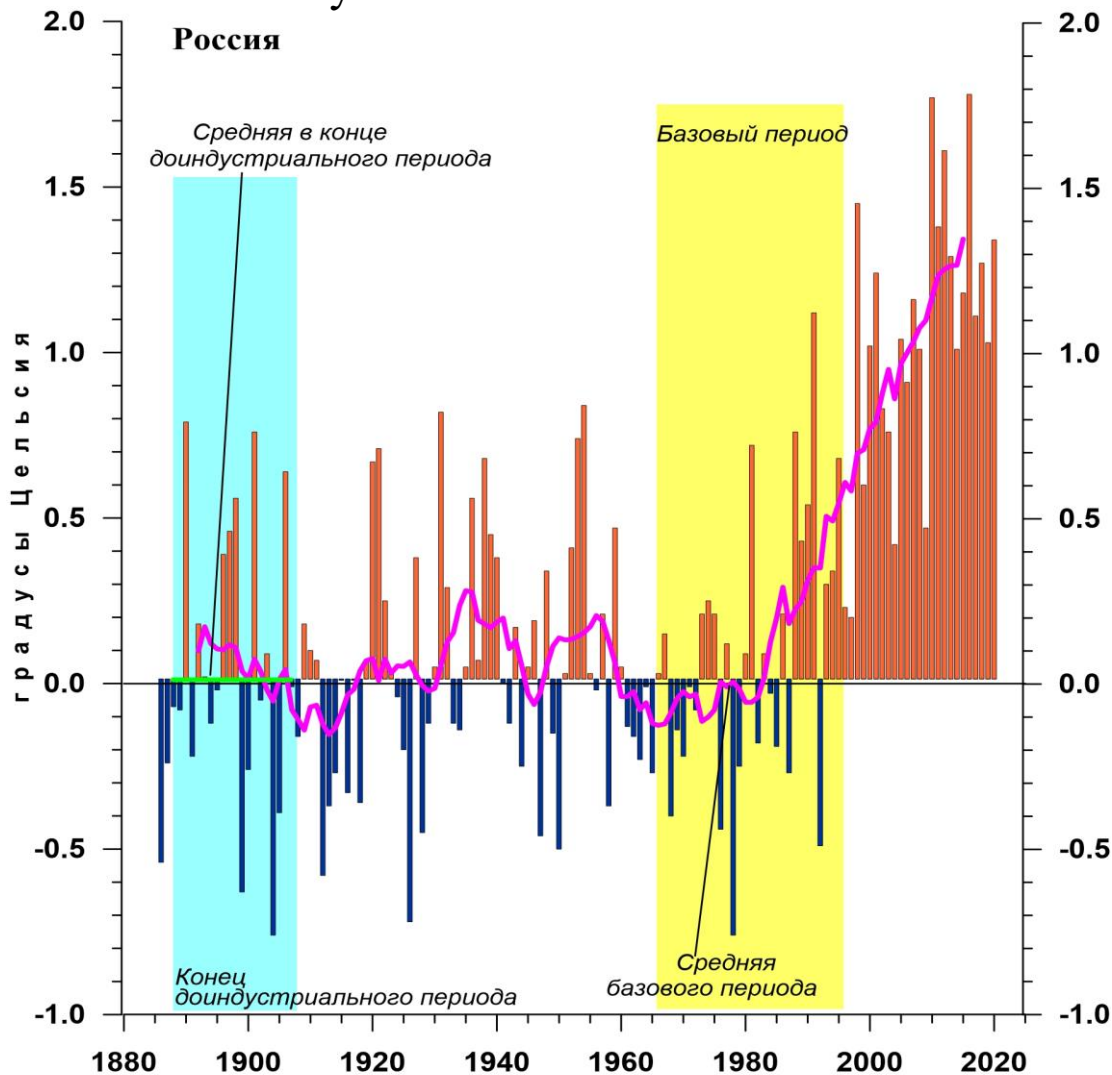


Федеральная служба
по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ФГБУ «Институт Глобального Климата и Экологии»



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2020

ЛЕТО: июнь - август

Обзор состояния и тенденций изменения
климата России

★
Москва 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ¹

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ (летний сезон).....	6
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЕТА 2020 г. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	7
3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В ЛЕТНИЙ СЕЗОН.....	16
4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ЛЕТНЕГО СЕЗОНА В РЕГИОНАХ РОССИИ, 1936-2020 гг.....	21
5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2020 гг. (летний сезон)	26
ВЫВОДЫ	28
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности лета 2020 г. на территории Республики Беларусь	31

¹ На обложке приведен ход средней сезонной аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2020 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), Э.Я. Ранькова, Т.В. Платова, О.Ф. Самохина, Антипина У.И.

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 2020: 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 1976-2020 гг.

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

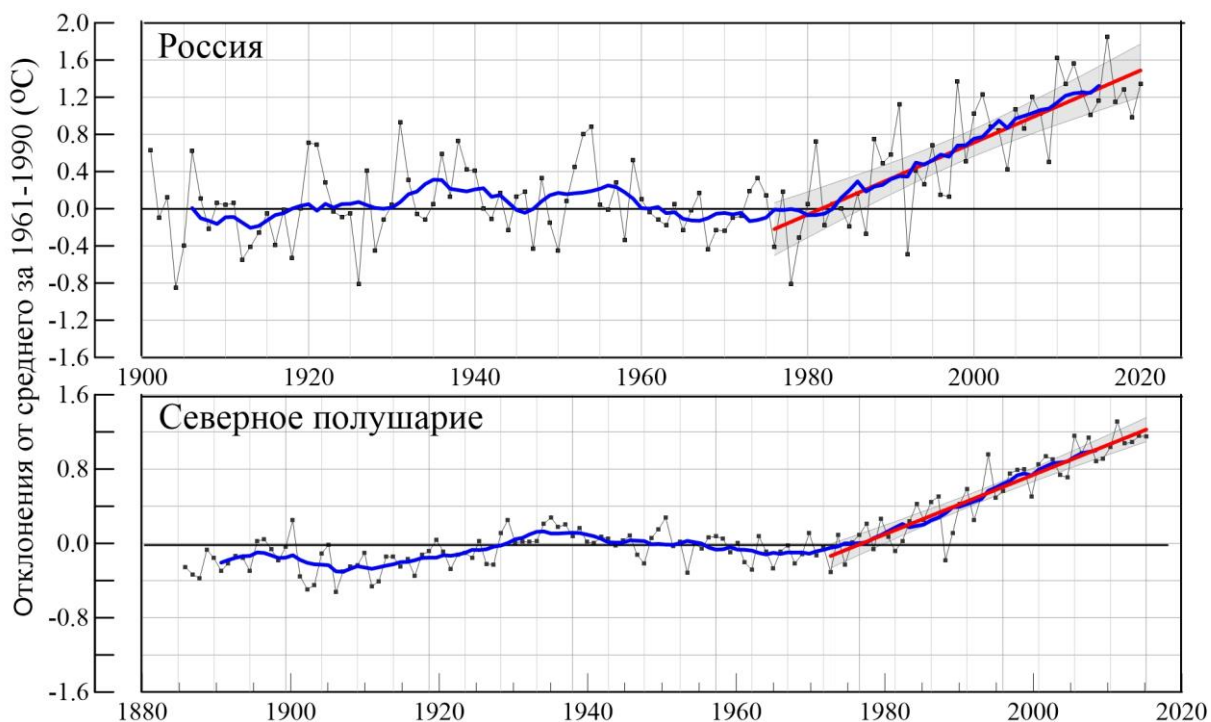


Рисунок 1.1 – Сезонная аномалия (лето: июнь - август) температуры приземного воздуха, осредненная по Северному полушарию (суша) и территории России за 1886-2020 гг.

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

Аномалия температуры воздуха над сушей СП летом составила $+1.154^{\circ}\text{C}$ (стандартное отклонение 0.20°C) – ранг 4 (т.е. четвертая величина в упорядоченном по убыванию ряду с 1850 года).

Для России в целом средняя сезонная аномалия температуры приземного воздуха составила $+1.34^{\circ}\text{C}$ (при величине стандартного отклонения 0.33°C) – ранг 5.

Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений летних температур за период 1976-2020 гг. в среднем для суши СП и России, приведены в табл. 1.1. Увеличение летних температур в среднем по территории России происходит в 1.26 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 1976-2020 гг.

Регионы	vT_{2020}	$s_{1961-90}$	$b, ^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$	$D \%$
СП	1.154	0.20	0.31	85
Россия	1.34	0.33	0.39	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 2020 ГГ. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

На рис. 2.1 и 2.2 представлены карты сезонных и месячных аномалий температуры и осадков на территории России лета 2020 г. На картах указано местоположение станций с экстремумами ниже 5-го выше 95-го перцентилей. Значения аномалий, осредненных по регионам, представлены в таблицах 2.1 и 2.2.

Температура воздуха. Осредненная по РФ аномалия температуры 1.34°C – ранг 5. Почти на всей территории страны температуры были выше климатической нормы, экстремально тепло (на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы) на юге ЕЧР: на юге ЮФО и в СКФО (2.10°C – ранг 5) и в северных районах страны, особенно в северных районах АЧР (осредненная по Средней Сибири аномалия температуры составила 1.96°C (ранг 3).

Температуры ниже климатической нормы наблюдались в нижнем течении Амура и на севере Сахалина (аномалии до -1.9°C (в Николаевске-на-Амуре)) – в основном за счет холодного июня.

Распределение средних сезонных температур на рис. 2.2 позволяет проследить рассмотренные особенности сезона несколько под другим углом. Изотерма 25°C на юге ЕЧР смещена на запад примерно на 8° долготы и на север примерно на 2° с.ш, а

изотерма 20°C – смещена на север на 1-2° широты. Изотерма 15°C на ЕЧР смещена на север примерно на 3° широты, а на АЧР – смещение на север более значительное: на 5-8° широты. Изотермы 5°C и 10°C на севере ЕЧР и АЧР смещены на север на 2-3° широты, а на Дальнем востоке изотерма 10°C смещена на восток от своего климатического положения на 3-5° долготы.

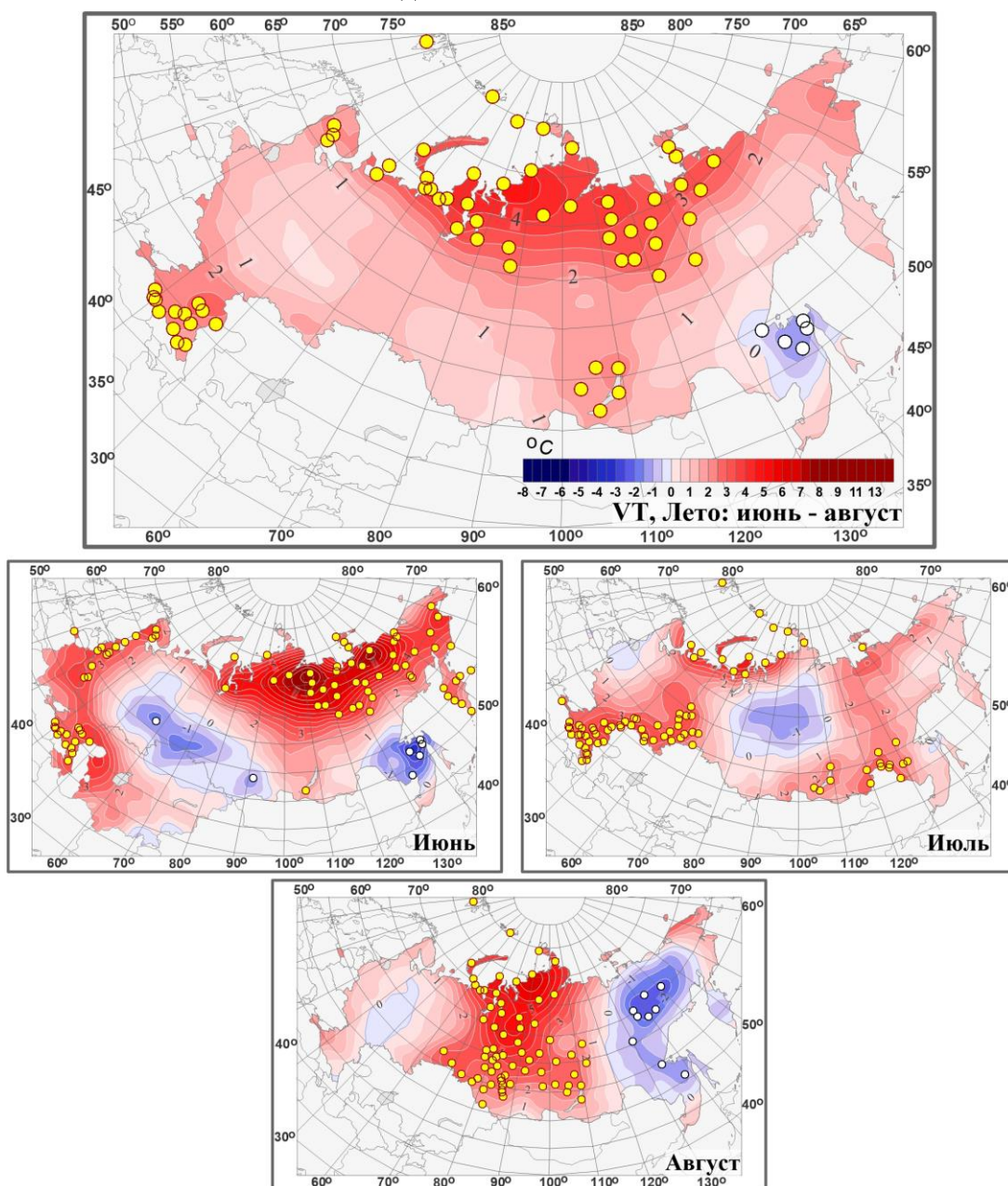


Рисунок 2.1 – Поля средней сезонной и средних месячных аномалий температуры приземного воздуха (°C) на территории России летом 2020 г. Кружками белого цвета показано местоположение станционных экстремумов ниже 5-го перцентиля, желтого – выше 95-го перцентиля. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего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

Июнь. Осредненная по РФ аномалия температуры составила 1.60°C (ранг 8-9). Температуры намного выше климатической нормы (на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы) наблюдались на западе и юге ЕЧР (осредненная аномалия

температуры по СКФО 2.86°C – ранг 4), на севере и в центре АЧР (осредненная по Средней Сибири аномалия 3.14°C – ранг 5, а по Восточной Сибири - $+3.35^{\circ}\text{C}$ (рекордная величина в ряду)).

