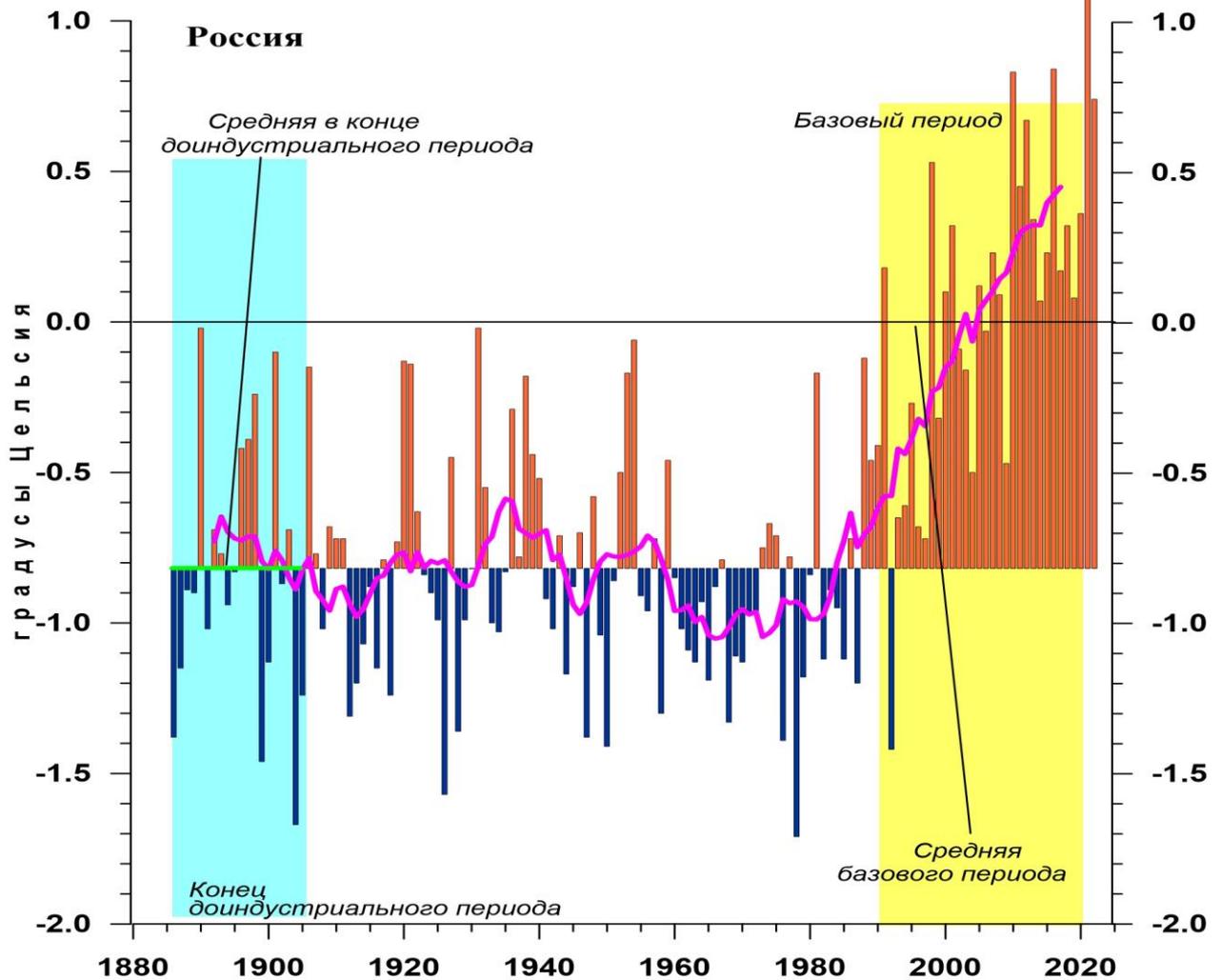


Федеральная служба
по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ФГБУ «Институт Глобального Климата и Экологии»



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2022

ЛЕТО: июнь - август

Обзор состояния и тенденций изменения
климата России

★
Москва 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ¹

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ (летний сезон).....	6
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЕТА 2022 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, 1936-2022 гг.....	21
5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2022 гг. (летний сезон)	26
ВЫВОДЫ	29
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности лета 2022 г. на территории Республики Беларусь	31

¹ На обложке приведен ход средней сезонной аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2022 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 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://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.

