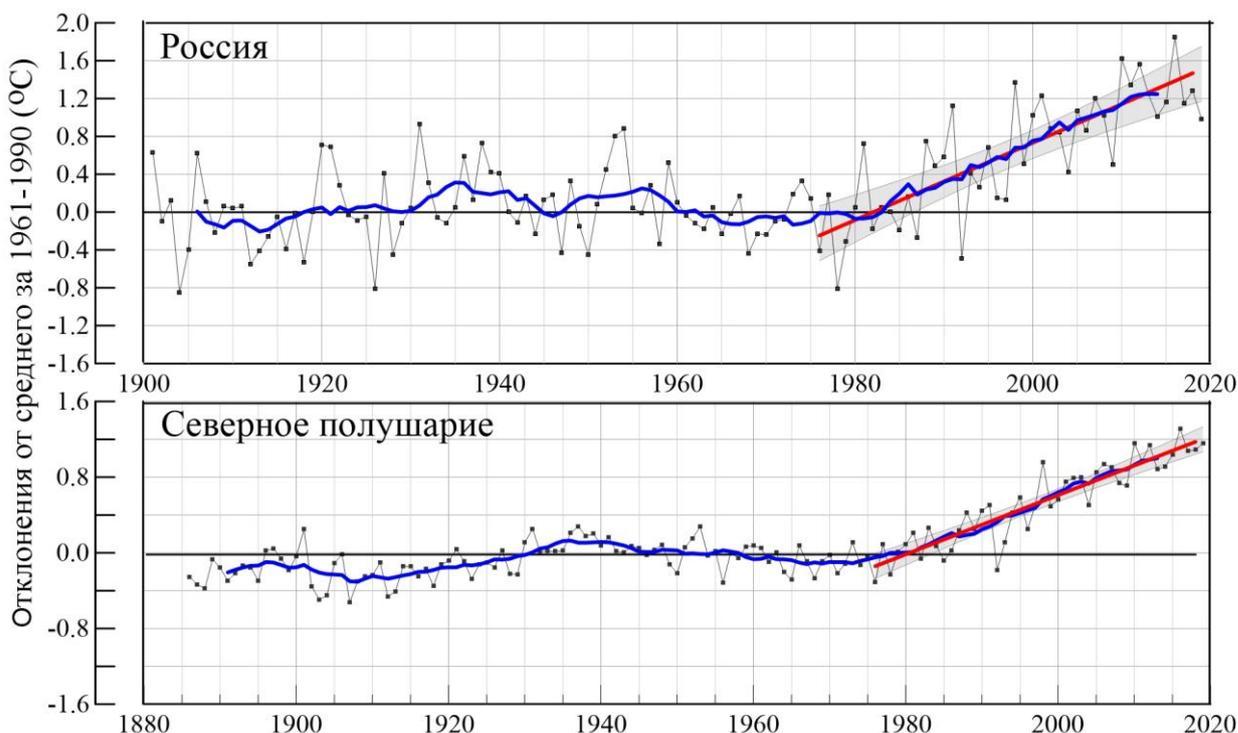


Рисунок 1.1 – Сезонная аномалия (лето: июнь - август) температуры приземного воздуха, осредненная по Северному полушарию (суша) и территории России за 1886-2019 гг.

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 Росгидромета и РАН» (Россия).

Аномалия температуры воздуха над сушей СП летом составила $+1.157^{\circ}\text{C}$ (стандартное отклонение 0.20°C) – ранг 3 (т.е. третья величина в упорядоченном по убыванию ряду с 1850 года).

Для России в целом средняя сезонная аномалия температуры приземного воздуха составила $+0.98^{\circ}\text{C}$ (при величине стандартного отклонения 0.33°C) – ранг 17.

Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений летних температур за период 1976-2019 гг. в среднем для суши СП и России, приведены в табл. 1.1. Увеличение летних температур в среднем по территории России происходит в 1.27 раза быстрее, чем по Северному полушарию. Сглаженная кривая на рис.1 показывает, что начало потепления для СП в целом и для России приходится на начало 1980-х гг.

Таблица 1.1

Сезонные (лето: июнь – август) 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	1.157	0.20	0.31	83
Россия	0.98	0.33	0.42	64

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

2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЕТА 2019 ГГ. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

На рис. 2.1 и 2.2 представлены карты сезонных и месячных аномалий температуры и осадков на территории России лета 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. Осредненная по РФ аномалия температуры 0.98°C , по ЕЧР: 0.09°C (почти норма), по АЧР: 1.32°C – среди семи самых теплых сезонов. Особенно тепло в Средней Сибири (2.34°C – ранг 2, здесь экстремально тепло было в июне и в августе), в Прибайкалье и Забайкалье – на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы. Холодно на северо-востоке ЕЧР (аномалии до -1.6°C (на станции Гайны Пермского края) - здесь холодно было в июле и в августе; на юге Хабаровского края, в Приморье, на Сахалине (аномалии до -1.2°C (на станции им. Полины Осипенко) – здесь холодно было в июне (особенно) и в августе).

Распределение средних сезонных температур на рис. 2.2 позволяет проследить рассмотренные особенности сезона несколько под другим углом. Изотерма 20°C на юго-западе ЕЧР смещена на север примерно на 2° с.ш. Изотерма 15°C на ЕЧР смещена на юг примерно на 2° с.ш., а на АЧР (в Западной и Средней Сибири) – на север на $5-7^{\circ}$

с.ш. Изотерма 10°C на севере ЕЧР совпадает со своим климатическим положением, а на АЧР – смещена на север на 1-3° с.ш.

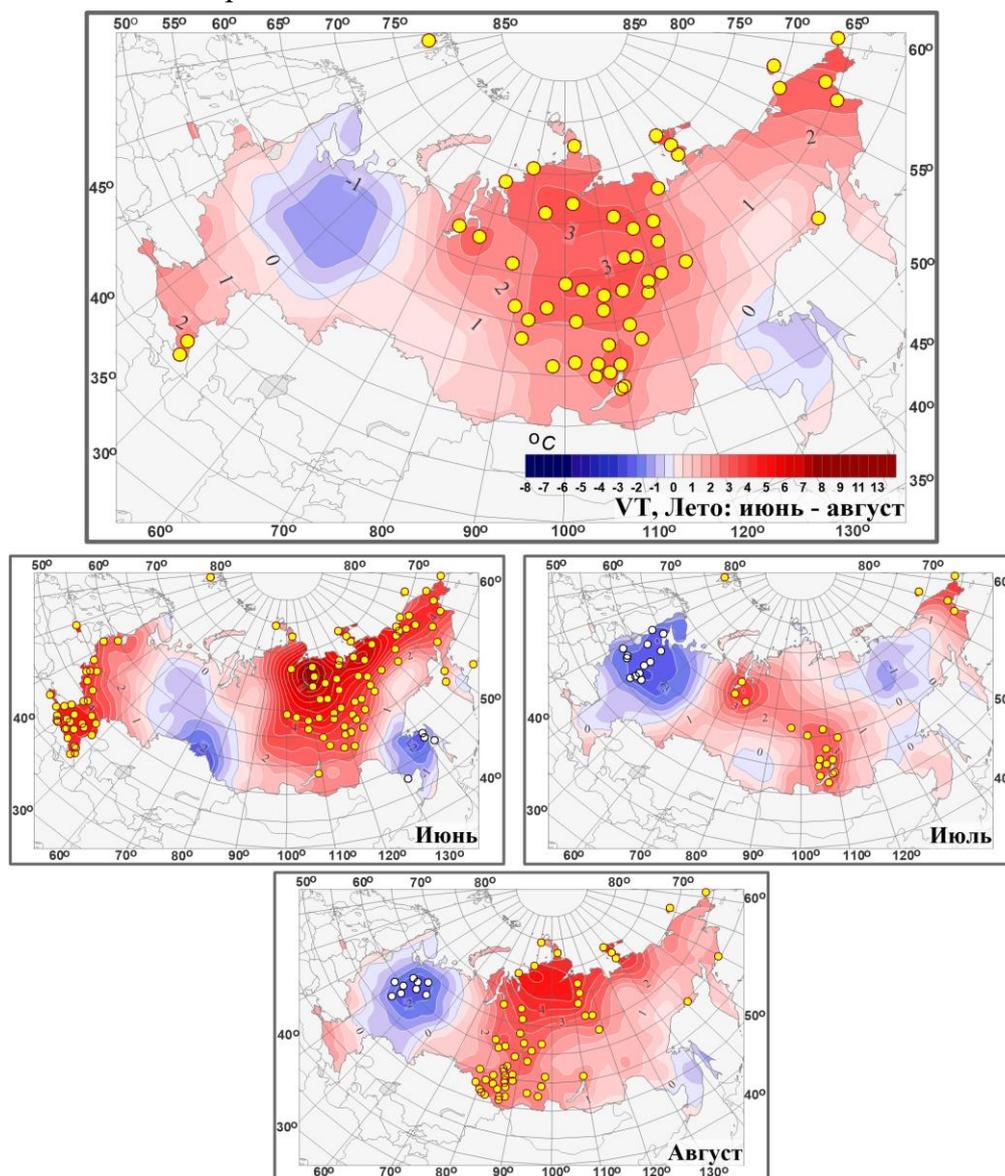


Рисунок 2.1 – Поля средней сезонной и средних месячных аномалий температуры приземного воздуха (°C) на территории России летом 2019 г. Кружками белого цвета показано местоположение станционных экстремумов ниже 5-го перцентиля, желтого – выше 95-го перцентиля. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за базовый период 1961-1990 гг.

Июнь. Осредненная по РФ аномалия температуры составила 1.67°C (ранг 6) Тепло на большей части ЕЧР (кроме северо-востока) и большей части АЧР (кроме центра и юга Западной Сибири и Приамурья и Приморья). Экстремально тепло (повсеместно отмечались 95-е экстремумы) на западе и юге ЕЧР (особенно в ЮФО (4.29°C – ранг 1), в СКФО (4.26°C – ранг 1), максимальная аномалия зафиксирована в Калмыкии на станции Яшкуль:5.2°C), в Средней Сибири (3.65°C– максимальная величина в ряду, наибольшая аномалия зафиксирована в Якутии на станции Саскулах: 8°C) и Восточной Сибири (2.28°C – также максимальная величина в ряду).

Холодно на северо-востоке ЕЧР, на Урале, в центре и юге Западной Сибири (минимальная аномалия зафиксирована на станции Славгород -2.5°C). Холодно также в Приамурье и Приморье, аномалии до -2.8°C (на станции им. Полины Осипенко)

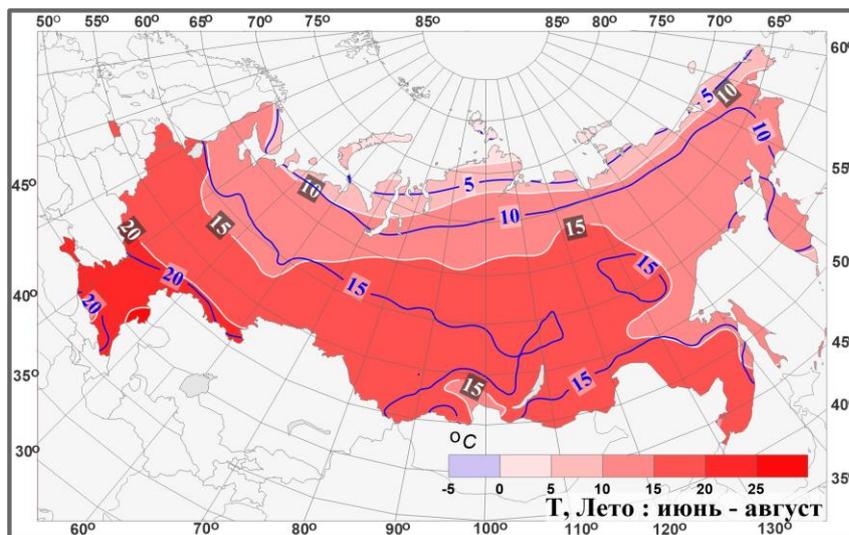


Рисунок 2.2 – Поля средней сезонной температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России летом 2019 гг. Синие изолинии: средние изотермы за период 1961-1990 гг.

Июль. В июле осредненная по РФ аномалия температуры составила 0.39°C . Холодно на большей части ЕЧР (-1.02°C), особенно в ЦФО (-1.25°C – среди девяти самых холодных июльских месяцев в ряду, на многих станциях фиксировались 5%-е экстремумы) и в СЗФО (-1.58°C). В АЧР экстремально тепло (на многих станциях 95%-е экстремумы) в районе Обской губы (наибольшая аномалия 4.2°C зафиксирована на станции Новый Порт), в районе Байкала (наибольшая аномалия 4.8°C зафиксирована в Бурятии на станции Нижнеангарск), на Чукотке (на станции Уэлен аномалия температуры составила 4.3°C). Холодно в АЧР (аномалии не ниже -1.4°C) в предгорьях Алтая и Саян, в Якутии, в Хабаровском крае, в Приамурье, на большей части Сахалина.