Температуры ниже климатической нормы наблюдались в Приамурье и Приморье (аномалия -0.89°C – среди четырнадцати «самых наименьших» значений в ряду, но это самое наименьшее значение в XXI веке); а также на юго-востоке ЕЧР и на юге Западной Сибири.

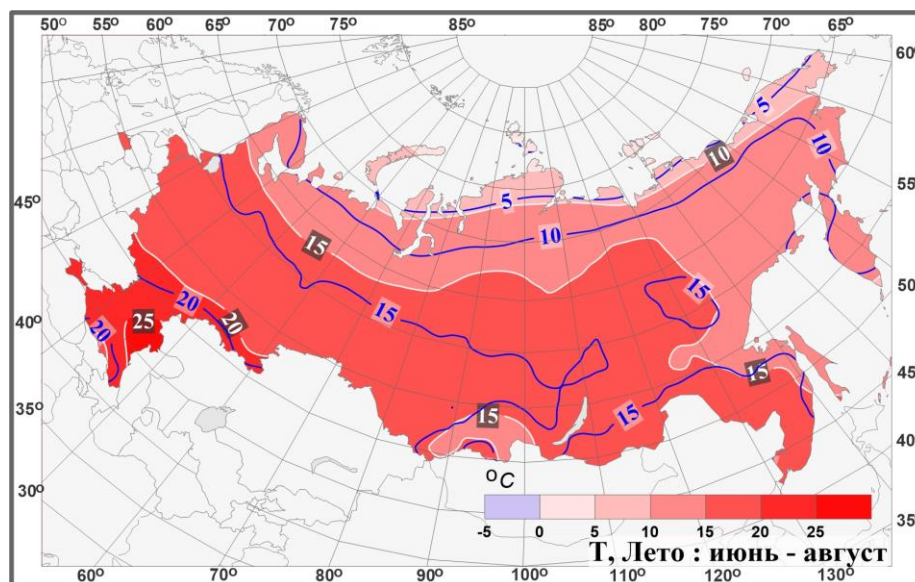


Рисунок 2.2 – Поля средней сезонной температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России летом 2020 гг. Синие изолинии: средние изотермы за период 1961-1990 гг.

Июль. Осредненная по РФ аномалия температуры составила 1.46°C – пятая величина в ряду. Температуры, превышающие нормы (более, чем на 3°C , повсеместно отмечались 95%-е экстремумы) наблюдались на юге ЕЧР (в ЮФО (осредненная по федеральному округу аномалия составила 2.99°C (ранг 5), в СКФО (2.73°C (ранг 4), в ПФО (2.60°C) и на Южном Урале; а также вдоль побережья Северного Ледовитого океана и на юге ДФО.

Температуры ниже климатической нормы наблюдались на западе ЕЧР (аномалии не ниже -0.5°C , Ленинградская, Новгородская, Псковская области); в центре АЧР (аномалии до -1.5°C , на востоке Западной Сибири и на западе Средней Сибири).

Август. Осредненная по РФ аномалия температуры 0.98°C . Температуры превышающие нормы (более, чем на 2°C) наблюдались на Урале, в Западной Сибири (аномалия 2.86°C – ранг 4) и на западе Средней Сибири (1.90°C – ранг 3) (или в федеральных округах: в УФО (2.99°C – ранг 4) и в СФО (2.32°C – ранг 3)). Температуры в августе ниже климатической нормы наблюдались на большей части ДФО (аномалии до -2.4°C (на станциях Лема и Восточная)) и в центральных районах ЕЧР (аномалии до -0.5°C).

Атмосферные осадки. Осредненные по РФ осадки 102% нормы. Сильный дефицит осадков (менее 80% нормы, на многих станциях отмечались 5%-е экстремумы) наблюдался на востоке Якутии, на Чукотке (осредненные осадки по региону Восточная

Сибирь составили 75% нормы – вторая минимальная величина в ряду; рекордная минимальная величина зафиксирована летом 1991 года: 73% нормы). Дефицит осадков (менее 80%) наблюдался также на юге ЕЧР в ЮФО (68%), СКФО (92%), ПФО (89%).

Значительный избыток осадков более 120% нормы, на отдельных станциях фиксировались 95%-е экстремумы) наблюдался в центре Западной Сибири, на юге СФО и ДФО (в регионе Прибайкалье и Забайкалье выпало 121% сезонной нормы – ранг 5).

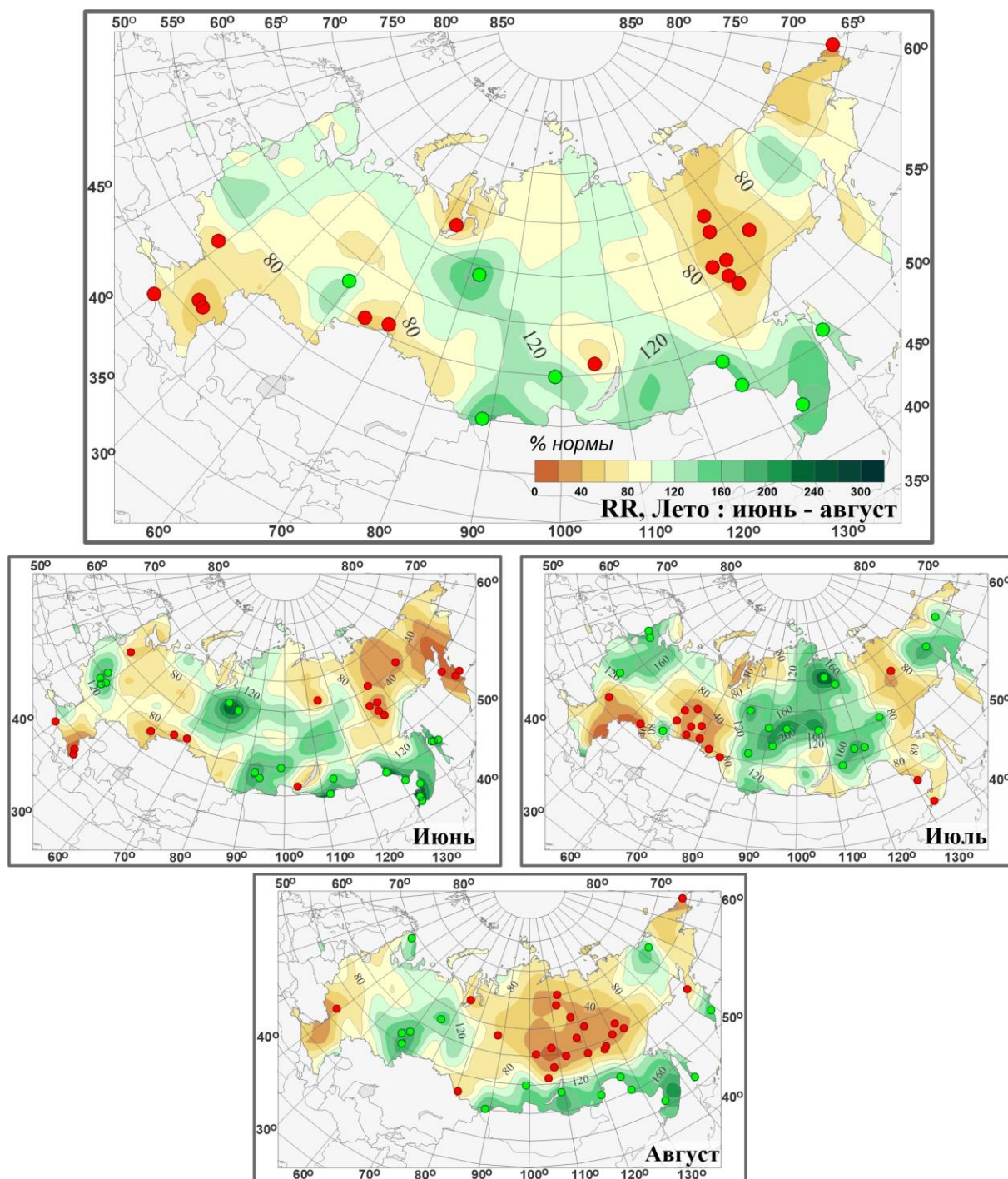


Рисунок 2.3 – Поля аномалий средних сезонных и месячных сумм осадков (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.) на территории России летом 2020 г. (июнь – август). Кружками красного цвета показаны станционные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го перцентиля.

Летом атмосферные засухи наблюдались во многих областях ЮФО и в ряде областей ПФО и УФО. Этому способствовал сильный дефицит осадков и экстремальные температурные аномалии, наблюдавшиеся в течение всех трех месяцев сезона.

Июнь. Области с дефицитом и с избытком осадков практически равны, в целом по РФ выпало 104% нормы осадков. В ЕЧР преобладал дефицит осадков, в целом по ЕЧР выпало 91% нормы (наибольший дефицит осадков наблюдался в ПФО (78%), избыток – в ЦФО (124%)). В АЧР сильный дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался в центральных и северных районах восточнее Таймыра (в регионе Восточная Сибирь выпало 53% нормы (вторая наименьшая величина в ряду после июня 1983 года (тогда выпало лишь 44% нормы)). Значительный избыток осадков (более 120%, на ряде станций фиксировались 95%-е экстремумы) наблюдался в междуречье Оби и Енисея (в среднем и нижнем течениях), в Саянах, в Приамурье и Приморье (152% нормы – ранг 4).

В июне во многих областях ЮФО и СКФО и ряде областей ПФО и УФО дефицит осадков (менее 60%, местами менее 40%) и экстремальные температурные аномалии (выше 95-го перцентиля) способствовали образованию атмосферных засух средней и сильной интенсивности (при этом засухи фиксировались в течение 3-4 недель месяца).

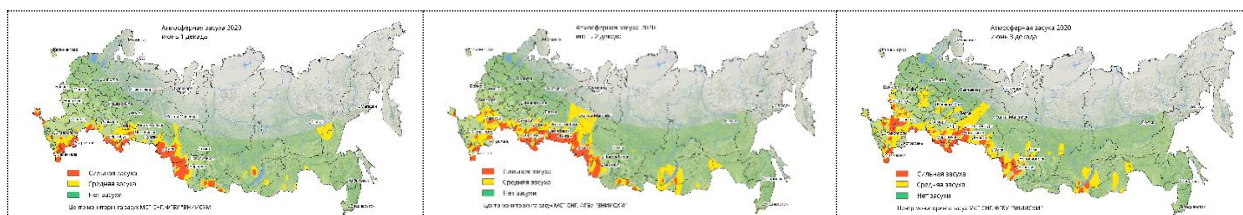


Рисунок 2.4 – Атмосферные засухи в земледельческой зоне России в июне. *Источник: Центр мониторинга засух МГС СНГ ФГБУ «ВНИИСХМ»*

Июль. Осредненные осадки по РФ – 103% нормы. Значительный избыток осадков (на ряде станций отмечались 95% экстремумы) наблюдался в центре и на северо-западе ЕЧР; а в АЧР - от течения Пура и Оби (на западе) до Лены и Алдана (на востоке) (осредненные по Средней Сибири осадки составили 142% нормы (вторая величина в ряду); а также восточнее течения Колымы.

Сильный дефицит осадков (менее 40%) наблюдался на юге и юго-востоке ЕЧР (в ЮФО осредненные осадки составили 61%, в ПФО – 73%), на юге Западной Сибири (на многих станциях отмечались 5%-е экстремумы); а также в междуречье Лены (на севере) и Алдана (на юге) и Колымы.