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 2022: 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 1976-2022 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.

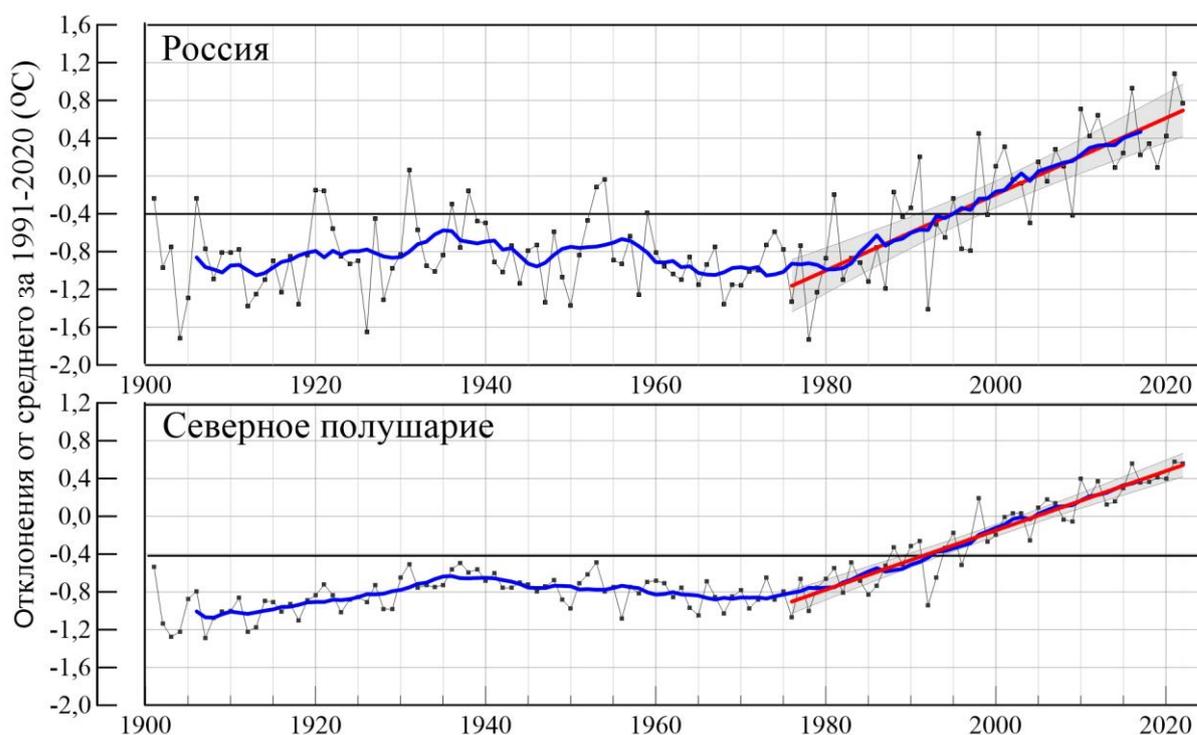


Рисунок 1.1 – Сезонная аномалия (лето: июнь - август) температуры приземного воздуха, осредненная по Северному полушарию (суша) и территории России за 1886-2022 гг.

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 1976-2022 гг. Использованы данные Университета Восточной Англии (СП) и данные ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» (Россия).

Аномалия температуры воздуха над сушей СП летом составила $+0.561^{\circ}\text{C}$ (стандартное отклонение 0.35°C) – ранг 2 (т.е. вторая величина в упорядоченном по убыванию ряду с 1850 года).

Для России в целом средняя сезонная аномалия температуры приземного воздуха составила $+0.77^{\circ}\text{C}$ (при величине стандартного отклонения 0.51°C) – ранг 3.

Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений летних температур за период 1976-2022 гг. в среднем для суши СП и России, приведены в табл. 1.1. Увеличение летних температур в среднем по территории России происходит в 1.29 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 1976-2022 гг.

