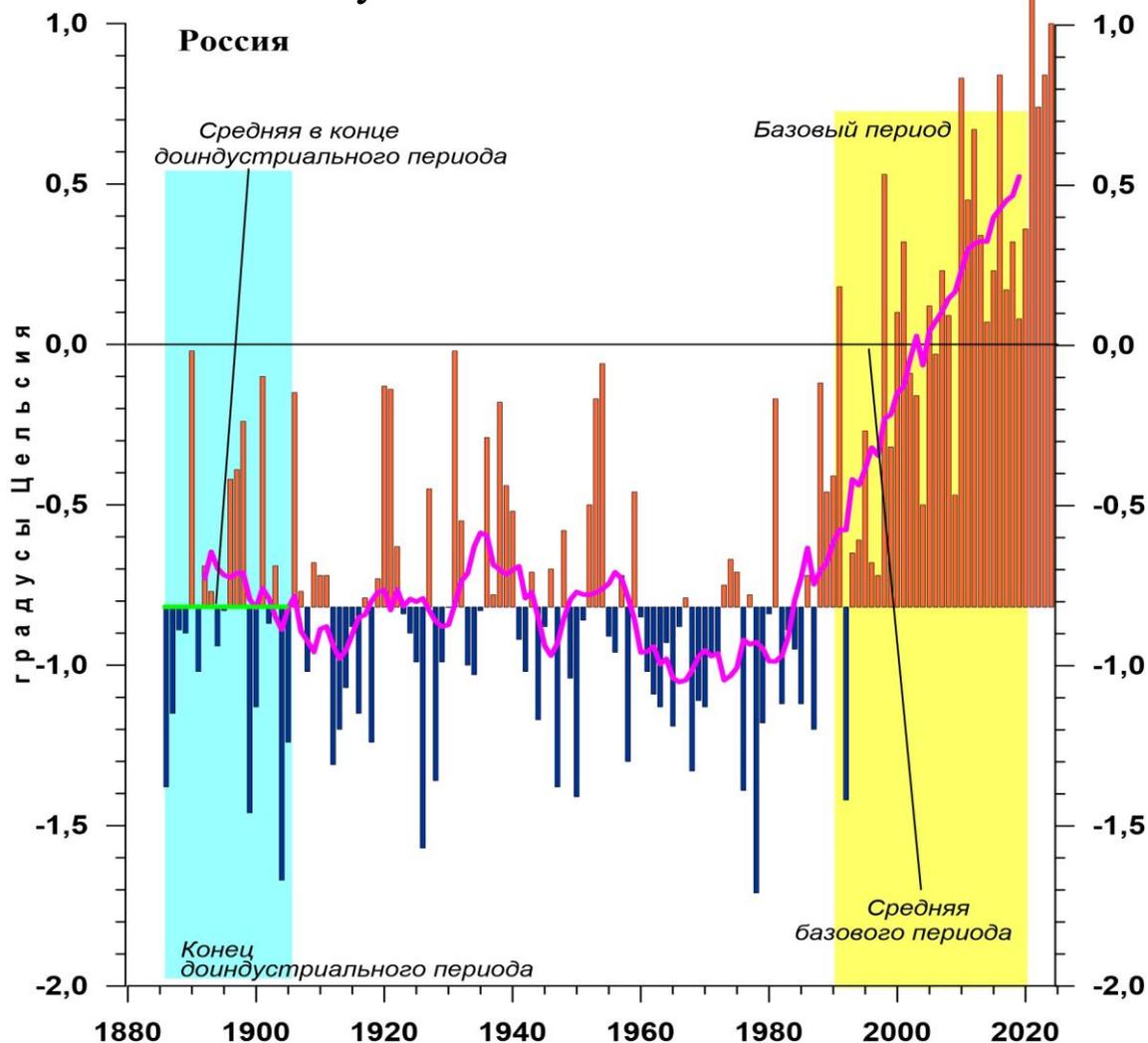


Федеральная служба
по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ФГБУ «Институт Глобального Климата и Экологии»



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2024

ЛЕТО: июнь - август

Обзор состояния и тенденций изменения
климата России

★
Москва 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ¹

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ (летний сезон).....	6
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЕТА 2024 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, 1936-2024 гг.....	22
5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2024 гг. (летний сезон)	27
ВЫВОДЫ	30
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности лета 2024 г. на территории Республики Беларусь	32

¹ На обложке приведен ход средней сезонной аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2024 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 245 (для осадков по архиву R1383) и 543 (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 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-сайте <http://www.igce.ru/climatechange/monitoring-russia/> (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, У.И. Антипина, В.Д. Смирнов, К.С. Свистунова, Д.С. Котова

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 2024: 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 1976-2024 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.

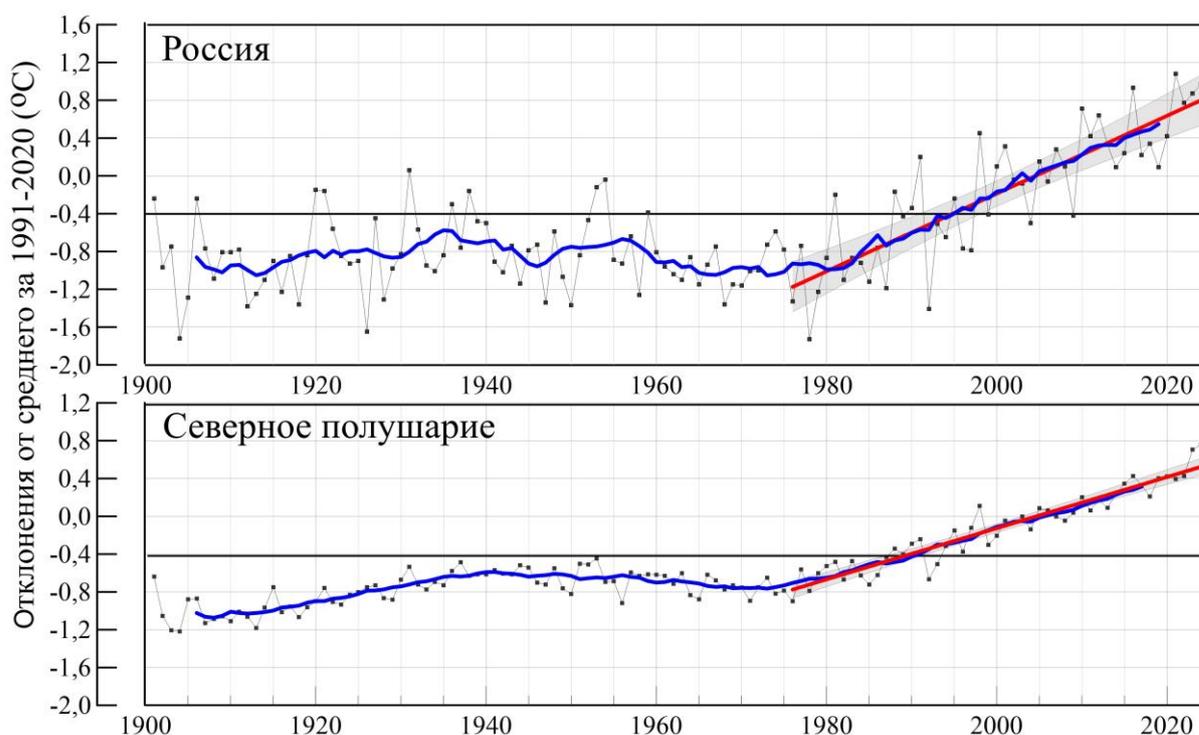


Рисунок 1.1 – Сезонная аномалия (лето: июнь - август) температуры приземного воздуха, осредненная по Северному полушарию (суша) и территории России за 1886-2024 гг.

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 1976-2024 гг. Использованы данные Университета Восточной Англии (СП) и данные ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» (Россия).

Аномалия температуры воздуха над сушей СП летом составила $+0,760^{\circ}\text{C}$ (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 $+0,97^{\circ}\text{C}$ (при величине стандартного отклонения $0,51^{\circ}\text{C}$) – ранг 2.

Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений летних температур за период 1976-2024 гг. в среднем для суши СП и России, приведены в табл. 1.1. Увеличение летних температур в среднем по территории России происходит в 1,52 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 1976-2024 гг.

Регионы	νT_{2024}	$s_{1991-2020}$	b , $^{\circ}\text{C}/10$ лет	D %
СП	0,76	0,28	0,27	91
Россия	0,97	0,51	0,41	71

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

2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЕТА 2024 гг. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

На рис. 2.1 и 2.2 представлены карты сезонных и месячных аномалий температуры и осадков на территории России лета 2024 г. На картах указано местоположение станций с экстремумами ниже 5-го выше 95-го процентилей. Значения аномалий, осредненных по регионам, представлены в таблицах 2.1 и 2.2.

Температура воздуха. Летом осредненные по РФ в целом и по АЧР аномалии температуры составили $0,97^{\circ}\text{C}$ и $0,78^{\circ}\text{C}$ – вторые величины в соответствующих рядах (максимальные значения аномалий наблюдались по РФ в целом 2021 г.: $+1,08^{\circ}\text{C}$, а в АЧР в 2023 г.: $+1,03^{\circ}\text{C}$). Температуры выше климатической нормы наблюдались на большей части страны (кроме Восточной Сибири). 95%-е экстремумы отмечены на северо-западе и юге ЕЧР (в СЗФО аномалия температуры составила $1,48^{\circ}\text{C}$ (ранг 5) в ЮФО: $2,07^{\circ}\text{C}$ (ранг 2), в СКФО: $1,73^{\circ}\text{C}$ (ранг 3)), в СФО ($1,67^{\circ}\text{C}$ - ранг 1) и в Забайкалье.

Температуры ниже нормы отмечались на востоке ДФО (аномалии на Чукотке достигали $-2,4^{\circ}\text{C}$), в Южном Урале и на побережье Карского моря.

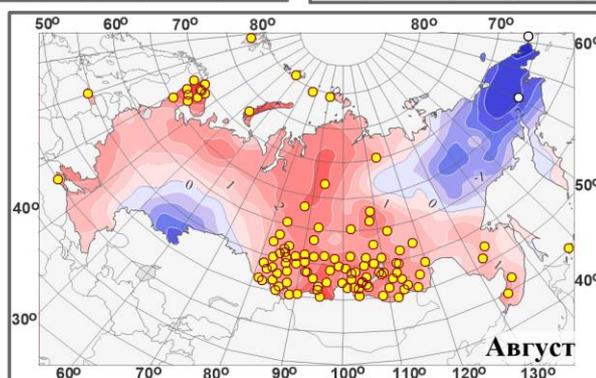
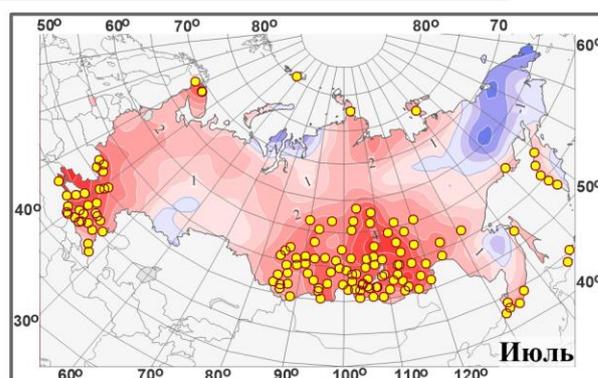
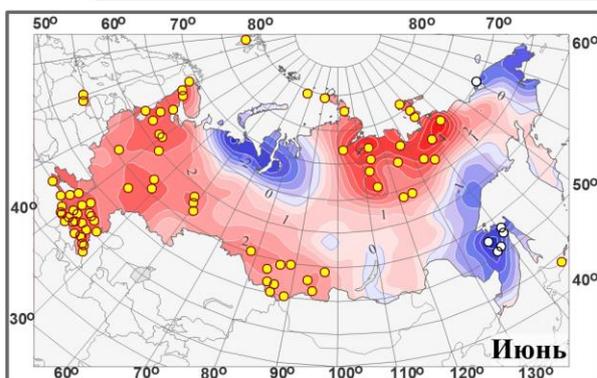
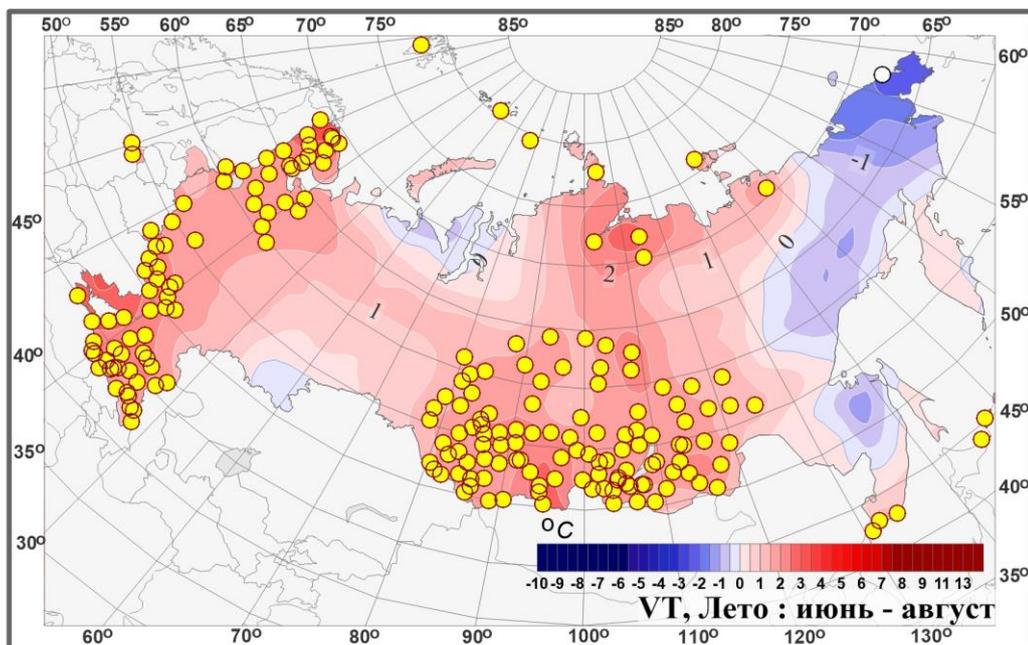


Рисунок 2.1 – Поля средней сезонной и средних месячных аномалий температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России летом 2024 г. Кружками белого цвета показано местоположение станционных экстремумов ниже 5-го перцентиля, желтого – выше 95-го перцентиля. Аномалии рассчитаны как отклонения 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 25°C , 20°C и 15°C смещены на север на 2-3° с.ш.