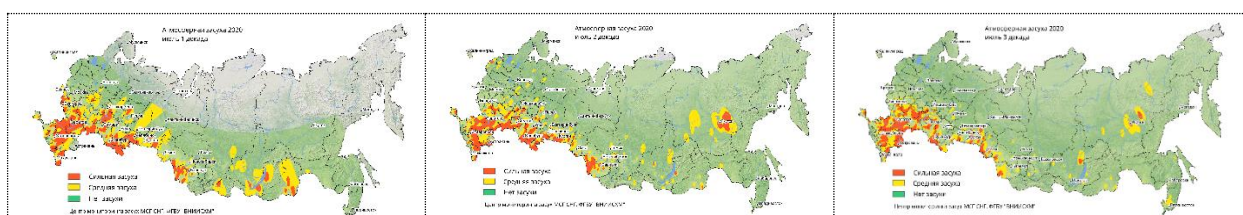


Рисунок 2.5 – Атмосферные засухи в сельскохозяйственной зоне России в июле. *Источник:* Центр мониторинга засух МГС СНГ ФГБУ «ВНИИСХМ»

В июле из-за погодных условий аналогичных июню (сильный дефицит осадков и экстремальные температурные аномалии) засухи продолжали фиксироваться на юге ЕЧР (ЮФО, СКФО, ПФО), на юге Урала (Челябинская, Свердловская области) – при этом засухи фиксировались в течение 3-4 недель месяца, в основном, сильной интенсивности; а также в ряде областей СФО (Новосибирская, Омская области, Алтайский край).

Август. Осредненные по РФ осадки составили 99% нормы. Особенность месяца – сильный дефицит осадков (на многих станциях фиксировались 5%-е экстремумы) от междуречья Оби и Енисея (на западе) до Индигирки (на востоке) (кроме южных районов СФО и ДФО), осредненные по Средней Сибири осадки составили 55% нормы – минимальное значение в ряду. Дефицит осадков наблюдался на большей части ЕЧР (кроме ПФО, Кольского полуострова и побережья Белого и Карского морей), на Чукотке.

Значительный избыток осадков (на ряде станций отмечались 95%-е экстремумы) наблюдался в ПФО, на западе Западной Сибири, на юге СФО и ДФО (особенно в Приамурье и Приморье (137% нормы – ранг 4), в междуречье Индигирки и Колымы), на юге Камчатки.

В августе дефицит осадков на большей части ЕЧР способствовал образованию засух в ряде областей ЦФО. Кроме того, атмосферные засухи продолжали фиксироваться во многих областях ЮФО (в основном сильной интенсивности) и ряде областей ПФО и СКФО.



Рисунок 2.6 – Атмосферные засухи в сельскохозяйственной зоне России в августе. *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 2020 г.

Регионы	vT_{2020}	$s_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2020})$
Российская Федерация	1.34	0.33	95.2
Физико-географические регионы России			
Европейская часть России	1.35	1.00	81.0
Азиатская часть России	1.34	0.35	92.9
Западная Сибирь	1.40	0.80	92.9
Средняя Сибирь	1.96	0.65	97.6
Прибайкалье и Забайкалье	1.25	0.57	83.3
Приамурье и Приморье	0.02	0.75	38.1
Восточная Сибирь	1.43	0.56	94.0
Федеральные округа РФ			
Северо-Западный	1.37	1.17	82.1
Центральный	1.33	1.22	76.2
Приволжский	0.88	1.19	71.4
Южный	2.27	1.03	92.9
Северо-Кавказский	2.10	0.76	95.2
Уральский	1.78	1.02	92.9
Сибирский	1.37	0.47	91.7
Дальневосточный	1.19	0.48	86.9

Примечание: 1. Аномалии vT_{2020} ($^{\circ}C$) рассчитаны как отклонения от нормы 1961-1990 гг.; s ($^{\circ}C$) – среднее квадратическое отклонение за базовый период; вероятности непревышения $P(t \leq T_{2020})$ 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 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 непревышения) региональных аномалий по данным за 1936-2020 годы.

Временные ряды регионально осредненных аномалий температуры и осадков для каждого из рассматриваемых физико-географических регионов и Федеральных округов РФ представлены в Разделе 4.

Как уже отмечалось выше, лето для России в целом (см. табл. 2.1) было очень теплым, аномалия температуры составила $+1.34^{\circ}C$ (ранг 5). Во всех регионах аномалии температуры летом положительные. Из регионов особо выделяется Средняя Сибирь:

осредненная по региону аномалия температуры составила +1.96°C – пятая величина в ряду с 1936 года, а из федеральных округов выделяется СКФО (+2.10°C – ранг 5).

Из месяцев (табл. 2.1.1) отметим очень теплый июль, осредненная по РФ аномалия составила +1.46°C (ранг 5), особенно тепло на юге ЕЧР: в ЮФО (+2.99°C – ранг 5) и в СКФО (+2.73°C – ранг 4).

В июне очень тепло в Средней Сибири (+3.14°C – ранг 5) и в Восточной Сибири (+3.35°C – максимальная величина в ряду). Из федеральных округов в июне очень тепло в СКФО (+2.86°C – ранг 4) и в ФО (+2.35°C – ранг 1). В июне осредненная по Приамурью и Приморью аномалия температуры была отрицательной (-0.89°C); кроме того, температуры ниже климатической нормы были и в ПФО (-0.23°C).

В августе очень тепло в Западной Сибири (+2.86°C – ранг 4) и в Средней Сибири (1.90°C – ранг 3) (в УФО (2.99°C – ранг 4) и в СФО (2.32°C – ранг 3)). Температуры ниже климатической нормы в августе наблюдались в Приамурье и Приморье (-0.45°C) и в Восточной Сибири (-0.50°C) (в ДФО (-0.26°C)).

Таблица 2.1.1

Регионально осредненные аномалии температуры в летние месяцы.

Регионы	Июнь			Июль			Август		
	νT_{2020}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2020})$	νT_{2020}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2020})$	νT_{2020}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2020})$
Российская Федерация	1.60	0.60	91.7	1.46	0.45	95.2	0.98	0.40	84.5
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	1.36	1.50	75.0	2.06	1.30	86.9	0.62	1.25	64.3
Азиатская часть России	1.69	0.62	88.1	1.23	0.47	92.9	1.12	0.55	86.9
Западная Сибирь	0.37	1.41	52.4	0.97	1.22	79.8	2.86	1.12	96.4
Средняя Сибирь	3.14	1.19	95.2	0.87	1.04	69.0	1.90	0.92	97.6
Прибайкалье и Забайкалье	0.75	1.09	61.9	1.87	0.85	90.5	1.13	0.98	73.8
Приамурье и Приморье	-0.89	1.20	15.5	1.40	0.93	90.5	-0.45	0.79	13.1
Восточная Сибирь	3.35	0.97	100	1.43	0.74	88.1	-0.50	0.82	19.0
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	1.53	1.78	73.8	1.72	1.57	79.8	0.83	1.26	69.0
Центральный	2.22	1.81	79.8	1.19	1.47	73.8	0.54	1.43	52.4
Приволжский	-0.23	1.81	44.0	2.60	1.59	94.0	0.28	1.59	50.0
Южный	2.98	1.45	91.7	2.99	1.30	95.2	1.00	1.42	59.5
Северо-Кавказский	2.86	1.11	96.4	2.73	1.10	96.4	0.51	1.14	48.8
Уральский	0.83	1.64	56.0	1.52	1.37	88.1	2.99	1.31	96.4
Сибирский	1.03	1.10	66.7	0.80	0.87	71.4	2.32	0.81	97.6
Дальневосточный	2.35	0.80	100	1.48	0.64	92.9	-0.26	0.66	22.6

Летом в целом по РФ (табл. 2.2 и табл. 2.2.1) выпало 102% нормы осадков. Сильный дефицит наблюдался в Восточной Сибири (в среднем по региону выпало 75% нормы- второе «самое сухое» лето в ряду).

Значительный избыток осадков наблюдался в Прибайкалье и Забайкалье (121% нормы – ранг 5).

Таблица 2.2

Регионально осредненные аномалии осадков летом 2020 г.

Регионы	vR_{2020}	RR_{2020}	m	$m-q1$	$q3-m$	$P(r \leq R_{2020})$
Российская Федерация	1.3	102	-0.8	1.4	2.6	59.5
Физико-географические регионы России						
Европейская часть России	-2.2	97	-1.4	1.8	6.3	40.5
Азиатская часть России	2.7	104	-0.1	2.8	2.4	65.5
Западная Сибирь	1.7	103	0.8	5.9	5.1	45.2
Средняя Сибирь	0.4	101	-0.8	2.9	5.2	36.9
Прибайкалье и Забайкалье	16.4	121	-0.1	6.9	4.6	95.2
Приамурье и Приморье	20.5	120	1.8	12.0	11.3	88.1
Восточная Сибирь	-12.9	75	-0.1	3.6	3.8	1.2
Федеральные округа РФ						
Северо-Западный	2.5	104	0.2	4.9	5.9	56.0
Центральный	4.8	107	-2.0	8.3	12.8	66.7
Приволжский	-6.7	89	-0.4	6.5	7.5	29.8
Южный	-15.7	68	-2.4	5.7	10.0	7.1
Северо-Кавказский	-4.7	92	-1.8	6.1	9.2	42.9
Уральский	4.0	106	1.4	6.9	4.6	66.7
Сибирский	8.0	112	-0.4	3.1	4.3	81.0
Дальневосточный	-2.1	97	-0.4	3.6	3.8	40.5

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

Таблица 2.2.1

Регионально осредненные аномалии осадков в летние месяцы.

Регионы	Июнь			Июль			Август		
	vR_{2020}	RR_{2020}	$P(r \leq R_{2020})$	vR_{2020}	RR_{2020}	$P(r \leq R_{2020})$	vR_{2020}	RR_{2020}	$P(r \leq R_{2020})$
РФ	2.3	104	61.9	2.2	103	65.5	-0.4	99	38.1
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	-5.7	91	29.8	2.8	104	60.7	-4.0	93	40.5
Азиатская часть России	5.5	110	84.5	1.9	103	54.8	1.0	101	45.2
Западная Сибирь	6.4	111	66.7	-3.3	95	32.1	2.6	104	53.6
Средняя Сибирь	3.0	106	57.1	24.0	142	98.8	-25.7	55	0
Прибайкалье и Забайкалье	14.6	124	81.0	11.4	112	73.8	23.3	128	91.7
Приамурье и Приморье	41.6	152	96.4	-24.4	79	19.0	44.9	137	96.4
Восточная Сибирь	-18.6	53	1.2	-11.0	81	19.0	-7.2	88	28.6
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	-11.6	80	16.7	20.5	130	84.5	-2.2	97	48.8
Центральный	16.2	124	79.8	15.8	120	78.6	-21.6	66	19.0
Приволжский	-12.8	78	32.1	-18.2	73	14.3	11.1	121	79.8
Южный	-6.1	89	44.0	-19.1	61	11.9	-21.4	48	11.9
Северо-Кавказский	3.0	104	61.9	3.5	106	63.1	-19.7	65	25.0
Уральский	10.7	118	77.4	-14.7	79	14.3	17.1	126	88.1
Сибирский	9.1	117	73.8	16.6	123	86.9	-1.8	97	29.8
Дальневосточный	0.1	100	46.4	-5.3	93	31.0	-0.4	99	47.6

Из месяцев сезона выделяется экстремальный избыток осадков в июне и в августе в Приамурье и Приморье (152% и 137% - четвертые максимальные величины в соответствующих рядах), в июле - в Средней Сибири (142% - ранг 2).

Сильный дефицит осадков наблюдался в июне в Восточной Сибири (выпало 53% - второй «самый сухой» июнь в ряду), в августе – в Средней Сибири (55% - минимальная величина в ряду). Кроме того, на ЕЧР дефицит осадков отмечался в ЮФО в течение всех трех месяцев сезона, в ПФО - в июне и в июле, в СЗФО и в ЦФО - в августе.

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 1976-2020 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 $+0.8^{\circ}\text{C}/10$ лет на юго-западе) и в Средней и Восточной Сибири (до $+0.7^{\circ}\text{C}/10$ лет).

В отдельные летние месяцы наибольшее потепление наблюдается на ЕЧР в июле (на западе до $+0.9^{\circ}\text{C}/10$ лет) и в августе (в южных районах $+1.0^{\circ}\text{C}/10$ лет), в АЧР: в июне (в дельте Оби до $+1.4^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Для всех трех летних месяцев в Сибири отмечается область, где потепления либо нет, либо наблюдается незначительное похолодание, в июне эта область располагается на юге Урала и Западной Сибири и на севере соседнего Казахстана, в июле область расширилась до среднего течения Оби и Енисея, в августе – сместилась на север до Среднесибирского плоскогорья между $60-70^{\circ}\text{с.ш.}$ Эта перемещающаяся область 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 в Западной и Средней Сибири область, где потепления не наблюдается уменьшилась по сравнению с оценками тренда за период 1976-2019 гг.

Тренд средней по России летней температуры за период 1976-2020 гг. положителен: он составляет $+0.39^{\circ}\text{C}/10$ 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.