Август. Осредненная по РФ аномалия температуры 0.92°C , по АЧР: 1.47°C – третья величина в ряду после рекордно теплого августа 2017 (1.61°C) и 1998 (1.55°C). Особенно тепло в Средней Сибири (2.18°C – ранг 2), на Алтае и в Саянах – на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы, наибольшая аномалия зафиксирована на станции мыс Стерлингова (5.1°C). Экстремально холодно в ряде областей ЦФО и СЗФО – на многих станциях зафиксированы 5%- экстремумы, наименьшая аномалия (-2.7°C) зафиксирована на станции Великий Устюг. В АЧР холодно в Приморье и на Сахалине (наименьшая аномалия зафиксирована на станции Пограничное: -2.1°C).

Атмосферные осадки. Осредненные по РФ осадки 103% нормы. Сильный дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался в центре и на юге ЕЧР (особенно в СКФО (69% - среди восьми «самых сухих»)), в Средней Сибири, в Восточной Сибири (79% - среди четырех «самых сухих») – на ряде станций фиксировались 5%-е экстремумы. Значительный избыток осадков более 120% нормы, на ряде станций

фиксировались 95%-е экстремумы) наблюдался на северо-востоке ЕЧР, в Саянах, в Приморье.

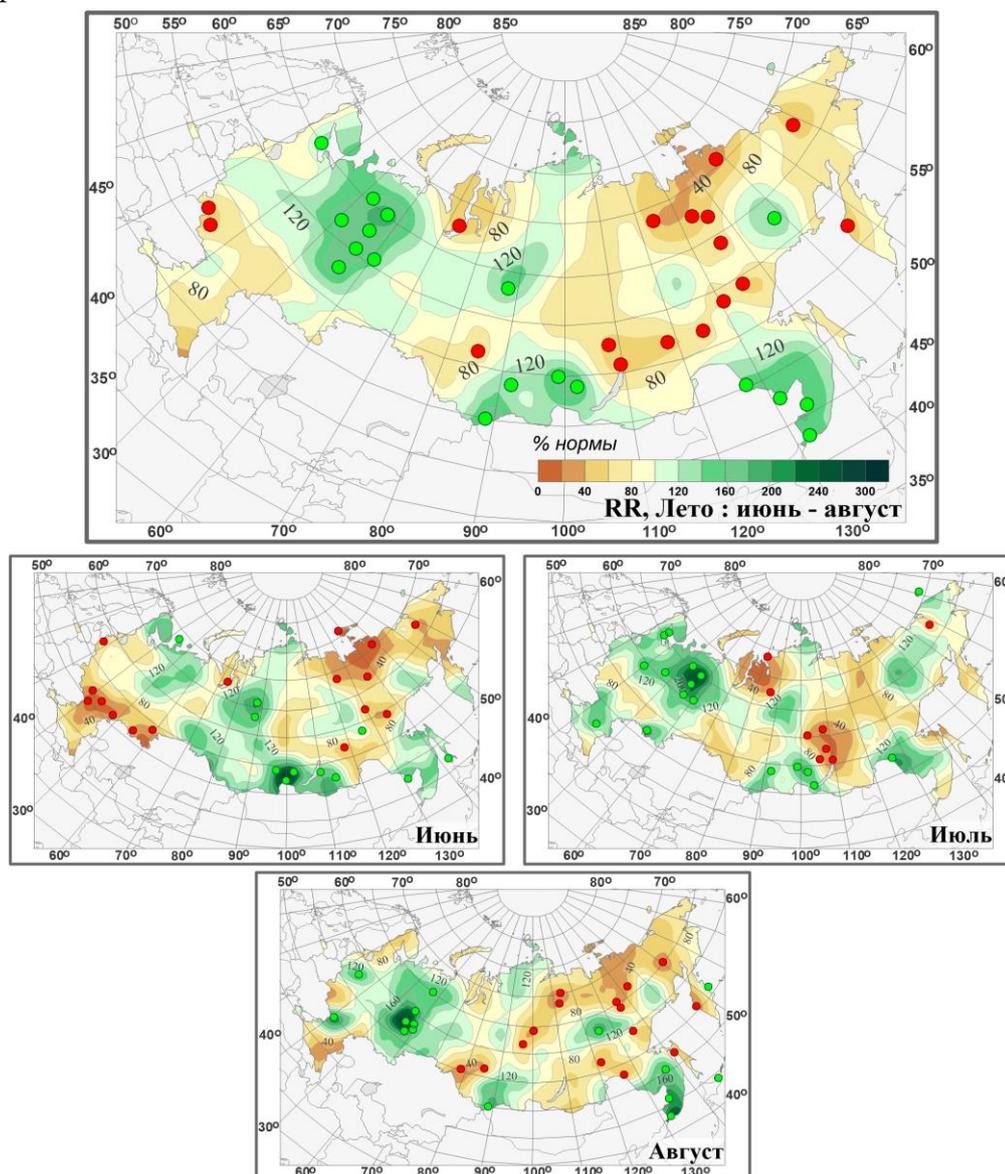


Рисунок 2.3 – Поля аномалий средних сезонных и месячных сумм осадков (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.) на территории России летом 2019 г. (июнь – август). Кружками красного цвета показаны станционные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го перцентиля.

В июне (захватывая первую декаду июля) в некоторых областях ЦФО, во многих областях ЮФО, в СКФО дефицит осадков (менее 60%, местами менее 40%) и экстремальные температурные аномалии (выше 95-го перцентиля) способствовали образованию засух средней и сильной (преимущественно) интенсивности. Во второй декаде июня в Иркутской области и в Забайкальском крае образовались аналогичные погодные условия и способствовали образования засух преимущественно средней интенсивности (рис. 2.4, данные по засухе предоставлены Центром мониторинга засух МГС СНГ ФГБУ «ВНИИСХМ»).

В августе (особенно во второй и третьей декаде) в некоторых областях СКФО и юга СФО дефицит осадков (местами менее 40%) и экстремальные температурные аномалии (выше 95-го перцентиля) способствовали образованию засух средней и сильной интенсивности (рис. 2.5).

Июнь. В июне преобладал дефицит осадков, в целом по РФ выпало 99% нормы осадков. В ЕЧР выпало 77% нормы (среди семи-восьми самых «сухих» июней с 1936 года), дефицит осадков наблюдался всюду, кроме северо-востока ЕЧР, мало осадков выпало в ЦФО (66%), в ПФО (67%), в ЮФО (46% - среди восьми самых «сухих»), в СКФО (65%). Дефицит осадков наблюдался также на большей части ДФО, особенно на северо-востоке (в Восточной Сибири выпало 80% нормы). Значительный избыток осадков (более 120%) наблюдался на юге Западной Сибири, на западе Средней Сибири, в Прибайкалье и Забайкалье (131% нормы, на многих станциях отмечались 95-е экстремумы).

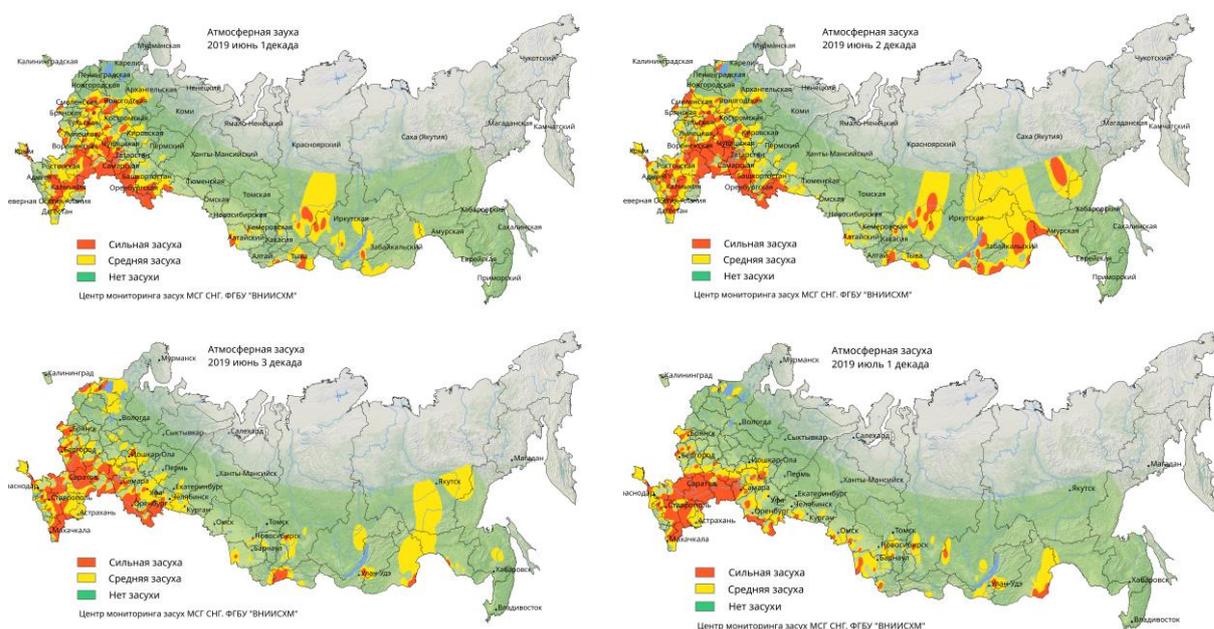


Рисунок 2.4 – Засухи в сельскохозяйственной зоне России в июне и в первую декаду июля на территории России. *Источник: Центр мониторинга засух МГС СНГ ФГБУ «ВНИИСХМ»*

Июль. Осредненные осадки по РФ – 107% нормы. Значительный избыток осадков наблюдался на большей части ЕЧР (127% - ранг 4), кроме южных областей ЦФО и СКФО. Особенно много осадков (на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы) выпало на востоке СЗФО (157% нормы – максимальная величина в ряду). Значительный избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался в центральных районах Западной и Средней Сибири, на Алтае и в Саянах, в Приамурье и в Приморье, на востоке Якутии.

Сильный дефицит осадков (20%-80%) наблюдался в низовьях Оби и Енисея, на юге Западной Сибири, в бассейне Лены (особенно в верхнем течении, где на многих станциях отмечались 5%-е экстремумы).

Август. Осредненные по РФ осадки 100% нормы. В АЧР преобладал дефицит осадков (на ряде станций фиксировались 5%-е экстремумы), наиболее сильный в Восточной Сибири (68% нормы – среди четырех «самых сухих» августов в ряду).

Значительный избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался большей части ЕЧР (кроме ЦФО и СКФО), и в Приморье, наибольшее количество осадков выпало в Перми (352% нормы) и во Владивостоке (345%).

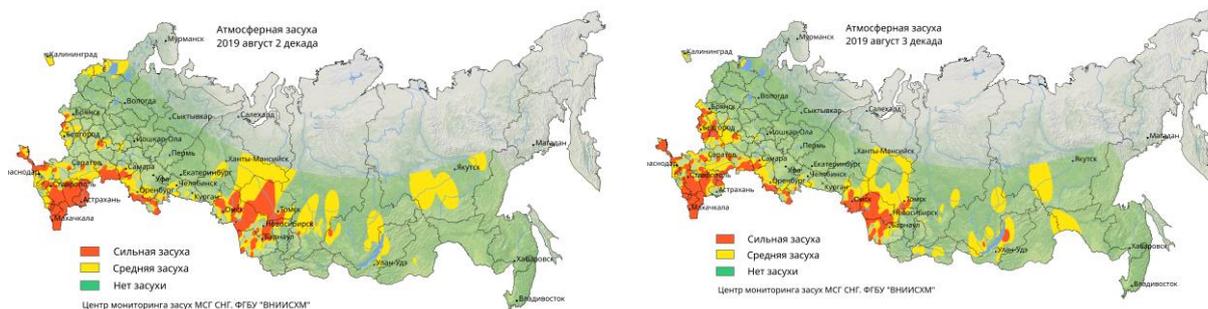


Рисунок 2.5 – Засухи в сельскохозяйственной зоне России в июне и во вторую и третью декады августа на территории России. *Источник: Центр мониторинга засух МГС СНГ ФГБУ «ВНИИСХМ»*

В таблицах 2.1 и 2.2 представлены регионально осредненные аномалии температуры и осадков, рассчитанные по значениям станционных аномалий летнего 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.

Таблица 2.1

Регионально осредненные аномалии температуры летом 2019 г.