В АЧР до 130° в.д. изотерма 10°C смещены на север примерно на 2° с.ш. от своего климатического положения, восточнее 130° в.д. изотерма 10°C смещена на юг примерно на 1-2° с.ш. от своего климатического положения. В центре АЧР изотерма

15°C смещена на север более, чем на 5° с.ш., а восточнее 130° в.д. - практически совпадает со своим климатическим положением.

Июнь. Осредненная по РФ аномалия температуры составила 0,92°C – 3-ья величина в ряду, а по ЕЧР 2,06°C – четвертая в ряду. На большей части страны температуры выше климатической нормы. На ЕЧР особенно тепло (95%-е экстремумы) в СКФО (2,49°C – ранг 2), ЮФО (2,51°C – ранг 4), а в АЧР – в Саянах и в Якутии.

Температуры ниже климатической нормы наблюдались в Приамурье и Приморье (осредненная по региону аномалия составила -1,33°C), в Хабаровском крае и на Чукотке - на ряде станций в этих районах фиксировались температуры ниже 5-го перцентиля, а также на Северном Урале и в районе Обской губы.

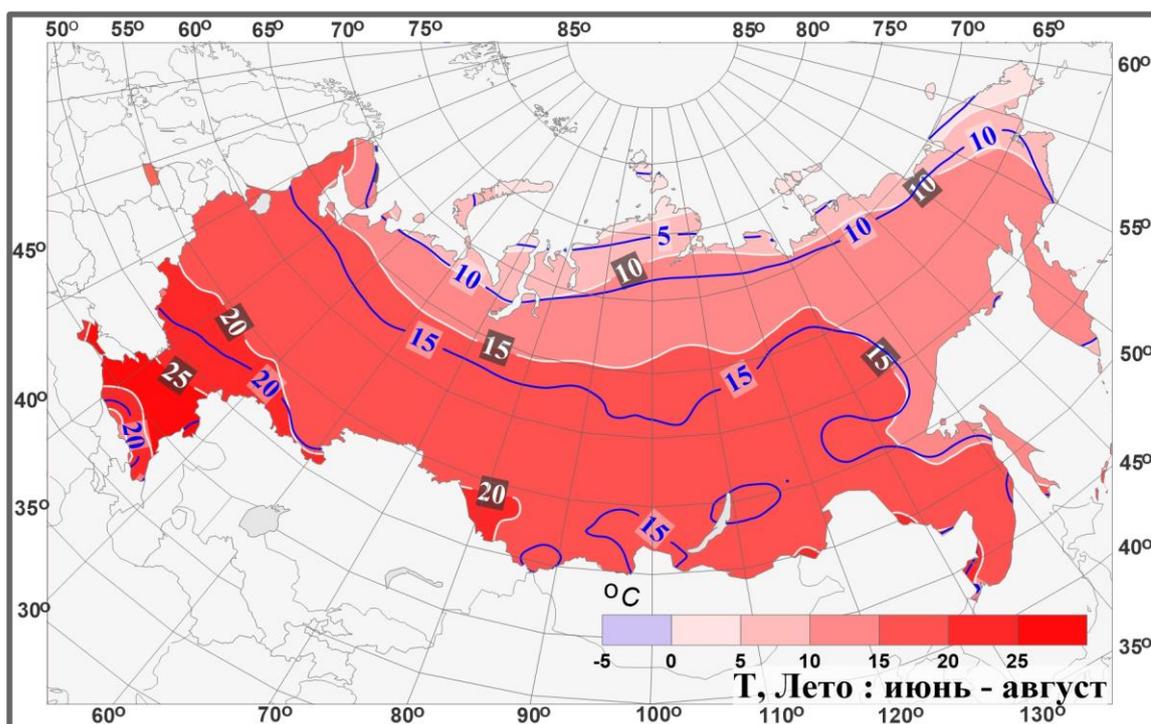


Рисунок 2.2 – Поля средней сезонной температуры приземного воздуха (°C) на территории России летом 2024 гг. Синие изолинии: средние изотермы за период 1961-1990 гг.

Июль. Осредненные по РФ и по АЧР аномалии температуры составили 1,20°C и 1,14°C –максимальные величины в соответствующих рядах. Температуры выше нормы наблюдались на большей части страны, кроме Восточной Сибири, Южного Урала, прибрежных территорий Ямало-Ненецкого АО, дельты Амура. 95%-е экстремумы фиксировались на юге ЕЧР: в ЮФО (2,68°C– ранг 2) и СКФО (1,68°C– ранг 5), а в АЧР - в южных районах Красноярского края и в Байкальском регионе (осредненные по регионам: Средняя Сибирь и Прибайкалье и Забайкалье, и по СФО аномалии температуры составили +1,74°C, +2,70°C и +2,01°C – максимальная, максимальная и вторая величины в соответствующих рядах).

Температуры ниже климатической нормы наблюдались, в основном, в Восточной Сибири (аномалии на станциях до -2,4°C).

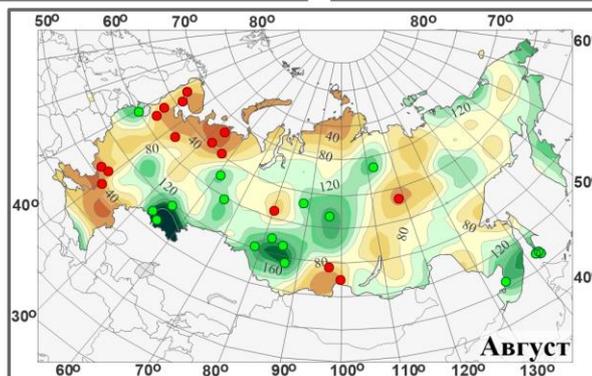
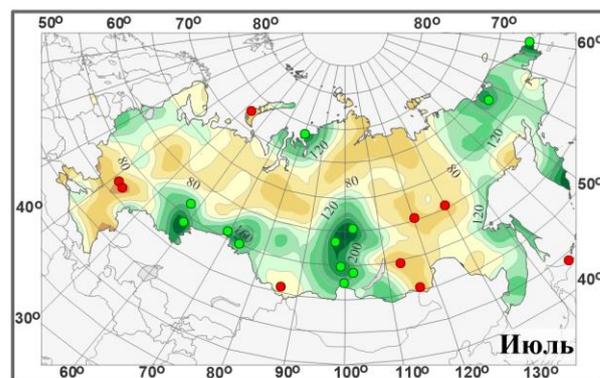
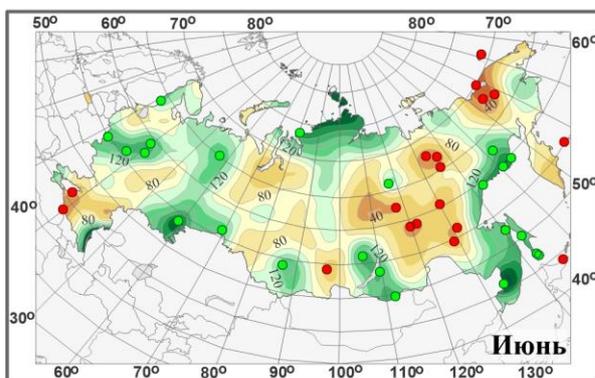
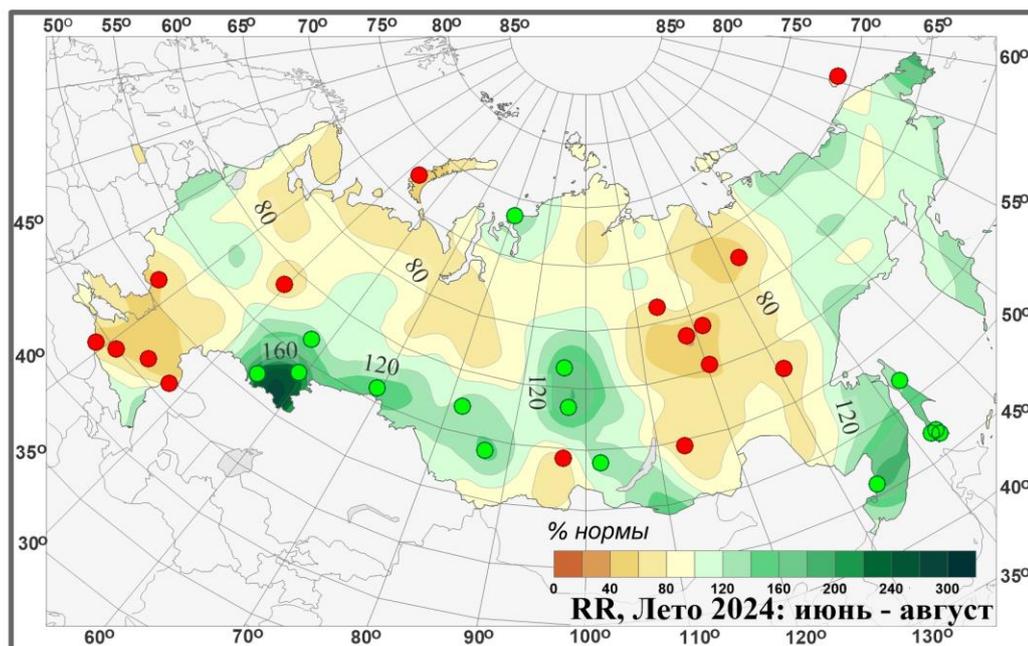


Рисунок 2.3 – Поля аномалий средних сезонных и месячных сумм осадков (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.) на территории России летом 2024 г. (июнь – август). Кружками красного цвета показаны стационарные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го перцентиля.

Август. Осредненная по РФ аномалии температуры составила $0,77^{\circ}\text{C}$ – восьмая величина в ряду, а по АЧР ($0,72^{\circ}\text{C}$ – ранг 5). Температуры выше нормы наблюдались на большей части страны (кроме северной половины ДФО и Южного Урала). Очень тепло (95%-е экстремумы на станциях) наблюдались на юге СФО ($+1,93^{\circ}\text{C}$ – ранг 2) и в Забайкалье. В ЕЧР экстремально тепло было на Кольском полуострове.

Температуры ниже климатической нормы наблюдались в Восточной Сибири (-1,06°C) и на Южном Урале.

Атмосферные осадки. Осредненные по территории РФ осадки составили 101%. Избыток осадков наблюдался в Среднем Поволжье, на юге Уральского, в центре и на юге Сибирского ФО (кроме Саян), на востоке ДФО. Сильный дефицит осадков (на ряде станциях осуществились 95%-е экстремумы) наблюдался на юге ЕЧР (в ЮФО выпало лишь 61% сезонной нормы – среди шести самых «сухих» летних сезонов), на западе ДФО.

Летом атмосферные засухи (сильной и средней интенсивности) наблюдались на юге ЕЧР: в ЦФО, ЮФО и СКФО – во все месяцы сезона, в ПФО и в Якутии – в июне-июле.

Началу засух в июне способствовали экстремальные температуры и сильный дефицит осадков в ЕЧР и в Якутии. Дальнейшему развитию засух в июле способствовали, в основном, крупные температурные аномалии, а августе – в основном, дефицит осадков.

Июнь. Осредненные осадки по РФ – 101% нормы. Наблюдалась достаточно пестрая картина распределения осадков. Избыток осадков наблюдался в центре и на востоке ЕЧР (в ЦФО выпало 149% нормы – ранг 3), на Таймыре, в районе Байкала, вдоль побережья Охотского и Японского морей (на ряде станций фиксировались 95%-е экстремумы).

Дефицит осадков (менее 80%) наблюдался на юге ЕЧР (в ЮФО (64%) и СКФО (71% нормы), в СФО и на западе ДФО (в регионе Средняя Сибирь выпало 72% нормы - четвертый самый «сухой» июнь в ряду), в Чукотском АО - на ряде станций фиксировались 5%-е экстремумы).

В июне из-за дефицита осадков во всех областях ЮФО и ряде областей ПФО и ЦФО в течение 3-х декад фиксировались атмосферные засухи сильной (в основном) и средней интенсивности (засуху в этих регионах начали фиксировать еще в весенние месяцы, чему способствовал сильный дефицит осадков во все весенние месяцы). В Якутии (ДФО) дефицит осадков и крупные температурные аномалии привели к образованию засух средней и сильной интенсивности (особенно, со второй декады).



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

Июль. Осредненные осадки по РФ – 106% нормы. Значительный избыток осадков (с 95%-ми экстремумами на ряде станций) наблюдался на юге УФО и СФО (137% нормы – ранг 3), на востоке ДФО. Избыток осадков наблюдался также на западе ЕЧР, в районе Обской губы.

