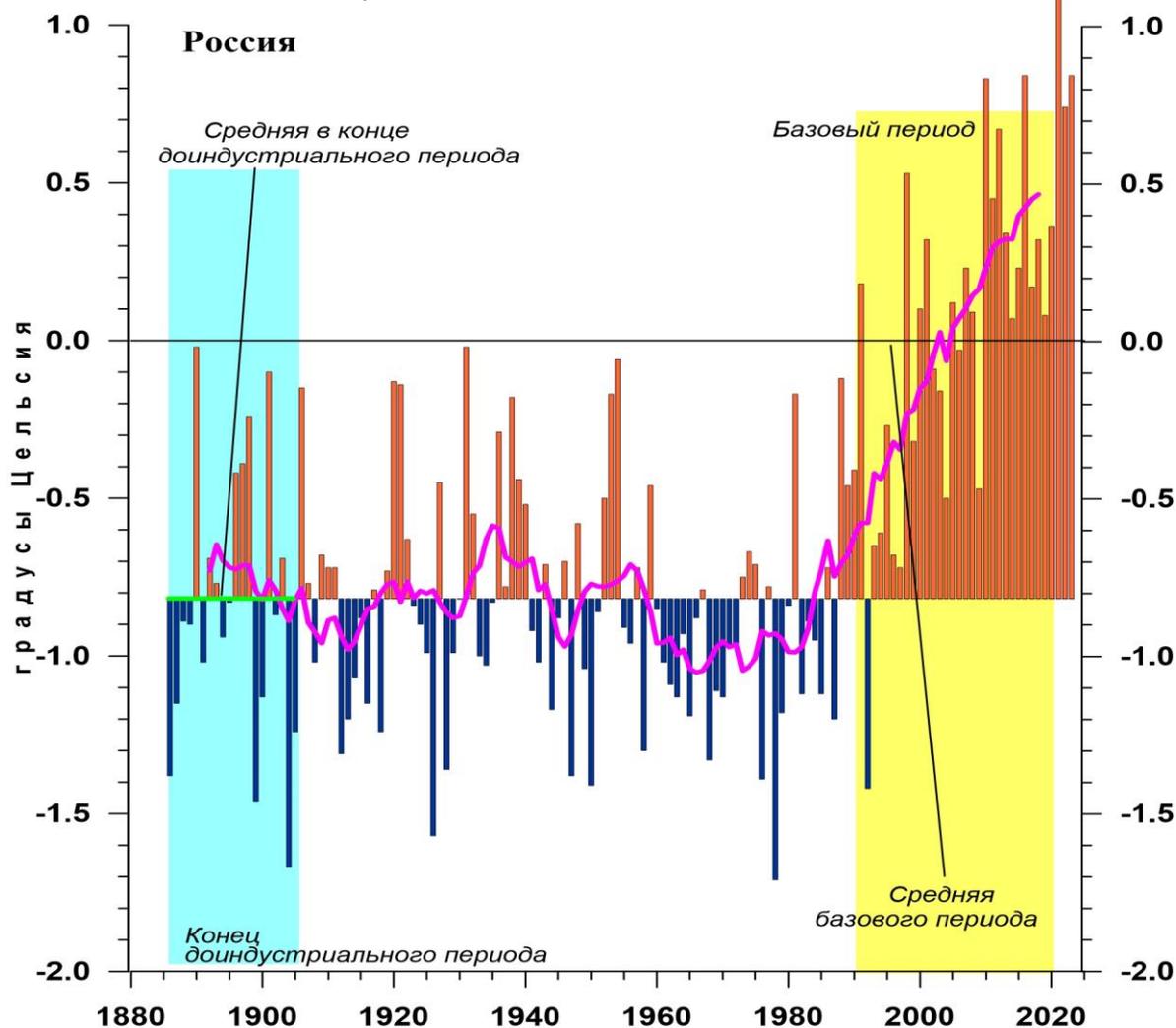


Федеральная служба
по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ФГБУ «Институт Глобального Климата и Экологии»



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2023

ЛЕТО: июнь - август

Обзор состояния и тенденций изменения
климата России

★
Москва 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ¹

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ (летний сезон).....	6
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЕТА 2023 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, 1936-2023 гг.....	21
5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2023 гг. (летний сезон)	26
ВЫВОДЫ	28
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности лета 2023 г. на территории Республики Беларусь	31

¹ На обложке приведен ход средней сезонной аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2023 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 1991-2020 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 искомым 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-сайте <http://climatechange.igce.ru> (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, Антипина У.И., Смирнов В.Д.

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 2023: 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 1976-2023 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.

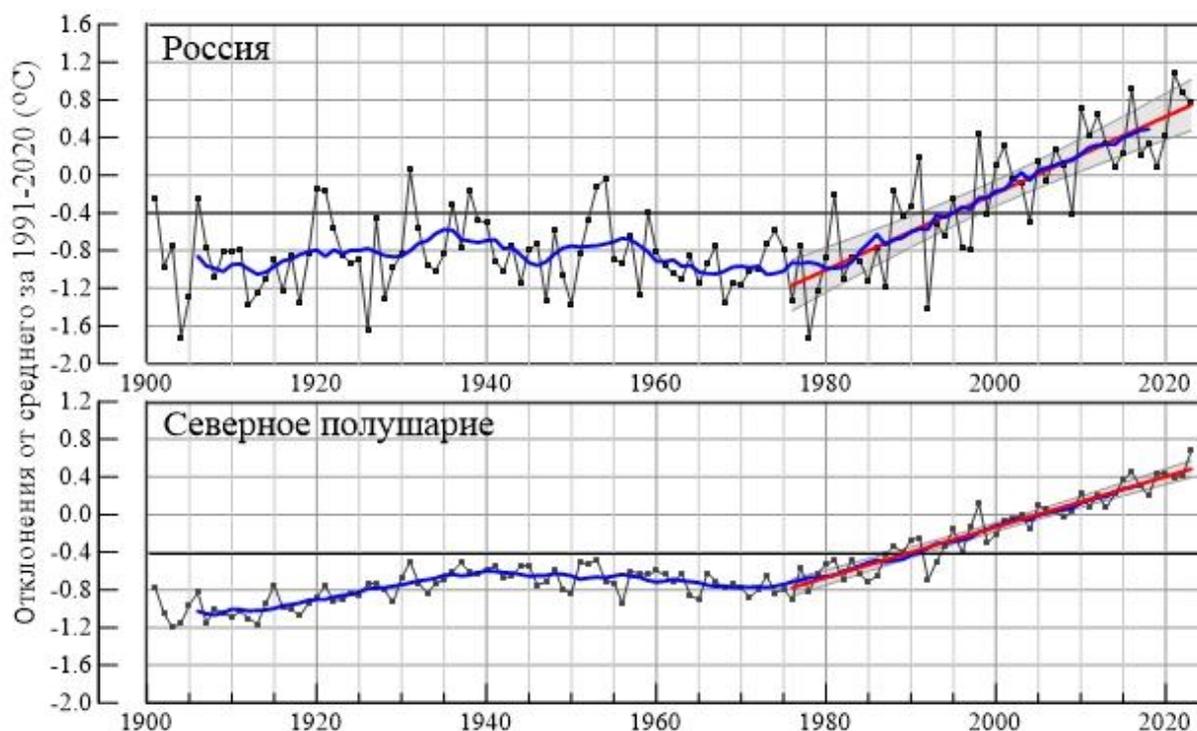


Рисунок 1.1 – Сезонная аномалия (лето: июнь - август) температуры приземного воздуха, осредненная по Северному полушарию (суша) и территории России за 1886-2023 гг.

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 1976-2023 гг. Использованы данные Университета Восточной Англии (СП) и данные ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» (Россия).

Аномалия температуры воздуха над сушей СП летом составила $+0,676^{\circ}\text{C}$ (стандартное отклонение $0,28^{\circ}\text{C}$) – максимальная величина в ряду с 1850 года.

Для России в целом средняя сезонная аномалия температуры приземного воздуха составила $+0,87^{\circ}\text{C}$ (при величине стандартного отклонения $0,51^{\circ}\text{C}$) – ранг 3.

Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений летних температур за период 1976-2023 гг. в среднем для суши СП и России, приведены в табл. 1.1. Увеличение летних температур в среднем по территории России происходит в полтора 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 1976-2023 гг.

Регионы	νT_{2023}	$s_{1991-2020}$	$b, ^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$	$D \%$
СП	0,68	0,28	0,27	90
Россия	0,87	0,51	0,41	70

Примечание: νT – аномалия температуры, s - стандартное отклонение за период 1991-2020, b – коэффициент линейного тренда, D - вклад тренда в дисперсию.

2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЕТА 2023 ГГ. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

На рис. 2.1 и 2.2 представлены карты сезонных и месячных аномалий температуры и осадков на территории России лета 2023 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. Летом осредненная по РФ в целом аномалия температуры составила $0,87^{\circ}\text{C}$ – третья величина в ряду (более высокие значения аномалий наблюдались летом 2021 г. ($+1,08^{\circ}\text{C}$) и 2016 г. ($+0,93^{\circ}\text{C}$)). Осредненная по АЧР аномалия температуры $+1,30^{\circ}\text{C}$ – максимальная величина в ряду, осредненные по регионам и федеральным округам АЧР аномалии температуры – среди пяти самых крупных, на многих станциях СФО и ДФО отмечены 95%-е экстремумы. На ЕЧР на большей части наблюдались небольшие положительные аномалии температуры, экстремально тепло на юге в предгорьях Кавказа, а в центре наблюдались слабые отрицательные аномалии (до $-0,7^{\circ}\text{C}$) за счет прохладных июня и июля в ЦФО и ЮФО и прохладного июня в ЗСФО и ПФО. Кроме того, температуры ниже нормы отмечались на Чукотке (до $-2,0^{\circ}\text{C}$).

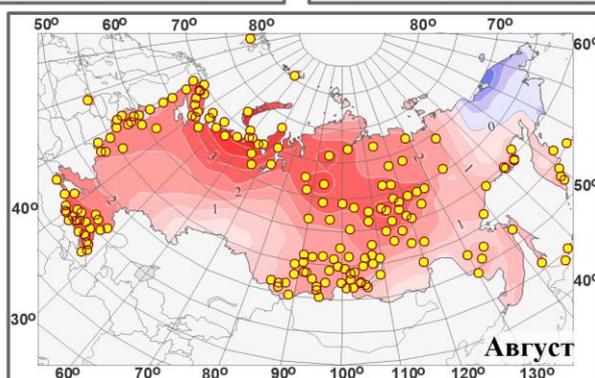
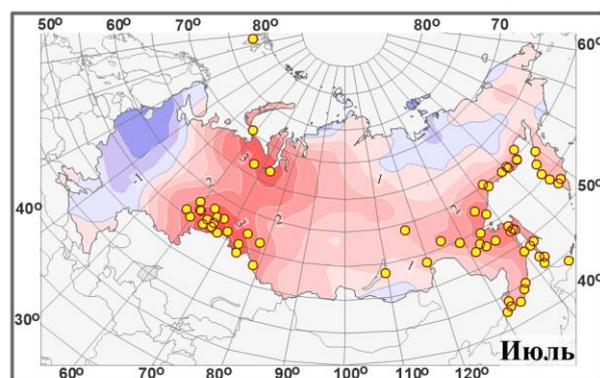
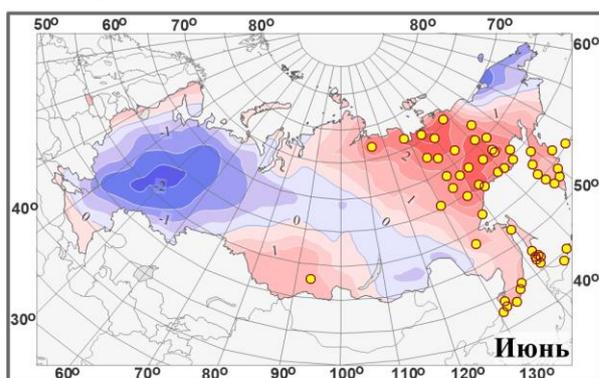
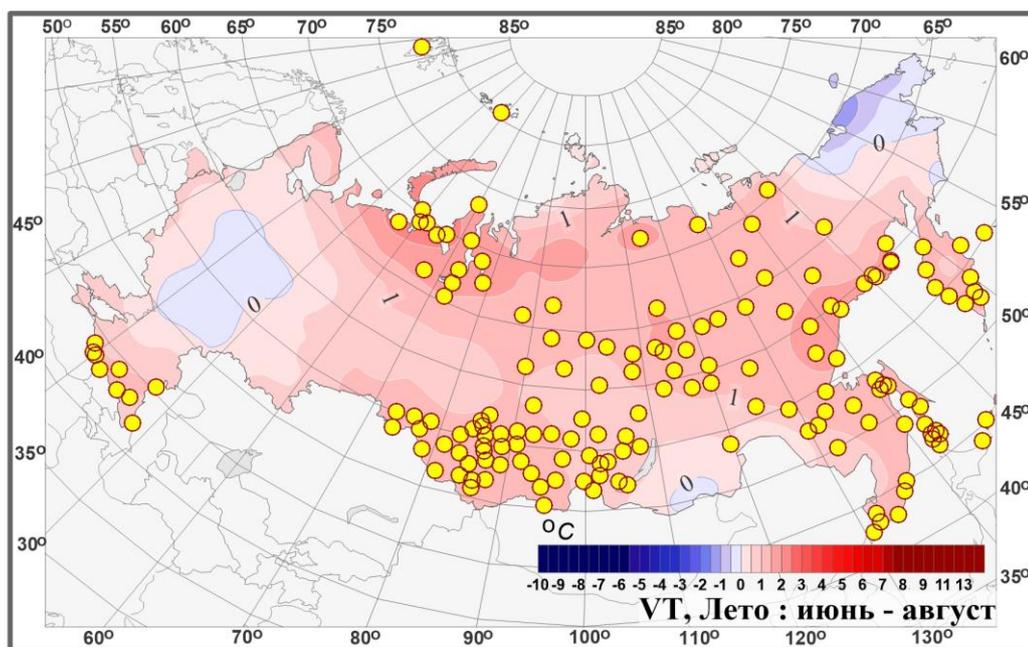


Рисунок 2.1 – Поля средней сезонной и средних месячных аномалий температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России летом 2023 г. Кружками белого цвета показано местоположение станционных экстремумов ниже 5-го перцентиля, желтого – выше 95-го перцентиля. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за базовый период 1961-1990 гг.