Регионы	vT_{2019}	$s_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2019})$
Российская Федерация	0.98	0.33	80.7
Физико-географические регионы России			
Европейская часть России	0.09	1.00	39.8
Азиатская часть России	1.32	0.35	92.8
Западная Сибирь	0.90	0.80	78.3
Средняя Сибирь	2.34	0.65	98.8
Прибайкалье и Забайкалье	1.70	0.57	94.0
Приамурье и Приморье	-0.08	0.75	31.3
Восточная Сибирь	1.23	0.56	89.2
Федеральные округа РФ			
Северо-Западный	-0.51	1.17	24.1
Центральный	0.49	1.22	53.0
Приволжский	-0.20	1.19	32.5
Южный	1.53	1.03	78.3
Северо-Кавказский	2.07	0.76	94.0
Уральский	0.97	1.02	77.1
Сибирский	1.68	0.47	96.4
Дальневосточный	1.22	0.48	86.7

Примечание: 1. Аномалии vT_{2019} ($^{\circ}C$) рассчитаны как отклонения от нормы 1961-1990 гг.; s ($^{\circ}C$) – среднее квадратическое отклонение за базовый период; вероятности непревышения $P(t \leq T_{2019})$ рассчитаны по выборке за 1936-2016 гг. и выражены в %. Выделены экстремальные значения, попавшие в 5% максимальных.

Для осадков (табл. 2.2) дополнительно к отклонениям от нормы приведены

относительные аномалии, т.е. отношение осредненной по территории региона сезонной суммы осадков к средней по региону сезонной норме, выраженное в процентах (о процедуре регионального осреднения см. во введении). Из-за выраженной асимметрии распределения осадков для характеристики масштаба аномалий разного знака приводятся величины разности между медианой и первым квартилем (25-й перцентиль, т.е. точка, отсекающая 1-ю четверть распределения) функции распределения для характеристики величины дефицита осадков, а для оценки величины избытка осадков - разности между третьим квартилем и медианой, рассчитанные для базового периода (приводится также величина аномалии, соответствующая медиане распределения, что позволяет судить о величине асимметрии). Кроме того, в таблицах приведены значения эмпирической вероятности (вероятности неперевышения) региональных аномалий по данным за 1936-2019 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, лето для России в целом (см. табл. 2.1) было теплым, аномалия температуры составила $+0.98^{\circ}\text{C}$. В ЕЧР ($+0.09^{\circ}\text{C}$) температура была близка к климатической норме; в АЧР было очень тепло ($+1.32^{\circ}\text{C}$ – ранг 7), особенно в Средней Сибири ($+2.34^{\circ}\text{C}$ - ранг 2) (в СФО ($+1.68^{\circ}\text{C}$ – ранг 4)). В большинстве регионов аномалии температуры летом положительные, кроме Приамурья и Приморья (-0.08°C) и СЗФО (-0.51°C) и ПФО (-0.20°C) европейской части России.

Из месяцев (табл. 2.1.1) выделяется экстремально теплый июнь в Средней Сибири ($+3.65^{\circ}\text{C}$ – ранг 2) и в Восточной Сибири ($+2.28^{\circ}\text{C}$ – ранг 1), а также в ЮФО ($+4.29^{\circ}\text{C}$ – ранг 2) и в СКФО ($+4.26^{\circ}\text{C}$ – ранг 1); август в АЧР ($+1.47^{\circ}\text{C}$ – ранг 3) – особенно тепло было в Средней Сибири ($+2.18^{\circ}\text{C}$ – ранг 2).

Еще одна особенность лета – холодно в ЕЧР в июле (средняя по региону аномалия температуры -1.02°C , холодно всюду, кроме СКФО) и в августе (-0.47°C , холодно в центре и на севере: в СЗФО, ЦФО и ПФО)

Летом в целом по РФ (табл. 2.2 и табл. 2.2.1) выпало 103% нормы осадков. Сильный дефицит наблюдался в Восточной Сибири (79% - среди четырех «самых сухих» летних сезонов в ряду). Дефицит осадков наблюдался также в Средней Сибири (95%), а также в ЦФО (92%), ЮФО (93%), СКФО (69%) европейской части страны.

Избыток осадков наблюдался в целом по ЕЧР (108% - избыток осадков отмечался в СЗФО и ПФО), в Западной Сибири, в Прибайкалье и Забайкалье, в Приамурье и Приморье.

Из месяцев сезона выделяется экстремальный избыток осадков в июле в ЕЧР (127% - ранг 4), особенно в СЗФО (157% - ранг 1); сильный дефицит осадков в августе в Восточной Сибири (68% - среди четырех «самых сухих» августов), при этом дефицит осадков наблюдался в этом регионе в течение всех месяцев сезона.

Таблица 2.1.1

Регионально осредненные аномалии температуры в летние месяцы.

Регионы	Июнь			Июль			Август		
	vT_{2019}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2019})$	vT_{2019}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2019})$	vT_{2019}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2019})$
Российская Федерация	1.67	0.60	94.0	0.39	0.45	60.2	0.92	0.40	80.7
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	1.84	1.50	80.7	-1.02	1.30	25.3	-0.47	1.25	19.7
Азиатская часть России	1.60	0.62	86.7	0.93	0.47	84.3	1.47	0.55	97.3
Западная Сибирь	-0.30	1.41	34.9	1.25	1.22	84.3	1.75	1.12	90.4
Средняя Сибирь	3.65	1.19	98.8	1.28	1.04	79.5	2.18	0.92	98.8
Прибайкалье и Забайкалье	2.10	1.09	88.0	1.65	0.85	85.5	1.34	0.98	81.9
Приамурье и Приморье	-0.61	1.20	26.5	0.29	0.93	48.2	0.08	0.79	39.8
Восточная Сибирь	2.28	0.97	100	0.25	0.74	49.4	1.32	0.82	84.3
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	0.85	1.78	63.9	-1.58	1.57	15.7	-0.81	1.26	12.2
Центральный	3.07	1.81	92.8	-1.25	1.47	9.6	-0.24	1.43	27.7
Приволжский	1.14	1.81	63.9	-0.75	1.59	30.1	-0.98	1.59	13.3
Южный	4.29	1.45	100	-0.14	1.30	38.6	0.82	1.42	53.0
Северо-Кавказский	4.26	1.11	100	0.64	1.10	58.7	1.30	1.14	62.7
Уральский	-0.14	1.64	32.5	1.77	1.37	90.4	1.28	1.31	79.5
Сибирский	1.48	1.10	77.1	1.32	0.87	81.9	2.20	0.81	97.6
Дальневосточный	2.09	0.80	100	0.50	0.64	59.0	1.16	0.66	80.7

Таблица 2.2

Регионально осредненные аномалии осадков летом 2019 г.

Регионы	vR_{2019}	RR_{2019}	m	$m-q1$	$q3-m$	$P(r \leq R_{2019})$
Российская Федерация	1.6	103	-0.8	1.4	2.6	63.9
Физико-географические регионы России						
Европейская часть России	4.9	108	-1.4	1.8	6.3	78.3
Азиатская часть России	0.0	100	-0.1	2.8	2.4	41.0
Западная Сибирь	1.9	103	0.8	5.9	5.1	45.8
Средняя Сибирь	-2.7	95	-0.8	2.9	5.2	22.9
Прибайкалье и Забайкалье	2.2	103	-0.1	6.9	4.6	56.6
Приамурье и Приморье	20.3	119	1.8	12.0	11.3	86.7
Восточная Сибирь	-10.7	79	-0.1	3.6	3.8	3.6
Федеральные округа РФ						
Северо-Западный	18.0	127	0.2	4.9	5.9	92.8
Центральный	-5.5	92	-2.0	8.3	12.8	43.4
Приволжский	2.7	105	-0.4	6.5	7.5	65.1
Южный	-3.5	93	-2.4	5.7	10.0	39.8
Северо-Кавказский	-19.2	69	-1.8	6.1	9.2	8.4
Уральский	8.8	114	1.4	6.9	4.6	81.9
Сибирский	2.0	103	-0.4	3.1	4.3	41.0
Дальневосточный	-2.6	96	-0.4	3.6	3.8	31.3

Примечание: 1. Аномалии vR_{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 превышения $P(r \leq R_{2019})$ - рассчитаны по выборке за 1936-

2019 гг. и выражены в %. Выделены экстремальные значения, попавшие в 5% максимальных.

Таблица 2.2.1

Регионально осредненные аномалии осадков в летние месяцы.

Регионы	Июнь			Июль			Август		
	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	-0.6	99	34.9	5.0	107	75.9	0.0	100	45.8
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	-13.9	77	8.4	18.4	127	96.4	10.3	117	79.5
Азиатская часть России	4.8	109	83.1	-0.3	100	42.2	-3.9	94	18.1
Западная Сибирь	8.0	114	77.1	-1.0	99	39.8	-1.4	98	38.6
Средняя Сибирь	2.5	105	53.0	-6.4	89	19.3	-5.5	90	24.1
Прибайкалье и Забайкалье	18.9	131	90.4	-0.2	100	56.6	-12.1	85	18.1
Приамурье и Приморье	8.7	111	69.9	23.0	120	80.7	29.1	124	85.5
Восточная Сибирь	-7.9	80	12.0	-5.3	91	37.3	-18.8	68	3.6
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	4.0	107	49.41	39.2	157	100	10.7	115	78.3
Центральный	-23.3	66	13.3	10.5	113	71.1	-3.4	95	45.8
Приволжский	-19.2	67	16.9	4.3	106	61.4	23.1	143	91.6
Южный	-30.0	46	8.4	14.6	130	80.7	5.0	112	66.3
Северо-Кавказский	-24.9	65	14.5	-8.2	86	39.8	-24.7	56	14.5
Уральский	3.8	106	57.8	8.4	112	71.1	14.3	121	80.7
Сибирский	16.5	132	94.0	-2.1	97	37.3	-9.2	86	10.8
Дальневосточный	-2.3	96	39.8	-1.1	99	47.0	-4.5	94	27.7

3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В ЛЕТНИЙ 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 летнего сезона в целом и для каждого из месяцев лета.

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 летнего сезона на территории России с 1976 г.

На всей территории страны в летний сезон отмечается потепление, наиболее значительное на ЕЧР (до +1.0°C/10 лет на юго-западе) и в Средней и Восточной Сибири (до +0.6°C/10 лет).

В отдельные летние месяцы наибольшее потепление наблюдается на ЕЧР в июле

(на западе до $+1.0^{\circ}\text{C}/10$ лет) и в августе (в южных районах $+1.2^{\circ}\text{C}/10$ лет), в АЧР: в июне (в дельте Оби до $+1.3^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Для всех трех летних месяцев в Сибири отмечается область незначительного похолодания, которая в июне располагалась на севере соседнего Казахстана, в июле область расширилась до среднего течения Оби и Енисея, в августе – сместилась на север до Среднесибирского плоскогорья между $60-73^{\circ}$ с.ш. Наименьший тренд отмечается в августе (до $-0.3^{\circ}\text{C}/10$ лет). Эта перемещающаяся область похолодания проявляется для сезона в целом в виде области значительно ослабленного потепления (от 0 до $+0.2^{\circ}\text{C}/10$ лет) в Западной и Средней Сибири. Из-за экстремально теплого августа на юге ЕЧР и в Восточной Сибири увеличилась интенсивность потепления на $+0.1^{\circ}\text{C}/10$ лет по сравнению с оценками тренда за период 1976-2016 гг.