Дефицит осадков наблюдался на на большей части ЕЧР (в ЮФО выпало лишь 65% нормы).



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

В июле во всех областях ЮФО, в ряде областей ПФО, СКФО и ЦФО, а также в Якутии (ДФО) в течение 3-х декад продолжали фиксировались атмосферные засухи средней и сильной интенсивности (из-за высоких температурных аномалий и дефицита осадков).

Август. В августе осредненные осадки по РФ составили 97% нормы. Дефицит осадков наблюдался на большей части ЕЧР (79%), особенно в СЗФО (на севере): выпало 64% нормы и в ЮФО (на юге): 50% – в обоих регионах выпавшие осадки среди десяти самых «сухих». В АЧР дефицит осадков наблюдался в прибрежных территориях Карского моря, в Саянах, в бассейне реки Лена.

Избыток осадков наблюдался в ПФО (121%), – в Западной Сибири (122% – ранг б), на Алтае, в центре СФО, в Приморье.



Рисунок 2.6 – Атмосферные засухи в земледельческой зоне России в августе. *Источник:* Центр мониторинга засух МГС СНГ ФГБУ «ВНИИСХМ»

В августе теплые условия и экстремальный дефицит осадков на большей части ЕЧР способствовали продолжению засух во многих областях ЮФО, СКФО, ЦФО (преимущественно сильной интенсивности в течение 2-3 декад месяца).

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 2024 г.

Регионы	νT_{2024}	$s_{1991-2020}$	$P(t \leq T_{2024})$
Российская Федерация	0,97	0,51	98,9
Физико-географические регионы России			
Европейская часть России	1,45	1,00	94,3
Азиатская часть России	0,78	0,48	98,9
Западная Сибирь	1,00	0,96	95,5
Средняя Сибирь	1,38	0,67	100
Прибайкалье и Забайкалье	1,78	0,62	100
Приамурье и Приморье	0,08	0,62	71,6
Восточная Сибирь	-0,23	0,60	67,0
Федеральные округа РФ			
Северо-Западный	1,48	0,81	95,5
Центральный	1,84	1,13	94,3
Приволжский	0,89	1,16	84,1
Южный	2,07	1,23	98,9
Северо-Кавказский	1,73	1,05	97,7
Уральский	0,63	1,13	85,2
Сибирский	1,67	0,63	100
Дальневосточный	0,38	0,51	88,6

Примечание: 1. Аномалии νT_{2024} ($^{\circ}\text{C}$) рассчитаны как отклонения от нормы 1961-1990 гг.; s ($^{\circ}\text{C}$) – среднее квадратическое отклонение за базовый период; вероятности непревышения $P(t \leq T_{2024})$ рассчитаны по выборке за 1936-2024 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 1936-2024 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 $+0,97^{\circ}\text{C}$ – вторая величина в ряду. Осредненные по всем регионам и федеральным округам аномалии температуры были положительными (кроме Восточной Сибири). Особенно тепло было в Средней Сибири:

1,38°C (ранг 1), в Прибайкалье и Забайкалье: 1,78°C (ранг 1), в Западной Сибири: 1,00°C (ранг 5), а из федеральных округов выделяются СЗФО: 1,48°C (ранг 5), СФО: 1,67°C (ранг 1), ЮФО: 2,07°C (ранг 2), СКФО: 1,73°C (ранг 3).

Все месяцы сезона (табл. 2.1.1) в целом по РФ были очень теплыми.

Июль –наиболее теплый месяц; в целом по РФ аномалия температуры составила +1,20°C –максимальная величина в ряду; особенно тепло в АЧР (1,14°C – ранг 1), где экстремально тепло было в СФО (2,01°C – ранг 2) (в регионах: Прибайкалье и Забайкалье (2,70°C – ранг 1) и Средняя Сибирь (1,74°C – ранг 1)). В экстремально тепло ЕЧР в ЮФО (2,68°C – ранг 2) и СКФО (1,68°C – ранг 5).

В июне осредненные в целом по РФ по ЕЧР аномалии температуры составили 0,92°C (ранг 3) и 2,06°C (ранг 4). Осредненные по всем регионам и федеральным округам аномалии температуры были положительными, кроме региона Приамурье и Приморье (-1,33°C). Экстремально тепло в ЕЧР было в ЮФО: 2,51°C (ранг 4) и СКФО: 2,49°C (ранг 2).

В августе аномалия температуры в целом по РФ составила +0,77°C. Осредненные по всем регионам и федеральным округам аномалии температуры были положительными, кроме региона Восточная Сибирь (-1,06°C) и ПФО (-0,35°C). Особенно тепло было в АЧР: 0,72°C (ранг 5), где экстремально тепло было в СФО: 1,93°C (ранг 2) и в регионах Средняя Сибирь: 1,38°C (ранг 4) и Прибайкалье и Забайкалье: 1,96°C (ранг 1).

Таблица 2.1.1

Регионально осредненные аномалии температуры в летние месяцы.

Регионы	Июнь			Июль			Август		
	vT_{2024}	$S_{1991-2020}$	$P(t \leq T_{2024})$	vT_{2024}	$S_{1991-2020}$	$P(t \leq T_{2024})$	vT_{2024}	$S_{1991-2020}$	$P(t \leq T_{2024})$
Российская Федерация	0,92	0,72	97,7	1,20	0,62	100	0,77	0,65	92,0
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	2,06	1,38	96,6	1,39	1,43	88,6	0,91	1,30	79,5
Азиатская часть России	0,49	0,62	86,4	1,14	0,51	100	0,72	0,61	95,5
Западная Сибирь	0,89	1,94	85,2	0,99	1,45	81,6	1,14	1,33	89,8
Средняя Сибирь	1,04	1,34	89,8	1,74	0,87	100	1,38	1,03	96,6
Прибайкалье и Забайкалье	0,71	1,19	85,2	2,70	0,74	100	1,96	0,94	100
Приамурье и Приморье	-1,33	1,11	25,0	0,80	0,82	87,5	0,78	0,86	85,2
Восточная Сибирь	0,37	0,81	85,2	-0,04	0,98	75,0	-1,06	1,16	34,1
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	1,49	1,32	86,4	1,24	1,60	81,8	1,69	1,17	87,5
Центральный	2,29	1,79	90,9	1,99	1,77	89,8	1,24	1,41	84,1
Приволжский	2,33	1,85	89,8	0,68	1,71	72,7	-0,35	1,82	55,7
Южный	2,51	1,80	96,6	2,68	1,58	98,9	1,03	1,65	86,4
Северо-Кавказский	2,49	1,52	98,9	1,68	1,29	95,5	0,97	1,44	86,4
Уральский	0,40	1,98	81,8	0,60	1,69	71,6	0,89	1,57	80,7
Сибирский	1,06	1,63	88,6	2,01	1,01	98,9	1,93	1,08	98,9
Дальневосточный	0,28	0,68	83,0	0,81	0,69	94,3	0,04	0,77	71,6

Летом в целом по РФ (табл. 2.2 и табл. 2.2.1) выпало 101% нормы осадков. В ЕЧР в целом, а также в СЗФО, ЮФО, СКФО – дефицит осадков. В АЧР дефицит осадков - в регионах Средняя Сибирь, Прибайкалье и Забайкалье, а также в ДФО. В остальных регионах и федеральных округах – избыток осадков, особенно значительный в ПФО (112%), СФО (113%), в регионе Приамурье и Приморье (113%).

Из месяцев сезона выделяется «влажный» июнь в ЦФО (149% - ранг 3), «влажный» июль в СФО (137% - ранг 3), а также «сухой» июнь в регионе Средняя Сибирь (72% - четвертый самый «сухой» июнь в ряду).

Таблица 2.2

Регионально осредненные аномалии осадков летом 2024 г.

Регионы	νR_{2024}	RR_{2024}	m	$m-q1$	$q3-m$	$P(r \leq R_{2024})$
Российская Федерация	0,7	101	0,0	0,2	0,2	56,8
Физико-географические регионы России						
Европейская часть России	-3,1	95	-0,2	0,4	0,6	35,2
Азиатская часть России	2,1	103	0,4	1,8	1,4	63,6
Западная Сибирь	5,3	108	-0,1	0,3	0,3	78,4
Средняя Сибирь	-1,0	98	-0,1	0,4	0,5	42,0
Прибайкалье и Забайкалье	-4,6	94	0,0	0,7	0,7	30,7
Приамурье и Приморье	13,3	113	-0,2	0,5	0,7	78,4
Восточная Сибирь	0,0	100	-0,1	0,3	0,4	48,9
Федеральные округа РФ						
Северо-Западный	-6,8	90	0,0	12,6	9,7	37,5
Центральный	0,0	100	-3,0	5,5	11,7	52,3
Приволжский	6,8	112	-2,9	3,7	8,2	73,9
Южный	-18,5	61	0,5	7,7	7,0	5,7
Северо-Кавказский	-16,1	75	-0,3	9,5	7,3	9,1
Уральский	1,7	103	-0,2	4,3	3,9	65,9
Сибирский	7,9	113	0,2	3,5	3,7	88,6
Дальневосточный	-0,7	99	-1,9	2,2	5,9	43,2

Примечание: 1. Аномалии νR_{2024} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за базовый период 1961-1990 гг.), RR_{2024} - отношение R_{2024} к норме, выраженное в %, $q1$, $q3$ и m – соответственно первый, третий квартиль и медиана аномалий (мм/месяц) за базовый период; вероятности неперевышения $P(r \leq R_{2024})$ – рассчитаны по выборке за 1936-2024 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_{2024}	RR_{2024}	$P(r \leq R_{2024})$	vR_{2024}	RR_{2024}	$P(r \leq R_{2024})$	vR_{2024}	RR_{2024}	$P(r \leq R_{2024})$
РФ	0,7	101	61,4	4,3	106	69,3	-2,2	97	35,2
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	9,4	115	84,1	-4,9	92	30,7	-12,9	79	17,0
Азиатская часть России	-2,7	95	23,9	7,9	111	83,0	2,1	103	63,6
Западная Сибирь	-2,1	97	46,6	3,5	105	54,5	15,3	122	94,3
Средняя Сибирь	-13,4	72	4,5	10,2	118	78,4	0,8	102	50,0
Прибайкалье и Забайкалье	-5,1	92	35,2	8,2	109	63,6	-13,1	85	19,3
Приамурье и Приморье	21,4	129	81,8	11,0	109	67,0	8,1	107	52,3
Восточная Сибирь	-1,8	96	40,9	8,2	116	69,3	-6,2	90	31,8
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	11,4	117	80,7	-4,9	93	46,6	-26,4	64	10,2
Центральный	33,6	149	97,7	-10,9	85	29,5	-22,5	63	13,6
Приволжский	6,4	111	72,7	2,6	104	52,3	11,4	121	79,5
Южный	-19,5	64	15,9	-16,5	65	18,2	-19,4	50	10,2
Северо-Кавказский	-17,8	71	20,5	-15,4	78	17,0	-11,0	79	33,0
Уральский	3,6	106	64,8	-4,7	93	39,8	6,2	108	73,9
Сибирский	-6,5	88	28,4	24,1	137	97,7	8,6	113	76,1
Дальневосточный	-1,4	98	35,2	2,4	103	54,5	-2,9	96	38,6

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 1976-2024 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 $+0,7-0,8^{\circ}\text{C}/10$ 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 $+0,8-0,9^{\circ}\text{C}/10$ лет) и в августе (в южных районах $+1,0^{\circ}\text{C}/10$ лет), в АЧР: в июне на Средне-Сибирской низменности и севере Среднесибирского плоскогорья (до $+1,5^{\circ}\text{C}/10$ 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 и августе область несколько сместилась на восток и располагается в среднем и верхнем течениях Оби и Енисея. 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.

В июне нет потепления в нижнее течение Амура (линейный тренд до $-0,2^{\circ}\text{C}/10$ лет).