Распределение средних сезонных температур на рис. 2.2 позволяет проследить рассмотренные особенности сезона несколько под другим углом. На ЕЧР изотермы 20°C , 15°C и 10°C практически совпадают со своим климатическим положением. В АЧР изотермы 15°C и 10°C смещены на север примерно на 2° с.ш. от своего климатического положения, исключение – Чукотка: изотерма 10°C практически совпадает со своим климатическим положением.

Июнь. Осредненная по РФ аномалия температуры составила $0,18^{\circ}\text{C}$ – 15-ая величина в ряду. На юге СФО, на большей части ДФО) температуры были выше климатической нормы. Осредненные по Восточной Сибири и ДФО аномалии температуры составили $1,68^{\circ}\text{C}$ и $1,03^{\circ}\text{C}$ – третьи величины в соответствующих рядах.

Температуры ниже климатической нормы наблюдались на большей части ЕЧР (кроме предгорий Кавказа, Карелии, Мурманской области) и, далее, полосой в центральных районах СФО и в Забайкалье (аномалии до $-2,9^{\circ}\text{C}$). Кроме того, температуры ниже климатической нормы наблюдались в Чукотском АО.

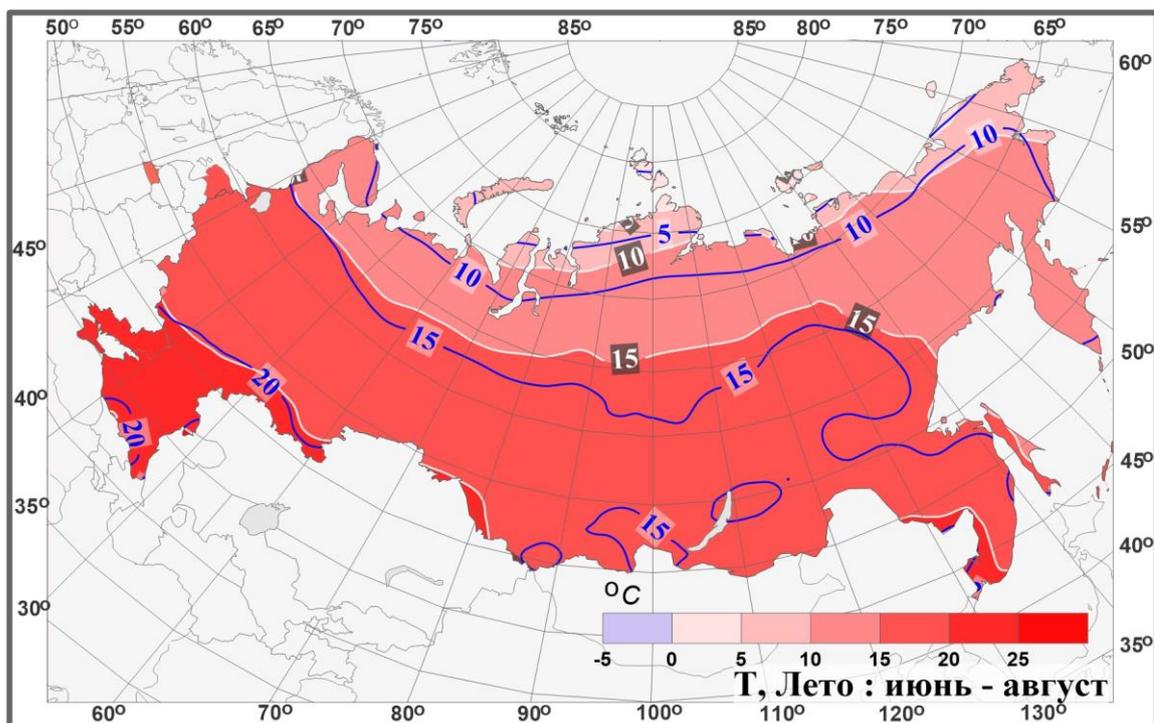


Рисунок 2.2 – Поля средней сезонной температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России летом 2023 гг. Синие изолинии: средние изотермы за период 1961-1990 гг.

Июль. Осредненная по РФ аномалия температуры составила $0,84^{\circ}\text{C}$ – вторая величина в ряду. Температуры выше нормы наблюдались на востоке ЕЧР и на большей части АЧР (кроме севера Якутии, побережья Таймыра, Чукотского АО, приграничных с Монголией районов Забайкалья), осредненная по АЧР аномалия температуры: $+1,08^{\circ}\text{C}$ – максимальная величина в ряду, 95%-е экстремумы фиксировались на Южном и Северном Урале, (осредненная по УФО аномалия температуры: $+2,34^{\circ}\text{C}$ – ранг 4), в Приамурье и Приморье ($+1,60^{\circ}\text{C}$ – ранг 4), в Хабаровском крае, на Камчатке.

Температуры ниже климатической нормы наблюдались на западе и в центре ЕЧР (аномалии в Карелии до $-2,1^{\circ}\text{C}$), на севере Якутии (на Новосибирских островах аномалии до $-1,6^{\circ}\text{C}$), на побережье Таймыра, Чукотского АО, приграничных с Монголией районов Забайкалья.

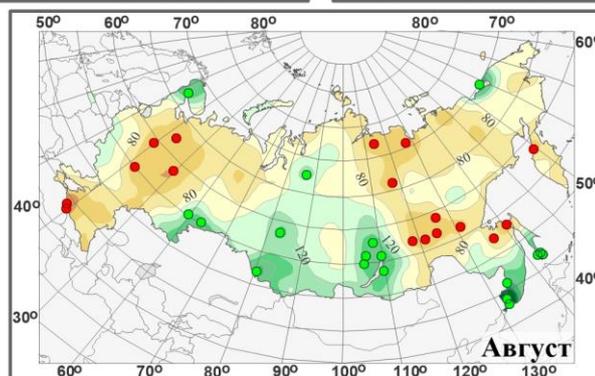
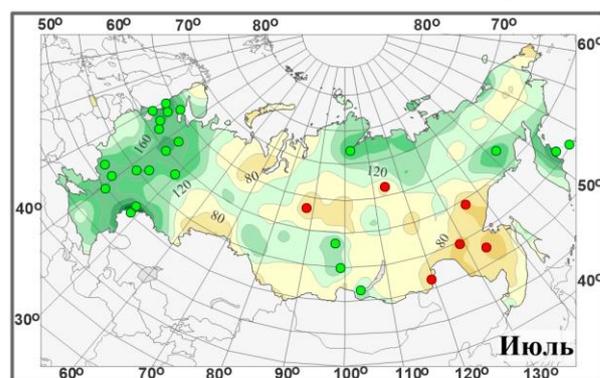
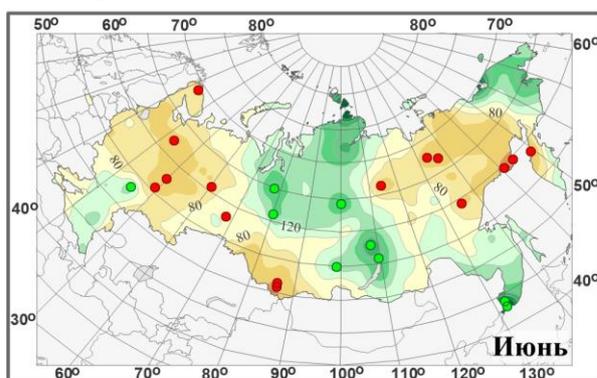
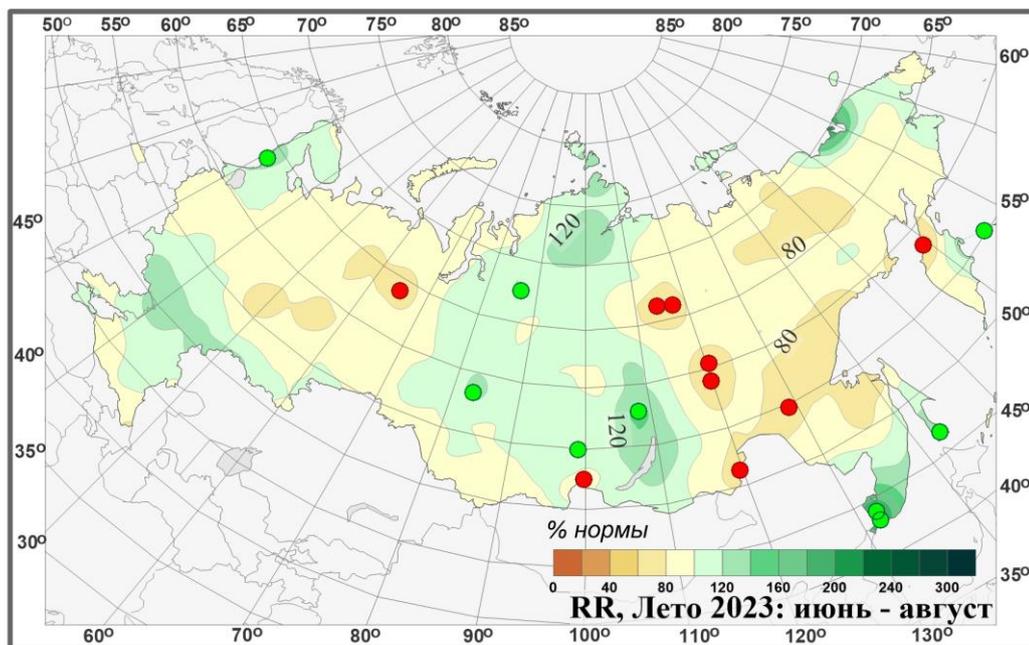


Рисунок 2.3 – Поля аномалий средних сезонных и месячных сумм осадков (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.) на территории России летом 2023 г. (июнь – август). Кружками красного цвета показаны стационарные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го перцентиля.

Август. Осредненные по РФ и по АЧР аномалии температуры составила 1,62С и 1,40С – максимальные величины в ряду, а по ЕЧР - +2,21°С – шестая в ряду. Температуры выше нормы наблюдались на большей части страны (кроме Чукотки), 95%-е экстремумы наблюдались на многих станциях СЗФО (+2,81°С – ранг 2), ЮФО, СКФО (+2,76°С – ранг 2), СФО (+1,83°С – ранг 3) и ДВФО (+1,09°С – ранг 5).

На Чукотке температуры были ниже климатической нормы (аномалии на побережье Чукотского моря до $-2,4^{\circ}\text{C}$).

Атмосферные осадки. Осредненные по территории РФ осадки составили 97%. Дефицит осадков наблюдался на севере ЕЧР (кроме Карелии), в Западной Сибири, на большей части ДФО (кроме Приморья, в целом по округу выпало 91% нормы осадков – среди девяти самых «сухих» летних сезонов, а в целом по Восточной Сибири 78% - среди трех самых «сухих» летних сезонов). Избыток осадков наблюдался на юге ЕЧР, в Карелии, на большей части СФО, в Приморье.

Летом атмосферные засухи наблюдались во многих областях ЮФО, СКФО, ПФО, УФО, СФО. Началу засух в июне способствовал, в основном, дефицит осадков на юго-востоке ЕЧР и на юге Сибири; их продолжению в июле в ПФО, на юге УФО и СФО – экстремумы температуры; сильному развитию в августе на юге ЕЧР – крупные положительные температурные аномалии и дефицит осадков.

Июнь. Осредненные осадки по РФ – 96% нормы. Дефицит осадков (менее 80%) – в центре и на севере ЕЧР (78%, в СЗФО выпало лишь 62% нормы – шестой самый «сухой» июнь в ряду), на Алтае, в Саянах, в Якутии, в Магаданской области, в Хабаровском крае (на ряде станций фиксировались 5%-е экстремумы, осредненные по Восточной Сибири осадки 69% - это третий самый «сухой» август в ряду).

Избыток осадков наблюдался на севере Западной и Средней Сибири, в районе Байкала, на Чукотке, в Приморье (на ряде станций фиксировались 95%-е экстремумы).

В июне в ряде областей ЮФО, ПФО, УФО и СФО дефицит осадков (менее 80%) способствовал образованию атмосферных засух средней и сильной интенсивности, при этом засухи в ряде областей (Астраханская, Оренбургская, Ульяновская, Самарская, Челябинская, Свердловская, Омская области, Алтайский край) фиксировались в течение 3-4 декад месяца).



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

Июль. Осредненные осадки по РФ – 106% нормы. Избыток осадков наблюдался на большей части ЕЧР, осредненные по ЕЧР осадки составили 142% нормы – максимальная величина в ряду, на многих станциях отмечены 95%-е экстремумы, особенно много осадков выпало в СЗФО (144% нормы – ранг 3) и в ЦФО (167% - ранг 2). Избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался также на Северо-Сибирской низменности, в Магаданской области, на Камчатке. Дефицит осадков наблюдался в центре и на юге АЧР (в Приамурье и Приморье выпало лишь 64% нормы – среди семи самых «сухих» июльских месяцев в ряду).