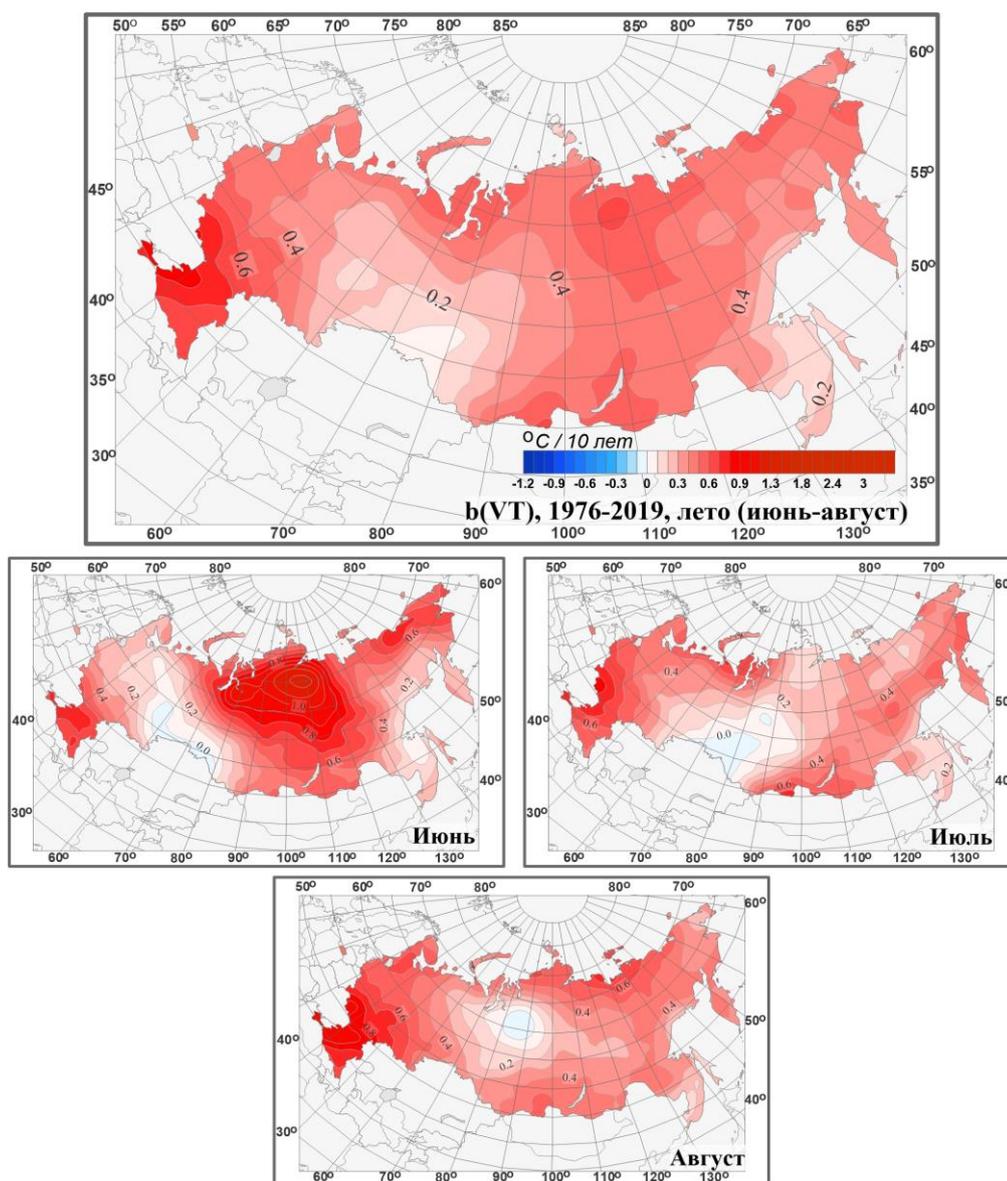


Рисунок 3.1 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий температуры ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) на территории России по данным за 1976-2019 (лето)

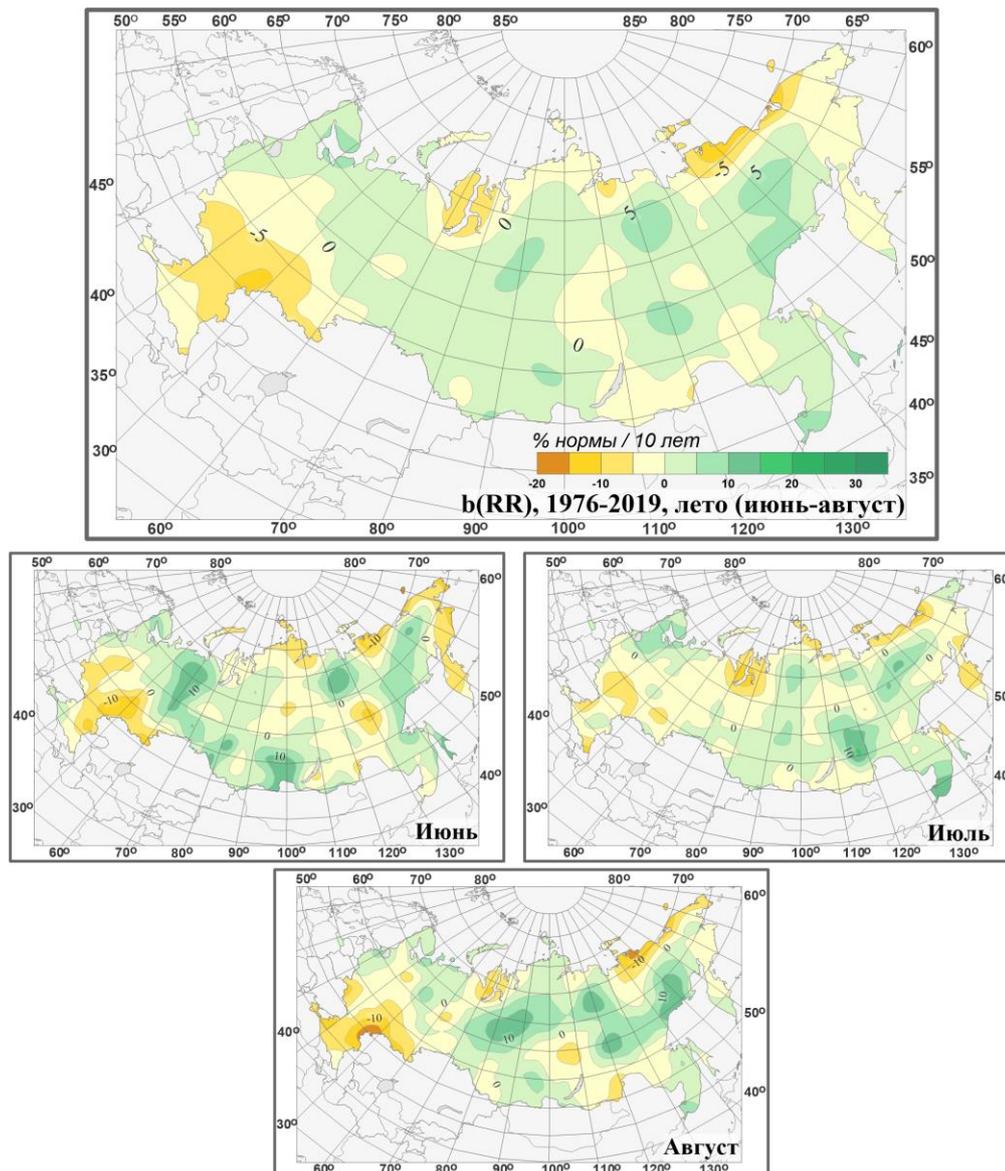


Рисунок 3.2 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий осадков (% нормы /10 лет) на территории России по данным за 1976-2019 (лето).

Тренд средней по России летней температуры за период 1976-2019 гг. положителен: он составляет $+0.42^{\circ}\text{C}/10$ лет, объясняет 64% межгодовой изменчивости (табл. 3.1). Тренд примерно одинаков во все месяцы сезона и во всех случаях значим на 1%-м уровне. Сезонная температура с середины 1970-х гг. росла практически монотонно (сглаженная кривая на рис. 3.3). В *июле* с середины 1990-х гг. наблюдается замедление роста температуры.

В изменении сумм осадков в течение всего летнего сезона (рис. 3.3) преобладает тенденция к их уменьшению на ЕЧР (центральные и южные области), и к увеличению в АЧР (кроме арктического побережья, Камчатки, Забайкалья).

Наиболее интенсивное уменьшение осадков отмечается в июле: на ЕЧР (кроме северных районов), в районе Обской губы, вдоль побережья Северного Ледовитого

океана: от Таймыра до Чукотки; в Магаданской области, на Камчатке; в Забайкалье (до 10%/10 лет). В июне и августе эта тенденция выражена слабее.

Тенденция к увеличению осадков на АЧР наиболее выражена в июне и августе (Якутия и Магаданская область: до 15%/10 лет).

Из-за экстремально влажного июня в Уральском ФО увеличилась интенсивность роста осадков в районе Урала по сравнению с оценками за период 1976-2016 гг. Из-за экстремально сухого августа в Южном ФО увеличилась интенсивность уменьшения осадков в районе на юге ЕЧР по сравнению с оценками за период 1976-2016 гг.

Тренды сумм осадков за период с 1976 г., в целом для России, сезонных и каждого месяца, незначимы: объясняют не более 5% межгодовой изменчивости. В то же время стоит отметить рост сезонных осадков в последние два десятилетия; однако, следует иметь в виду, что в ряду осадков наблюдаются выраженные долгопериодные колебания с периодами в несколько десятилетий.

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

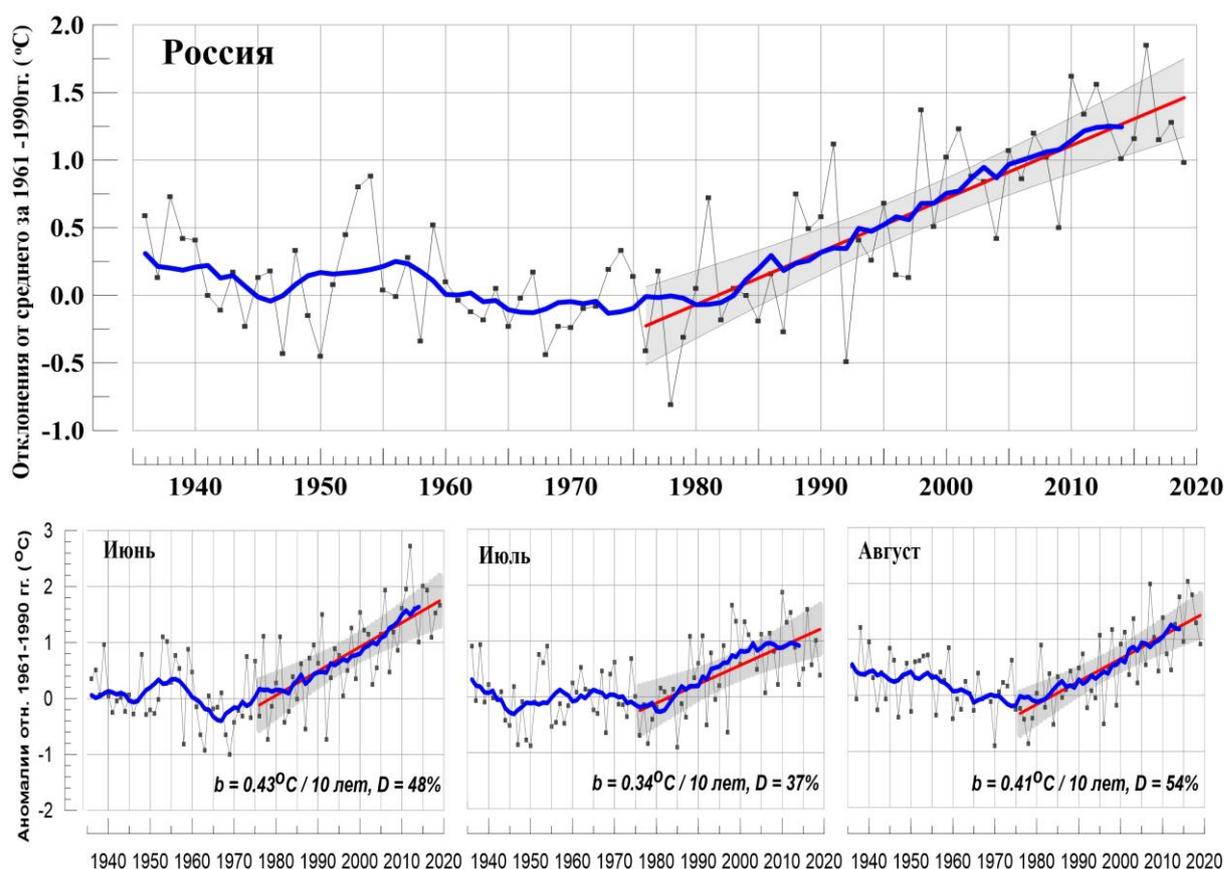


Рисунок 3.3 – Аномалия средней сезонной (вверху) и для месяцев сезона температуры приземного воздуха (°C) осредненная по территории РФ.

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.