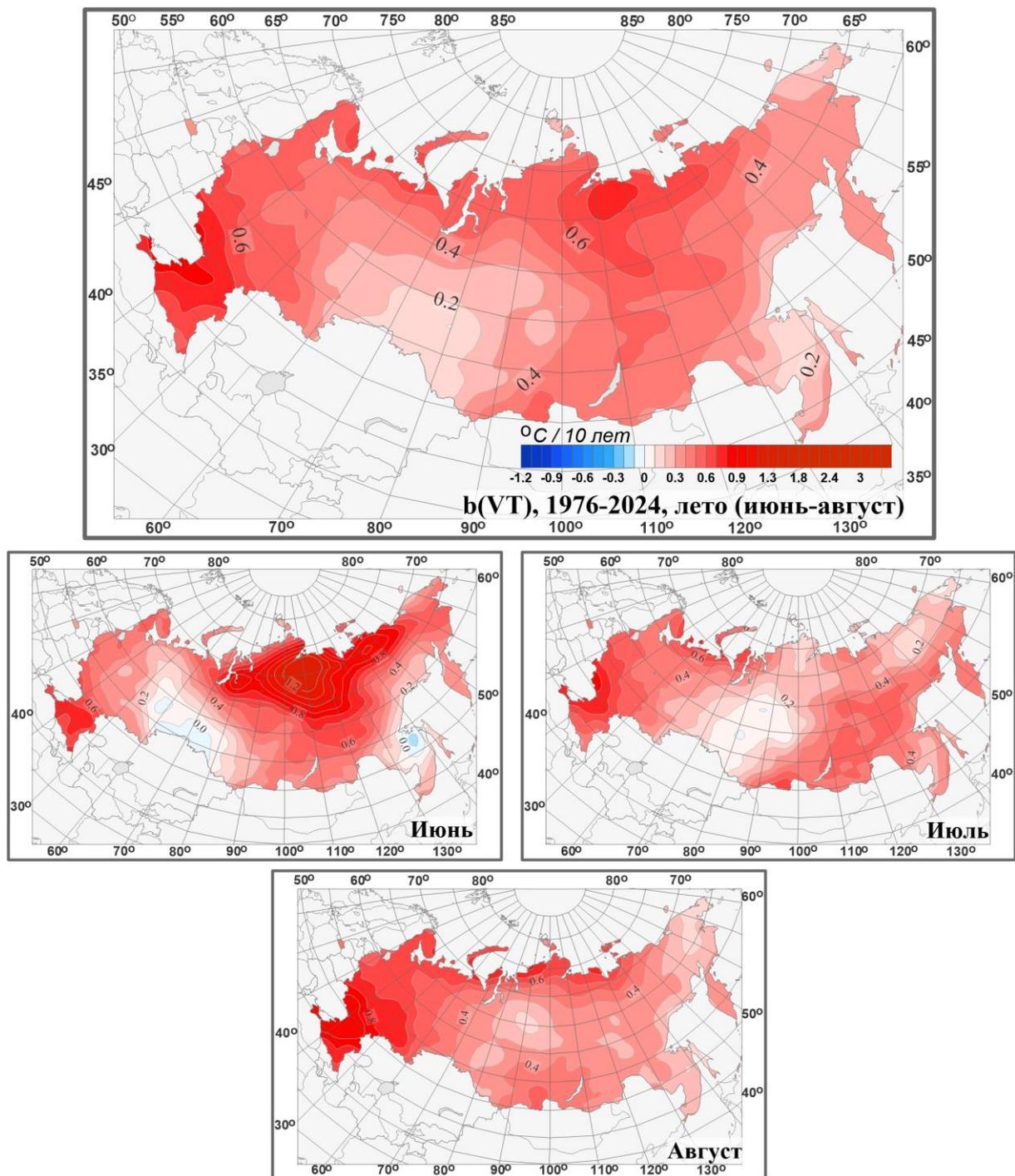


Рисунок 3.1 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий температуры ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) на территории России по данным за 1976-2024 (лето)

Оценки тренда за период 1976-2024 для большинства регионов и федеральных округов ЕЧР немного увеличились (на 0,01-0,03°C/10 лет) или остались на прежнем уровне по сравнению с оценками тренда за период 1976-2023 гг. из-за очень теплых погодных условий или условий близких к климатической норме летом 2024 года на большей части страны. Исключение: регионы Приамурье и Приморье и Восточная Сибирь, а также ДФО, где оценки тренда незначительно уменьшились (на 0,01/10 лет).

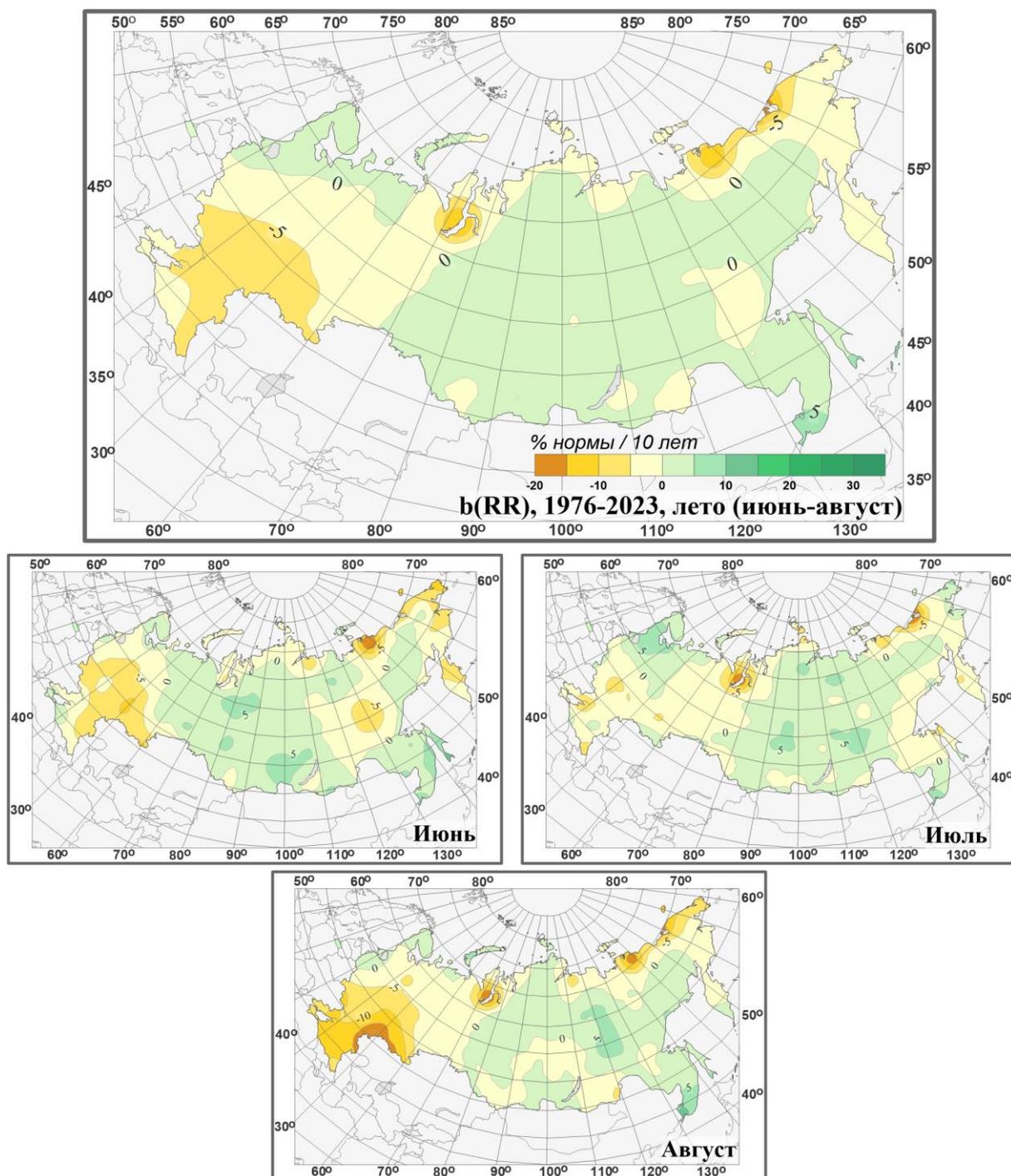


Рисунок 3.2 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий осадков (% нормы /10 лет) на территории России по данным за 1976-2024 (лето).

Тренд средней по России летней температуры за период 1976-2024 гг. положителен: он составляет $+0,41^{\circ}\text{C}/10$ лет, объясняет 71% 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. до начала 2020-х наблюдалось замедление роста температуры.

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 вдоль побережья Северного Ледовитого океана: от Обской губы до Чукотки, в июне и в июле – еще и на Камчатке, в июне - еще и на юге Якутии.

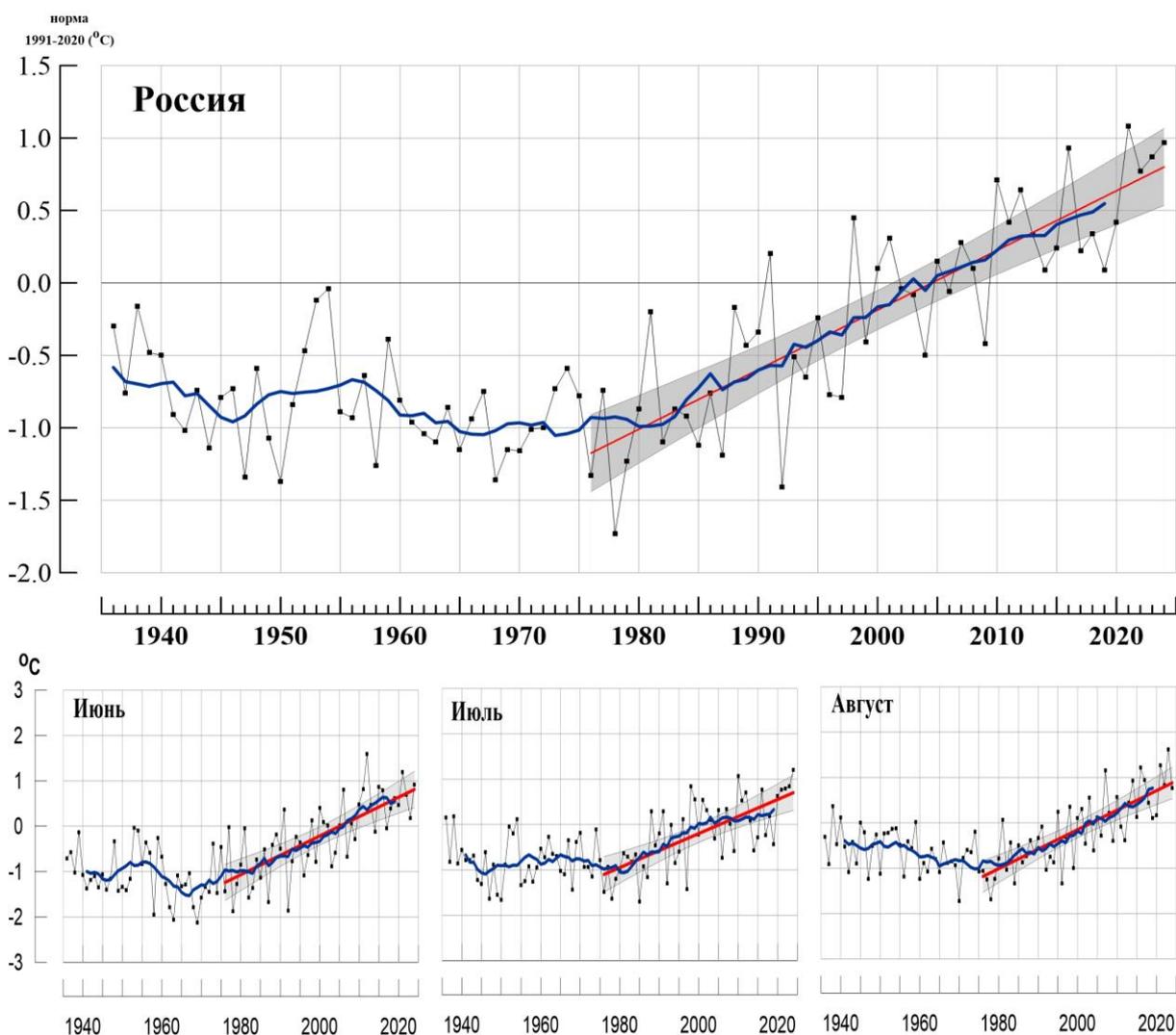


Рисунок 3.3 – Аномалия средней сезонной (вверху) и для месяцев сезона температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) осредненная по территории РФ.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2024 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).

По сравнению с оценками тренда за период 1976-2023 гг. увеличилась интенсивность уменьшения осадков на юге ЕЧР (за счет дефицита осадков здесь летом, особенно в августе)

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.

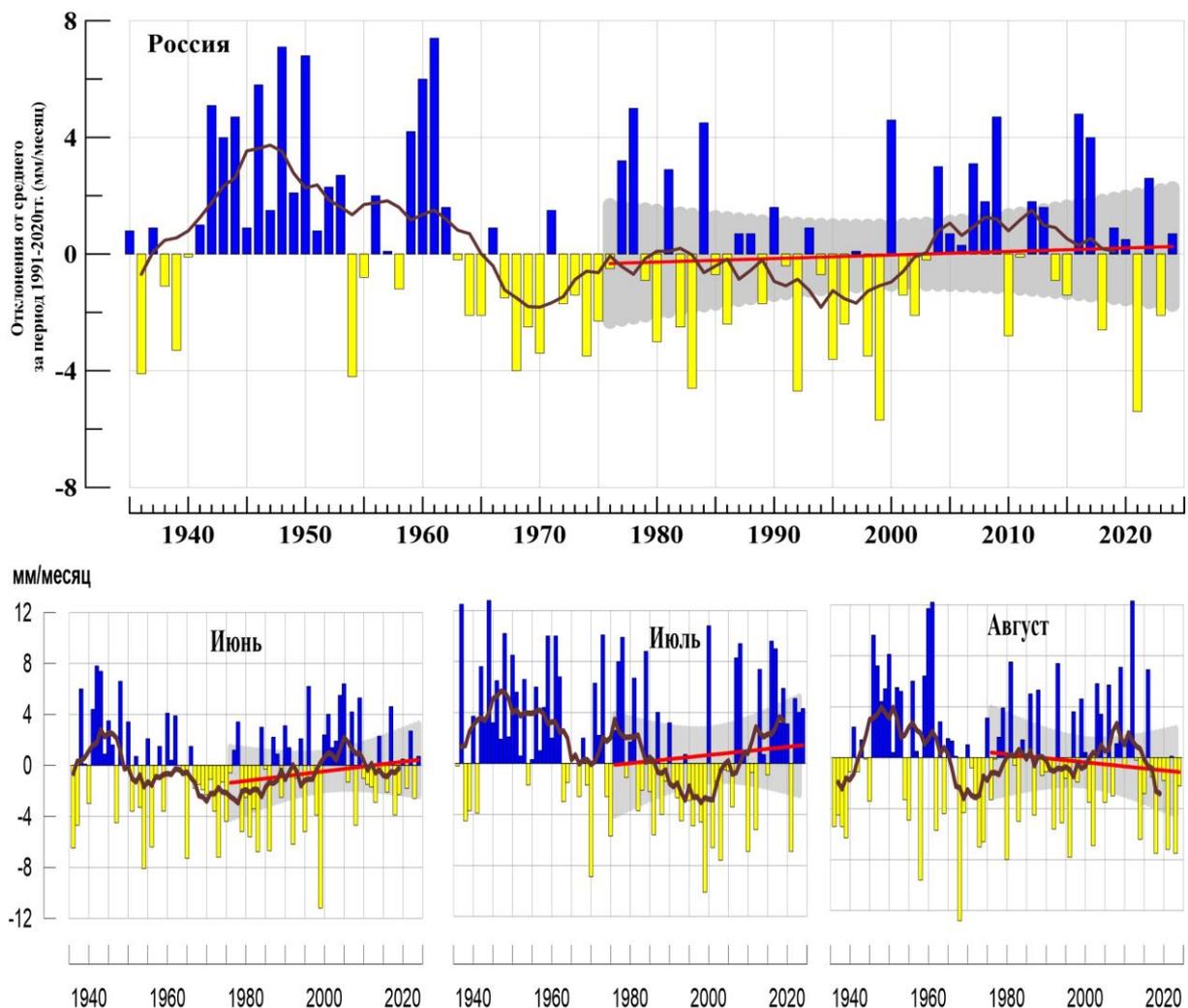


Рисунок 3.4 – То же, что на рис. 3.3, но для атмосферных осадков (мм/мес).