Регионы	vT_{2022}	$s_{1991-2020}$	$b, ^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$	$D \%$
СП	0.56	0.35	0.31	87
Россия	0.77	0.51	0.40	68

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

2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЕТА 2022 ГГ. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

На рис. 2.1 и 2.2 представлены карты сезонных и месячных аномалий температуры и осадков на территории России лета 2022 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 осредненные по РФ в целом и по ЕЧР аномалии температуры составили 0.77°C и 1.69°C – третьи величины в соответствующих рядах. 95%-е экстремумы отмечались, во-первых, в центре и на севере ЕЧР и на севере Западной Сибири; во-вторых, на юге Якутии, в Хабаровском крае, на Камчатке, на Сахалине; в-третьих – в кавказском регионе.

Кроме того, летом наблюдались области, где температуры были ниже климатической нормы: это центральные и южные районы СФО и юго-западные районы ДФО (с аномалиями до -1.8°C) и Чукотка (аномалии до -2.1°C).

Температуры ниже климатической нормы наблюдались во все месяцы: в июне – на юго-востоке ЕЧР и на юге Западной Сибири; в июле – на юге СФО; в августе – в СФО (без Таймыра) и на юге ДФО.

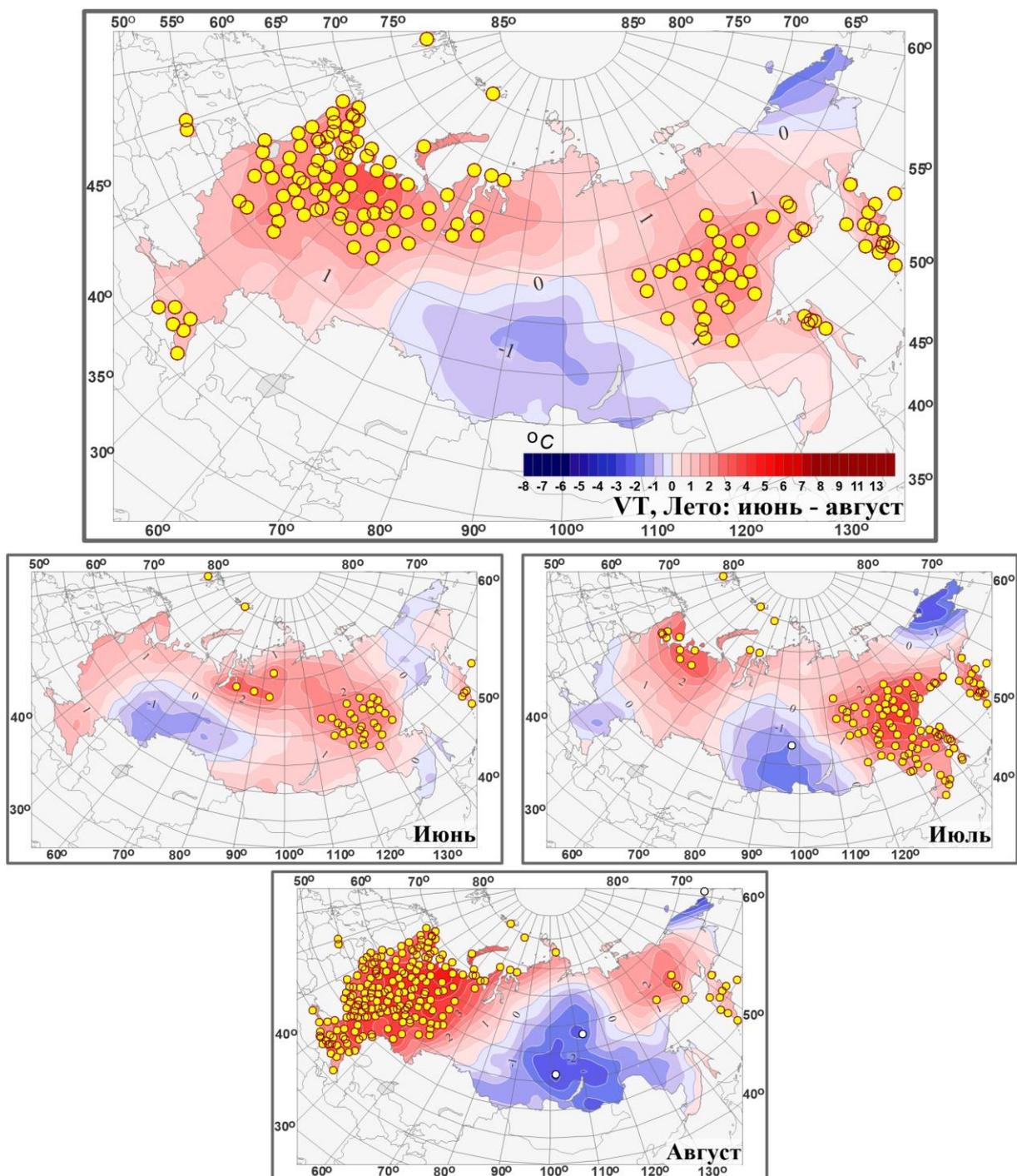


Рисунок 2.1 – Поля средней сезонной и средних месячных аномалий температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России летом 2022 г. Кружками белого цвета показано местоположение станционных экстремумов ниже 5-го перцентиля, желтого – выше 95-го перцентиля. Аномалии рассчитаны как отклонения 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. Изотерма 25°C на юге ЕЧР смещена на запад примерно на 10° долготы и на север примерно на 2° ш.п., а изотерма 20°C – смещена на север на 2° широты. Изотерма 15°C на ЕЧР смещена на север примерно на $3-4^{\circ}$ широты, в Западной Сибири - смещена на север примерно на $1-2^{\circ}$ широты, на Среднесибирском плоскогорье – смещена на юг примерно на $2-3^{\circ}$

широты, в Якутии и в Хабаровском края – смещена на север примерно на 1-2° широты и на восток – примерно на 1-2° долготы, на юге АЧР - совпадает со своим климатическим положением. Изотерма 10°C на севере ЕЧР и АЧР совпадает со своим климатическим положением.

Июнь. Осредненная по РФ аномалия температуры составила 0.69°C – седьмая величина в ряду.

Температуры выше климатической нормы наблюдались на большей части ЕЧР (кроме юго-востока) и на большей части АЧР (кроме юга Западной Сибири, Магаданской области, Чукотки, Приморья и Сахалина). Наиболее экстремальные условия (95%-е экстремумы температуры на станциях) наблюдались в нижнем течении Енисея, в центральных районах ДФО (0.87°C – ранг 5).

Температуры ниже климатической нормы наблюдались в Среднем Поволжье, на Южном и Среднем Урале, на юге Западной Сибири (аномалии до -2.0°C); а также в отдельных районах ДФО (аномалии не ниже -1.8°C).