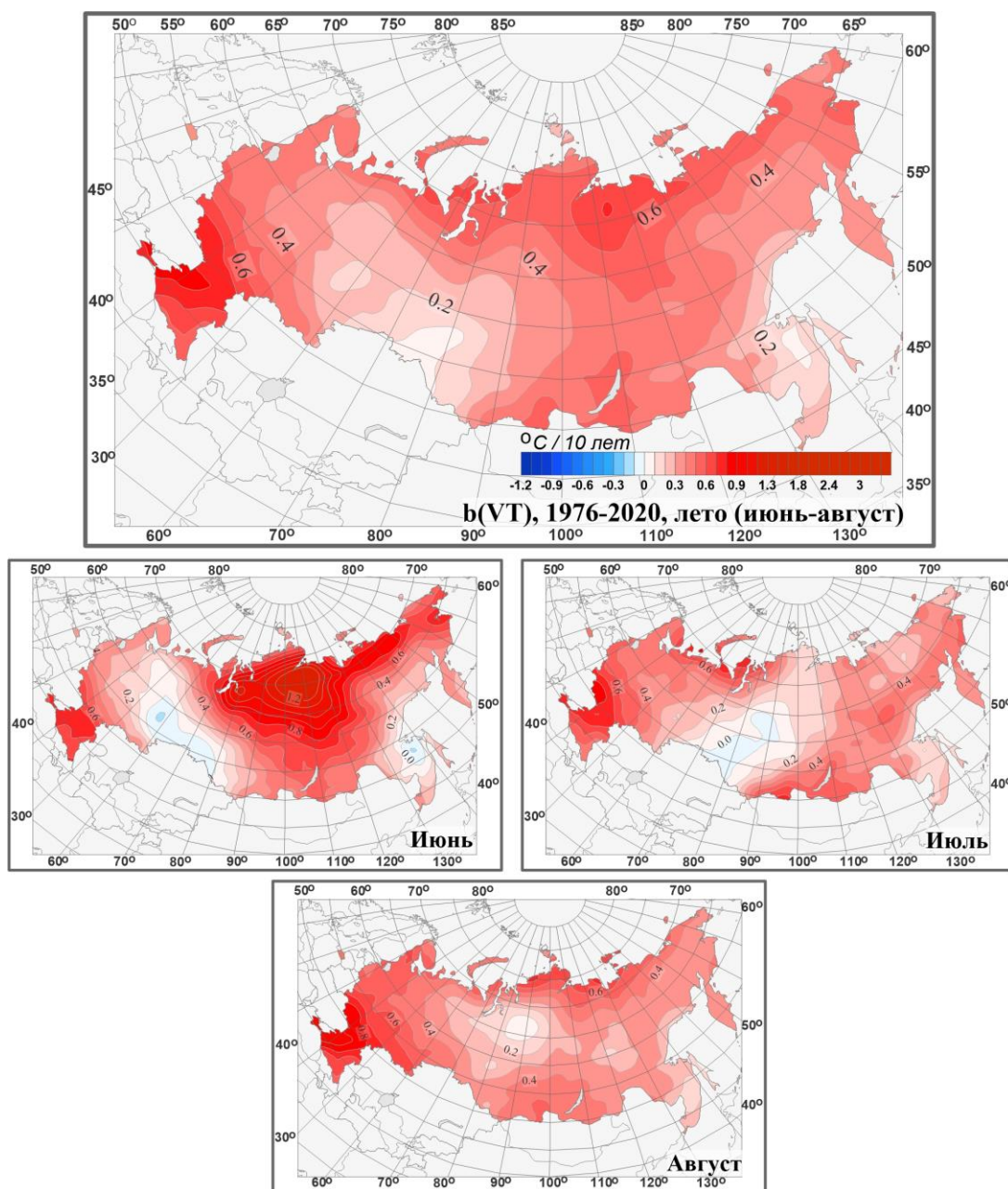


Рисунок 3.1 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий температуры (°C/10 лет) на территории России по данным за 1976-2020 (лето)

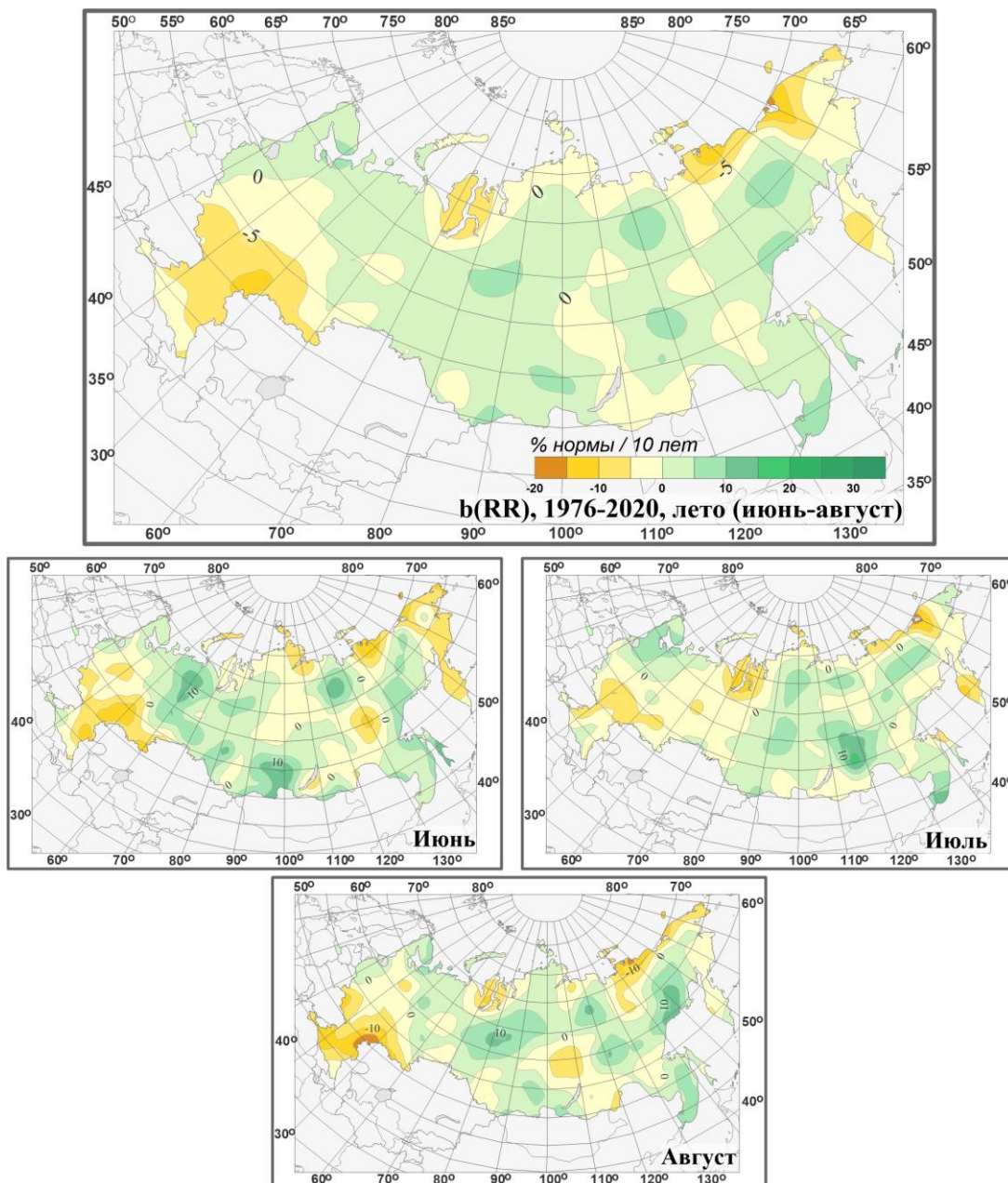


Рисунок 3.2 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий осадков (% нормы /10 лет) на территории России по данным за 1976-2020 (лето).

В изменении сумм осадков в течение всего летнего сезона (рис. 3.2) 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 (до 10%/10 лет): на ЕЧР (кроме северных районов), в районе Обской губы, вдоль побережья Северного Ледовитого океана: от Таймыра до Чукотки; на Камчатке; в Забайкалье. В июне и августе эта тенденция выражена немного слабее.

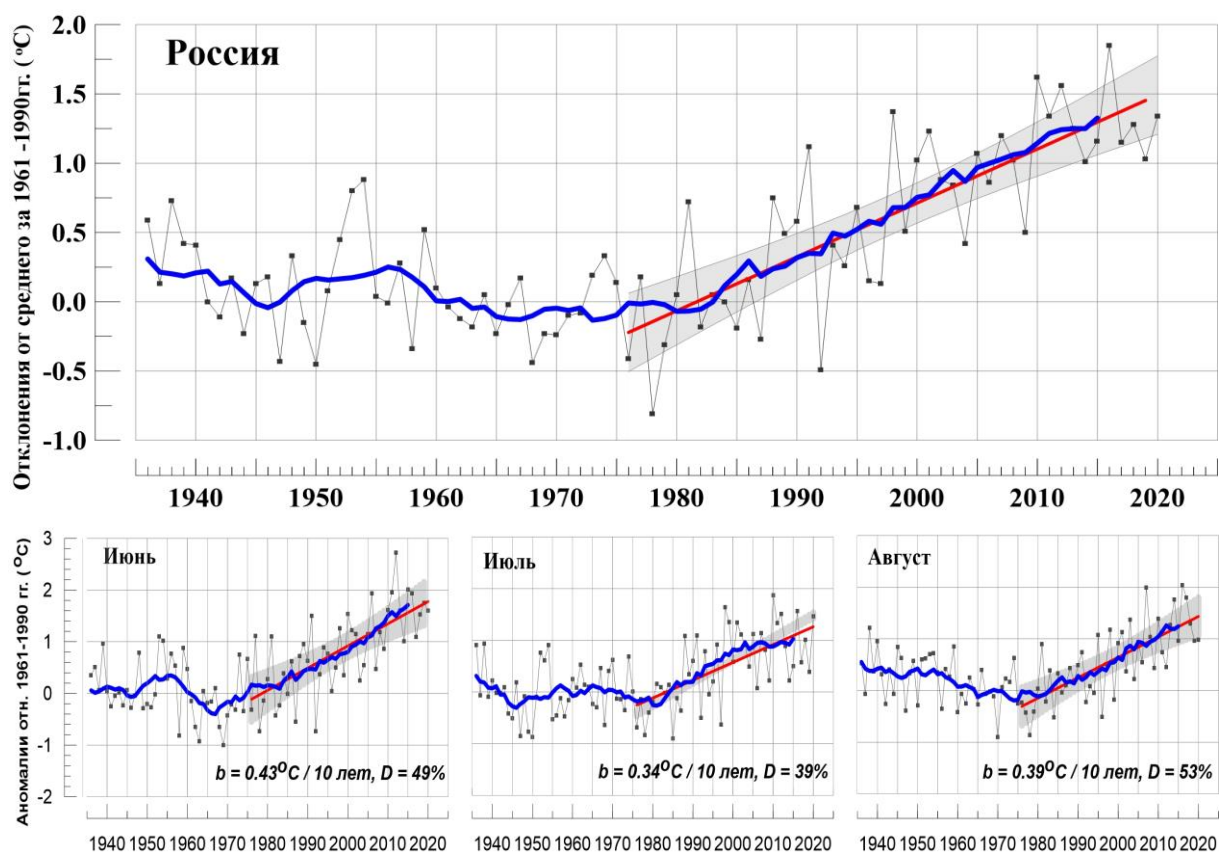


Рисунок 3.3 – Аномалия средней сезонной (вверху) и для месяцев сезона температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) осредненная по территории РФ.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2020 гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда.

Тенденция к увеличению осадков на АЧР (до 15%/10 лет) наиболее выражена в Якутии (во все месяцы сезона), в Западной Сибири и в Магаданской области (в июне и в августе).

Из-за экстремально «сухого» июня в Восточной Сибири уменьшилась интенсивность роста осадков на северо-востоке страны по сравнению с оценками за период 1976-2019 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.