Таблица 3.1

Оценки линейного тренда температуры приземного воздуха и суммы осадков, осредненных по территории России и за летний сезон, за 1976-2024 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	71	0,2	0
Июнь	0,43	54	0,4	2
Июль	0,38	49	0,2	0
Август	0,43	61	-0,3	1

4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ЛЕТНЕГО СЕЗОНА В РЕГИОНАХ РОССИИ ЗА ПЕРИОД 1936-2024 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 – 2024 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2024 гг., рассчитанные методом наименьших квадратов. Величины трендов и объясненные трендами доли дисперсии рядов представлены в таблице 4.1.

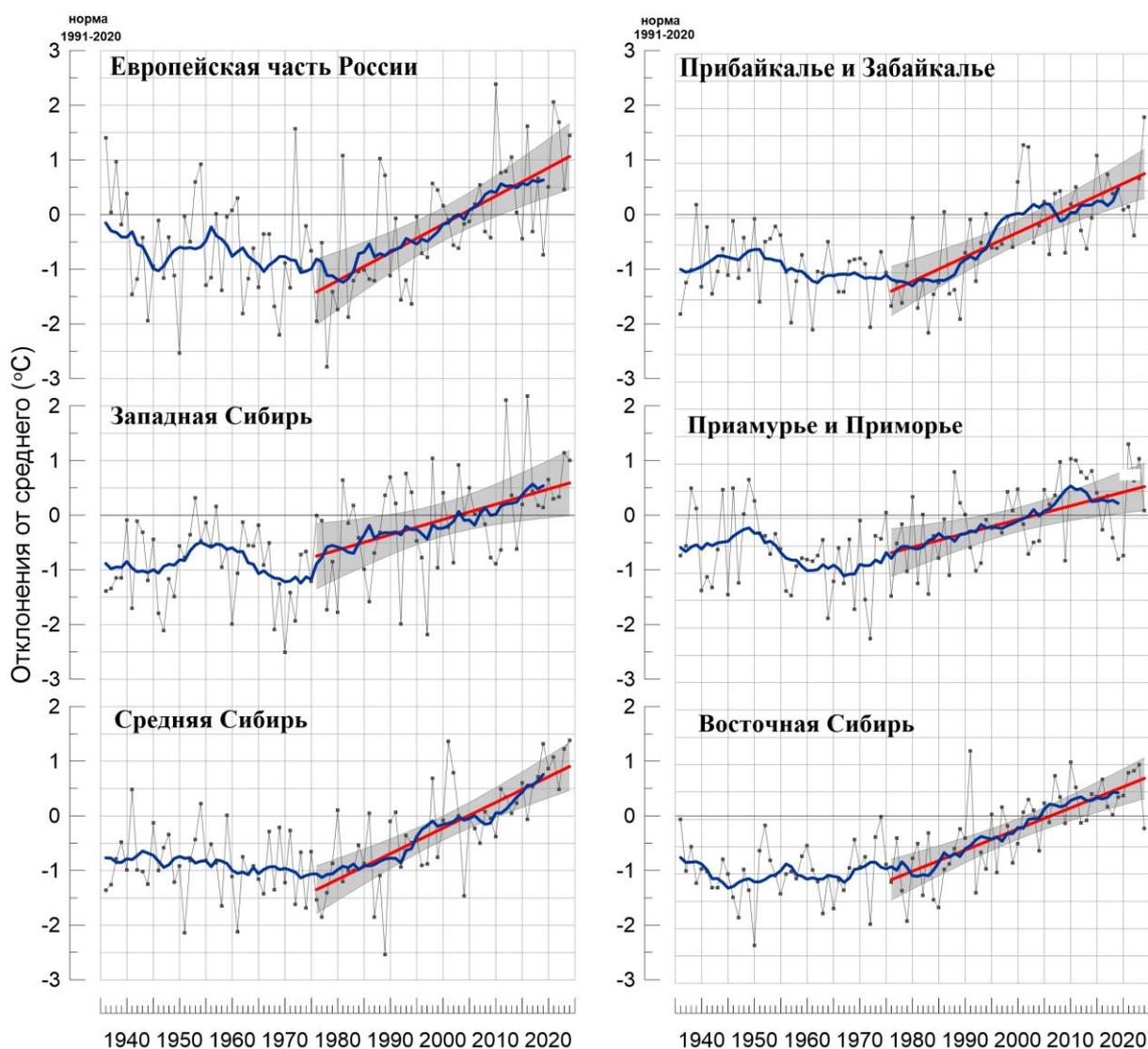


Рисунок 4.1 - Сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории физико-географических регионов РФ, лето 2024 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2024 гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда.

Во всех регионах в среднем за период 1976-2024 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) за период современного потепления (с 1976 г.) прослеживается тенденция уменьшения осадков в федеральных округах центра и юга ЕЧР.

Таблица 4.1

Оценки линейного тренда осредненных по территории России среднесезонных аномалий температуры приземного воздуха и сумм осадков за 1976-2024 гг. (летний сезон), *b* – коэффициенты линейного тренда, *D* - вклад тренда в дисперсию ряда.

Регионы	Температура		Осадки		
	<i>b</i> °C/10 лет	<i>D</i> , %	<i>b</i> мм/мес/10 лет	<i>b</i> , %/10 лет	<i>D</i> , %
Россия	0,41	71	0,1	0,2	0
Физико-географические регионы России					
Европейская часть России	0,52	43	-1,5	-2,4	7
Азиатская часть России	0,37	71	0,7	1,1	8
Западная Сибирь	0,28	19	0,6	1,0	1
Средняя Сибирь	0,47	55	1,4	2,7	9
Прибайкалье и Забайкалье	0,45	51	0,6	0,8	1
Приамурье и Приморье	0,25	26	2,3	2,3	4
Восточная Сибирь	0,39	53	-0,7	-1,5	2
Федеральные округа РФ					
Северо-Западный	0,48	38	0,4	0,8	0
Центральный	0,60	39	-2,9	-4,5	9
Приволжский	0,43	22	-2,6	-5,1	10
Южный	0,73	56	-2,1	-3,5	6
Северно-Кавказский	0,62	59	-1,7	-2,1	2
Уральский	0,33	18	0,1	0,1	0
Сибирский	0,34	43	1,5	2,3	14
Дальневосточный	0,40	65	0,4	0,8	1

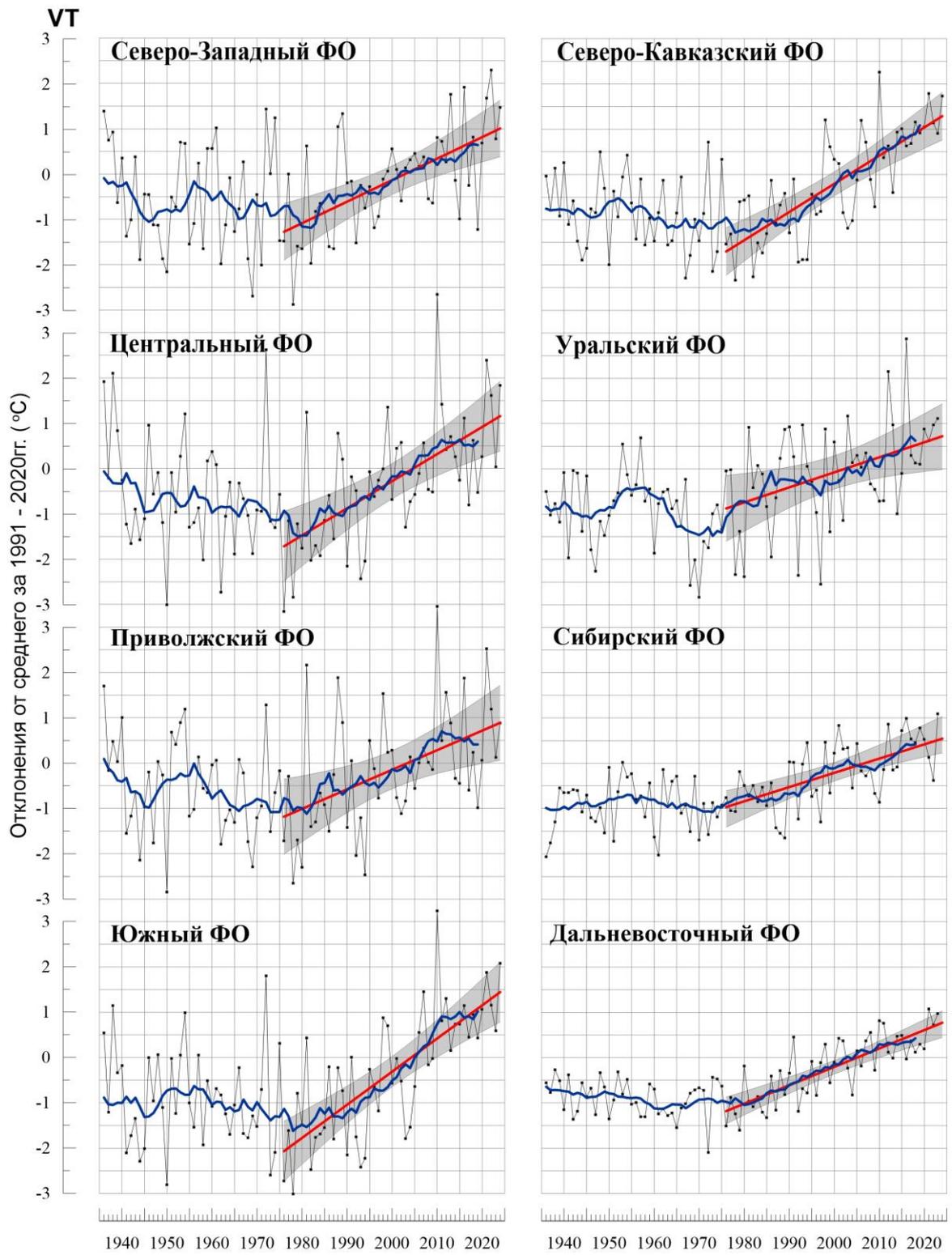


Рисунок 4.2 – То же, что на рис.4.1, но для федеральных округов

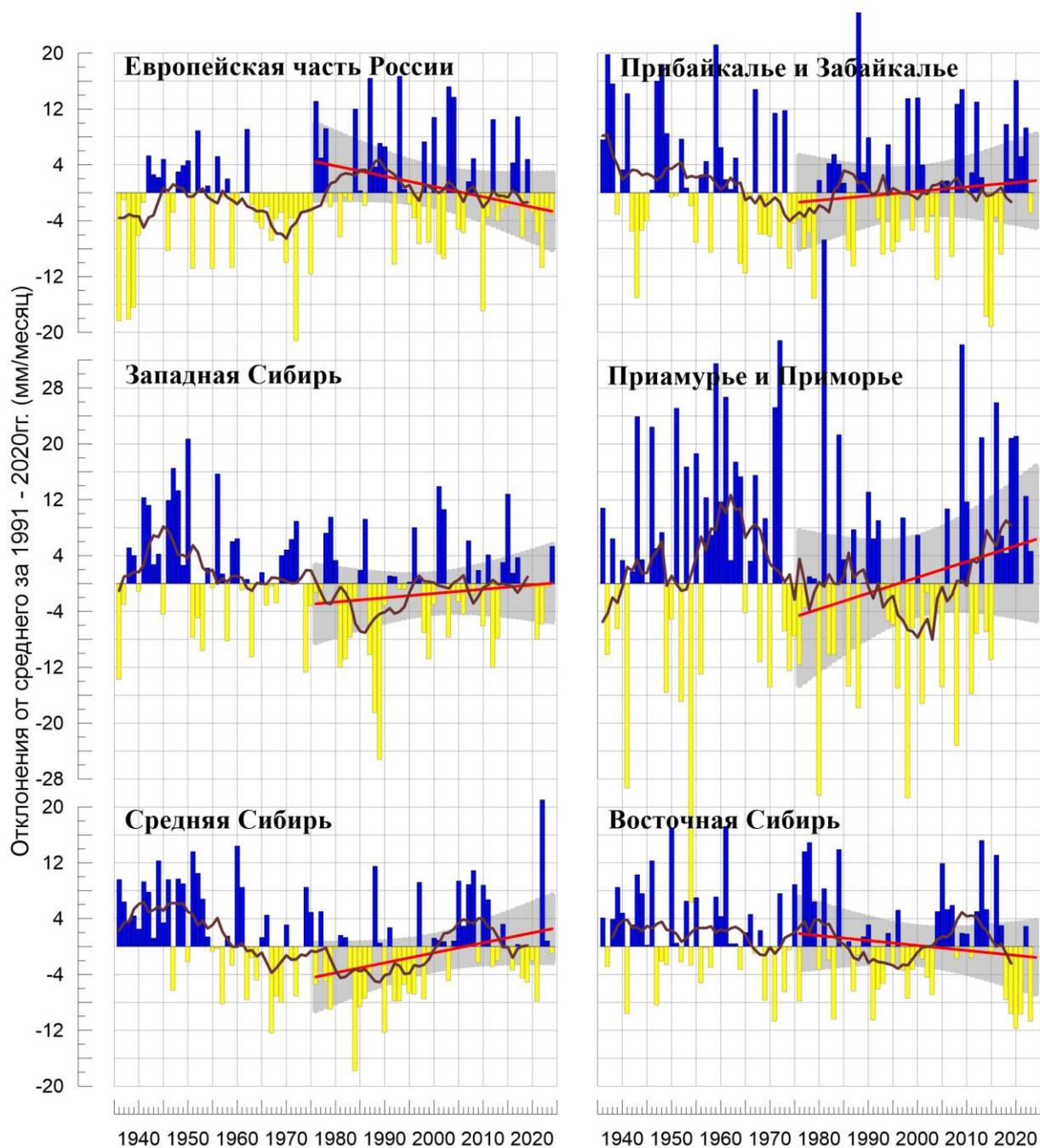


Рисунок 4.3 - Сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории регионов РФ, лето 2024 гг.