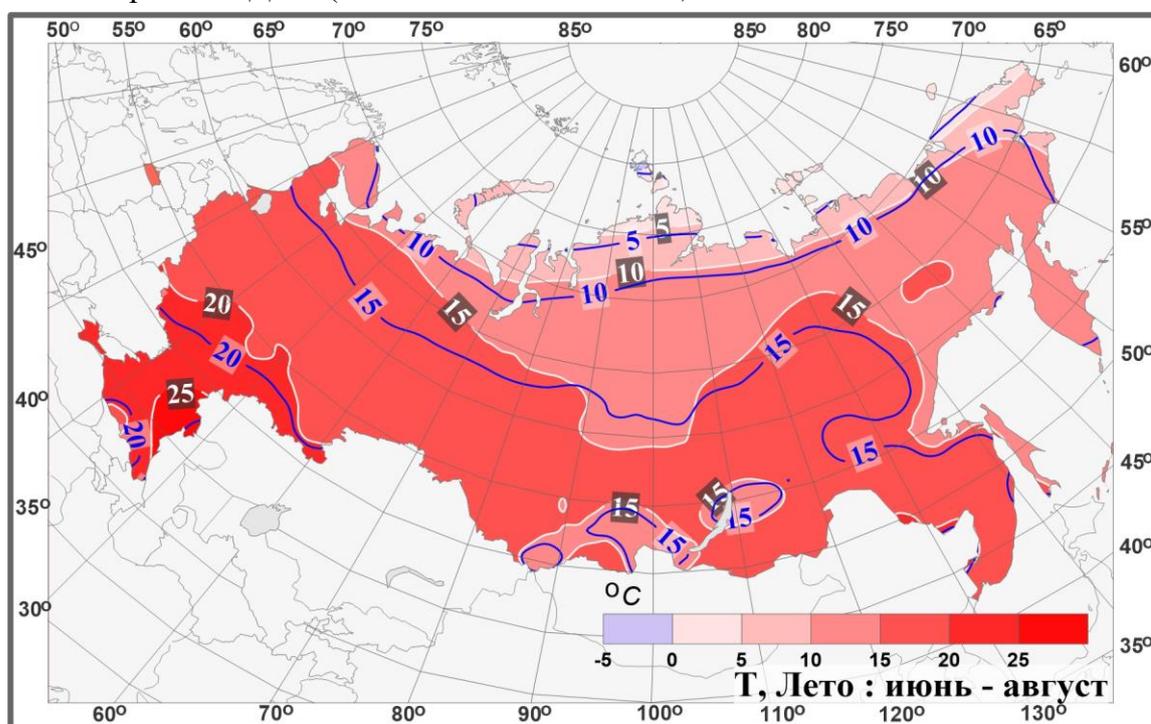


Рисунок 2.2 – Поля средней сезонной температуры приземного воздуха (°C) на территории России летом 2022 гг. Синие изолинии: средние изотермы за период 1961-1990 гг.

Июль. Осредненная по РФ аномалия температуры составила 0.79°C – третья величина в ряду. Температуры выше нормы наблюдались на севере и в центре ЕЧР (95%-е экстремумы на севере ЕЧР), на