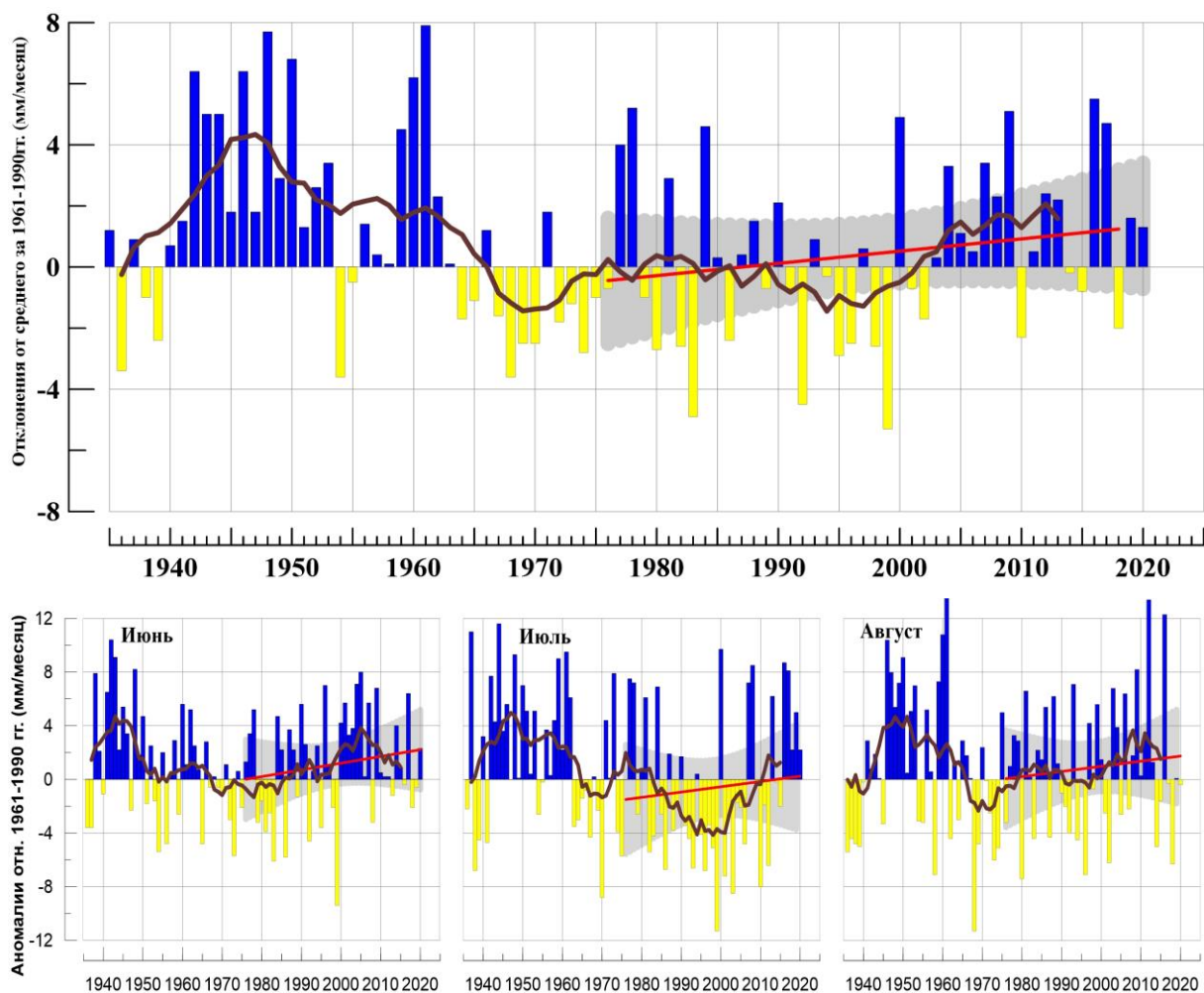


Рисунок 3.4 – То же, что на рис. 3.3, но для атмосферных осадков (мм/мес).

Таблица 3.1

Оценки линейного тренда температуры приземного воздуха и суммы осадков, осредненных по территории России и за летний сезон, за 1976-2020 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> , %
Лето	0.39	64	0.4	4
Июнь	0.43	49	0.5	3
Июль	0.34	39	0.4	1
Август	0.39	53	0.4	1

4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ЛЕТНЕГО СЕЗОНА В РЕГИОНАХ РОССИИ ЗА ПЕРИОД 1936-2020 гг.

В разделе анализируется характер изменения регионально-осредненных температур и осадков для физико-географических регионов России и Федеральных округов. На рис. 4.1 – 4.4 приведены временные ряды осредненных по регионам аномалий средней месячной температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) и месячных сумм осадков (мм/месяц) летнего сезона за 1936 – 2020 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2020 гг., рассчитанные методом наименьших квадратов. Величины трендов и объясненные трендами доли дисперсии рядов представлены в таблице 4.1.

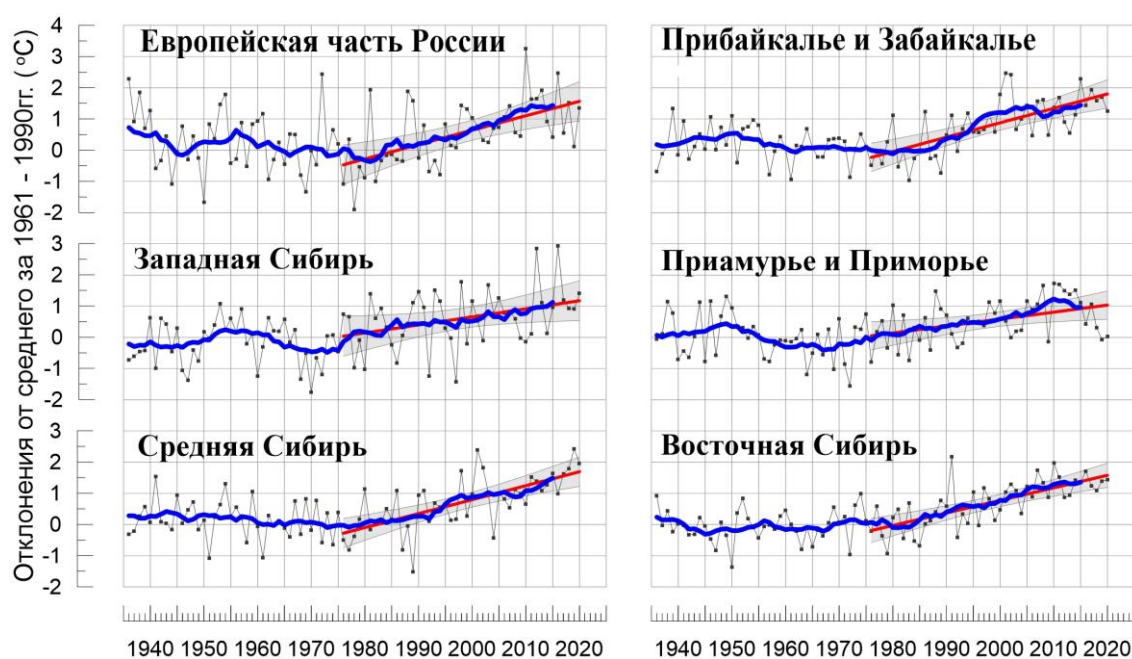


Рисунок 4.1 - Сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории физико-географических регионов РФ, лето 2020 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен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

Во всех регионах в среднем за период 1976-2020 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 на 1% уровне (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.

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.

Таблица 4.1

Оценки линейного тренда осредненных по территории России среднесезонных аномалий температуры приземного воздуха и сумм осадков за 1976-2020 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	64	0.4	0.7	4
Физико-географические регионы России					
Европейская часть России	0.46	34	-1.1	-1.7	3
Азиатская часть России	0.37	65	0.9	1.4	12
Западная Сибирь	0.26	13	0.9	1.4	2
Средняя Сибирь	0.45	47	1.4	2.6	8
Прибайкалье и Забайкалье	0.46	49	0.6	0.8	1
Приамурье и Приморье	0.22	19	2.5	2.4	4
Восточная Сибирь	0.40	51	-0.1	-0.3	0
Федеральные округа РФ					
Северо-Западный	0.39	26	1.3	2.0	2
Центральный	0.55	31	-2.7	-3.8	6
Приволжский	0.39	16	-2.3	-3.9	7
Южный	0.72	50	-2.6	-5.4	9
Северно-Кавказский	0.61	52	-1.5	-2.4	2
Уральский	0.31	13	0.8	1.3	1
Сибирский	0.36	47	1.0	1.5	7
Дальневосточный	0.38	58	0.9	1.4	3

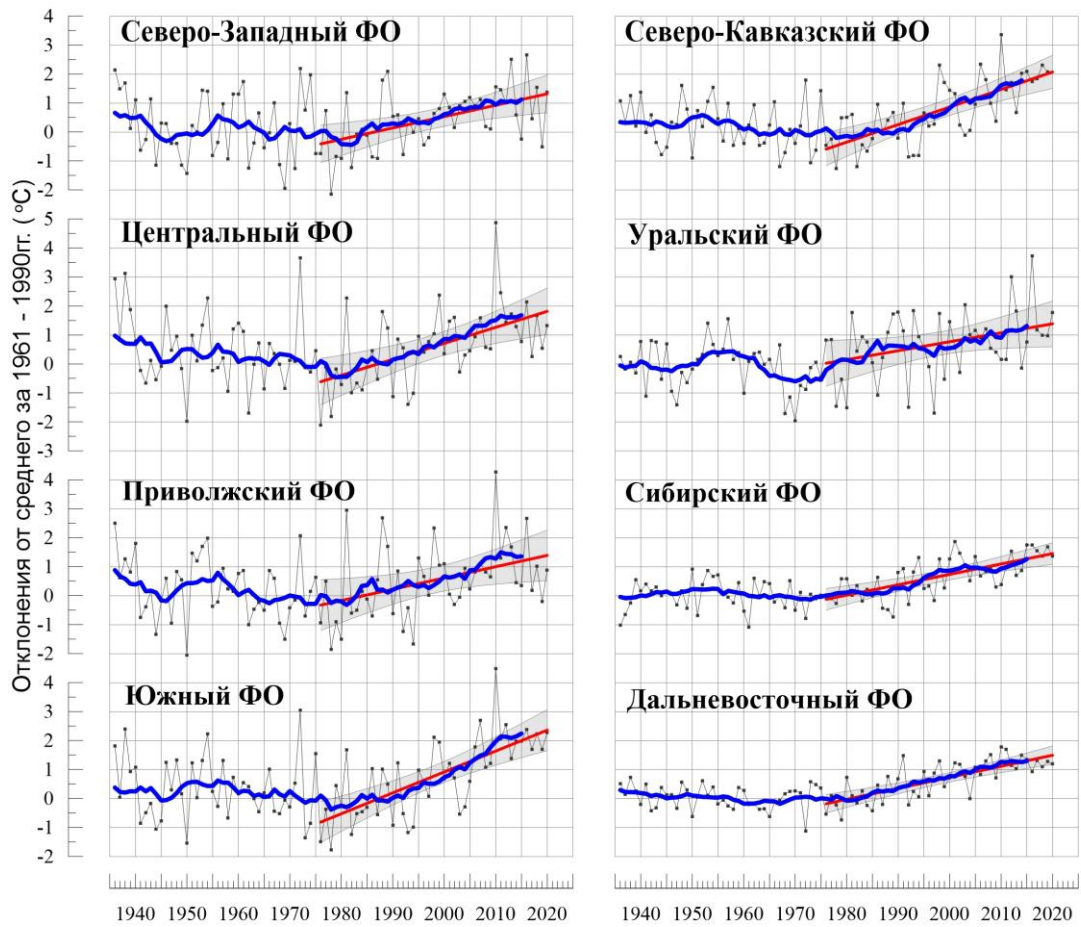


Рисунок 4.2 – То же, что на рис.4.1, но для федеральных округов

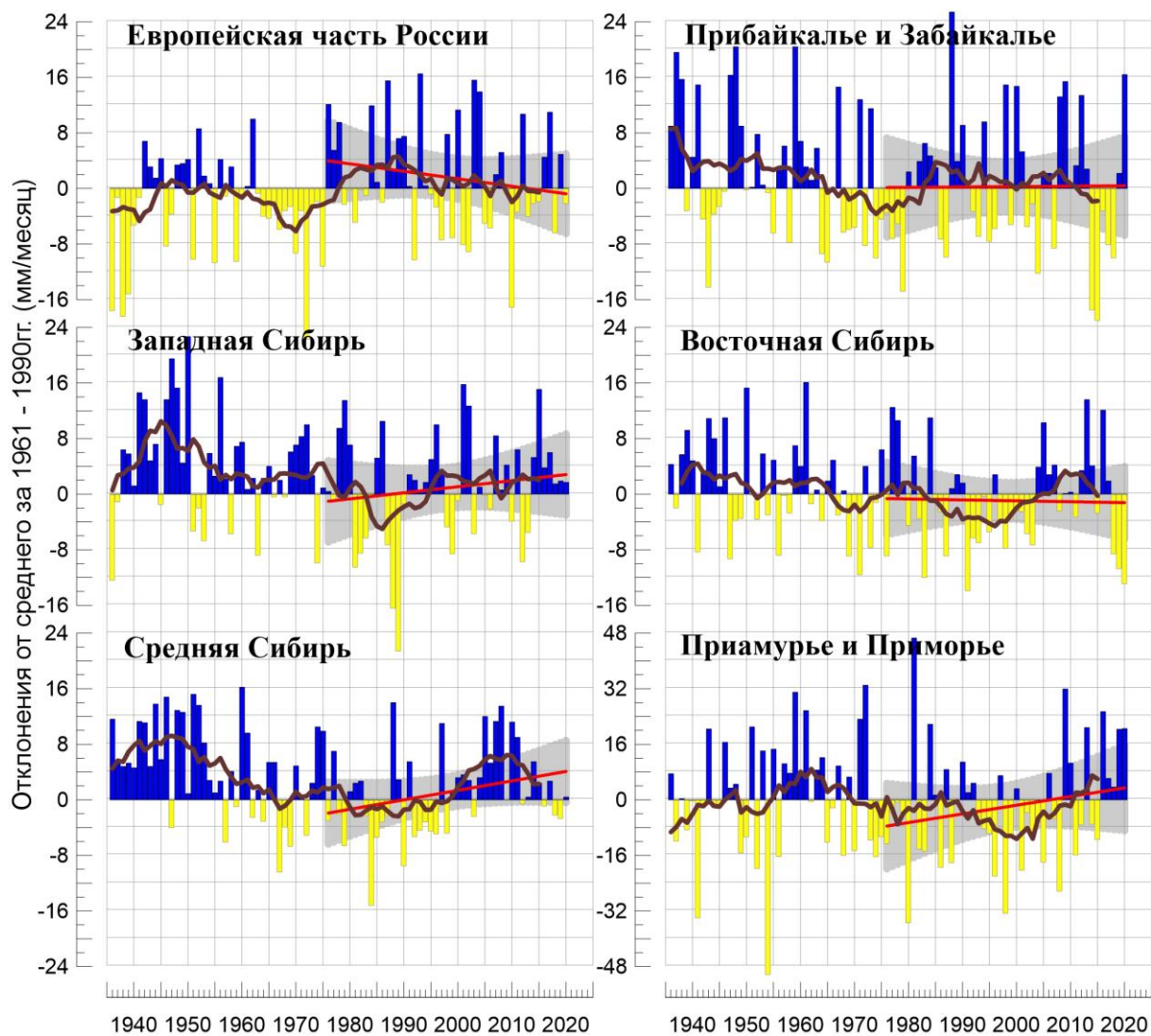


Рисунок 4.3 - Сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории регионов РФ, лето 2020 гг.
 Условные обозначения см. на рис. 4.1.