Таблица 3.1

Оценки линейного тренда температуры приземного воздуха и суммы осадков, осредненных по территории России и за летний сезон, за 1976-2019 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> , %
<i>Лето</i>	0.39	63	0.4	4
Июнь	0.43	48	0.5	2
Июль	0.34	37	0.3	0
Август	0.41	54	0.5	1

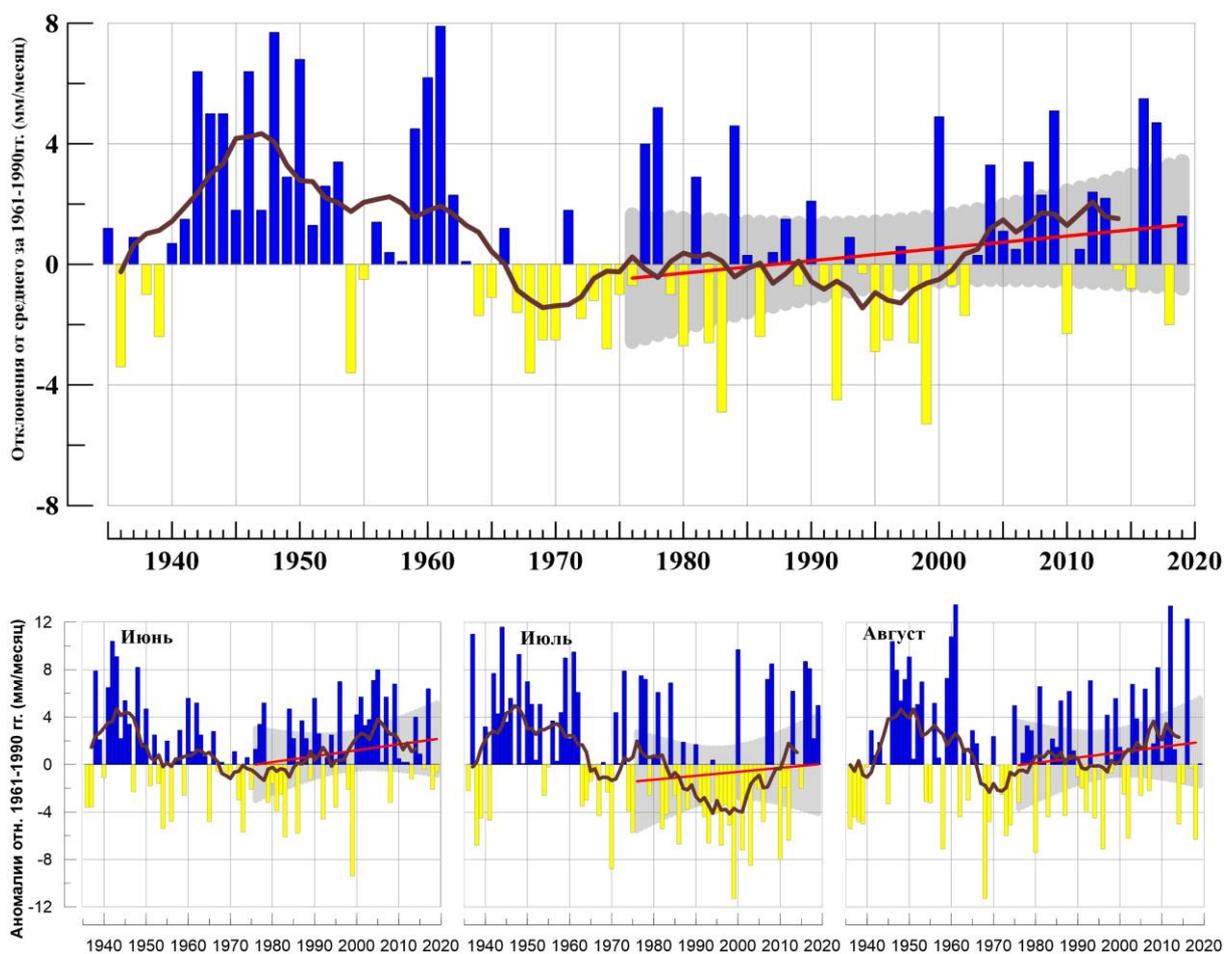


Рисунок 3.4 – То же, что на рис. 3.3, но для атмосферных осадков (мм/мес).

4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ЛЕТНЕГО 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) летнего 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.

Во всех регионах в среднем за период 1976-2019 гг. наблюдается выраженное потепление летних сезонов. Исключение составляют Западная Сибирь (и Уральский ФО), где эта тенденция в 2 раза слабее, чем в других регионах (Таблица 4.1), и статистически незначима (см. также соответствующую область минимума сезонного потепления на рис. 3.1). В большинстве регионов между 1940 – 1960 гг. наблюдался максимум температуры, который, однако, не достигал современного уровня.

Таблица 4.1

Оценки линейного тренда осредненных по территории России среднесезонных аномалий температуры приземного воздуха и сумм осадков за 1976-2019 гг. (летний 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	0.39	63	0.4	0.7	4
Физико-географические регионы России					
Европейская часть России	0.47	33	-1.0	-1.6	3
Азиатская часть России	0.37	64	0.9	1.4	11
Западная Сибирь	0.25	12	0.9	1.5	2
Средняя Сибирь	0.44	44	1.5	2.8	9
Прибайкалье и Забайкалье	0.48	50	0.1	0.2	0
Приамурье и Приморье	0.26	23	2.0	1.9	2
Восточная Сибирь	0.40	49	0.2	0.5	0
Федеральные округа РФ					
Северо-Западный	0.39	24	1.4	2.2	3
Центральный	0.57	31	-3.0	-4.2	7
Приволжский	0.41	16	-2.3	-3.8	6
Южный	0.72	48	-2.3	-4.8	6
Северно-Кавказский	0.61	50	-1.4	-2.4	1
Уральский	0.30	11	0.8	1.2	1
Сибирский	0.33	38	1.3	2.2	8
Дальневосточный	0.40	60	0.7	1.1	2

В изменениях регионально осредненных аномалий осадков летнего сезона (рис. 4.3 - 4.4) монотонных тенденций за период современного потепления (с 1976 г.) четко не прослеживается.

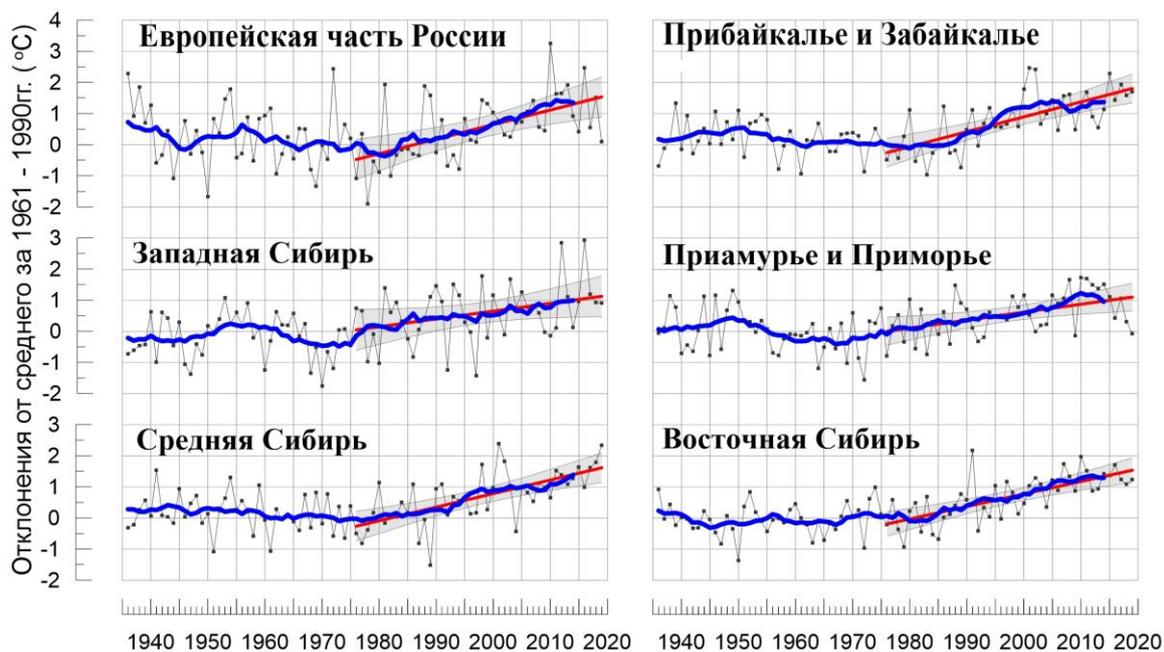


Рисунок 4.1 - Сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории физико-географических регионов РФ, лето 2019 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен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