севере АЧР (до Чукотки) в центре и на юго-востоке ДФО (1.44°C – ранг 3, в центре и на юге на большинстве станций отмечены 95%-е экстремумы).

Температуры ниже климатической нормы наблюдались в ЮФО, на юге СФО, на Чукотке.

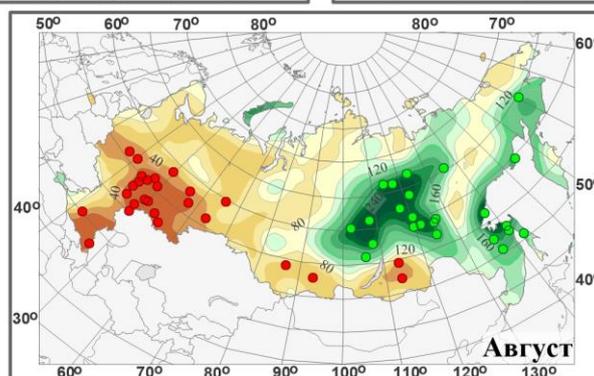
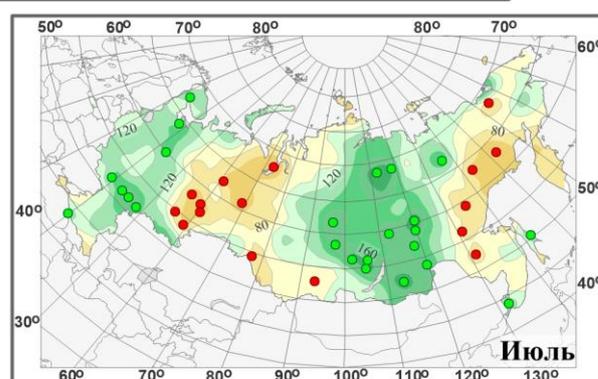
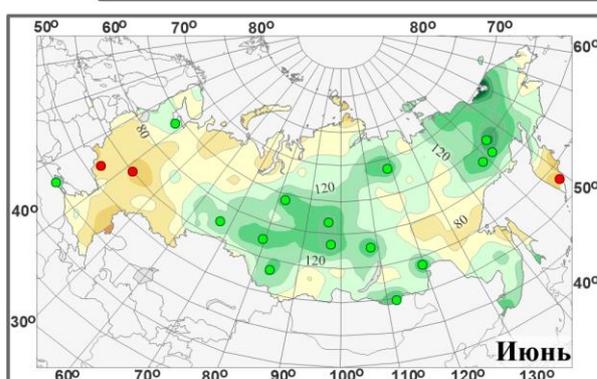
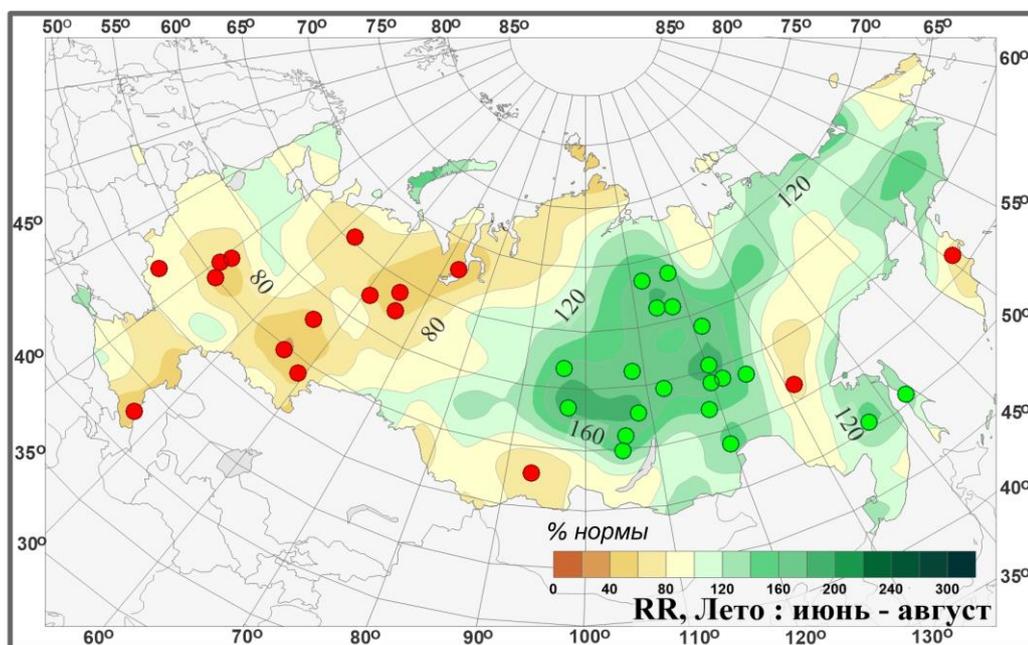