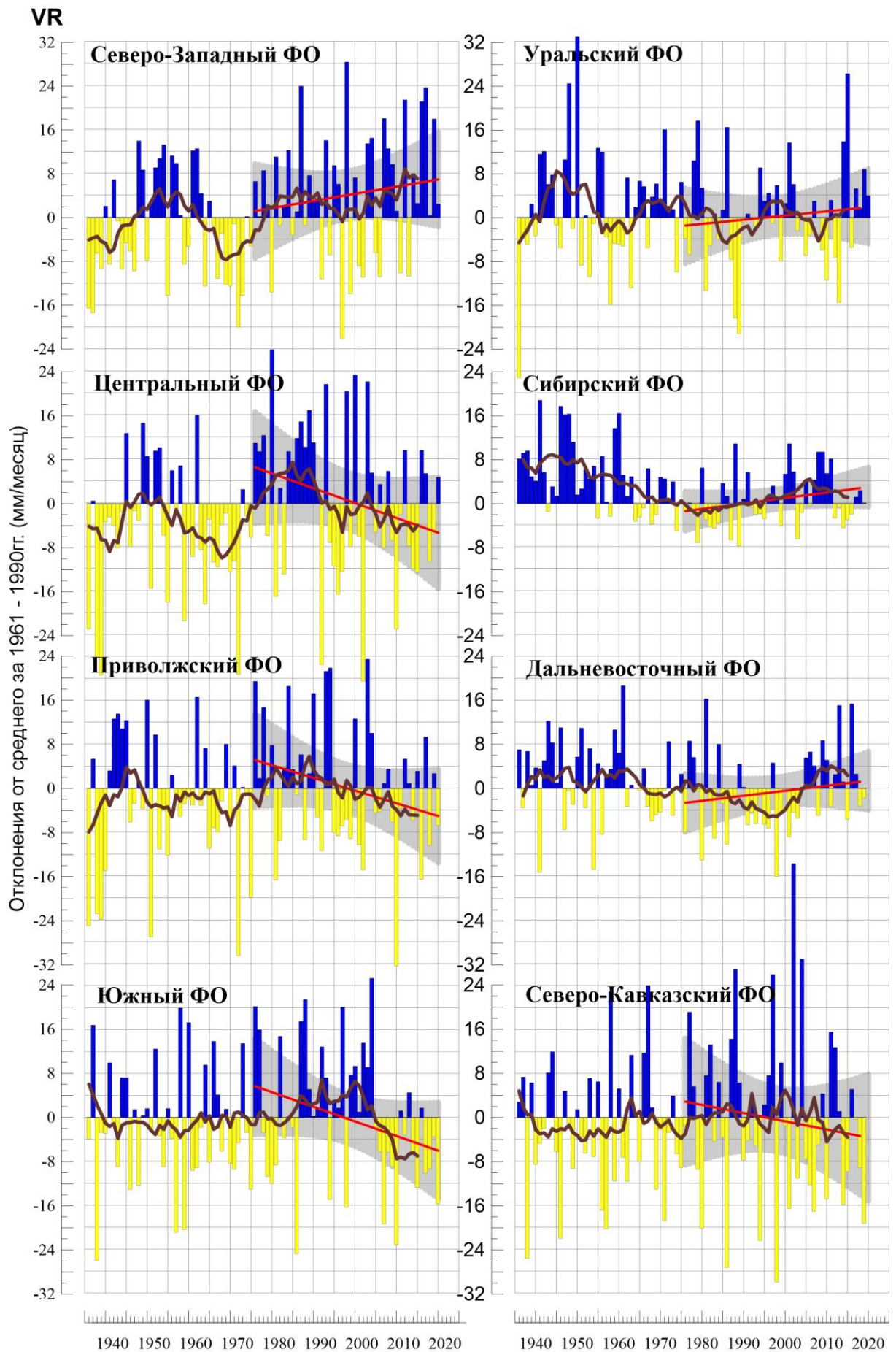


Рисунок 4.4 – То же, что на рис.4.3, но для федеральных округов

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

В разделе приведены некоторые индексы экстремальности и аномальности для летнего сезона в целом по территории России за период 1936 -2020 гг. (рис. 5.1. – 5.4). В качестве индексов экстремальности рассматриваются доли площади под крупными аномалиями температуры и осадков (вероятности превышения ниже 20% и выше 80%), а также экстремальными (абсолютная величина превосходит 2 стандартных отклонения) аномалиями температуры.

Температура. Летом 2020 года 46% площади территории России (ранг 12-14) были заняты крупными положительными аномалиями (выше 80-го перцентиля), тогда как площадь областей отрицательных аномалий (ниже 20-го перцентиля) составила 2% (рис. 5.1). В изменении площади под крупными положительными аномалиями тренд за период 1976-2020 составляет 11.2%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 56%). Рост суммарной площади с крупными аномалиями обоих знаков составляет 3.5%/10 лет (11%)

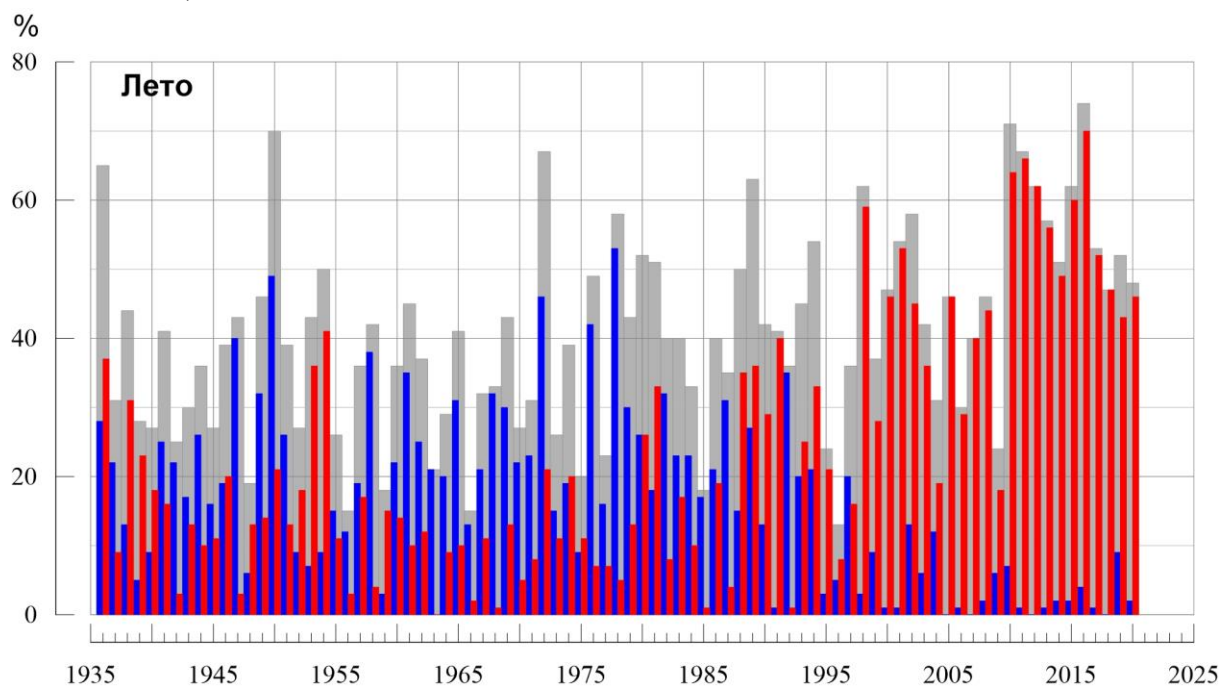


Рисунок 5.1 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями температуры, 1936-2020 гг. (лето):

— 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 2020 года доля площади РФ, занятая экстремально теплыми аномалиями (выше $+2\sigma$) составила 5%, а площади с экстремально холодными аномалиями (ниже -2σ) не было совсем. 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%).

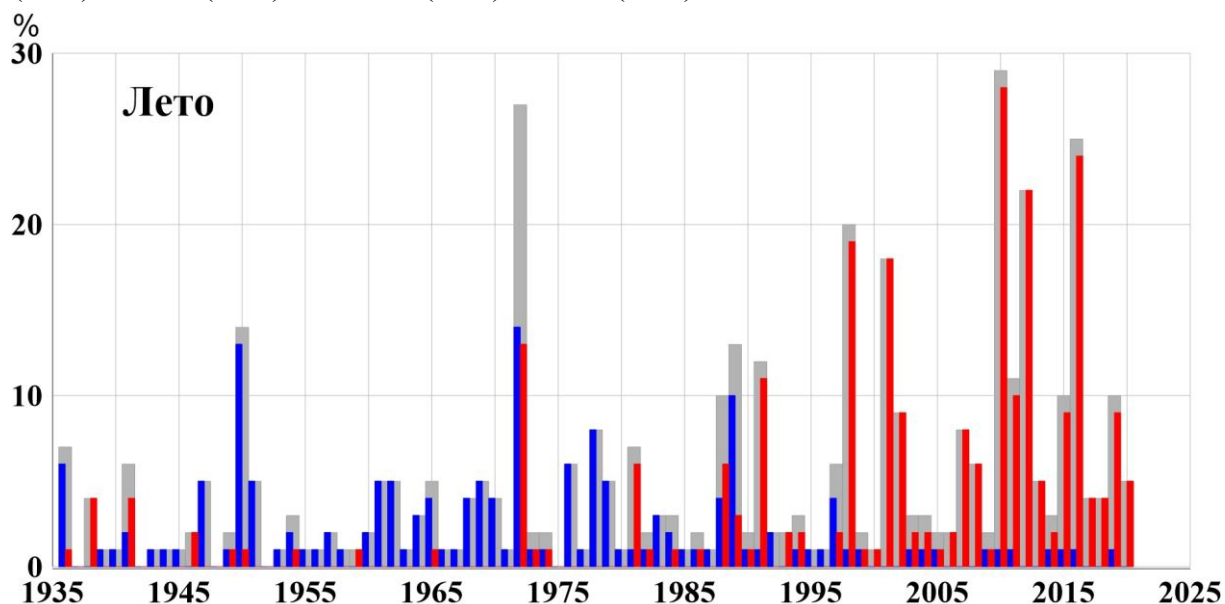


Рисунок 5.2 - Доля площади РФ (в процентах) с экстремальными (сезонная аномалия меньше -2σ : синие столбики, больше $+2\sigma$: красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры летом, 1936-2020 гг. Базовый период для расчета статистик: 1961-1990 гг.

Индекс аномальности Багрова (рис. 5.3) в 2020 году составил 1.6 – ранг 11-15 (самая большая величина индекса экстремальности Багрова зафиксирована в 2010 году: 2.3). Аномальность температурного режима на территории РФ в летний сезон растет: тренд за 1976-2020 гг. объясняет 46% общей дисперсии ряда.

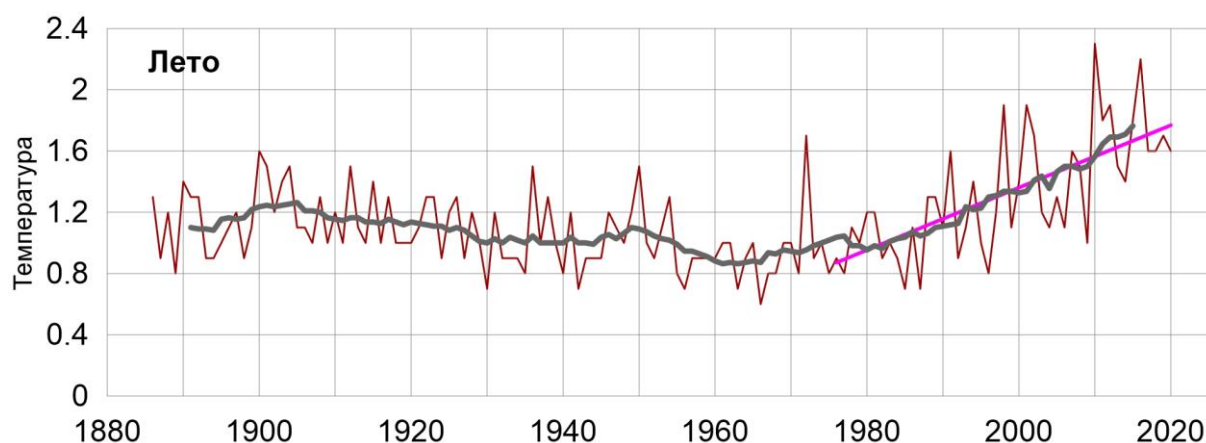


Рисунок 5.3. - Индекс аномальности (индекс Багрова) температурного режима на территории России летом 1886-2020 гг.