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

В июле в ряде областей ЮФО, ПФО, УФО и СФО (в Курганской и Свердловской областях засухи фиксировались в течение 2-3 декад месяца - недостаток влагозапасов в пахотном слое почвы образовался из-за высоких температурных аномалий; кроме того, продолжали фиксироваться атмосферные засухи средней и сильной интенсивности в Астраханской, Саратовской областях, в Татарстане, Дагестане, Ставропольском крае.

Август. В августе осредненные осадки по РФ составили 89% нормы – среди шестой самый «сухой» август, а по ЕЧР 65% – среди семи самых «сухих» (особенно мало осадков выпало в ЮФО (37% - четвертый самый «сухой» август) и в СКФО (40% самый «сухой» август в ряду)). В АЧР дефицит осадков наблюдался на большей части ДФО, а избыток – в СФО.

В августе экстремальные температуры и экстремальный дефицит осадков на юге ЕЧР и на юге УФО способствовали продолжению засух во многих областях ЮФО, СКФО, ПФО, УФО (преимущественно сильной интенсивности в течение 2-3 декад месяца, особенно во второй и третьей декадах).



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 1991-2020 гг. Оценки приведены для физико-географических регионов (рис. 1) и федеральных округов (рис. 2) Российской Федерации.

Таблица 2.1

Регионально осредненные аномалии температуры летом 2023 г.

Регионы	νT_{2023}	$s_{1991-2020}$	$P(t \leq T_{2023})$
Российская Федерация	0,87	0,51	97,7
Физико-географические регионы России			
Европейская часть России	0,46	1,00	78,2
Азиатская часть России	1,30	0,48	100
Западная Сибирь	1,14	0,96	97,7
Средняя Сибирь	1,22	0,67	97,7
Прибайкалье и Забайкалье	0,66	0,62	95,4
Приамурье и Приморье	1,03	0,62	98,9
Восточная Сибирь	0,93	0,60	97,7
Федеральные округа РФ			
Северо-Западный	0,79	0,81	85,1
Центральный	0,04	1,13	69,0
Приволжский	0,13	1,16	70,1
Южный	0,58	1,23	81,6
Северо-Кавказский	0,91	1,05	88,5
Уральский	1,11	1,13	96,6
Сибирский	1,09	0,63	100
Дальневосточный	0,97	0,51	98,9

Примечание: 1. Аномалии νT_{2023} (°C) рассчитаны как отклонения от нормы 1961-1990 гг.; s (°C) – среднее квадратическое отклонение за базовый период; вероятности непревышения $P(t \leq T_{2023})$ 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 1936-2023 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 +0,87°C – третья величина в ряду. Осредненные по всем регионам и федеральным округам аномалии температуры были положительными. Особенно тепло было в АЧР (1,30°C – ранг 1): во всех регионах и

федеральных округах АЧР аномалии температуры были среди пяти наибольших (в Западной Сибири: 1,14°C (ранг 3), в Средней Сибири: 1,22°C (ранг 3), в Прибайкалье и Забайкалье: 0,66°C (ранг 5), в Приамурье и Приморье: 1,03°C (ранг 2), в Восточной Сибири: 0,93°C (ранг 3), в УФО: 1,11°C (ранг 4), в СФО: 1,09°C (ранг 1), в ДФО: 0,97°C (ранг 3)).

Все месяцы сезона (табл. 2.1.1) в целом по РФ были теплыми, особенно август: аномалия температуры составила +1,62°C – максимальная величина в ряду. Осредненные по всем регионам и федеральным округам аномалии температуры были положительными. Особенно тепло было в АЧР (1,40°C – ранг 1), где экстремально тепло было в СФО (1,83°C – ранг 3) и в ДФО (1,09°C – ранг 5), и Восточной Сибири (1,40°C – ранг 1). В ЕЧР выделяются СЗФО (2,81°C – ранг 2) и СКФО (2,76°C – ранг 2).

Июль – также очень теплый месяц; в целом по РФ аномалия температуры составила +0,84°C – вторая величина в ряду; особенно тепло в АЧР (1,08°C – ранг 1), где экстремально тепло было в Западной Сибири (2,01°C – ранг 4), в Приамурье и Приморье (1,60°C – ранг 4) и в УФО (2,34°C – ранг 4). Осредненные по ЦФО и ЮФО аномалии были отрицательными.

В июне осредненные по ЕЧР и по всем федеральным округам ЕЧР (кроме СКФО), по Западной Сибири и по УФО аномалии температуры были отрицательные. В АЧР. Экстремально тепло было в Восточной Сибири (1,68°C – ранг 3) и в ДФО (1,03°C – ранг 3).

Таблица 2.1.1

Регионально осредненные аномалии температуры в летние месяцы.

Регионы	Июнь			Июль			Август		
	νT_{2023}	$S_{1991-2020}$	$P(t \leq T_{2023})$	νT_{2023}	$S_{1991-2020}$	$P(t \leq T_{2023})$	νT_{2023}	$S_{1991-2020}$	$P(t \leq T_{2023})$
Российская Федерация	0,18	0,72	83,9	0,84	0,62	98,9	1,62	0,65	100
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	-0,98	1,38	36,8	0,18	1,43	65,5	2,21	1,30	94,3
Азиатская часть России	0,60	0,62	92,0	1,08	0,51	100	1,40	0,61	100
Западная Сибирь	-0,08	1,94	70,1	2,02	1,45	96,6	1,46	1,33	92,0
Средняя Сибирь	0,44	1,34	79,3	0,85	0,87	87,4	2,37	1,03	98,9
Прибайкалье и Забайкалье	0,07	1,19	78,2	0,49	0,74	87,4	1,41	0,94	95,4
Приамурье и Приморье	0,54	1,11	81,6	1,60	0,82	96,6	0,95	0,86	92,0
Восточная Сибирь	1,68	0,81	97,7	0,55	0,98	90,8	0,57	1,16	86,2
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	-0,72	1,32	44,8	0,28	1,60	65,5	2,81	1,17	98,9
Центральный	-1,12	1,79	35,6	-0,81	1,77	55,2	2,03	1,41	93,1
Приволжский	-1,72	1,85	20,7	0,75	1,71	75,9	1,36	1,82	82,8
Южный	-0,48	1,80	51,7	-0,17	1,58	60,9	2,38	1,65	93,1
Северо-Кавказский	0,26	1,52	72,4	0,00	1,29	64,4	2,76	1,44	98,9
Уральский	-0,77	1,98	56,3	2,34	1,69	96,6	1,78	1,57	89,7
Сибирский	0,37	1,63	80,5	1,07	1,01	93,1	1,83	1,08	97,7
Дальневосточный	1,03	0,68	97,7	0,79	0,69	94,3	1,09	0,77	95,4

Летом в целом по РФ (табл. 2.2 и табл. 2.2.1) выпало 97% нормы осадков. В большинстве регионов (кроме Средней Сибири и Приамурья и Приморья) и большинстве федеральных округов (кроме ЮФО) отмечался дефицит осадков. Сильный дефицит наблюдался в Восточной Сибири (в среднем по региону выпало 78% нормы- третье «самое сухое» лето в ряду).

Таблица 2.2

Регионально осредненные аномалии осадков летом 2023 г.

Регионы	νR_{2023}	RR_{2023}	m	$m-q1$	$q3-m$	$P(r \leq R_{2023})$
Российская Федерация	-2,1	97	0,0	0,2	0,2	26,4
Физико-географические регионы России						
Европейская часть России	-2,1	96	-0,2	0,4	0,6	42,5
Азиатская часть России	-2,1	97	0,4	1,8	1,4	21,8
Западная Сибирь	-0,5	99	-0,1	0,3	0,3	48,3
Средняя Сибирь	0,8	102	-0,1	0,4	0,5	52,9
Прибайкалье и Забайкалье	-2,9	96	0,0	0,7	0,7	39,1
Приамурье и Приморье	4,6	104	-0,2	0,5	0,7	57,5
Восточная Сибирь	-10,7	78	-0,1	0,3	0,4	2,3
Федеральные округа РФ						
Северо-Западный	-4,6	93	0,0	12,6	9,7	44,8
Центральный	7,4	111	-3,0	5,5	11,7	67,8
Приволжский	-7,0	88	-2,9	3,7	8,2	25,3
Южный	5,1	110	0,5	7,7	7,0	70,1
Северо-Кавказский	-5,8	91	-0,3	9,5	7,3	31,0
Уральский	-3,4	95	-0,2	4,3	3,9	42,5
Сибирский	5,3	109	0,2	3,5	3,7	75,9
Дальневосточный	-6,2	91	-1,9	2,2	5,9	9,2

Примечание: 1. Аномалии νR_{2023} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за базовый период 1961-1990 гг.), RR_{2023} - отношение R_{2023} к норме, выраженное в %, $q1$, $q3$ и m – соответственно первый, третий квартиль и медиана аномалий (мм/месяц) за базовый период; вероятности неперевышения $P(r \leq R_{2023})$ – рассчитаны по выборке за 1936-2023 гг. и выражены в %. Выделены экстремальные значения, попавшие в 5% максимальных.

Из месяцев сезона выделяется «влажный» июль в ЕЧР: выпало 142% нормы осадков (максимальная величина в ряду), особенно много осадков выпало в СЗФО (167% нормы – ранг 3) и в ЦФО (167% - ранг 2); и «сухой» август: в целом по РФ выпало 89% нормы осадков (шестой самый «сухой» август), дефицит осадков наблюдался в целом по ЕЧР (65%) и по АЧР (97%), особенно мало осадков выпало в ЮФО (37% - четвертый самый «сухой» август) и СКФО (40% - самый «сухой» август в ряду). В июне в целом по РФ выпало 96% нормы, выделяются регионы: Восточная Сибирь (69% - третий самый «сухой» июнь в ряду) и СЗФО (62% - шестой самый «сухой» июнь в ряду).

Таблица 2.2.1

Регионально осредненные аномалии осадков в летние месяцы.

Регионы	Июнь			Июль			Август		
	vR_{2023}	RR_{2023}	$P(r \leq R_{2023})$	vR_{2023}	RR_{2023}	$P(r \leq R_{2023})$	vR_{2023}	RR_{2023}	$P(r \leq R_{2023})$
РФ	-2,6	96	28,7	4,0	106	69,0	-7,5	89	5,7
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	-13,7	78	16,1	27,9	142	100	-21,0	65	6,9
Азиатская часть России	1,9	104	64,4	-5,8	92	14,9	-2,1	97	35,6
Западная Сибирь	-3,3	95	37,9	0,4	101	44,8	1,8	102	59,8
Средняя Сибирь	9,2	119	89,7	1,4	103	51,7	-8,4	87	27,6
Прибайкалье и Забайкалье	-0,5	99	47,1	-7,2	92	32,7	-0,9	99	48,3
Приамурье и Приморье	26,2	135	90,8	-39,6	64	6,9	27,3	124	79,3
Восточная Сибирь	-12,6	69	2,3	-1,4	97	37,9	-16,3	73	10,3
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	-24,4	62	5,7	31,3	144	97,7	-22,3	70	14,9
Центральный	-14,5	79	32,2	50,4	167	98,9	-13,7	77	21,8
Приволжский	-15,7	73	29,9	15,4	125	67,8	-20,6	61	16,1
Южный	5,9	111	64,4	33,7	169	93,1	-24,2	37	3,4
Северо-Кавказский	17,6	128	85,1	-3,7	96	42,5	-31,5	40	0
Уральский	5,5	110	66,7	-6,2	91	33,3	-9,5	87	33,3
Сибирский	5,0	109	71,3	2,0	103	51,7	8,9	113	78,2
Дальневосточный	1,2	98	37,9	-10,0	86	13,8	-6,6	91	27,6

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 1976-2023 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 ДФО (до $+0,8^{\circ}\text{C}/10$ лет на севере).

В отдельные летние месяцы наибольшее потепление наблюдается на ЕЧР в июне (на юге до $+0,8^{\circ}\text{C}/10$ лет) в июле (на западе до $+0,8^{\circ}\text{C}/10$ лет) и в августе (в южных районах $+1,1^{\circ}\text{C}/10$ лет), в АЧР: в июне на Средне-Сибирской низменности и севере Среднесибирского плоскогорья (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 запад и северо-запад Среднесибирского плоскогорья (между 50-70°с.ш.). Эта перемещающаяся область проявляется для сезона в целом в виде области значительно ослабленного потепления (от 0 до +0,2°С/10 лет) в Западной и Средней Сибири.