Рисунок 2.3 – Поля аномалий средних сезонных и месячных сумм осадков (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.) на территории России летом 2022 г. (июнь – август). Кружками красного цвета показаны станционные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го перцентиля.

Август. Осредненная по РФ аномалия температуры составила 0.83°C , а по ЕЧР - $+3.50^{\circ}\text{C}$ – максимальная величина в ряду. Август – достаточно контрастный месяц. Температуры выше нормы наблюдались на ЕЧР, в Западной Сибири (температуры выше 95%-го перцентиля наблюдались всюду на ЕЧР (осредненные по всем федеральным округам аномалии температуры среди четырех самых крупных)).

Еще одна область с температурами выше климатической нормы – большая часть Якутии, Магаданская область, Камчатка (на большинстве станций Камчатки фиксировались 95%-е экстремумы).

В СФО и на юге ДФО температуры были ниже климатической нормы (на ряде станций фиксировались 5%-е экстремумы).

Атмосферные осадки. Осредненные по территории РФ осадки составили 104%, по ЕЧР – 83%, по АЧР – 112%.

Дефицит осадков наблюдался на ЕЧР и в Западной Сибири (наиболее сильный (5%-е экстремумы) – в центральных и восточных областях ЕЧР (в ЦФО выпало 75% нормы, в ПФО – 72%) и на Урале (в УФО выпало 77% нормы).

Избыток осадков наблюдался на большей части СФО и в ДФО (в бассейне Лены на большинстве станций наблюдались 95%-е экстремумы).

Летом атмосферные засухи наблюдались во многих областях ЮФО, СКФО, ПФО, ЦФО и УФО. Началу засух в июне способствовал дефицит осадков и положительные температурные аномалии на юге ЕЧР; их продолжению в июле – неравномерность выпадения осадков в ЮФО, СКФО, и дефицит осадков и положительные температурные аномалии на юге Урала; и сильному развитию в августе – экстремальные температурные условия и условия выпадения осадков.

Июнь. Осредненные осадки по РФ – 105% нормы. Избыток осадков наблюдался на большей части АЧР (113% - ранг 9) (кроме Ямала, Таймыра, Камчатки, Хабаровского края, восточной части Амурской области), особенно в СФО (127% - ранг 5). Дефицит осадков (менее 80%) – в центре и на юге ЕЧР (89%), в Хабаровском крае, на Камчатке.