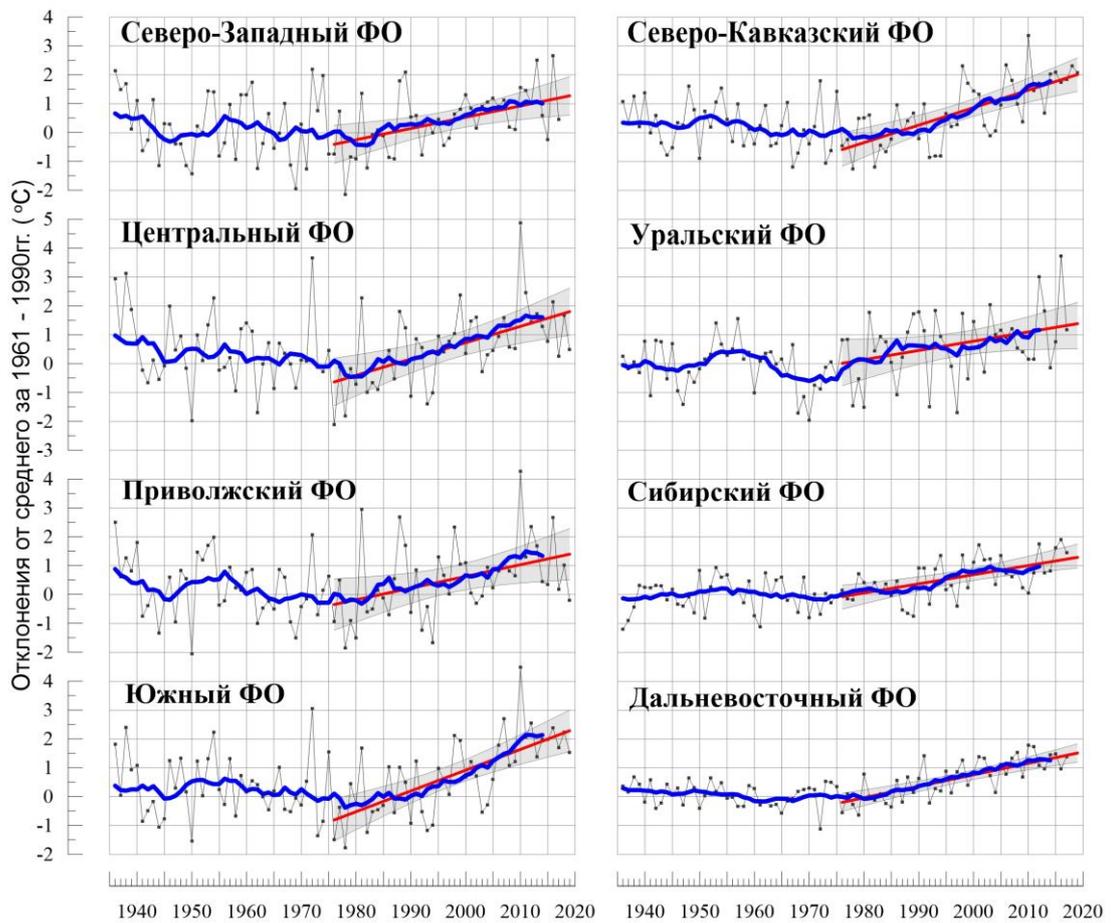


Рисунок 4.2 – То же, что на рис.4.1, но для федеральных округов

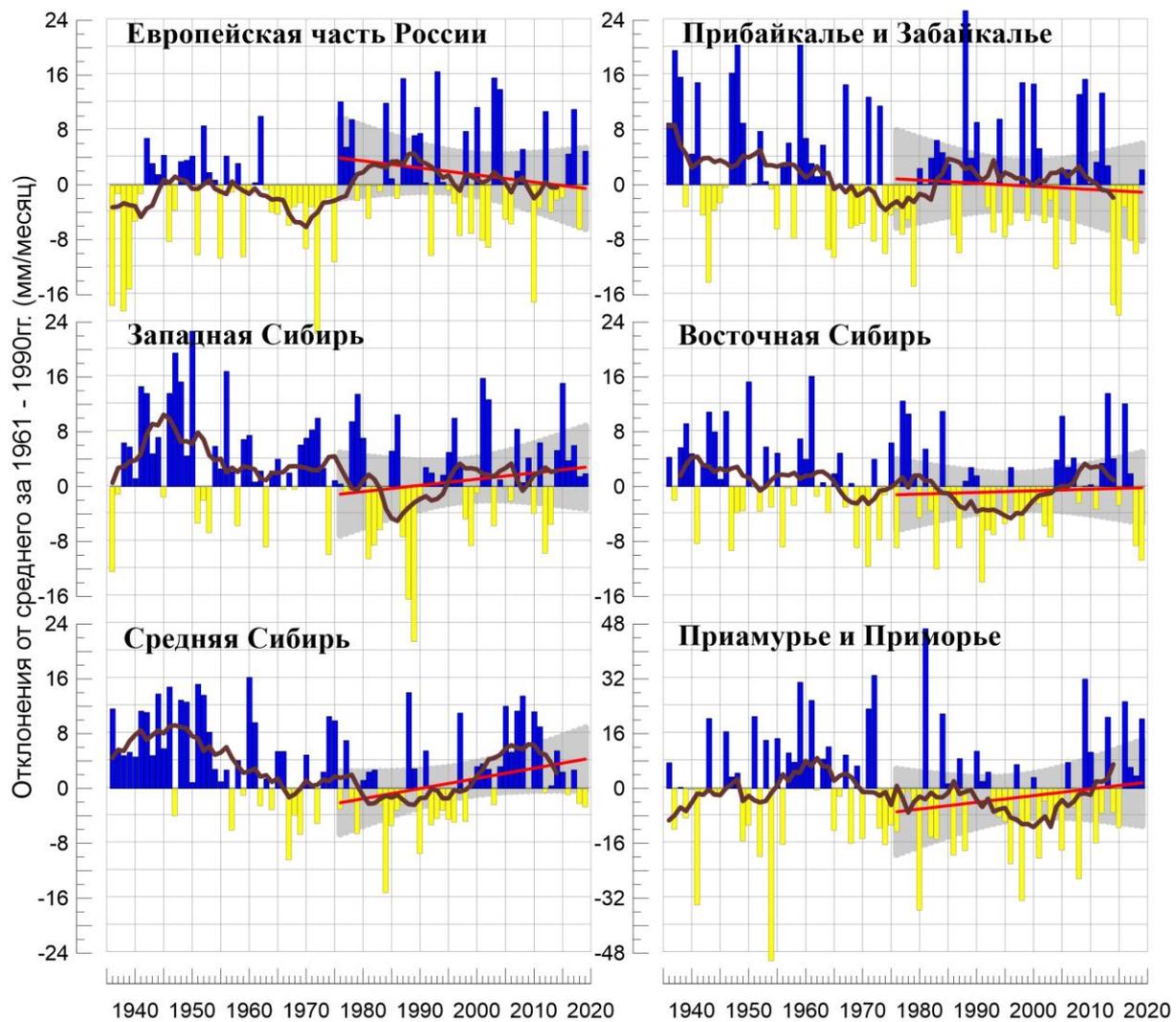


Рисунок 4.3 - Сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории регионов РФ, лето 2019 гг.
Условные обозначения см. на рис. 4.1.

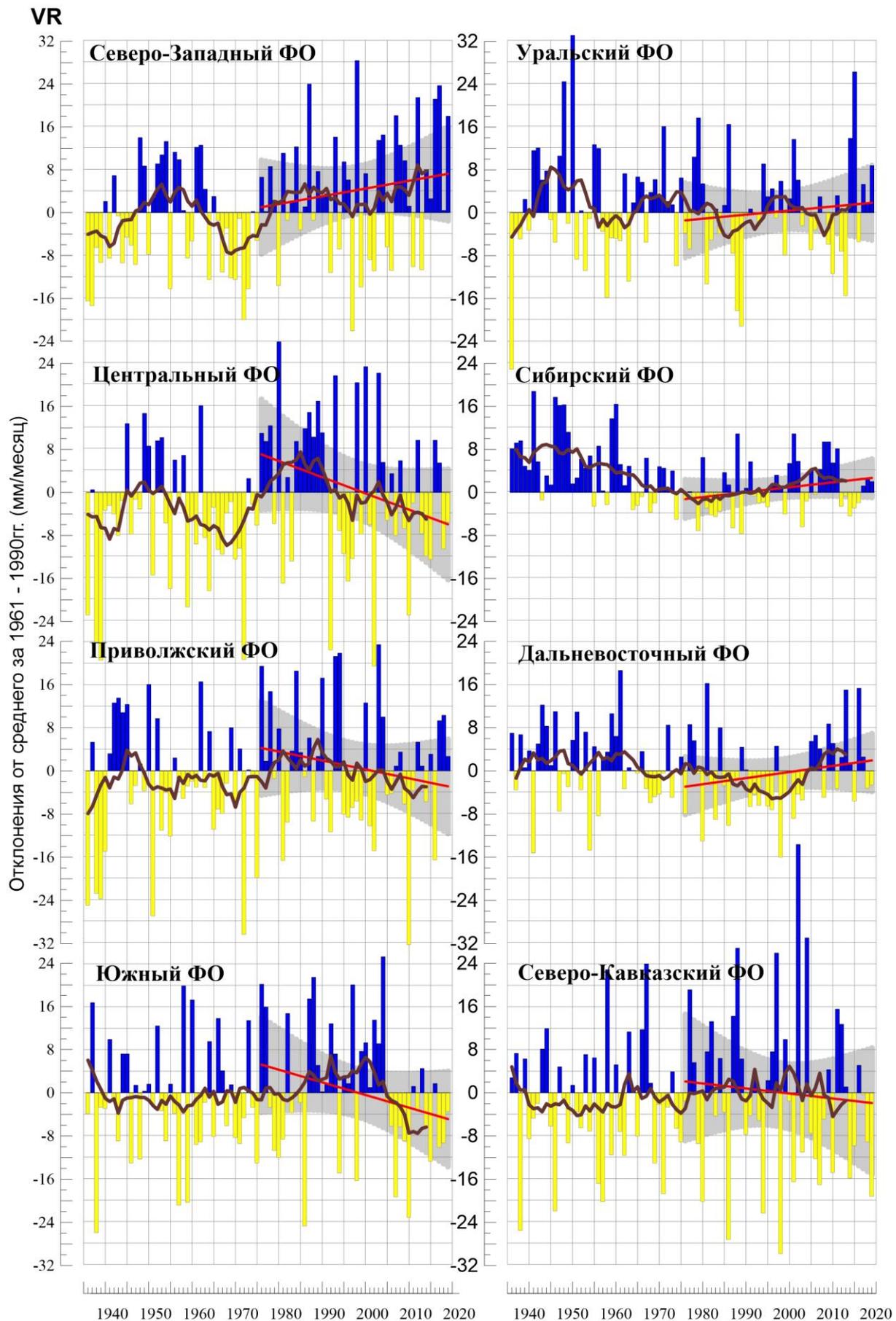


Рисунок 4.4 – То же, что на рис.4.3, но для федеральных округов

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

В разделе приведены некоторые индексы экстремальности и аномальности для летнего 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 превышения ниже 20% и выше 80%), а также экстремальными (абсолютная величина превосходит 2 стандартных отклонения) аномалиями температуры.

Температура. Летом 2019 года 43% площади территории России (ранг 16) были заняты крупными положительными аномалиями (выше 80-го перцентиля), тогда как площадь областей отрицательных аномалий (ниже 20-го перцентиля) составила 10% (рис. 5.1). В изменении площади под крупными положительными аномалиями тренд за период 1976-2019 составляет 11.6%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 56%). Рост суммарной площади с крупными аномалиями обоих знаков составляет 3.7%/10 лет (12%)

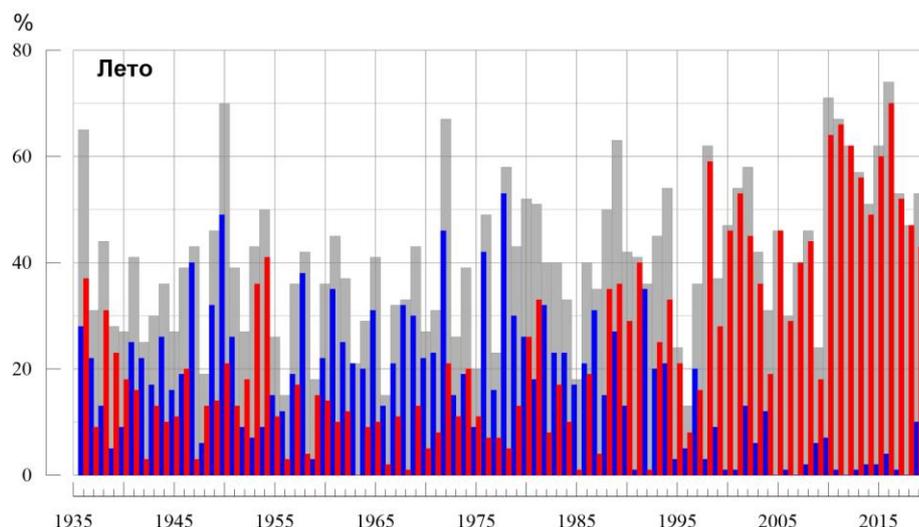


Рисунок 5.1 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями температуры, 1936-2019 гг. (лето):

— 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 $+2\sigma$ и ниже -2σ) аномалиями сезонной температуры (в предположении гауссовой распределения это соответствует вероятности примерно 2.3% процента для каждого хвоста распределения).

Летом 2019 года доля площади РФ, занятая экстремально теплыми аномалиями (выше $+2\sigma$) составила 9%, а доля площади с экстремально холодными аномалиями (ниже -2σ) составила 1% площади страны. Экстремально холодные летние сезоны наблюдались: в 1950 (13% площади под аномалиями ниже -2σ), в 1972 (14%), в 1989 (10%). После 1997 г. преобладают экстремумы тепла. Наиболее экстремальные летние

сезоны наблюдались: в 2010 (28% площади под аномалиями выше $+2\sigma$), в 2016 (24%), в 2012 (22%), в 1998 (19%), в 2001 (18%), в 1972 г. (13%), в 1991 (11%).

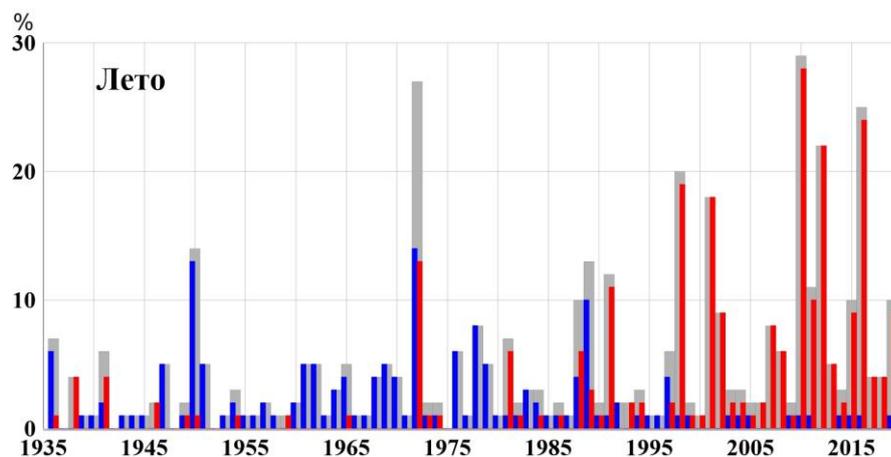


Рисунок 5.2 - Доля площади РФ (в процентах) с экстремальными (сезонная аномалия меньше -2σ : синие столбики, больше $+2\sigma$: красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры летом, 1936-2019 гг. Базовый период для расчета статистик: 1961-1990 гг.

Индекс аномальности Багрова (рис. 5.3) в 2019 году составил 1,7 – ранг 8-10 (самая большая величина индекса экстремальности Багрова зафиксирована в 2010 году: 2,3). Аномальность температурного режима на территории РФ в летний сезон растет: тренд за 1976-2019 гг. объясняет 46% общей дисперсии ряда.

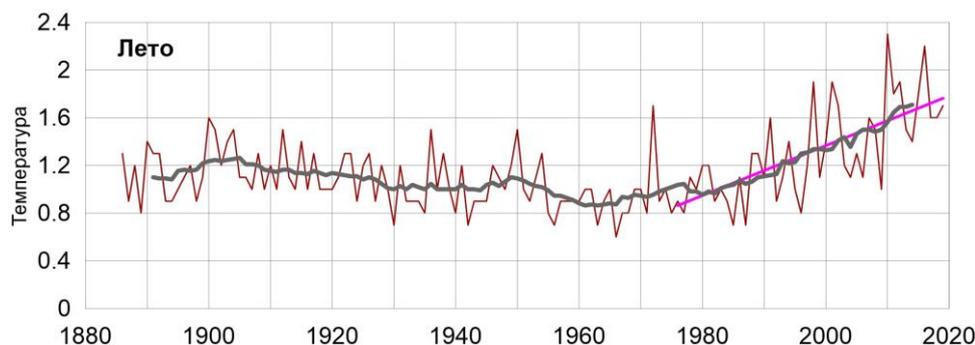


Рисунок 5.3. - Индекс аномальности (индекс Багрова) температурного режима на территории России летом 1886-2019 гг.