Осадки. Летом 2020 года площадь, занятая экстремальными аномалиями осадков меньше 20-го перцентиля, составила 16%, а занятая аномалиями больше 80-го перцентиля - 17% (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.

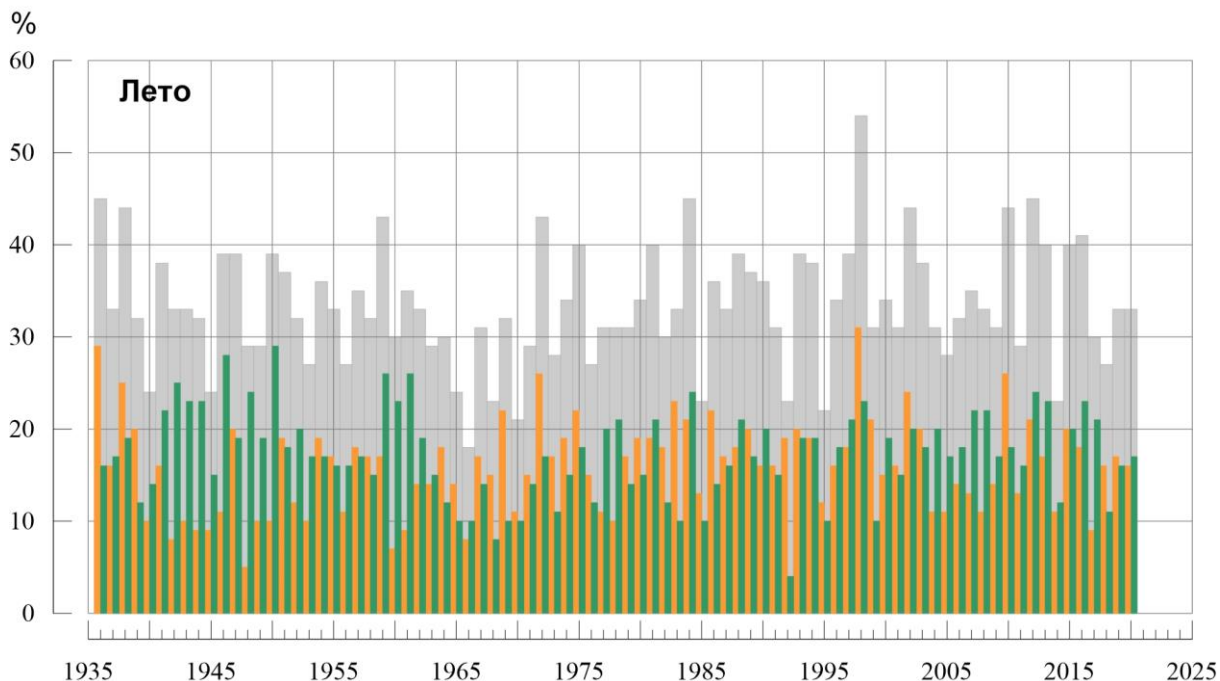


Рисунок 5.4 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями осадков, 1936-2020 гг. (лето):

- 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 составила $+1.154^{\circ}\text{C}$ (при стандартном отклонении 0.20°C) – четвертая величина в ряду с 1850 г. и ожидаемая при потеплении (разность между величиной сезонной аномалии и величиной тренда составляет -0.071°C).

2. Осредненная сезонная аномалия для России в целом: $+1.34^{\circ}\text{C}$ – ранг 5. Положительные аномалии температуры наблюдались почти на всей территории страны. Экстремально тепло (фиксировались 95%-е экстремумы) на юге ЕЧР (осредненная по СКФО аномалия составила $+2.10^{\circ}\text{C}$ (ранг 5)) и в северных районах страны. Особо выделяется регион Средняя Сибирь (аномалия $+1.96^{\circ}\text{C}$ - ранг 3).

Летом температуры ниже климатической нормы наблюдались в нижнем течении Амура и на севере Сахалина (аномалии до -1.9°C).

3. Доля площади территории России, занятая крупными положительными среднесезонными аномалиями температуры (выше 80-го перцентиля), составила 46% (ранг 12-14), а под экстремальными положительными аномалиями (выше 2σ) 5%.

4. Во все месяцы на значительных пространствах фиксировались 95%-е экстремумы температуры. В июне это запад и юг ЕЧР (осредненная аномалия температуры по СКФО составила $+2.86^{\circ}\text{C}$ – ранг 4); а также север и центр АЧР (осредненная по Средней Сибири аномалия $+3.14^{\circ}\text{C}$ – ранг 5, а по Восточной Сибири: $+3.35^{\circ}\text{C}$ - рекордная величина в ряду)). В июле это юг ЕЧР (ЮФО ($+2.99^{\circ}\text{C}$ - ранг 5), СКФО ($+2.73^{\circ}\text{C}$ - ранг 4), ПФО, Южный Урал, побережье Северного Ледовитого океана, юг ДФО. В августе 95%-е экстремумы фиксировались в Западной Сибири ($+2.86^{\circ}\text{C}$ – ранг 4) и на западе Средней Сибири ($+1.90^{\circ}\text{C}$ – ранг 3).

5. Температуры ниже климатической нормы также наблюдались во все месяцы сезона на значительных пространствах. В июне - на юго-востоке ЕЧР и на юге Западной Сибири, в Приамурье и Приморье (осредненная по региону аномалия -0.89°C – наименьшее значение в XXI веке); в июле - на западе ЕЧР и в центре АЧР (аномалии до -1.5°C); в августе - на большей части ДФО (аномалии до -2.4°C) и в центральных районах ЕЧР (аномалии до -0.5°C).

6. Летом в среднем по РФ выпало 102% нормы осадков.

Особенность лета: сильный дефицит осадков в Восточной Сибири (в среднем по региону выпало 75% нормы- второе «самое сухое» лето в ряду), в ЮФО (68%) и в ПФО (89%).

Летом на севере ЕЧР, в центре и на юге АЧР наблюдался избыток осадков, особенно значительный на юге СФО и ДФО (в регионе Прибайкалье и Забайкалье выпало 121% сезонной нормы – ранг 5).

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

Сильный дефицит (местами менее 40%, на станциях фиксировались 5%-е экстремумы) осадков наблюдался в июне - в центральных и северных районах АЧР восточнее Таймыра (в регионе Восточная Сибирь выпало 53% нормы осадков (вторая наименьшая величина в ряду)), на большей части ЕЧР; в июле - на юге и юго-востоке ЕЧР, на юге Западной Сибири, в междуречье Лены (на севере) и Алдана (на юге) и Колымы; в августе – в АЧР от междуречья Оби и Енисея (на западе) до Индигирки (на востоке) (кроме южных районов СФО и ДФО), осредненные по Средней Сибири августовские осадки составили 55% нормы – минимальное значение в ряду, а также на большей части ЕЧР.

Значительный избыток осадков (на станциях фиксировались 95%-е экстремумы) в июне наблюдался в центре ЕЧР, в центре и на юге АЧР; в июле - в центре и на северо-западе ЕЧР, от течения Пура и Оби (на западе) до Лены и Алдана (на востоке) (осредненные по Средней Сибири осадки составили 142% нормы (ранг 2), восточнее течения Колымы; в августе - в ПФО, на западе Западной Сибири, на юге АЧР (в Приамурье и Приморье выпало 137% нормы – ранг 4).

8. В течение лета атмосферные засухи наблюдались во многих областях ЮФО и в ряде областей ПФО и УФО. Этому способствовал сильный дефицит осадков (местами менее 40%) и экстремальные температурные аномалии, наблюдавшиеся в течение всех

трех месяцев сезона. В июле атмосферные засухи фиксировались в ряде областей СФО. А в августе дефицит осадков на большей части ЕЧР способствовал образованию засух в ряде областей ЦФО.

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

10. В целом по России линейный тренд летней температуры воздуха за период 1976-2020 гг. положителен и составляет $+0.39^{\circ}\text{C}/10$ лет, объясняет 64% 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 $+0.8^{\circ}\text{C}/10$ лет), в Средней и Восточной Сибири (до $+0.7^{\circ}\text{C}/10$ лет). Наиболее слабое потепление (от 0 до $+0.2^{\circ}\text{C}/10$ лет) отмечается в Западной и Средней Сибири и связано либо с отсутствием потепления (август), либо с незначительным похолоданием (июнь, июль), 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 2020 г. и о наиболее значительных климатических аномалиях этого периода на территории Республики Беларусь. Работа выполняется в рамках сотрудничества по программе Союзного государства "Совершенствование системы обеспечения населения и отраслей экономики Российской Федерации и Республики Беларусь информацией о сложившихся и прогнозируемых погодно-климатических условиях, состоянии и загрязнении природной среды".

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

Таблица 1.

Список используемых станций Республики Беларусь.

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

Под аномалиями температуры в бюллетене понимаются отклонения наблюдаемого значения от нормы, то есть от средней за базовый период 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 неперевышения» текущего значения во временном ряду рассматриваемой переменной за некоторый период с 1936 по 2020 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 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 ЛЕТОМ 2020 г.

В таблицах 2 и 3 приведены стационарные 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 2020 г.

	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	26666	26850	33008	33019	33038	33041
а) температура (град. Цельсия)						
<i>Лето</i>	18.43	18.13	20.00	19.73	19.57	20.57
Июнь	19.8	19.2	19.8	19.9	20.6	21.5
Июль	17.8	17.4	19.6	19.5	19.1	20.2
Август	17.7	17.8	20.6	19.8	19.0	20.0
б) аномалия температуры (град. Цельсия)						
<i>Лето</i>	2.14	1.48	2.62	2.72	2.12	2.80
Июнь	3.85	3.04	3.05	3.37	3.46	4.16
Июль	0.75	0.09	1.58	1.89	1.04	1.77
Август	1.82	1.30	3.24	2.91	1.85	2.48

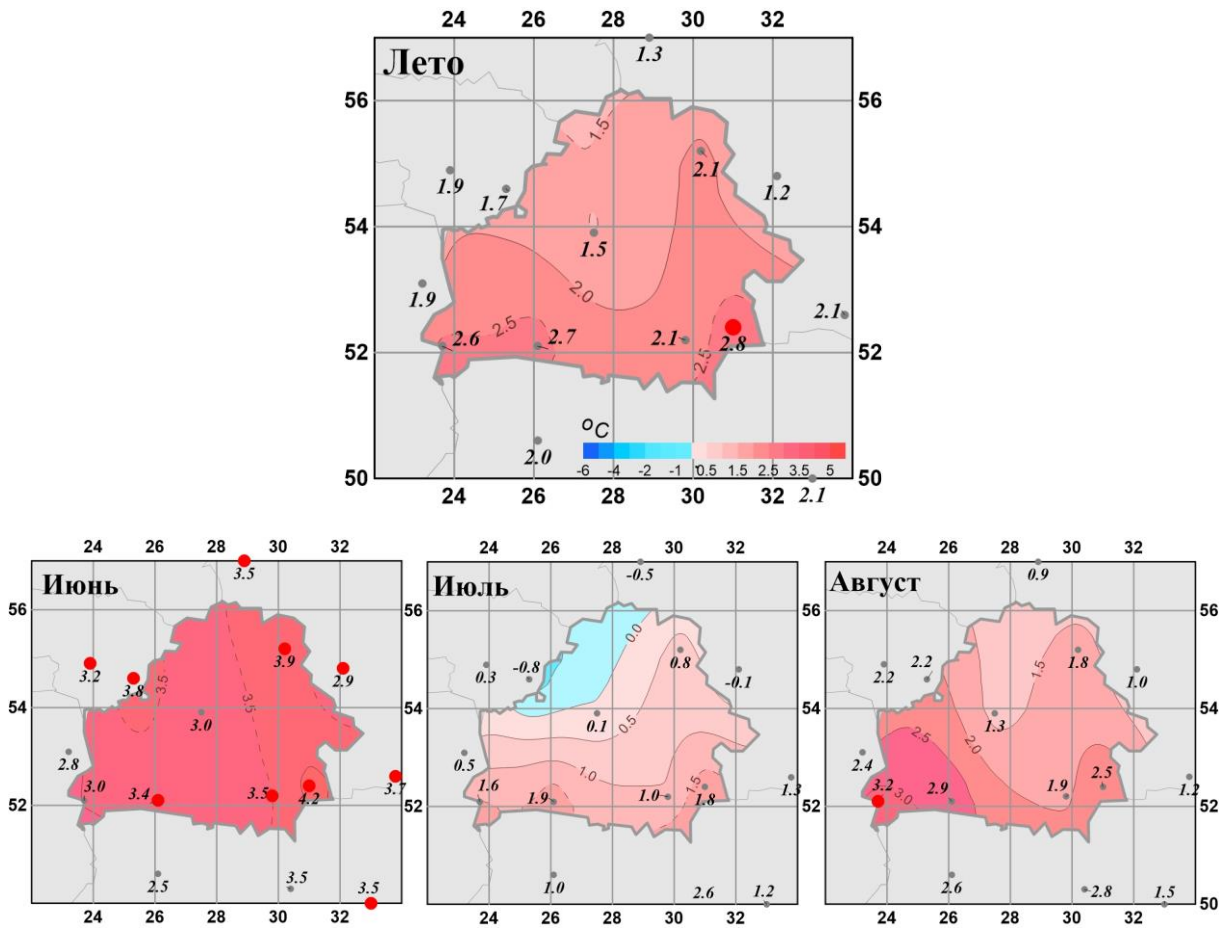


Рисунок 1 - Средние сезонные и средние месячные аномалии температуры (°С) приземного воздуха на территории республики Беларусь летом.