В июне в ряде областей ЮФО и СКФО дефицит осадков (менее 60%) и положительные температурные аномалии способствовали образованию атмосферных засух средней и сильной интенсивности (при этом засухи фиксировались в течение 2-3 декад месяца). В третьей декаде июня атмосферные засухи средней интенсивности фиксировались и в ряде областей на востоке ЦФО.



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

Июль. Осредненные осадки по РФ – 107% нормы. Избыток осадков (на ряде станций отмечены 95%-е экстремумы) наблюдался на западе и в центре ЕЧР, на востоке Среднесибирского плоскогорья и в бассейне Лены (осредненные по Средней Сибири осадки 138% нормы (ранг 4). Сильный дефицит осадков (фиксировались 5% экстремумы) наблюдался на востоке ЕЧР и в Западной Сибири (осредненные по УФО

осадки составили 65% нормы – среди четырех самых «сухих» июлей в ряду); а также вдоль побережья Охотского моря (в Хабаровском крае, в Магаданской области).



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

В июле в ряде областей УФО дефицит осадков (менее 60%) и положительные температурные аномалии способствовали образованию атмосферных засух средней и сильной интенсивности (засухи фиксировались в течение 2-3 декад месяца). А в субъектах ЮФО и СКФО атмосферные засухи продолжали фиксироваться из-за недостатка осадков влагозапасов в пахотном слое почвы.

Август. В августе осредненные осадки по РФ составили 100% нормы, по ЕЧР лишь 50% нормы (вторая среди минимальных величин в ряду, минимальное количество осадков наблюдалось в августе 1972 г. – 48% нормы), а по АЧР – 117% (третья среди максимальных величин в ряду).

Дефицит осадков наблюдался всюду на ЕЧР (особенно сильный в центральных областях: в ЦФО выпало 33% нормы, в ПФО – 23% - третья и вторая среди минимальных величин в соответствующих рядах), а в АЧР до примерно 90° в.д. и в районе Байкала (в Прибайкалье и Забайкалье выпало 78% нормы).

Значительный избыток осадков (на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы) наблюдался Среднесибирском плоскогорье и далее на восток – в ДФО выпало 135% нормы – вторая величина в ряду.

В августе экстремальные температуры и экстремальный дефицит осадков в центре и на юге ЕЧР (ЦФО, ЮФО, СКФО, ПФО) и на юге УФО способствовал продолжению засух (в основном средней интенсивности в первой и второй декадах и в основном сильной интенсивности – в третьей декаде).



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 2022 г.

Регионы	νT_{2022}	$S_{1991-2020}$	$P(t \leq T_{2022})$
Российская Федерация	0.77	0.51	97.7
Физико-географические регионы России			
Европейская часть России	1.69	1.00	97.7
Азиатская часть России	0.43	0.48	94.2
Западная Сибирь	0.34	0.96	83.7
Средняя Сибирь	0.48	0.67	88.4
Прибайкалье и Забайкалье	0.39	0.62	66.3
Приамурье и Приморье	0.63	0.62	89.5
Восточная Сибирь	0.82	0.60	97.7
Федеральные округа РФ			
Северо-Западный	2.31	0.81	100
Центральный	1.62	1.13	94.2
Приволжский	1.19	1.16	89.5
Южный	1.15	1.23	94.2
Северо-Кавказский	1.14	1.05	94.2
Уральский	0.97	1.13	96.5
Сибирский	-0.38	0.63	62.8
Дальневосточный	0.72	0.51	96.5

Примечание: 1. Аномалии νT_{2022} ($^{\circ}\text{C}$) рассчитаны как отклонения от нормы 1961-1990 гг.; s ($^{\circ}\text{C}$) – среднее квадратическое отклонение за базовый период; вероятности превышения $P(t \leq T_{2022})$ 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 превышения) региональных аномалий по данным за 1936-2022 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 $+0.77^{\circ}\text{C}$ – третья величина в ряду. Особенно тепло было на севере ЕЧР (1.69°C – ранг 3) – в СЗФО (2.31°C – максимальная

величина), а также в УФО (0.97°C – ранг 4) и ДФО (0.72°C – ранг 4). Осредненная по СФО аномалия температуры была отрицательной.