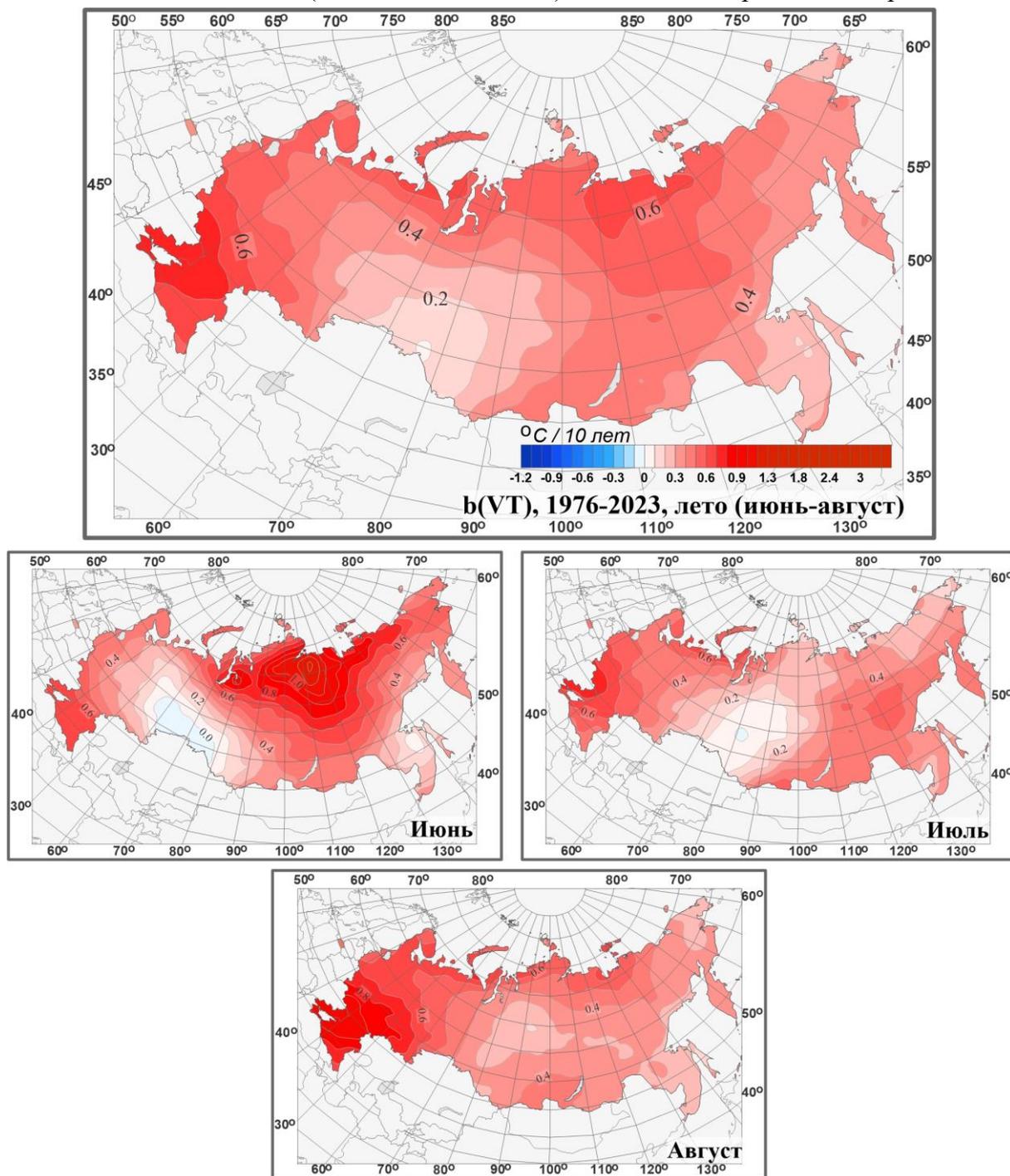


Рисунок 3.1 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий температуры (°С/10 лет) на территории России по данным за 1976-2023 (лето)

Оценки тренда за период 1976-2023 для федеральных округов ЕЧР немного уменьшились по сравнению с оценками тренда за период 1976-2022 гг. (на 0,01-0,03°С/10 лет) из-за прохладных погодных условий или условий близких к

климатической норме на ЕЧР летом 2023 года.

Тренд средней по России летней температуры за период 1976-2023 гг. положителен: он составляет $+0,41^{\circ}\text{C}/10$ лет, объясняет 70% 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.

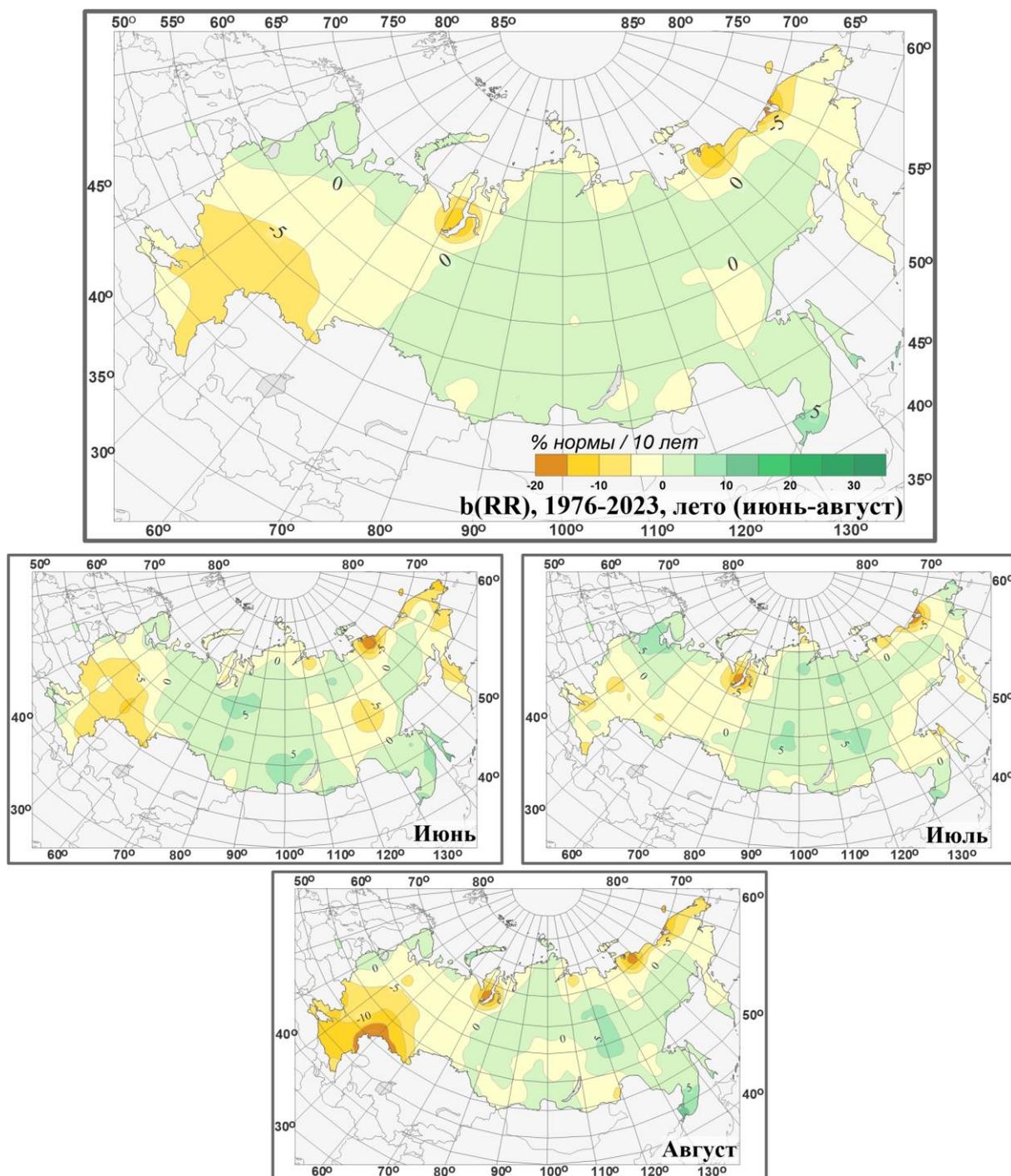


Рисунок 3.2 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий осадков (% нормы /10 лет) на территории России по данным за 1976-2023 (лето).

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 и Камчатки).

Наиболее интенсивное уменьшение осадков отмечается (до 10%/10 лет): во все месяцы сезона в центре и на юге ЕЧР, в АЧР в районе Обской губы, вдоль побережья Северного Ледовитого океана: от Таймыра до Чукотки, в июне и в июле – еще и на Камчатке, в июне - еще и на юге Якутии.

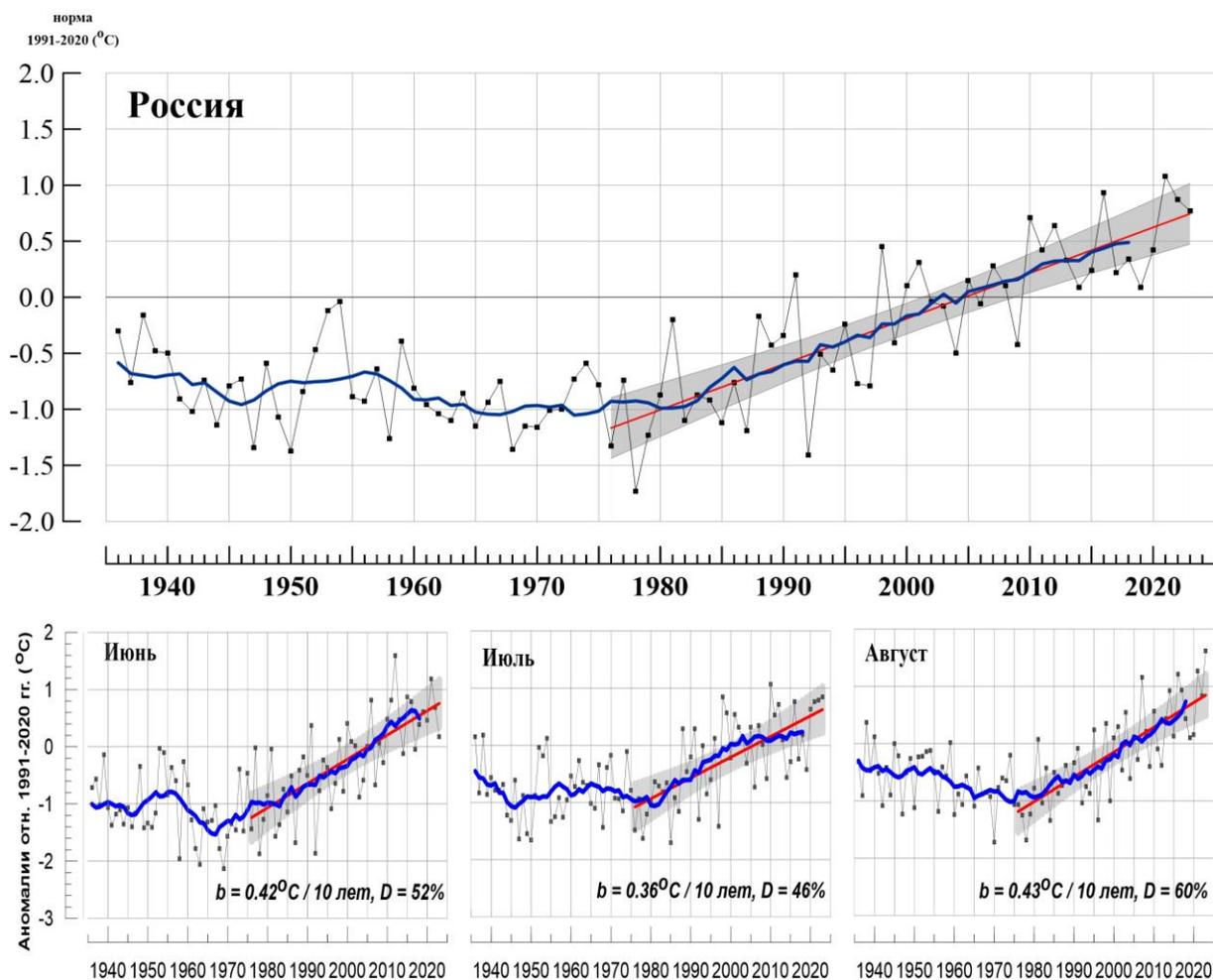


Рисунок 3.3 – Аномалия средней сезонной (вверху) и для месяцев сезона температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) осредненная по территории РФ.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2023 гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда.

Тенденция к увеличению осадков на АЧР (до 5%/10 лет) наиболее выражена в Средней Сибири (во все месяцы), на большей части Якутии (в июле и в августе), в Западной Сибири (в июне), в Магаданской области (в июне и в августе).

Существенных изменений осадков по сравнению с оценками тренда за период 1976-2020 гг. не отмечено.

Тренды сумм осадков за период с 1976 г., в целом для России, сезонных и каждого месяца, незначимы: объясняют не более 2% 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.

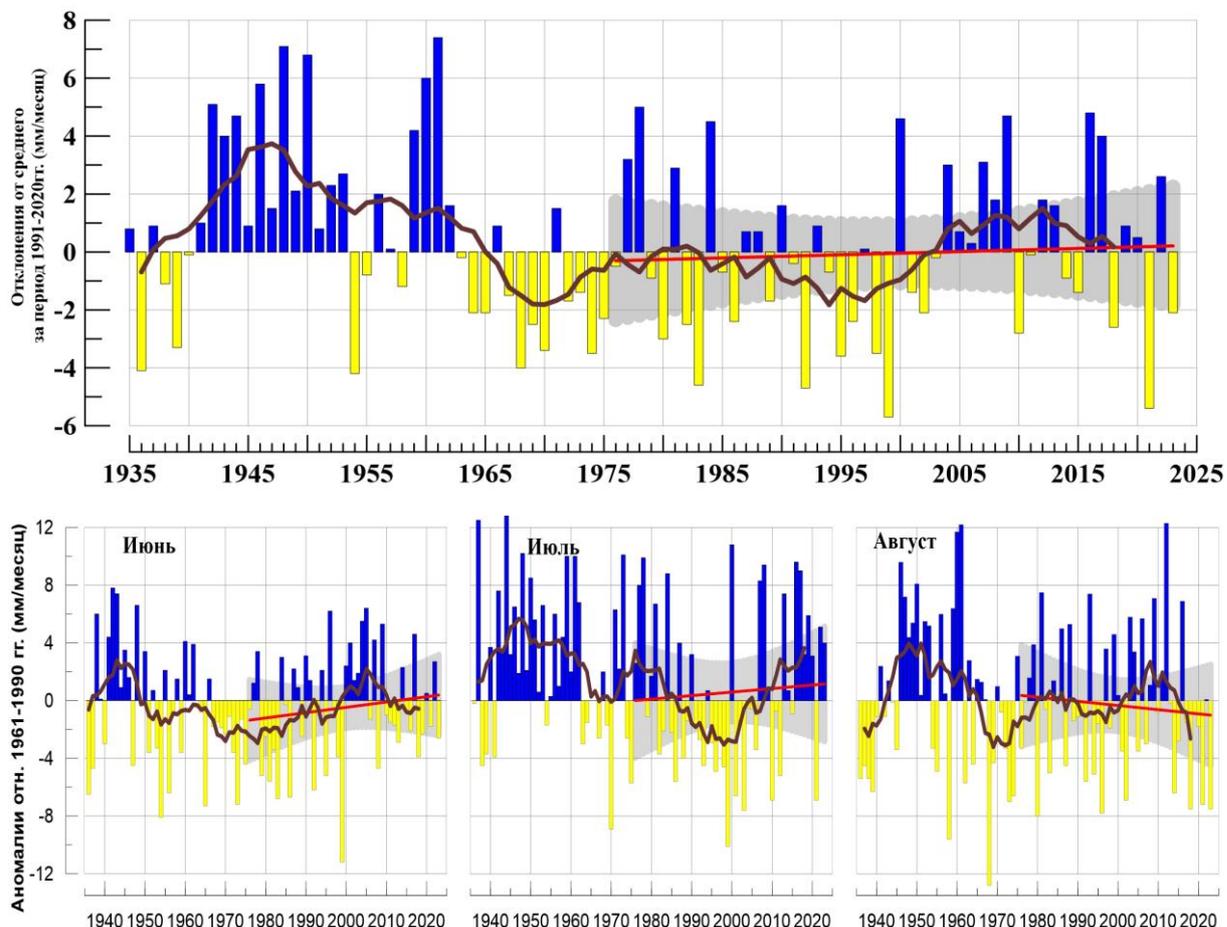


Рисунок 3.4 – То же, что на рис. 3.3, но для атмосферных осадков (мм/мес).