Условные обозначения см. на рис. 4.1.

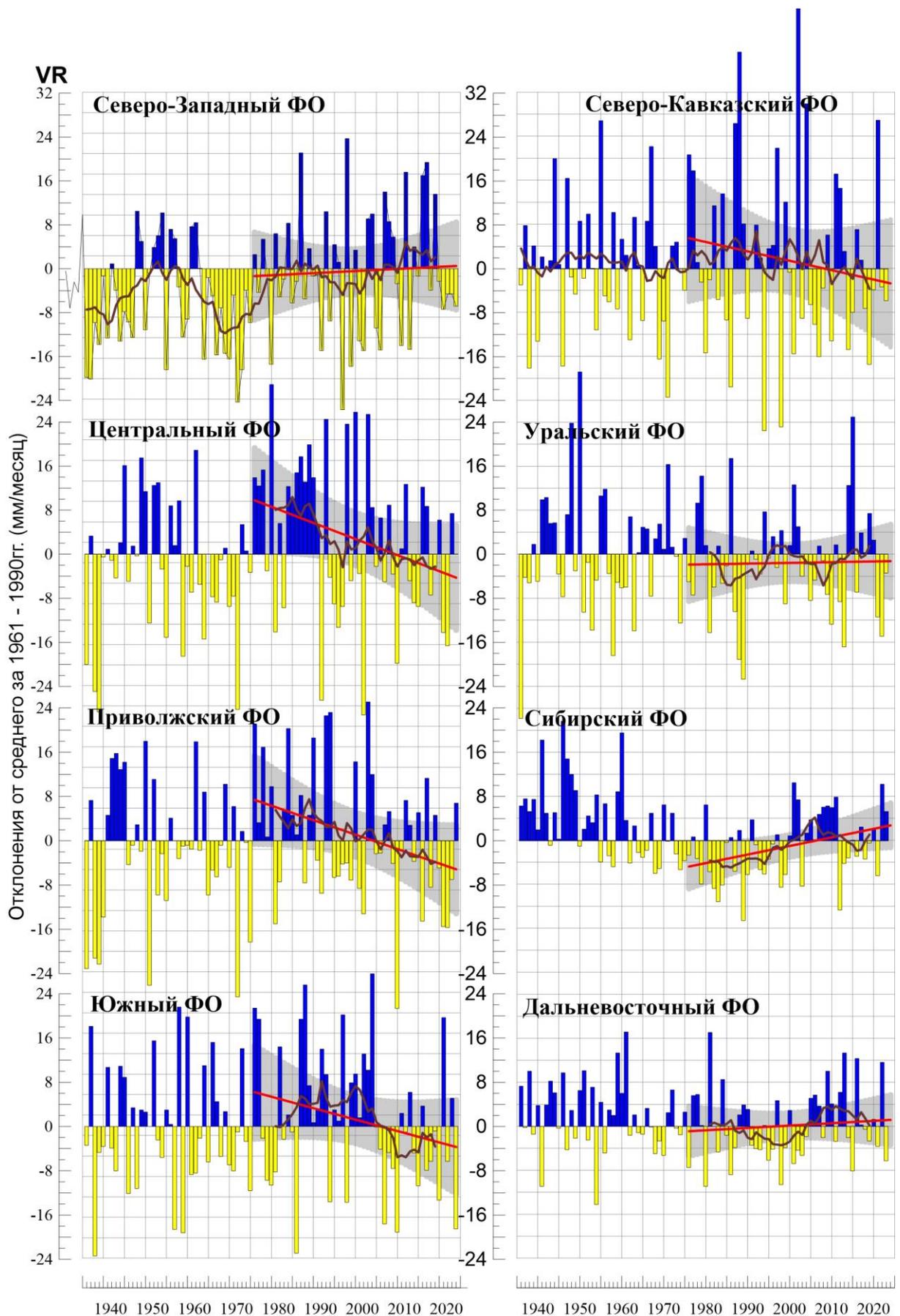


Рисунок 4.4 – То же, что на рис.4.3, но для федеральных округов

5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2024 гг. (летний сезон)

В разделе приведены некоторые индексы экстремальности и аномальности для летнего сезона в целом по территории России за период 1936 -2024 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 2024 года 71% площади территории России были заняты крупными положительными аномалиями (выше 80-го перцентиля) – это вторая величина в ряду (максимальная величина доли площади наблюдалась летом 2023 г.: 74%). Крупные отрицательные аномалии (ниже 20-го перцентиля) летом 2024 года наблюдались на 2% площади страны (рис. 5.1). В изменении площади под крупными положительными аномалиями тренд за период 1976-2024 составляет 5,2%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 47%). Рост суммарной площади с крупными аномалиями обоих знаков составляет 2,2%/10 лет (14%)

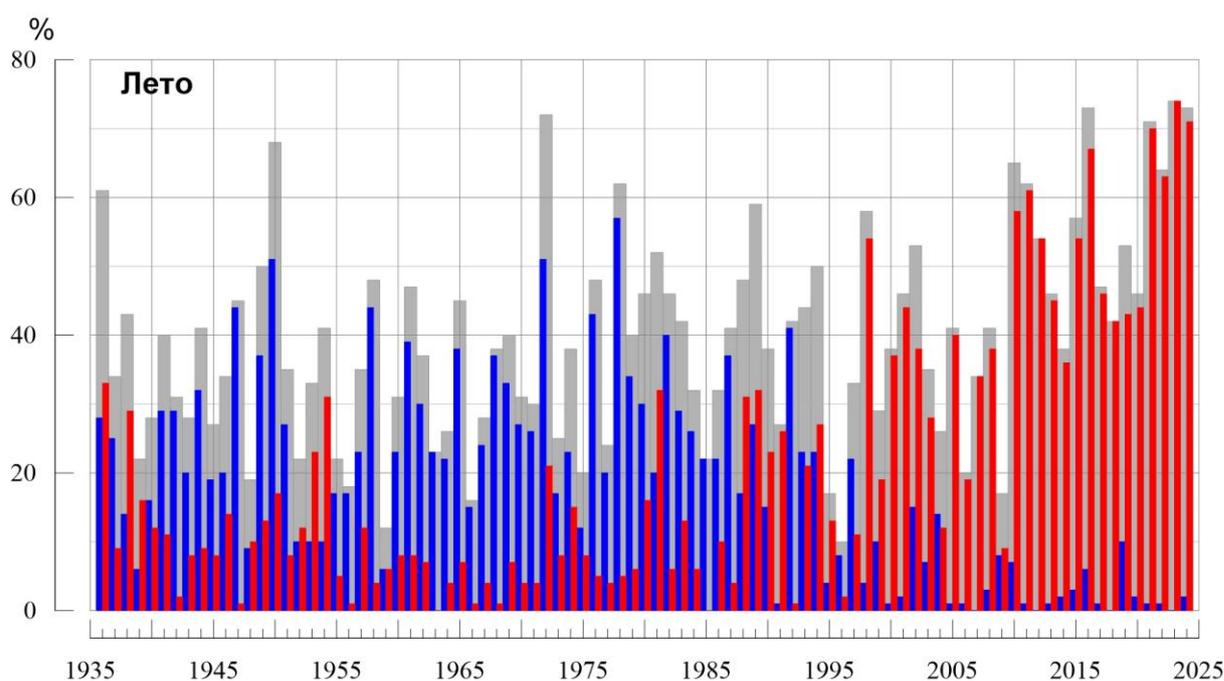


Рисунок 5.1 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями температуры, 1936-2024 гг. (лето):

— 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 2024 года доля площади РФ, занятая экстремально теплыми аномалиями (выше $+2\sigma$) составила 26% - повторен максимум лета 2021 г., 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%).

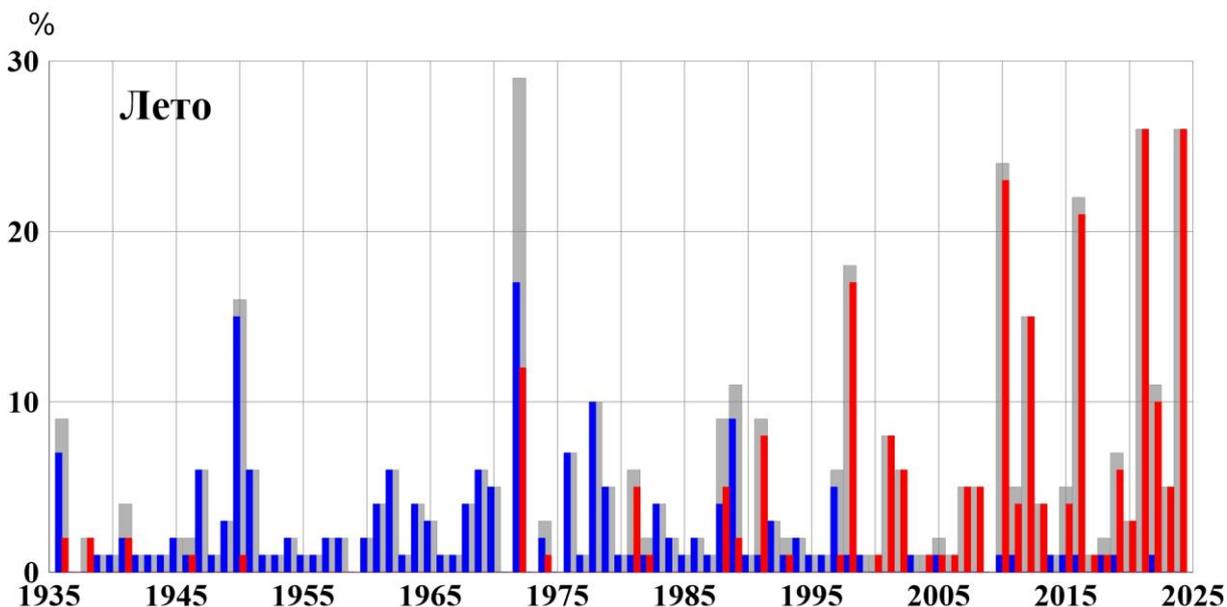


Рисунок 5.2 - Доля площади РФ (в процентах) с экстремальными (сезонная аномалия меньше -2σ : синие столбики, больше $+2\sigma$: красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры летом, 1936-2024 гг. Базовый период для расчета статистик: 1991-2020 гг.

Индекс аномальности Багрова (рис. 5.3) летом 2024 году составил 1,5 ед.

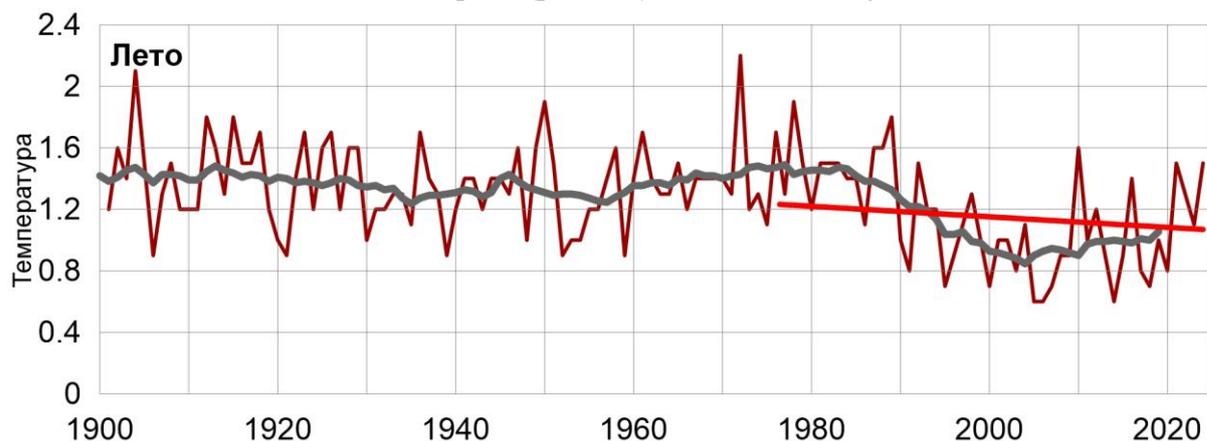


Рисунок 5.3. - Индекс аномальности (индекс Багрова) температурного режима на территории России летом 1886-2024 гг.