Осадки. Летом 2019 года площадь, занятая экстремальными аномалиями осадков меньше 20-го перцентиля, составила 17%, а занятая аномалиями больше 80-го перцентиля - 16% (рис. 5.4).

Для осадков характерно чередование периодов преобладания областей избытка (1940-1960 гг.) и дефицита (1965-1986 гг.) осадков. С начала 2000-х гг. преобладают

крупные аномалии осадков больше 80 перцентиля. Явного роста суммарной площади с крупными аномалиями после 1976 г. не наблюдается.

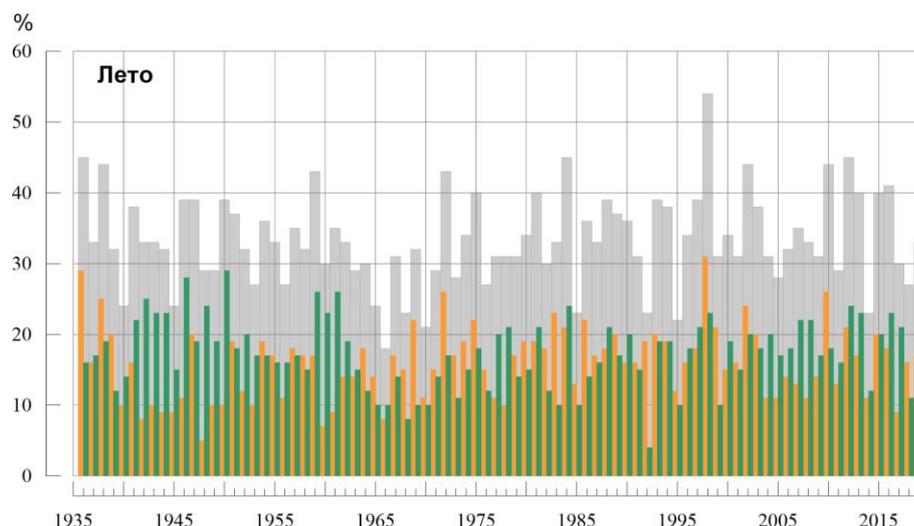


Рисунок 5.4 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями осадков, 1936-2019 гг. (лето):

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

ВЫВОДЫ

1. Лето для Северного полушария в целом было экстремально теплым: аномалия температуры воздуха над сушей СП $+1.157^{\circ}\text{C}$ (при стандартном отклонении 0.20°C) – третья величина в ряду с 1850 г. и ожидаемая при потеплении (разность между величиной сезонной аномалии и величиной тренда составляет -0.044°C).

2. Осредненная сезонная аномалия для России в целом: $+0.98^{\circ}\text{C}$ – ранг 17, тепло на большей части АЧР: 1.32°C – ранг 7, 95%-е экстремумы фиксировались в Средней Сибири (2.34°C – ранг 2) и в Прибайкалье и Забайкалье. Холодно летом на северо-востоке ЕЧР, на юге Хабаровского края, в Приморье, на Сахалине.

3. Доля площади территории России, занятая крупными положительными среднесезонными аномалиями температуры (выше 80-го перцентиля), составила 43% (16-я величина с 1936 года), а под экстремальными положительными аномалиями (выше 2σ) 9%.

Доля площади территории России, занятая крупными отрицательными летними аномалиями температуры (ниже 20го перцентиля), составила 10%, под экстремальными отрицательными аномалиями (ниже -2σ) 1% площади страны.

4. Все летние месяцы – очень контрастные.

5. В июне экстремально тепло на западе и юге ЕЧР (особенно в ЮФО (4.29°C - ранг 1) и в СКФО (4.26°C - ранг 1), в средней Сибири (3.65°C - ранг 2) и в Восточной

Сибири (2.28°C - ранг 2). Холодно в июне на северо-востоке ЕЧР и в Западной Сибири; в Приамурье и Приморье.

В июле очень тепло в полосе от Обской губы до Байкала; на Чукотке. Очень холодно в июле в ЦФО (-1.25°C – среди девяти «самых холодных» июлей) и в СЗФО (-1.58°C); в предгорьях Алтая и Саян; в Якутии.

В августе экстремально тепло на большей части АЧР (аномалия 1.47°C – ранг 3), кроме Приморья. Холодно в августе на большей части ЕЧР (аномалия -0.47°C), в Приморье.

6. Летом в среднем по РФ выпало 103% нормы осадков. Сильный дефицит осадков наблюдался в центре и на юге ЕЧР (в СКФО выпало лишь 69% нормы); на большей части ДФО (кроме Приамурья и Приморья), особенно в Восточной Сибири (79% - среди четырех «самых сухих»). Избыток осадков (на многих станциях 95%-е экстремумы) летом - на северо-востоке ЕЧР; в Саянах, в Приамурье и Приморье.

7. Сильная неоднородность выпадения осадков по территории страны наблюдалась во все месяцы сезона.

В июне дефицит (местами менее 40%) осадков наблюдался на большей части ЕЧР (77%), в Восточной Сибири (80%). Избыток осадков в Западной Сибири и, особенно, в Прибайкалье и Забайкалье (131%).

В июле значительный избыток осадков в ЕЧР (127% - ранг 4), сильный дефицит – в дельтах Оби и Енисея, в верховье Лены.

В августе избыток осадков в ЕЧР (особенно на востоке – в Пермском крае), дефицит осадков на большей части АЧР (особенно в Восточной Сибири: выпало 68% нормы – среди четырех «самых сухих»)

8. В июне в ряде областей ЦФО, ЮФО, СКФО, СФО и ДФО, в августе в некоторых областях СКФО и юга СФО дефицит осадков (местами менее 40%) и экстремальные температурные аномалии (выше 95-го перцентиля) способствовали образованию засух средней и сильной интенсивности.

9. Летом площадь, занятая крупными аномалиями осадков выше 80 перцентиля составила 17%; ниже 20-го перцентиля – 16%.

10. В целом по России линейный тренд летней температуры воздуха за период 1976-2019 гг. положителен и составляет $+0.39^{\circ}\text{C}/10$ лет, объясняет 63% межгодовой изменчивости. Тренд примерно одинаков во все месяцы летнего сезона и значим на 1%-м уровне.

Наиболее значительное потепление летних сезонов отмечается на западе ЕЧР (до $+0.9^{\circ}\text{C}/10$ лет), в Средней Сибири (до $+0.7^{\circ}\text{C}/10$ лет). и Восточной Сибири (до $+0.6^{\circ}\text{C}/10$ лет). Наиболее слабое потепление (от 0 до $+0.2^{\circ}\text{C}/10$ лет) отмечается в Западной и Средней Сибири и связано с незначительным похолоданием, которое отмечается здесь во все месяцы сезона, однако локализация этой области от месяца к месяцу существенно менялась.

11. В изменении сумм осадков летнего сезона преобладает тенденция к их слабому уменьшению на ЕЧР (центральные и южные области во все месяцы сезона), и к увеличению в АЧР (кроме арктического побережья и Камчатки).

ПРИЛОЖЕНИЕ

Предварительный

Федеральная служба
по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ФГБУ «Институт Глобального климата и экологии»

Обзор состояния и тенденций изменения климата на территории Республики Беларусь



ВВЕДЕНИЕ

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

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

широты на 5 градусов долготы), и в каждой ячейке сетки рассчитывается «ячеечное» среднее (среднее арифметическое из значений аномалий на попавших в эту ячейку станциях). На втором этапе выполняется взвешенное осреднение «ячеечных» средних с весами, пропорциональными площади пересечения ячейки с территорией региона. Все расчеты, включая определение принадлежности ячейки к региону, площади их пересечения и ячеечных весовых множителей, выполняются автоматически, на основании заданной замкнутой ломаной, ограничивающей территорию региона.

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

СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ЛЕТОМ 2019 г.

В таблицах 2 и 3 приведены станционные данные о наблюдаемой температуре и осадках для каждого месяца рассматриваемого летнего 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.

Таблица 2

Характеристики температурного режима на станциях Беларуси летом 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>Лето</i>	17.93	17.93		20.53	19.97	18.43	19.87
Июнь	20.8	20.3	20.2	22.7	22.2	21.1	23.0
Июль	16.1	16.5		18.9	18.4	17.0	18.1
Август	16.9	17.0		20.0	19.3	17.2	18.5
б) аномалия температуры (град. Цельсия)							
<i>Лето</i>	1.64	1.28		1.76	1.60	0.98	0.33
Июнь	4.85	4.14	4.00	5.95	5.67	3.96	5.66
Июль	-0.95	-0.81		0.88	0.79	-1.06	-0.33
Август	1.02	0.50		2.64	2.41	0.05	0.98

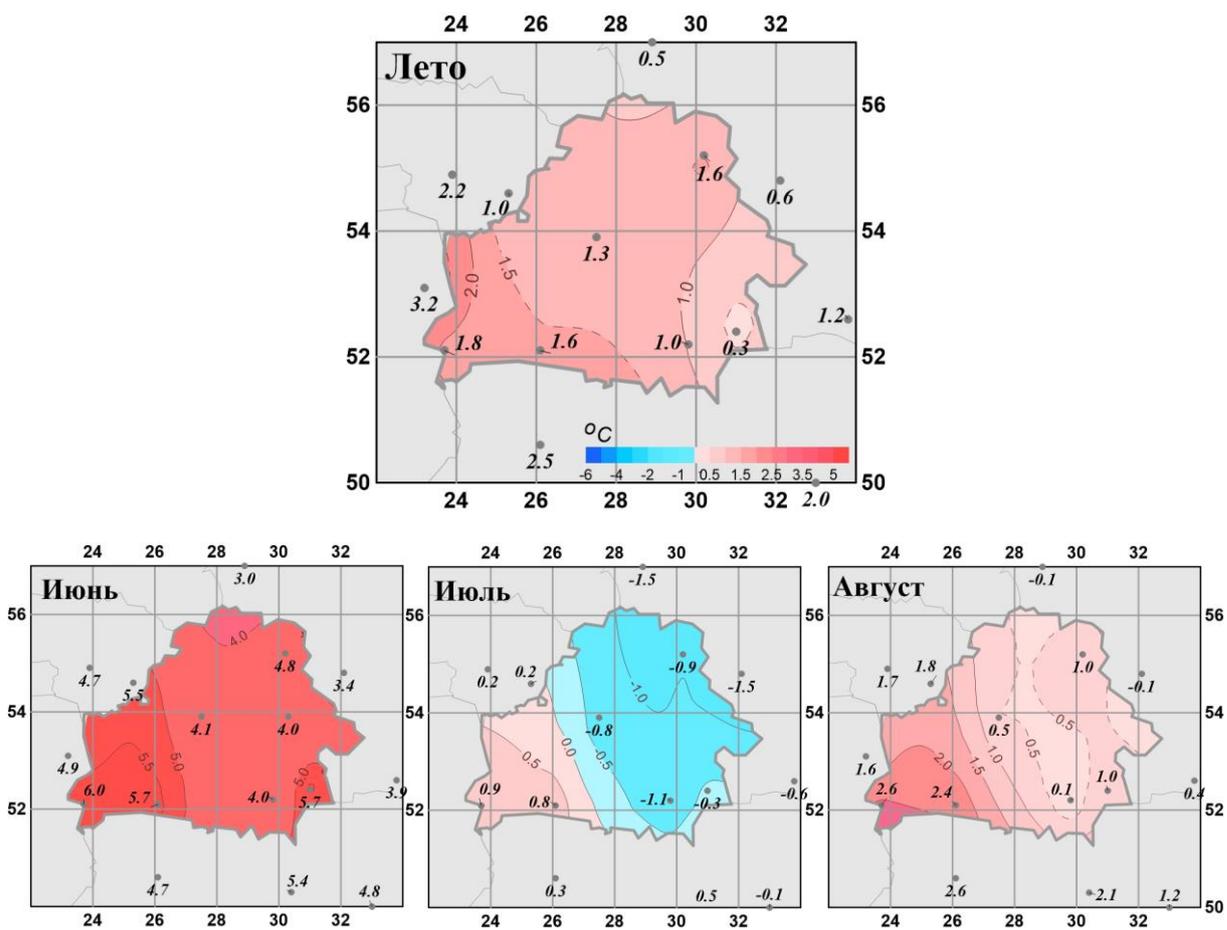


Рисунок 1 - Средние сезонные и средние месячные аномалии температуры (°C) приземного воздуха на территории республики Беларусь летом.