Таблица 3.1

Оценки линейного тренда температуры приземного воздуха и суммы осадков, осредненных по территории России и за летний сезон, за 1976-2023 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>	0.41	70	0.2	0
Июнь	0.42	52	0.4	2
Июль	0.36	46	0.2	0
Август	0.43	60	-0.3	1

4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ЛЕТНЕГО СЕЗОНА В РЕГИОНАХ РОССИИ ЗА ПЕРИОД 1936-2023 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 – 2023 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2023 гг., рассчитанные методом наименьших квадратов. Величины трендов и объясненные трендами доли дисперсии рядов представлены в таблице 4.1.

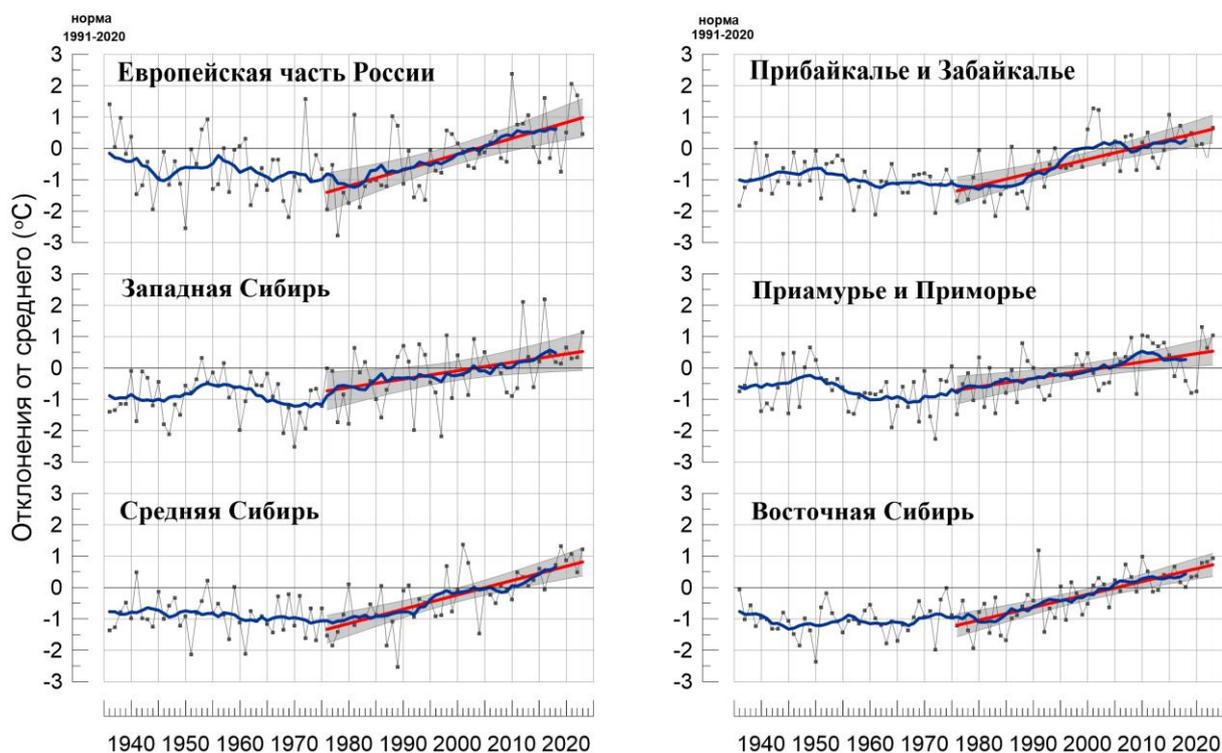


Рисунок 4.1 - Сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории физико-географических регионов РФ, лето 2023 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2023 гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда.

Во всех регионах в среднем за период 1976-2023 гг. наблюдается выраженное потепление летних сезонов. 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 1976-2023 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	0,41	70	0,1	0,2	0
Физико-географические регионы России					
Европейская часть России	0,51	41	-1,5	-2,3	7
Азиатская часть России	0,37	69	0,7	1,1	7
Западная Сибирь	0,27	17	0,5	0,8	1
Средняя Сибирь	0,46	52	1,5	2,9	9
Прибайкалье и Забайкалье	0,42	48	0,8	1,0	2
Приамурье и Приморье	0,26	27	2,1	2,1	3
Восточная Сибирь	0,41	56	-0,8	-1,6	2
Федеральные округа РФ					
Северо-Западный	0,46	35	0,6	0,8	1
Центральный	0,58	36	-3,0	-4,5	9
Приволжский	0,43	21	-2,9	-5,1	12
Южный	0,71	54	-1,7	-3,5	4
Северно-Кавказский	0,61	57	-1,4	-2,1	1
Уральский	0,33	17	0,0	0,0	0
Сибирский	0,32	39	1,4	2,3	11
Дальневосточный	0,41	65	0,5	0,8	1

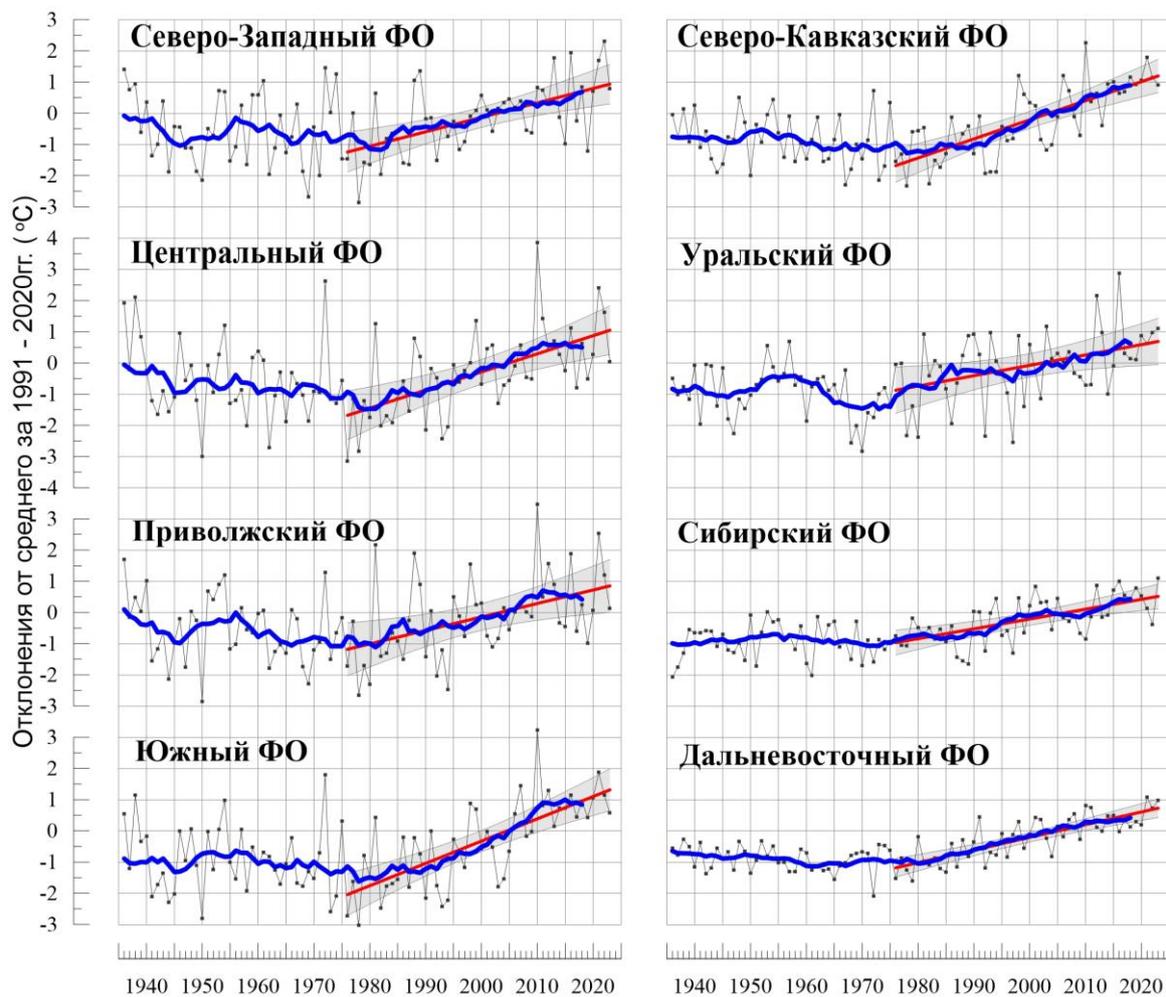


Рисунок 4.2 – То же, что на рис.4.1, но для федеральных округов

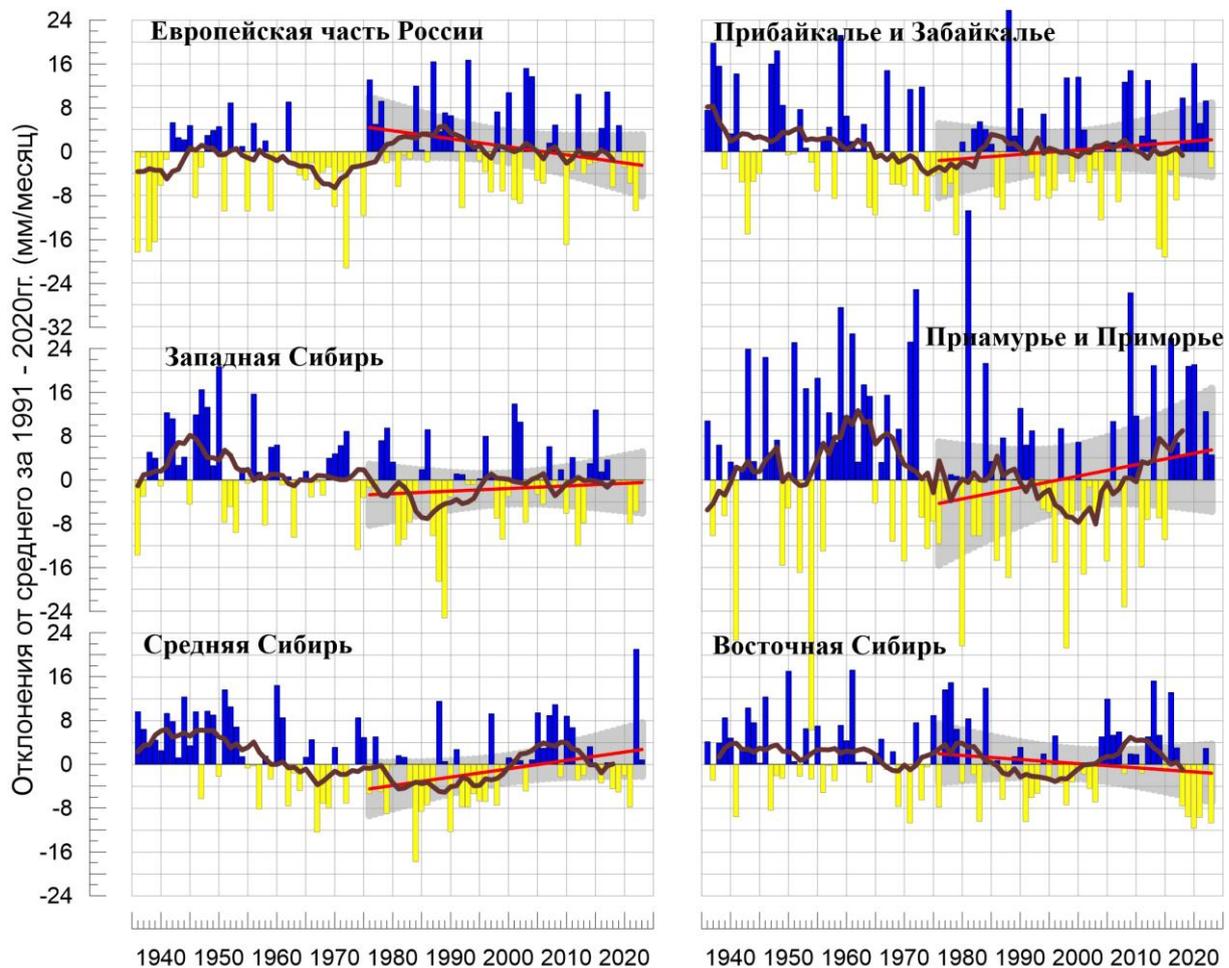


Рисунок 4.3 - Сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории регионов РФ, лето 2023 гг.