Осадки. Летом 2024 года площадь, занятая экстремальными аномалиями осадков меньше 20-го перцентиля, составила 22%, 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. В первом десятилетии XXI века преобладали крупные аномалии осадков больше 80 перцентиля, а в последние 6-7 лет - крупные аномалии осадков меньше 20 перцентиля. Явного роста суммарной площади с крупными аномалиями после 1976 г. не наблюдается.

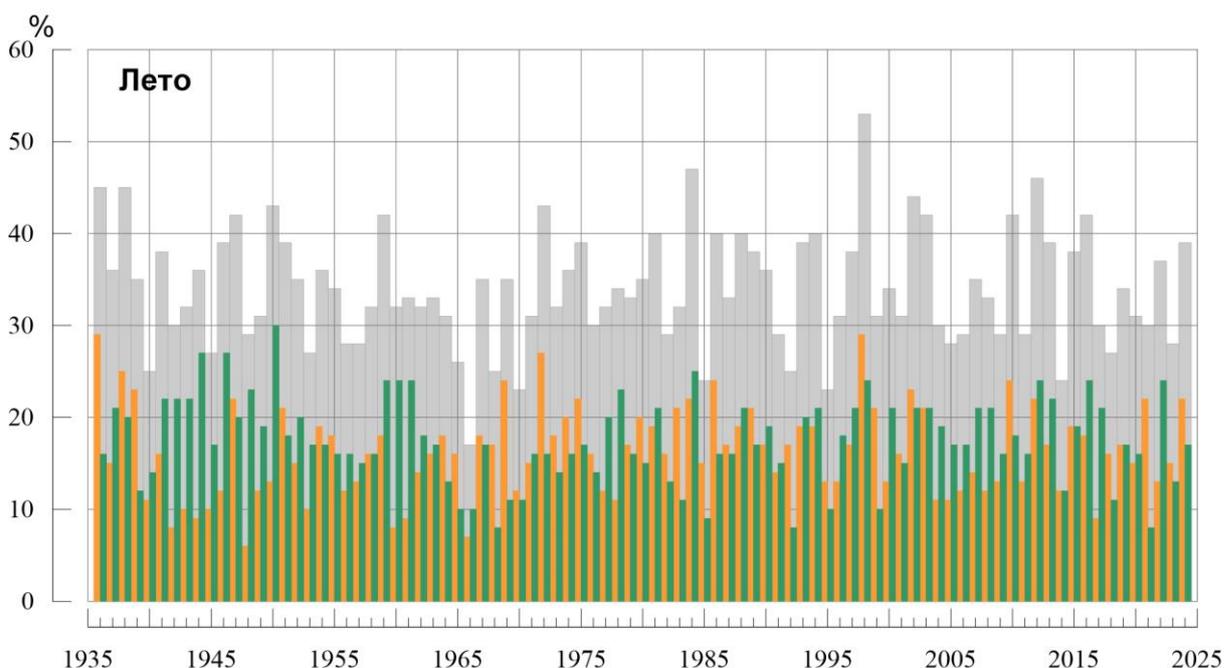


Рисунок 5.4 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями осадков, 1936-2024 гг. (лето):

- 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 $+0,760^{\circ}\text{C}$ (при стандартном отклонении $0,28^{\circ}\text{C}$) – максимальная величина в ряду с 1850 г.; величина аномалии выше, чем ожидаемая при потеплении - разность между величиной сезонной аномалии и величиной тренда составляет $+0,236^{\circ}\text{C}$.

2. Лето в России - очень теплый сезон в году. Летом осредненные по РФ в целом и по АЧР аномалии температуры составили $0,97^{\circ}\text{C}$ и $0,78^{\circ}\text{C}$ – вторые величины в соответствующих рядах. Температуры выше климатической нормы наблюдались на большей части страны (кроме Восточной Сибири). 95%-е экстремумы отмечены на северо-западе и юге ЕЧР (в СЗФО аномалия температуры составила $1,48^{\circ}\text{C}$ (ранг 5) в ЮФО: $2,07^{\circ}\text{C}$ (ранг 2), в СКФО: $1,73^{\circ}\text{C}$ (ранг 3)), в СФО ($1,67^{\circ}\text{C}$ - ранг 1) и в Забайкалье.

Температуры ниже нормы отмечались на востоке ДФО (аномалии на Чукотке достигали $-2,4^{\circ}\text{C}$), в Южном Урале и на побережье Карского моря.

3. Доля площади территории России, занятая крупными положительными среднесезонными аномалиями температуры (выше 80-го перцентиля), составила 71% - вторая величина в ряду после лета 2023 г. (74%), а под экстремальными положительными аномалиями (выше 2σ) 26% - повторен максимум лета 2021 г.

Крупные отрицательные аномалии (ниже 20-го перцентиля) летом 2024 года наблюдались лишь на 2% площади страны, а площади с экстремально холодными аномалиями (ниже -2σ) не было совсем.

4. Все месяцы сезона в целом по РФ были теплыми.

5. В июле осредненные по РФ и по АЧР аномалии температуры составили $1,20^{\circ}\text{C}$ и $1,14^{\circ}\text{C}$ – максимальные величины в соответствующих рядах. 95%-е экстремумы фиксировались в СФО ($+2,01^{\circ}\text{C}$ – ранг 2) на юге ЕЧР: в ЮФО ($2,68^{\circ}\text{C}$ – ранг 2) и СКФО ($1,68^{\circ}\text{C}$ – ранг 5). Температуры ниже климатической нормы наблюдались, в основном, в Восточной Сибири (аномалии на станциях до $-2,4^{\circ}\text{C}$).

6. В июне осредненные по РФ и по ЕЧР аномалии температуры составили $0,92^{\circ}\text{C}$ и $2,06^{\circ}\text{C}$ – 2-ая величина и четвертая величины в соответствующих рядах. На ЕЧР особенно тепло (95%-е экстремумы) в СКФО ($2,49^{\circ}\text{C}$ – ранг 2), ЮФО ($2,51^{\circ}\text{C}$ – ранг 4), а в АЧР – в Саянах и в Якутии. Температуры ниже климатической нормы наблюдались в Приамурье и, в Хабаровском крае и на Чукотке (на ряде станций фиксировались температуры ниже 5-го перцентиля), а также на Северном Урале и в районе Обской губы.

7. В августе осредненная по РФ аномалия температуры составила $+0,77^{\circ}\text{C}$ – ранг 8. Очень тепло было в АЧР ($0,72^{\circ}\text{C}$ – ранг 5), где экстремально тепло (95%-е экстремумы) было в СФО ($+1,93^{\circ}\text{C}$ – ранг 2) и в Забайкалье. В ЕЧР экстремально тепло было на Кольском полуострове. Температуры ниже климатической нормы наблюдались в Восточной Сибири ($-1,06^{\circ}\text{C}$) и на Южном Урале.

8. Осредненные по территории РФ осадки составили 101%. Избыток осадков наблюдался в Среднем Поволжье, на юге УФО, в центре и на юге СФО (кроме Саян), на востоке ДФО. Сильный дефицит осадков (на ряде станциях 95%-е экстремумы) наблюдался на юге ЕЧР (особенно в ЮФО: 61%), а также на западе ДФО.

9. Летом 2024 года площадь, занятая экстремальными аномалиями осадков меньше 20-го перцентиля, составила 22%, а занятая аномалиями больше 80-го перцентиля - 17%.

10. Во все месяцы наблюдались области как со значительным избытком осадков, так и с сильным дефицитом.

11. Из месяцев сезона выделяется «влажный» **июнь** в ЦФО (149% - ранг 3), «влажный» **июль** в СФО (137% - ранг 3), «сухой» **июнь** в регионе Средняя Сибирь (72% - четвертый самый «сухой» июнь в ряду), а также «сухой» **август** на большей части ЕЧР (выпало лишь 79% нормы).

12. Летом атмосферные засухи (сильной и средней интенсивности) наблюдались на юге ЕЧР: в ЦФО, ЮФО и СКФО – во все месяцы сезона, в ПФО и в Якутии – в июне-июле.

13. В целом по России линейный тренд летней температуры воздуха за период 1976-2024 гг. положителен и составляет $+0.41^{\circ}\text{C}/10$ лет, объясняет 71% межгодовой изменчивости. Тренд примерно одинаков во все месяцы летнего сезона и значим на 1%-м уровне.

14. Наиболее значительное потепление летних сезонов отмечается на юго-западе ЕЧР (до $+0,8^{\circ}\text{C}/10$ лет), на севере ДФО (до $+0,7-0,8^{\circ}\text{C}/10$ 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.

В июне нет потепления в нижнее течение Амура (линейный тренд до $-0,2^{\circ}\text{C}/10$ лет).

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).

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 2024 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 непревышения» текущего значения во временном ряду рассматриваемой переменной за некоторый период с 1936 по 2024 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 2024 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 2024 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>	20.00	19.27	20.70	20.57	20.47	21.73
Июнь	19,1	18,2	19,1	19,4	19,6	20,7
Июль	21,1	20,3	22,0	21,5	21,6	23,1
Август	19,8	19,3	21,0	20,8	20,2	21,4
б) аномалия температуры (град. Цельсия)						
<i>Лето</i>	2.10	1.17	1.69	1.62	1.88	2.29
Июнь	2.10	1.13	1.15	1.39	1.79	2.11
Июль	2.12	1.25	2.09	1.68	2.06	2.69
Август	2.08	1.12	1.82	1.80	1.80	2.06

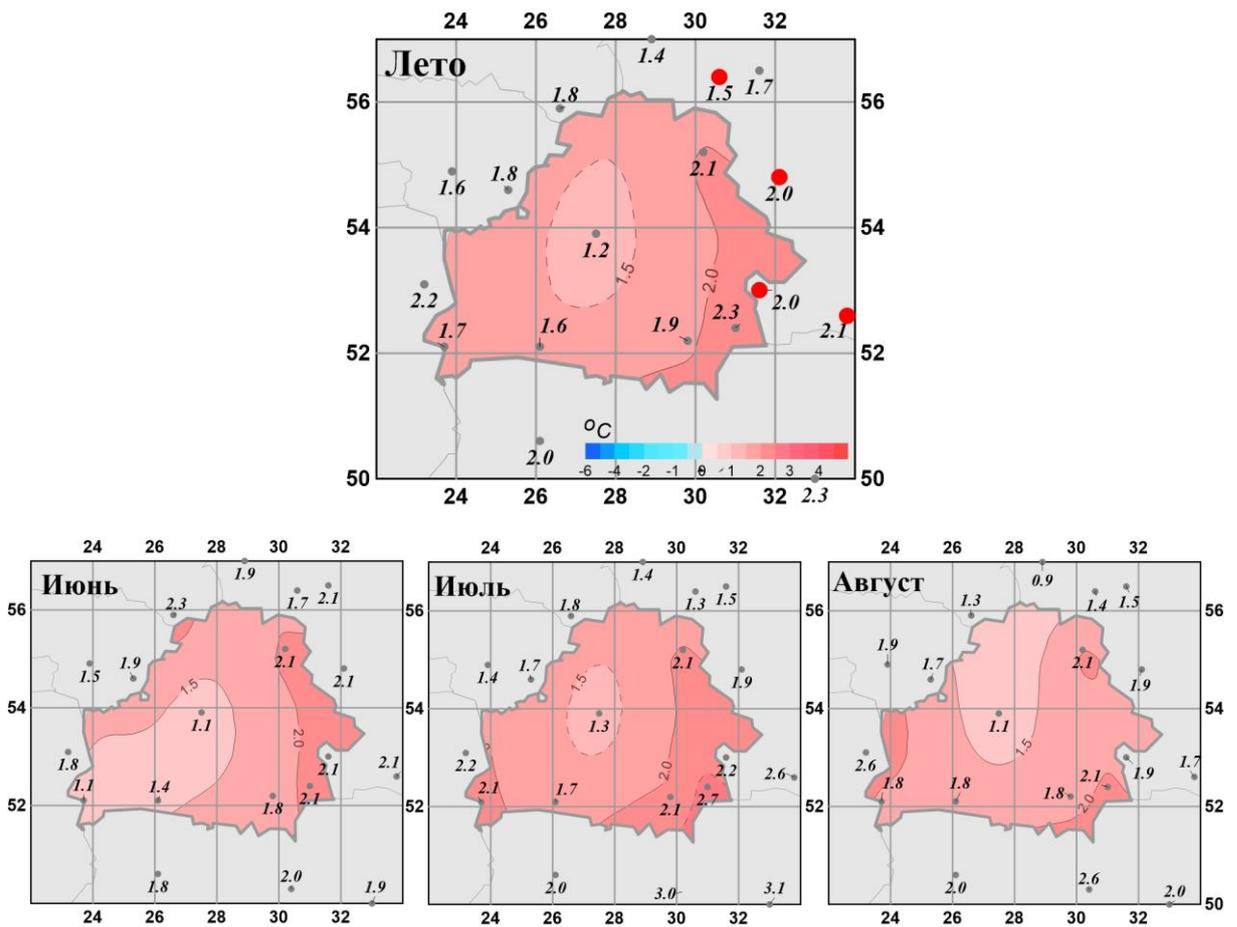


Рисунок 1 - Средние сезонные и средние месячные аномалии температуры (°C) приземного воздуха на территории республики Беларусь летом. Аномалии рассчитаны относительно периода 1961-1990 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) на станциях. Красными кружками показаны станционные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