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

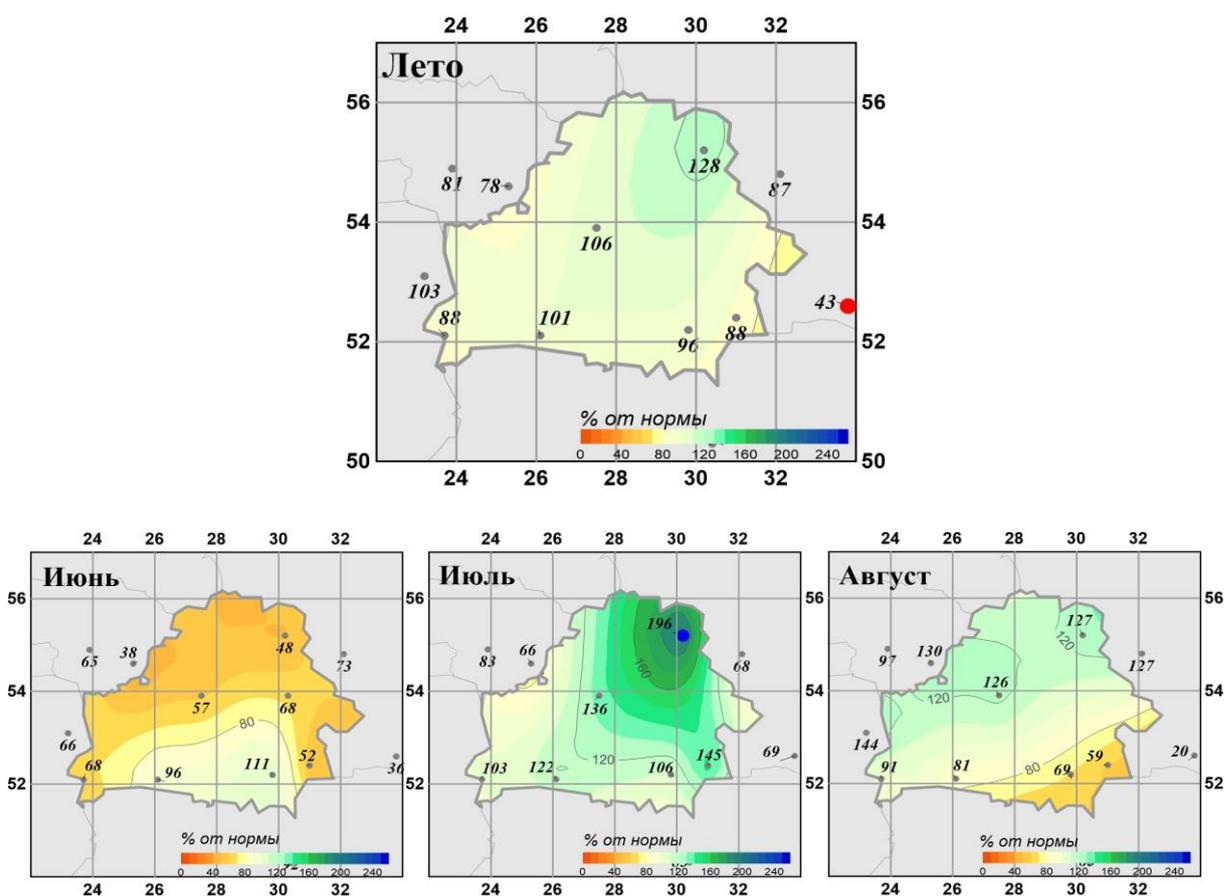


Рисунок 2 - Средние сезонные и месячные аномалии атмосферных осадков (% от нормы) на территории республики Беларусь летом.

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

Красным кружком показан стационарный экстремум – ниже 5-го процентиля

Таблица 3

Характеристики режима осадков на станциях Беларуси летом 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>Лето</i>	104.7	86.0	55.0	67.0	73.0	77.7	66.0
<i>Июнь</i>	38	47	55	49	76	88	44
<i>Июль</i>	183	120		83	91	94	119
<i>Август</i>	93	91		69	52	51	35
б) Аномалия сумм осадков / (мм/месяц)							
<i>Лето</i>	23	4.9		-9	0.5	-2.9	-9.2
<i>Июнь</i>	-40.4	-35.7	-25.6	-22.5	-3.2	8.6	-40.4
<i>Июль</i>	89.5	31.9		2.8	16.7	5.3	36.9
<i>Август</i>	19.9	18.6		-7.2	-12.1	-22.6	-24.2
в) Относительная аномалия сумм осадков (% от нормы)							
<i>Лето</i>	128	106	85	88	101	96	88
<i>Июнь</i>	48	57	68	68	96	111	52
<i>Июль</i>	196	136		103	122	106	145
<i>Август</i>	127	126		91	81	69	59

На рисунках 3, 4 показаны временные ряды осредненных по территории Беларуси сезонных и месячных аномалий температуры воздуха и осадков с 1936 по 2019 гг.

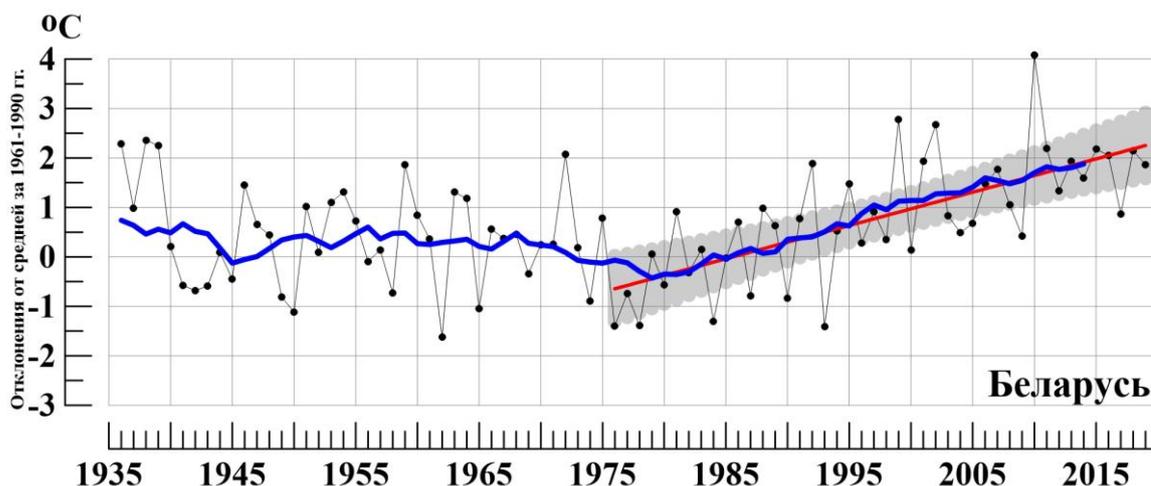


Рисунок 3 - Сезонные (июнь - август) аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2019 гг.

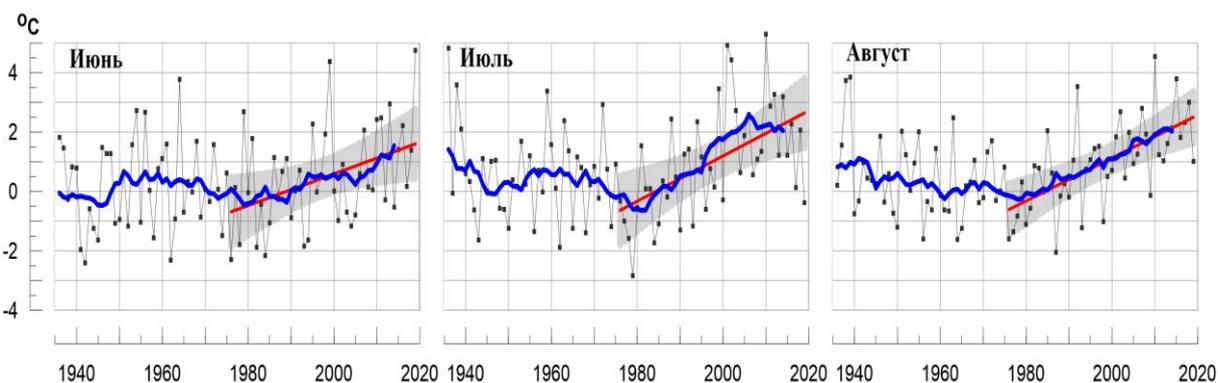


Рисунок 4 - Средние месячные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь. Условные обозначения см. на рисунке 3.

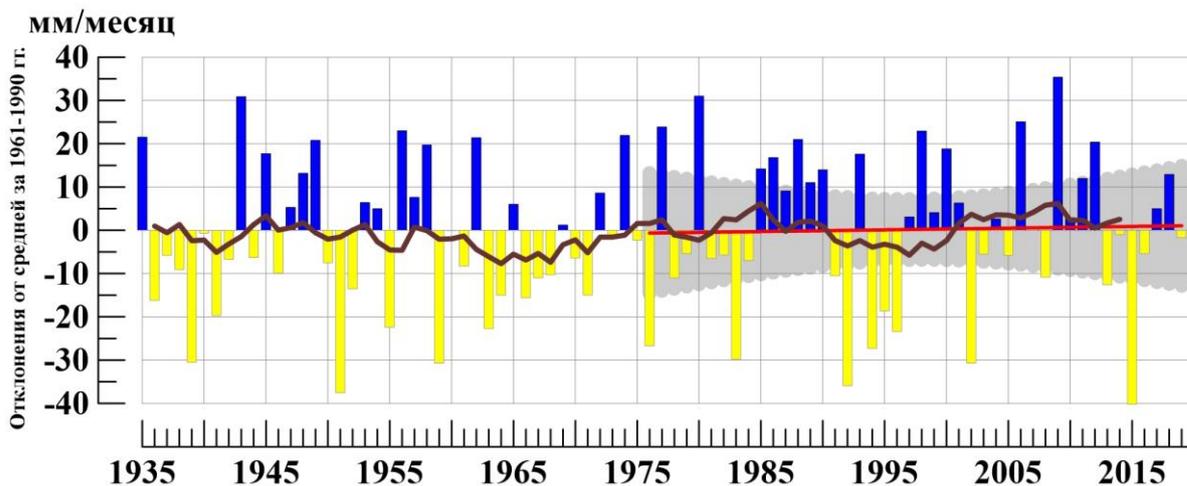


Рисунок 5 - Сезонные (июнь - август) аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рис. 3

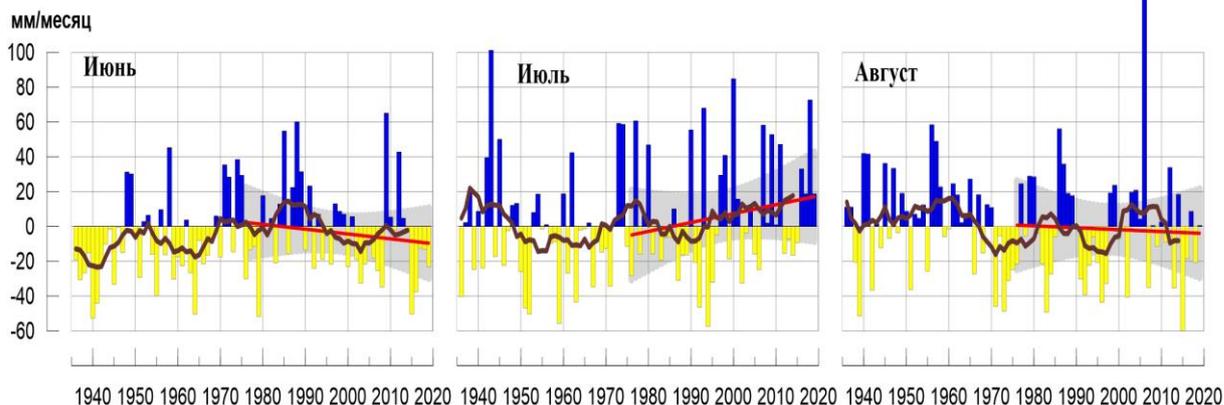


Рисунок 6 - Средние месячные аномалии атмосферных осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рисунке 3.

Таблица 4

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

	νT_{2019}	s	$P(t \leq T_{2019})$	RR_{2019}	νR_{2019}	s	$P(r \leq R_{2019})$
Лето	1.86	0.91	83.1	98	-1.7	15.9	49.4
Июнь	4.75	1.49	100	71	-23.0	28.1	22.9
Июль	-0.38	1.38	22.9	122	18.7	30.3	77.1
Август	1.01	1.10	60.2	101	0.6	26.9	51.8

Примечание: Аномалии νT_{2019} ($^{\circ}C$), νR_{2019} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за период 1961-1990 гг.), s ($^{\circ}C$, 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	$D_{1976-2019}$ %
<i>Лето</i>	0.67	49	0.4	0
Июнь	0.53	17	-2.8	2
Июль	0.76	29	5.1	4
Август	0.72	40	-1.1	0