Условные обозначения см. на рис. 4.1.

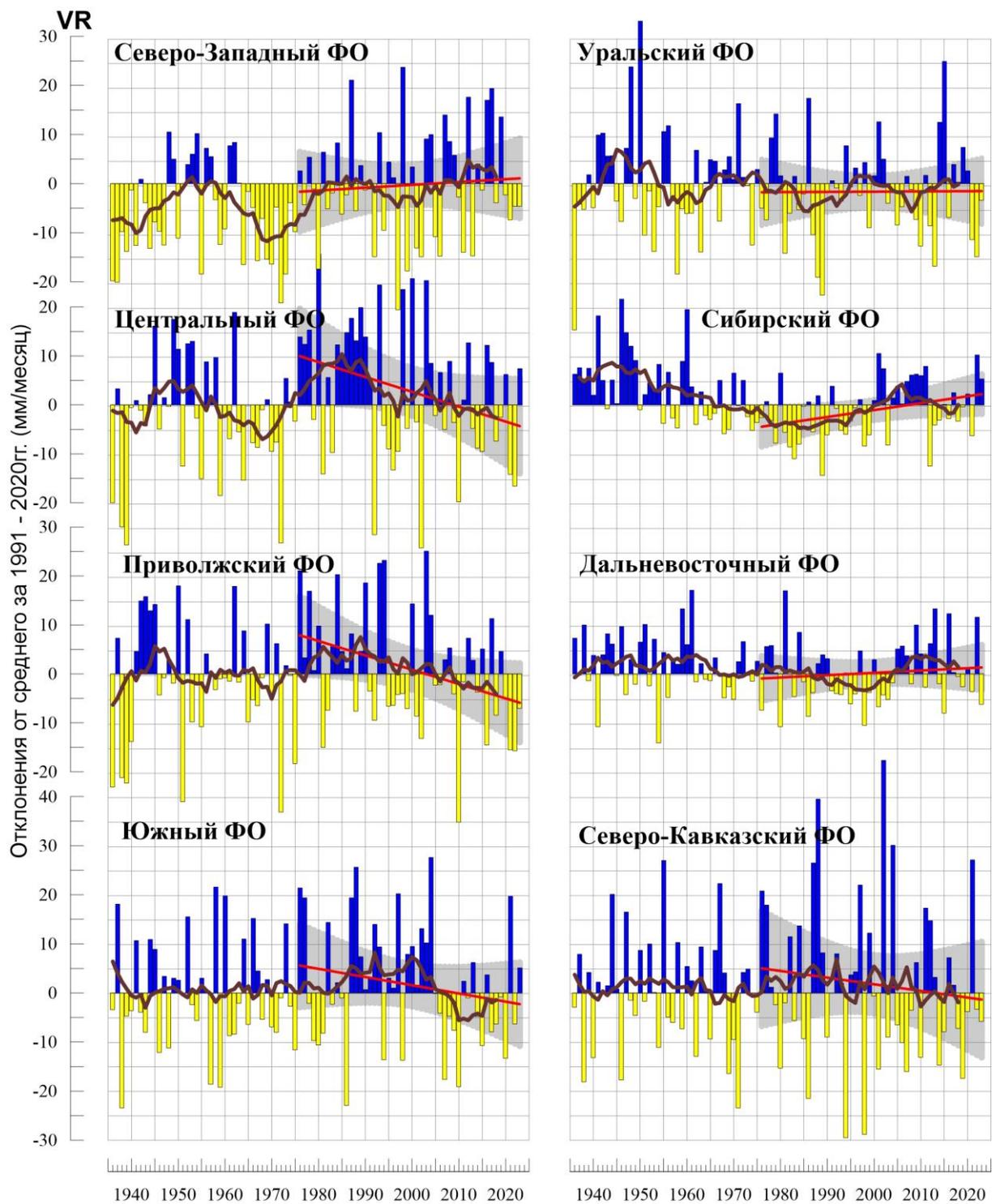


Рисунок 4.4 – То же, что на рис.4.3, но для федеральных округов

5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2023 гг. (летний сезон)

В разделе приведены некоторые индексы экстремальности и аномальности для летнего сезона в целом по территории России за период 1936 -2023 гг. (рис. 5.1. – 5.4). В качестве индексов экстремальности рассматриваются доли площади под крупными аномалиями температуры и осадков (вероятности непревышения ниже 20% и выше 80%), а также экстремальными (абсолютная величина превосходит 2 стандартных отклонения) аномалиями температуры.

Температура. Летом 2023 года 74% площади территории России – максимальная величина в ряду были заняты крупными положительными аномалиями (выше 80-го перцентиля). Областей отрицательных аномалий (ниже 20-го перцентиля) летом 2023 года не наблюдалось (рис. 5.1). В изменении площади под крупными положительными аномалиями тренд за период 1976-2023 составляет 12,0%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 63%). Рост суммарной площади с крупными аномалиями обоих знаков составляет 4,7%/10 лет (20%)

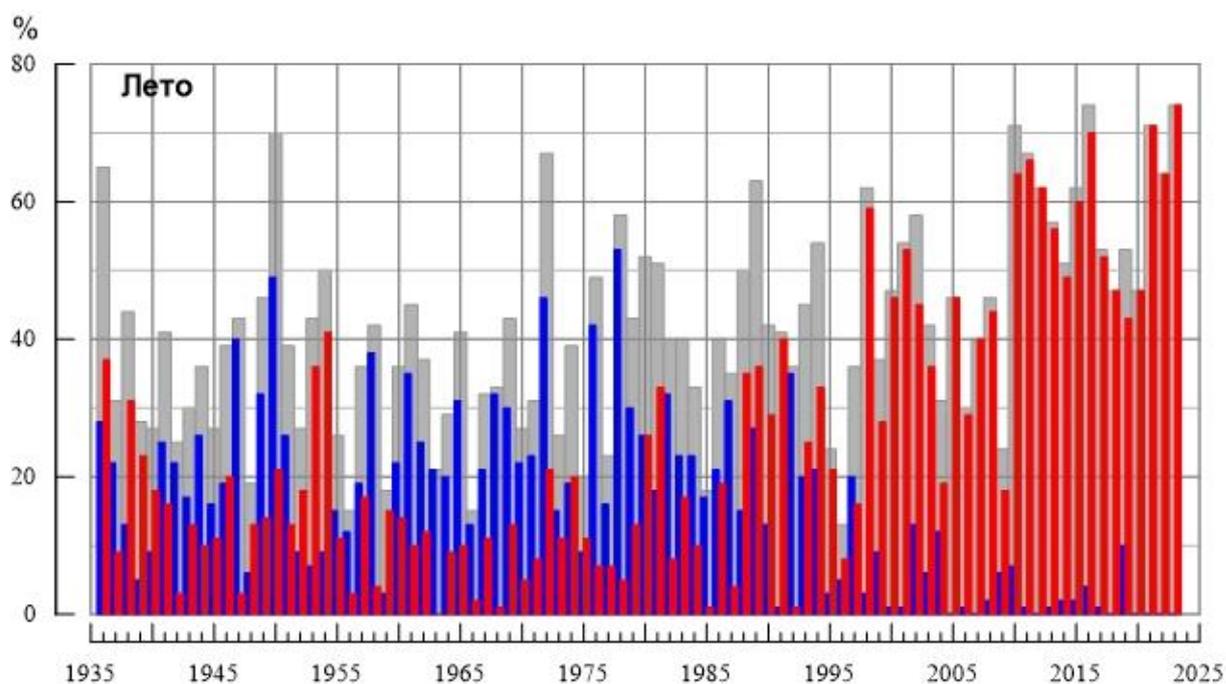


Рисунок 5.1 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями температуры, 1936-2023 гг. (лето):

- 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 2023 года доля площади РФ, занятая экстремально теплыми аномалиями (выше $+2\sigma$) составила 6% (максимальная величина в ряду), 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 2021 и 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%).

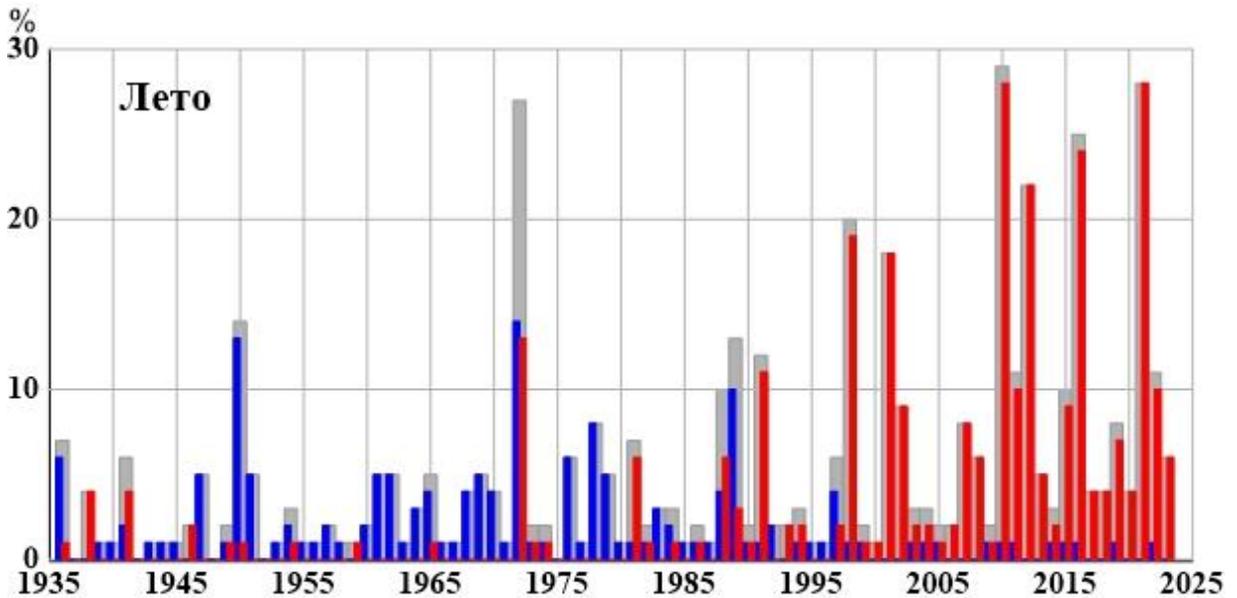


Рисунок 5.2 - Доля площади РФ (в процентах) с экстремальными (сезонная аномалия меньше -2σ : синие столбики, больше $+2\sigma$: красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры летом, 1936-2023 гг. Базовый период для расчета статистик: 1961-1990 гг.

Индекс аномальности Багрова (рис. 5.3) в 2023 году составил 2,1 – ранг 4. Аномальность температурного режима на территории РФ в летний сезон растет: тренд за 1976-2023 гг. объясняет 54% общей дисперсии ряда.

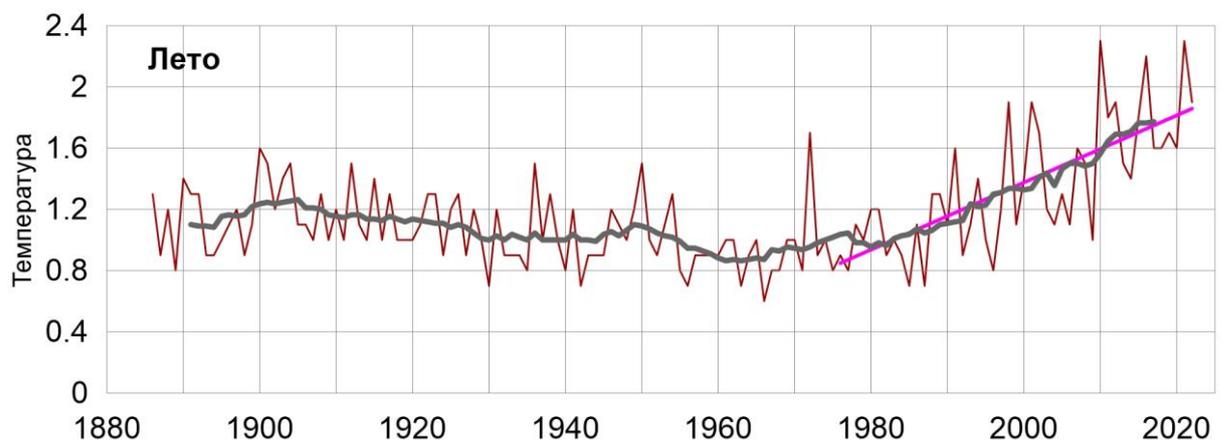


Рисунок 5.3. - Индекс аномальности (индекс Багрова) температурного режима на территории России летом 1886-2023 гг.

Осадки. Летом 2023 года площадь, занятая экстремальными аномалиями осадков меньше 20-го перцентиля, составила 17%, а занятая аномалиями больше 80-го перцентиля - 13% (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.