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 процента

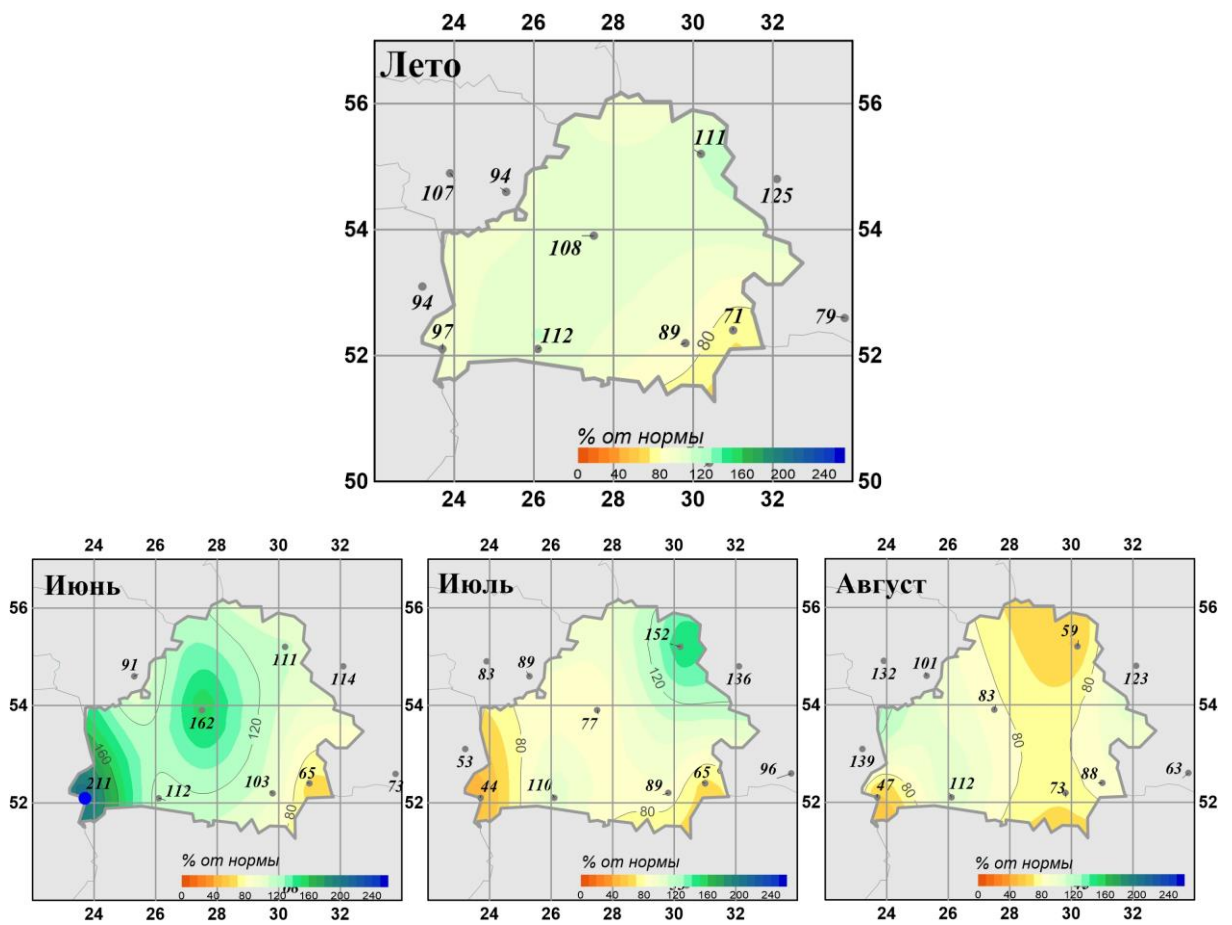


Рисунок 2 - Средние сезонные и месячные аномалии атмосферных осадков (% от нормы) на территории республики Беларусь летом.

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 2020 г.

	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	26666	26850	33008	33019	33038	33041
а) Сумма осадков (мм/месяц)						
<i>Лето</i>	<i>90.7</i>	<i>87.3</i>	<i>74.0</i>	<i>81.0</i>	<i>71.7</i>	<i>53.3</i>
Июнь	87	134	151	89	82	55
Июль	142	68	35	82	79	53
Август	43	60	36	72	54	52
б) Аномалия сумм осадков / (мм/месяц)						
<i>Лето</i>	<i>9</i>	<i>6.3</i>	<i>-2</i>	<i>8.5</i>	<i>-8.9</i>	<i>-21.9</i>
Июнь	8.6	51.3	79.5	9.8	2.6	-29.4
Июль	48.5	-20.1	-45.2	7.7	-9.7	-29.1
Август	-30.1	-12.4	-40.2	7.9	-19.6	-7.2
в) Относительная аномалия сумм осадков (% от нормы)						
<i>Лето</i>	<i>111</i>	<i>108</i>	<i>97</i>	<i>112</i>	<i>89</i>	<i>71</i>
Июнь	111	162	211	112	103	65
Июль	152	77	44	110	89	65
Август	59	83	47	112	73	88

На рисунках 3, 4 показаны временные ряды осредненных по территории Беларуси сезонных и месячных аномалий температуры воздуха и осадков с 1936 по 2020 гг.

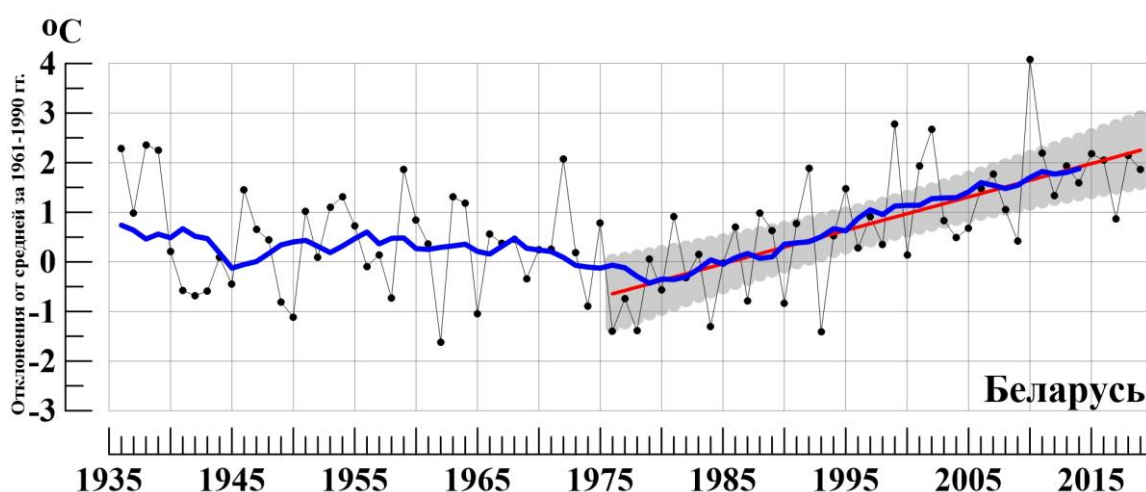


Рисунок 3 - Сезонные (июнь - август) аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь.

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

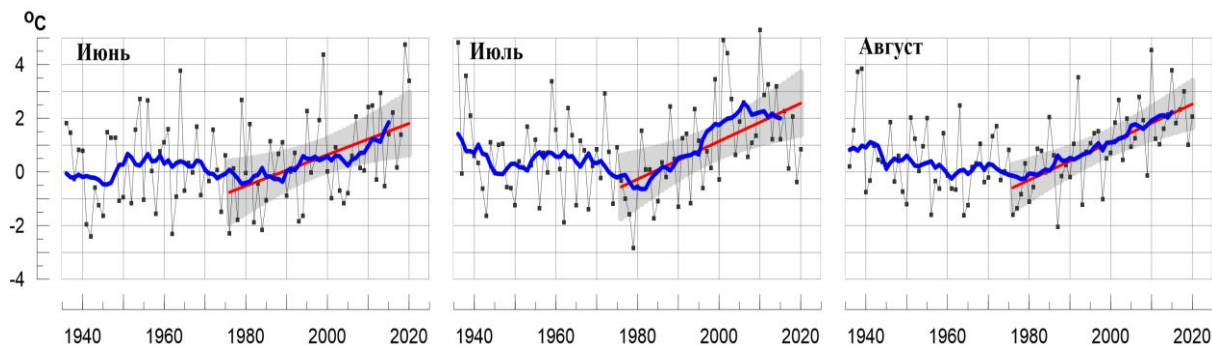


Рисунок 4 - Средние месячные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рисунке 3.

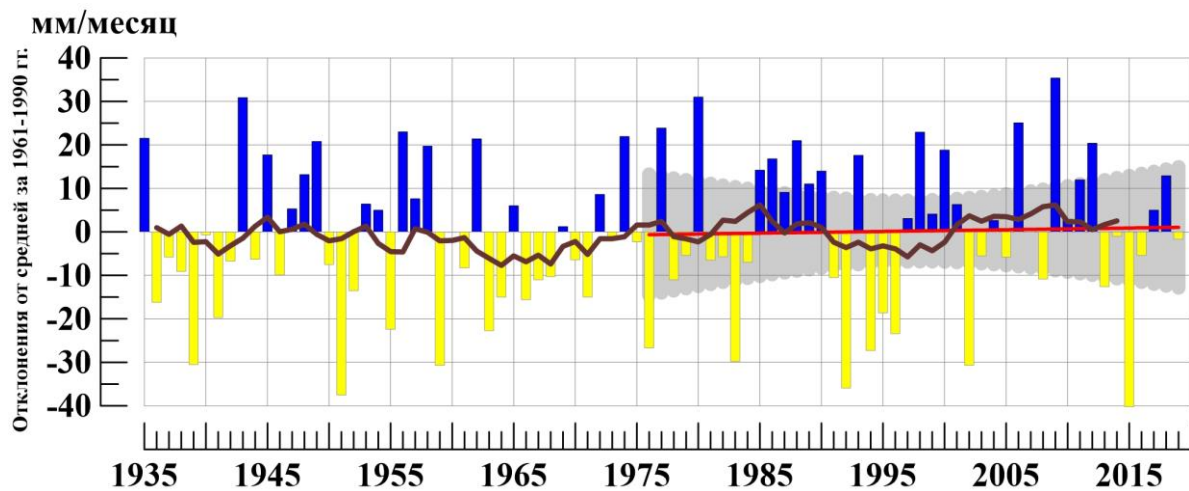


Рисунок 5 - Сезонные (июнь - август) аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рис. 3

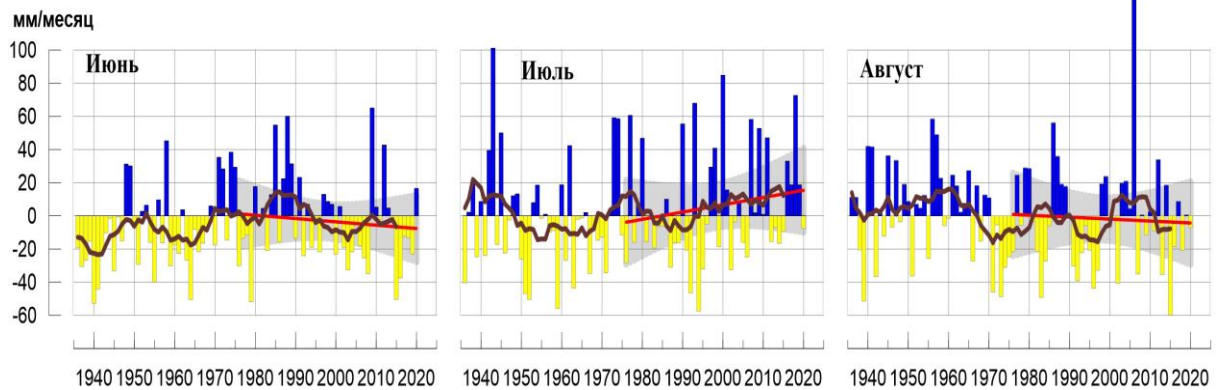


Рисунок 6 - Средние месячные аномалии атмосферных осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рисунке 3.

Таблица 4

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

	νT_{2020}	s	RR_{2020}	νR_{2020}	s
Лето	2.10	0.91	98	-1.0	15.9
Июнь	3.40	1.49	121	16.5	28.1
Июль	0.85	1.38	91	-7.6	30.3
Август	2.06	1.10	90	-7.1	26.9

Примечание: Аномалии νT_{2020} ($^{\circ}C$), νR_{2020} (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 1976-2020 гг. в среднем по Республике Беларусь

Сезон	Температура		Осадки	
	$b_{1976-2020}$ $^{\circ}C/10$ лет	$D_{1976-2020}$ %	$b_{1976-2020}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2020}$ %
Лето	0.67	50	0.3	0
Июнь	0.58	20	-2.0	1
Июль	0.71	27	4.4	3
Август	0.71	40	-1.2	0