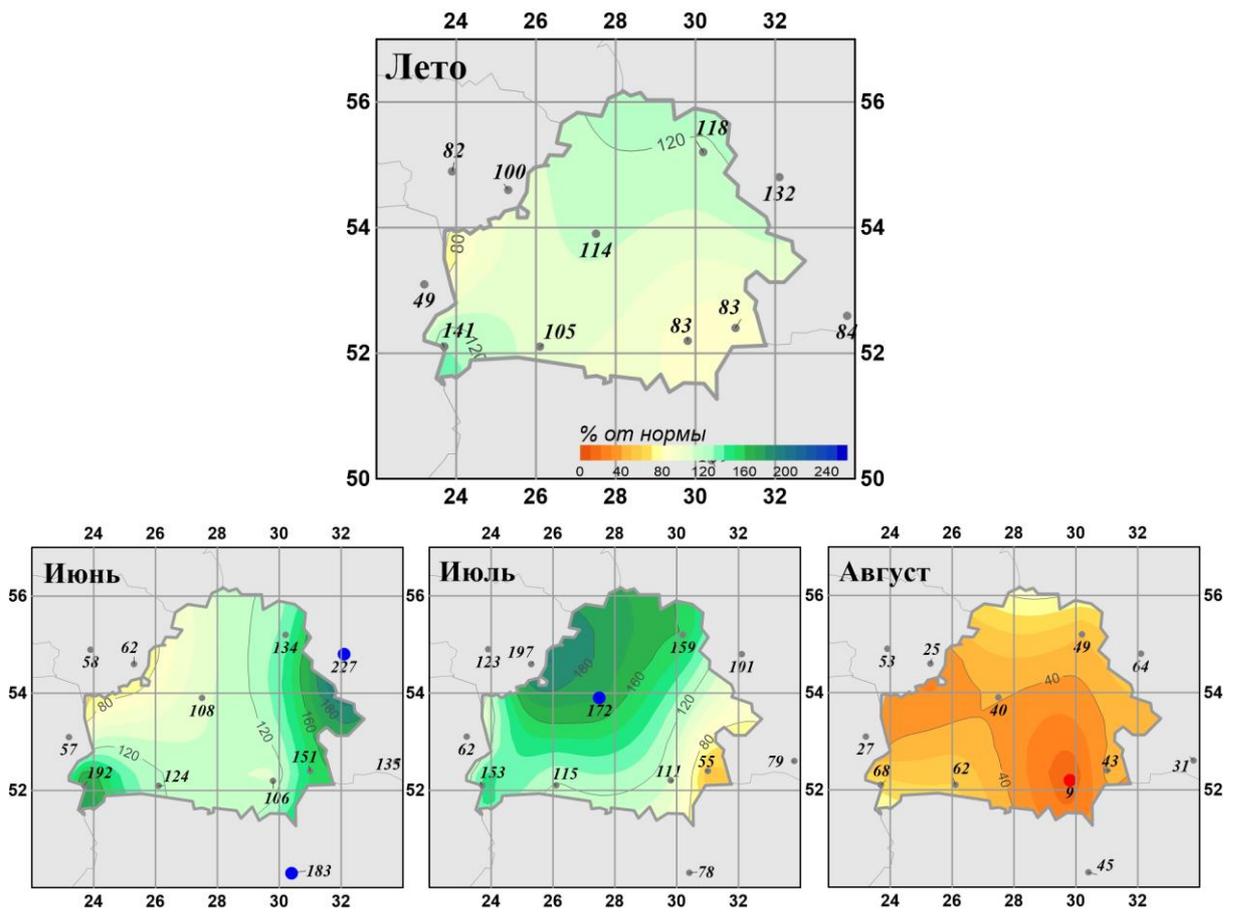


Рисунок 2 - Средние сезонные и месячные аномалии атмосферных осадков (% от нормы) на территории республики Беларусь летом.
 Аномалии рассчитаны относительно периода 1961-1990 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) и осадков (в % от нормы) на станциях.
 Красным кружком показан стационарный экстремум – ниже 5-го процентиля

Таблица 3

Характеристики режима осадков на станциях Беларуси летом 2024 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>	95.0	93.0	97.3	77.7	62.3	62.7
Июнь	101	84	130	91	77	110
Июль	148	167	120	107	105	54
Август	36	28	42	35	5	24
б) Аномалия сумм осадков / (мм/месяц)						
<i>Лето</i>	14.5	11.4	29.1	3.4	-12.4	-12.5
Июнь	25.7	6	62.5	17.6	4.7	37.3
Июль	55	69.9	44.2	14.2	10.3	-43.5
Август	-37.1	-41.6	-19.4	-21.7	-52.1	-31.2
в) Относительная аномалия сумм осадков (% от нормы)						
<i>Лето</i>	118	114	141	105	83	83
Июнь	134	108	192	124	106	151
Июль	159	172	153	115	111	55
Август	49	40	68	62	9	43

На рисунках 3, 4 показаны временные ряды осредненных по территории Беларуси сезонных и месячных аномалий температуры воздуха и осадков с 1936 по 2024 гг.

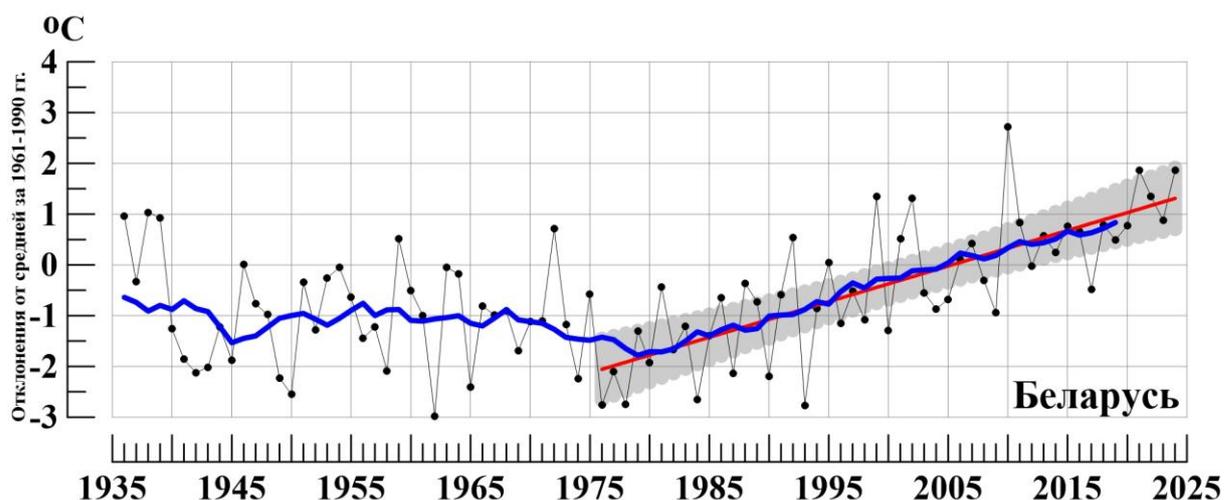


Рисунок 3 - Сезонные (июнь - август) аномалии температуры приземного воздуха (°C), осредненные по территории Республики Беларусь.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2024 гг.

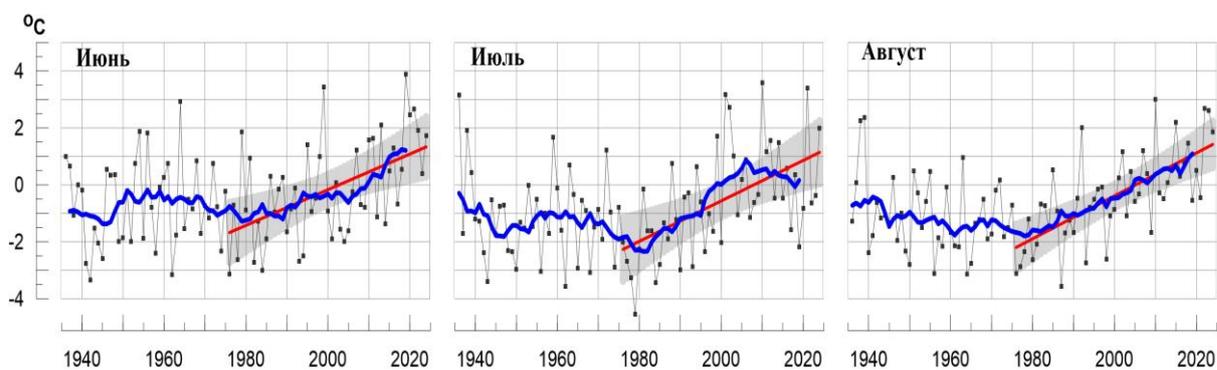


Рисунок 4 - Средние месячные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рисунке 3.

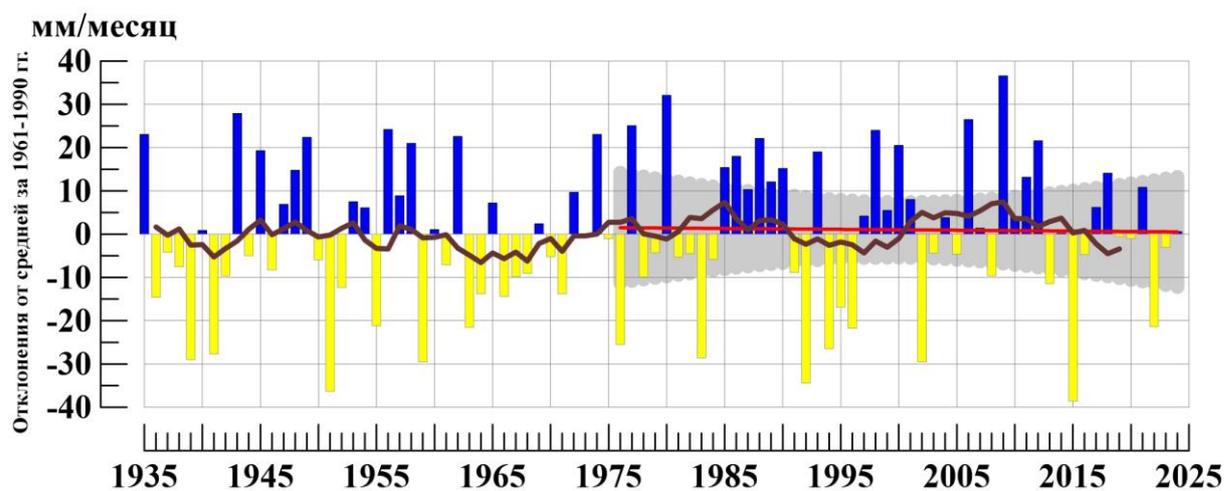


Рисунок 5 - Сезонные (июнь - август) аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рис. 3

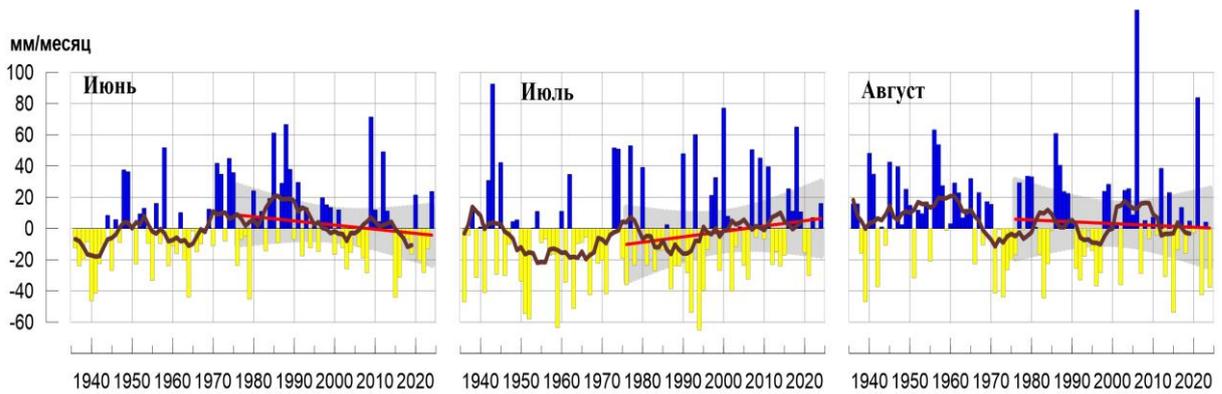


Рисунок 6 - Средние месячные аномалии атмосферных осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.

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_{2024}	s	RR_{2024}	νR_{2024}	s
Лето	1,86	1,04	103	0,6	18,4
Июнь	1,73	1,69	132	23,7	24,1
Июль	1,98	1,61	117	16,0	36,2
Август	1,86	1,27	42	-37,8	35,0

Примечание: Аномалии νT_{2024} ($^{\circ}C$), νR_{2024} (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 1976-2024 гг. в среднем по Республике Беларусь

Сезон	Температура		Осадки	
	$b_{1976-2024}$ $^{\circ}C/10$ лет	$D_{1976-2024}$ %	$b_{1976-2024}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2024}$ %
Лето	0,70	58	-0,2	0
Июнь	0,63	27	-2,7	2
Июль	0,71	30	3,4	2
Август	0,75	47	-1,2	0