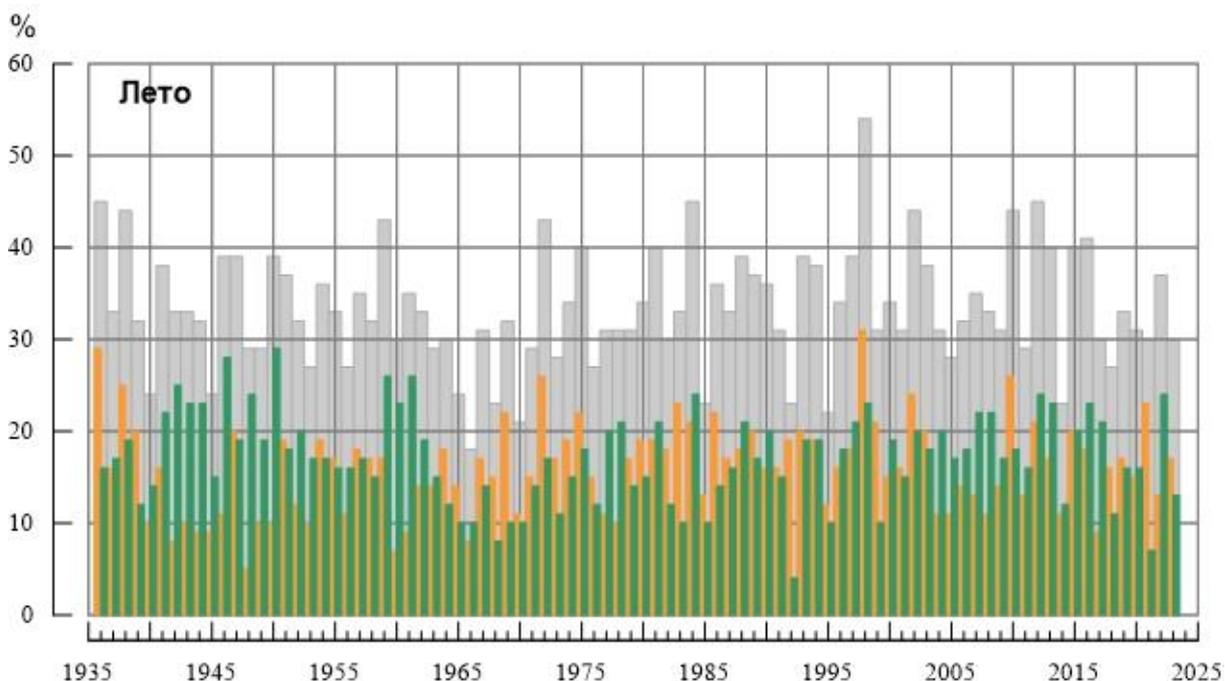


Рисунок 5.4 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями осадков, 1936-2023 гг. (лето):

— 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 $+0,676^{\circ}\text{C}$ (при стандартном отклонении $0,28^{\circ}\text{C}$) – максимальная величина в ряду с 1850 г. и ожидаемая при потеплении разность между величиной сезонной аномалии и величиной тренда составляет $+0,193^{\circ}\text{C}$.

2. Лето в России - очень теплый сезон в году. Осредненные по РФ в целом аномалии температуры составила $+0,87^{\circ}\text{C}$ третья величина в ряду с 1936 г., а по АЧР $+1,30^{\circ}\text{C}$ – максимальная величина в ряду. Температуры выше климатической нормы наблюдались на большей части страны (кроме центра ЕЧР и Чукотки). 95%-е экстремумы отмечены на многих станциях СФО и ДФО и в предгорьях Кавказа. Осредненные по регионам и федеральным округам АЧР аномалии температуры – среди пяти самых крупных. Температуры ниже нормы отмечались в центре ЕЧР (до $-0,7^{\circ}\text{C}$) и Чукотке (до $-2,0^{\circ}\text{C}$).

3. Доля площади территории России, занятая крупными положительными среднесезонными аномалиями температуры (выше 80-го перцентиля), составила 74% - максимальная величина в ряду, а под экстремальными положительными аномалиями (выше 2σ) 6%.

4. Все месяцы сезона в целом по РФ были теплыми

5. Особо следует отметить август, осредненная по РФ аномалия температуры составила $+1,62^{\circ}\text{C}$ - максимальная величина в ряду. Температуры выше нормы наблюдались на большей части страны (кроме Чукотки). Особенно тепло было в АЧР ($1,40^{\circ}\text{C}$ - ранг 1), где экстремально тепло (на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы) было в СФО ($1,83^{\circ}\text{C}$ - ранг 3) и в ДФО ($1,09^{\circ}\text{C}$ - ранг 5), и Восточной Сибири ($1,40^{\circ}\text{C}$ - ранг 1). В ЕЧР ($+2,21^{\circ}\text{C}$ - ранг 6) выделяются СЗФО ($2,81^{\circ}\text{C}$ - ранг 2) и СКФО ($2,76^{\circ}\text{C}$ - ранг 2). На Чукотке температуры были ниже климатической нормы (до $-2,4^{\circ}\text{C}$).

6. В июле осредненная по РФ аномалия $+0,84^{\circ}\text{C}$ - вторая величина в ряду. Температуры выше нормы наблюдались на востоке ЕЧР и на большей части АЧР. Осредненная по АЧР аномалия температуры: $+1,08^{\circ}\text{C}$ - максимальная величина в ряду, 95%-е экстремумы фиксировались на Южном и Северном Урале, (осредненная по УФО аномалия температуры: $+2,34^{\circ}\text{C}$ - ранг 4), в Приамурье и Приморье ($+1,60^{\circ}\text{C}$ - ранг 4), в Хабаровском крае, на Камчатке.

Температуры ниже климатической нормы наблюдались на западе и в центре ЕЧР (аномалии до $-2,1^{\circ}\text{C}$), на севере Якутии (на Новосибирских островах аномалии до $-1,6^{\circ}\text{C}$), на побережье Таймыра, Чукотского АО, приграничных с Монголией районов Забайкалья.

7. В июне осредненная по РФ аномалия составила $+0,18^{\circ}\text{C}$ - ранг 15. На юге СФО, на большей части ДФО (кроме Чукотки) температуры были выше климатической нормы. Осредненные по Восточной Сибири и ДФО аномалии температуры составили $1,68^{\circ}\text{C}$ и $1,03^{\circ}\text{C}$ - третьи величины в соответствующих рядах.

Температуры ниже климатической нормы наблюдались на большей части ЕЧР и, далее, полосой в центральных районах СФО и в Забайкалье (аномалии до $-2,9^{\circ}\text{C}$). Кроме того, температуры ниже климатической нормы наблюдались в Чукотском АО.

8. Осредненные по территории РФ осадки составили 97%. Дефицит осадков наблюдался на севере ЕЧР (кроме Карелии), в Западной Сибири, на большей части ДФО (в регионе Восточная Сибирь выпало 78% - третий самый «сухой» летний сезон). Избыток осадков наблюдался на юге ЕЧР, в Карелии, на большей части СФО, в Приморье.

9. Летом 2023 года площадь, занятая экстремальными аномалиями осадков меньше 20-го перцентиля, составила 17%, а занятая аномалиями больше 80-го перцентиля - 13%.

10. Из месяцев сезона выделяется «сухой» август: осредненные осадки по РФ составили 89% нормы - шестой самый «сухой» август. Дефицит осадков наблюдался в целом по ЕЧР (65%) и по АЧР (97%), особенно мало осадков выпало в ЮФО (37% - четвертый самый «сухой» август) и СКФО (40% - самый «сухой» август в ряду). Избыток осадков наблюдался на большей части СФО.

11. В июле осредненные осадки по РФ составили 106% нормы. Избыток осадков наблюдался на большей части ЕЧР: выпало 142% нормы – максимальная величина в ряду, на многих станциях отмечены 95%-е экстремумы, особенно много осадков выпало в СЗФО (144% нормы – ранг 3) и в ЦФО (167% - ранг 2). Избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался также на Северо-Сибирской низменности, в Магаданской области, на Камчатке. Дефицит осадков наблюдался в центре и на юге АЧР (в Приамурье и Приморье выпало лишь 64% нормы – среди семи самых «сухих» июльских месяцев в ряду).

12. В июне осредненные осадки по РФ составили 96% нормы. Дефицит осадков (менее 80%) – в центре и на севере ЕЧР (78%, в СЗФО выпало лишь 62% нормы – шестой самый «сухой» июнь в ряду), на Алтае, в Саянах, в Якутии, в Магаданской области, в Хабаровском крае (на ряде станций фиксировались 5%-е экстремумы, осредненные по Восточной Сибири осадки 69% - это третий самый «сухой» август в ряду).

Избыток осадков наблюдался на севере Западной и Средней Сибири, в районе Байкала, на Чукотке, в Приморье (на ряде станций фиксировались 95%-е экстремумы).

13. Летом атмосферные засухи наблюдались во многих областях ЮФО, СКФО, ПФО, УФО, СФО. Началу засух в июне способствовал, в основном, дефицит осадков на юго-востоке ЕЧР и на юге Сибири; их продолжению в июле в ПФО, на юге УФО и СФО – экстремумы температуры; сильному развитию в августе на юге ЕЧР – крупные положительные температурные аномалии и дефицит осадков.

14. В целом по России линейный тренд летней температуры воздуха за период 1976-2023 гг. положителен и составляет $+0.41^{\circ}\text{C}/10$ лет, объясняет 70% межгодовой изменчивости. Тренд примерно одинаков во все месяцы летнего сезона и значим на 1%-м уровне.

Наиболее значительное потепление летних сезонов отмечается на юго-западе ЕЧР (до $+0,8^{\circ}\text{C}/10$ лет), на севере ДФО (до $+0,8^{\circ}\text{C}/10$ лет). Наиболее слабое потепление (от 0 до $+0,2^{\circ}\text{C}/10$ лет) отмечается на юге Западной и Средней Сибири и связано либо с отсутствием потепления (август), либо с незначительным похолоданием (июнь, июль). Следует заметить, что локализация области слабого потепления от месяца к месяцу существенно менялась.

15. 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 2023 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 погодных-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 непревышения» текущего значения во временном ряду рассматриваемой переменной за некоторый период с 1936 по 2023 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 2023 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 2023 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>	19,03	18,87	20,10	19,90	19,23	20,17
Июнь	17,8	17,9	18,0	18,2	17,7	18,6
Июль	18,8	18,3	20,6	20,1	18,9	19,7
Август	20,5	20,4	21,7	21,4	21,1	22,2
б) аномалия температуры (град. Цельсия)						
<i>Лето</i>	1,13	0,77	1,09	0,96	0,65	0,72
Июнь	0,8	0,83	0,05	0,19	-0,11	0,01
Июль	-0,18	-0,75	0,69	0,28	-0,64	-0,71
Август	2,78	2,22	2,52	2,4	2,7	2,86

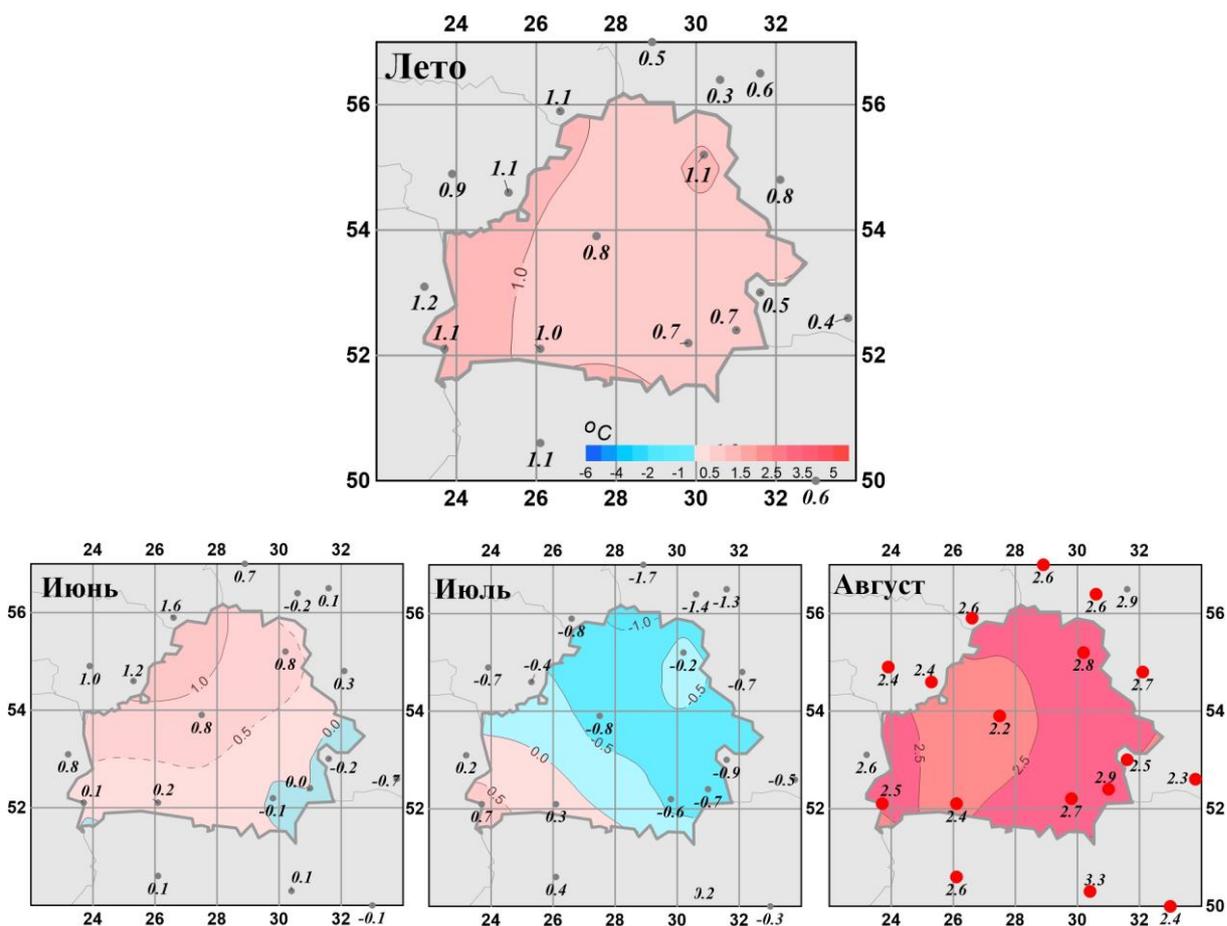


Рисунок 1 - Средние сезонные и средние месячные аномалии температуры (°C) приземного воздуха на территории республики Беларусь летом. Аномалии рассчитаны относительно периода 1961-1990 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) на станциях. Красными кружками показаны станционные экстремумы – выше 95-го перцентиля

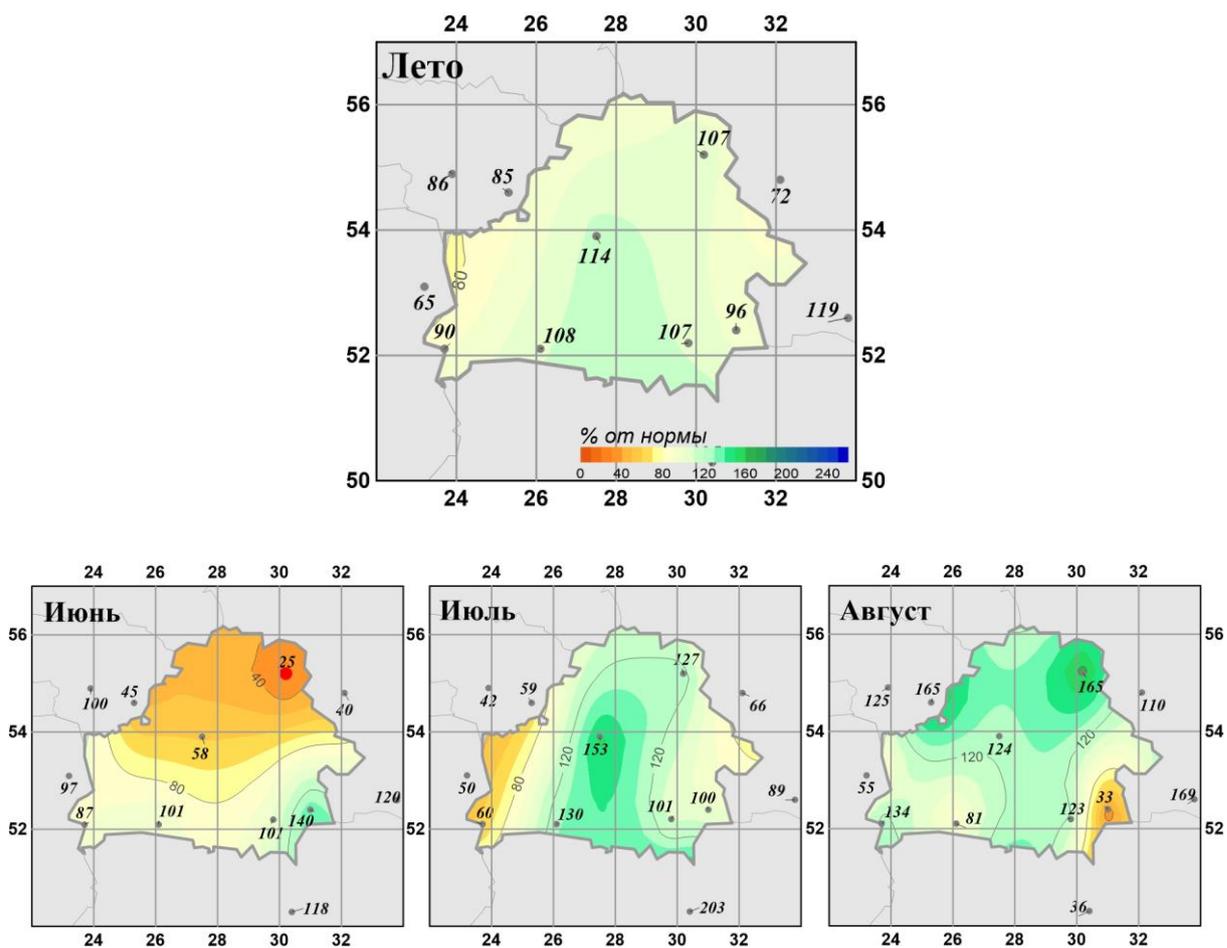


Рисунок 2 - Средние сезонные и месячные аномалии атмосферных осадков (% от нормы) на территории республики Беларусь летом.

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 перцентиля

Таблица 3

Характеристики режима осадков на станциях Беларуси летом 2023 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>	86,0	93,3	63,7	80,3	79,7	72,3
Июнь	19	45	59	74	73	102
Июль	118	149	50	121	96	97
Август	121	86	82	46	70	18
б) Аномалия сумм осадков / (мм/месяц)						
<i>Лето</i>	-29,8	-12,9	-9,9	-6,3	-11,4	-2,1
Июнь	-56,3	-33,0	-8,5	0,6	0,7	29,3
Июль	25,0	51,9	-33,8	28,2	1,3	-0,5
Август	-58,1	-57,6	12,6	-47,7	-36,1	-35,2
в) Относительная аномалия сумм осадков (% от нормы)						
<i>Лето</i>	107	114	90	108	107	96
Июнь	25	58	87	101	101	140
Июль	127	153	60	130	101	100
Август	165	124	134	81	123	33

На рисунках 3, 4 показаны временные ряды осредненных по территории Беларуси сезонных и месячных аномалий температуры воздуха и осадков с 1936 по 2023 гг.

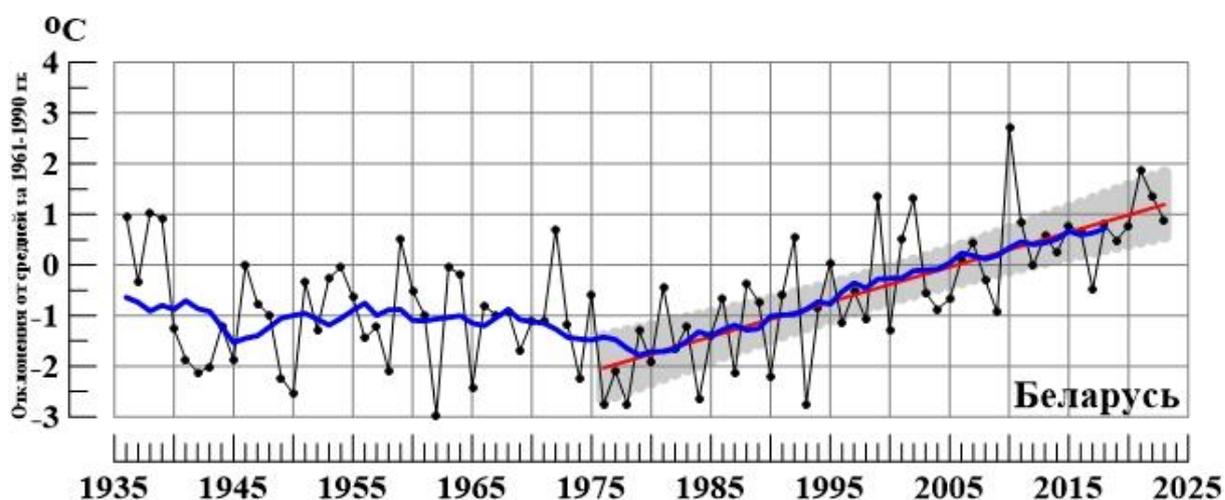


Рисунок 3 - Сезонные (июнь - август) аномалии температуры приземного воздуха (°C), осредненные по территории Республики Беларусь.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2023 гг.

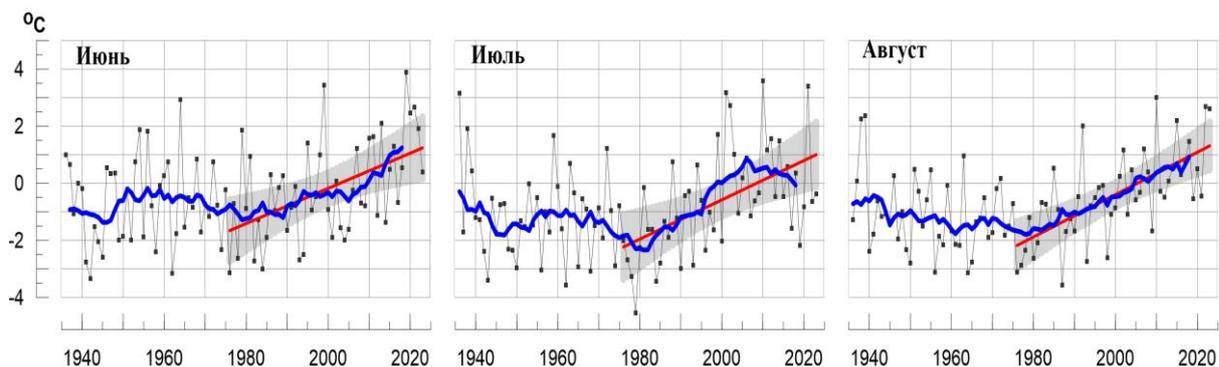


Рисунок 4 - Средние месячные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рисунке 3.

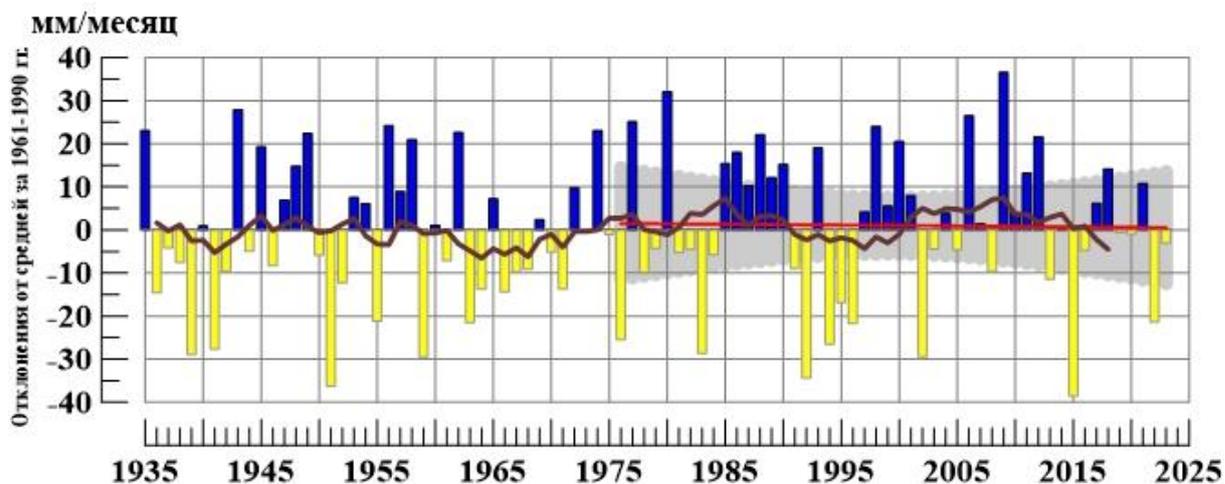


Рисунок 5 - Сезонные (июнь - август) аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рис. 3

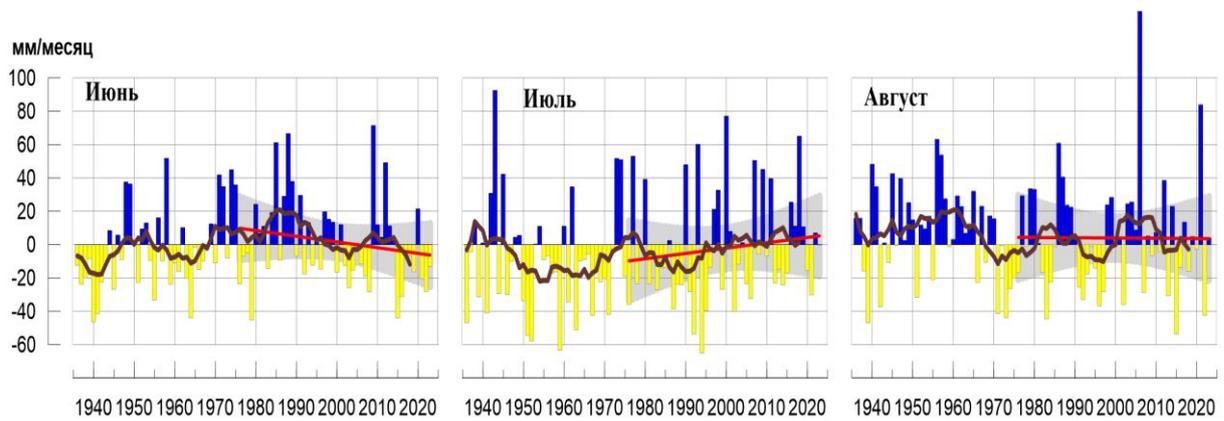


Рисунок 6 - Средние месячные аномалии атмосферных осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рисунке 3.

Таблица 4

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

	νT_{2023}	s	RR_{2023}	νR_{2023}	s
Лето	0,88	1,04	96	-3,1	18,4
Июнь	0,39	1,69	82	-13,1	24,1
Июль	-0,37	1,61	99	-0,5	36,2
Август	2,61	1,27	107	4,3	35,0

Примечание: Аномалии νT_{2023} ($^{\circ}C$), νR_{2023} (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 1976-2023 гг. в среднем по Республике Беларусь

Сезон	Температура		Осадки	
	$b_{1976-2023}$ $^{\circ}C/10$ лет	$D_{1976-2023}$ %	$b_{1976-2023}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2023}$ %
Лето	0,69	56	-0,2	0
Июнь	0,62	25	-3,4	3
Июль	0,69	28	3,2	2
Август	0,74	45	-0,1	0