Все месяцы сезона (табл. 2.1.1) в целом по РФ были теплыми, особенно июль: аномалия температуры составила +0.79°C – третья величина в ряду. Особенно выделяется АЧР в целом – аномалия температуры составила 0.73°C (ранг 2), ДФО (1.44°C – ранг 3) и регион Приамурье и Приморье (2.18°C – ранг 3). Осредненные аномалии температуры по ЮФО, СКФО и СФО были отрицательными.

Второй выдающийся месяц – контрастный август. Осредненная аномалия температуры по ЕЧР: +3.50°C – ранг 1 (осредненные аномалии температуры по всем федеральным округам ЕЧР – среди четырех самых крупных), а по АЧР: -0.15°C.

В июне особо выделяется регион Средняя Сибирь: аномалия +1.67°C (ранг 4). Осредненная аномалия температуры по ПФО была отрицательной.

Таблица 2.1.1

Регионально осредненные аномалии температуры в летние месяцы.

Регионы	Июнь			Июль			Август		
	vT_{2022}	$S_{1991-2020}$	$P(t \leq T_{2022})$	vT_{2022}	$S_{1991-2020}$	$P(t \leq T_{2022})$	vT_{2022}	$S_{1991-2020}$	$P(t \leq T_{2022})$
Российская Федерация	0.69	0.72	93.0	0.79	0.62	97.7	0.83	0.65	94.2
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	0.60	1.38	75.6	0.96	1.43	82.6	3.50	1.30	100
Азиатская часть России	0.73	0.62	94.2	0.73	0.51	98.8	-0.15	0.61	67.4
Западная Сибирь	0.07	1.94	72.1	0.09	1.45	61.6	0.84	1.33	84.9
Средняя Сибирь	1.67	1.34	96.5	0.82	0.87	86.0	-1.06	1.03	30.2
Прибайкалье и Забайкалье	0.87	1.19	89.5	-0.36	0.74	61.6	-1.67	0.94	12.8
Приамурье и Приморье	0.31	1.11	80.2	2.18	0.82	97.7	-0.59	0.86	44.2
Восточная Сибирь	0.50	0.81	90.7	1.08	0.98	94.2	0.87	1.16	93.0
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	1.02	1.32	82.6	2.11	1.60	91.9	3.80	1.17	100
Центральный	1.09	1.79	75.6	0.22	1.77	75.6	3.55	1.41	96.5
Приволжский	-0.58	1.85	52.3	0.62	1.71	73.3	3.53	1.82	96.5
Южный	1.12	1.80	84.9	-0.71	1.58	47.7	3.03	1.65	97.7
Северо-Кавказский	1.34	1.52	88.4	-0.13	1.29	60.5	2.21	1.44	97.7
Уральский	0.20	1.98	76.7	0.73	1.69	74.4	1.97	1.57	94.2
Сибирский	0.64	1.63	84.9	-0.69	1.01	46.5	-1.10	1.08	25.6
Дальневосточный	0.87	0.68	95.3	1.44	0.69	97.7	-0.13	0.77	65.1

Летом в целом по РФ (табл. 2.2 и табл. 2.2.1) выпало 104% нормы осадков. В большинстве федеральных округов (кроме СФО и ДФО) отмечался дефицит осадков. Сильный дефицит наблюдался в УФО (в среднем по федеральному округу выпало 77% нормы- шестое «самое сухое» лето в ряду).

Таблица 2.2

Регионально осредненные аномалии осадков летом 2022 г.

Регионы	vR_{2022}	RR_{2022}	m	$m-q1$	$q3-m$	$P(r \leq R_{2022})$
Российская Федерация	2.6	104	0.0	0.2	0.2	76.7
Физико-географические регионы России						
Европейская часть России	-10.7	83	-0.2	0.4	0.6	10.5
Азиатская часть России	7.8	112	0.4	1.8	1.4	94.2
Западная Сибирь	-5.8	91	-0.1	0.3	0.3	22.1
Средняя Сибирь	2.1	139	-0.1	0.4	0.5	100
Прибайкалье и Забайкалье	9.3	112	0.0	0.7	0.7	80.2
Приамурье и Приморье	12.5	112	-0.2	0.5	0.7	76.7
Восточная Сибирь	2.9	106	-0.1	0.3	0.4	61.6
Федеральные округа РФ						
Северо-Западный	-4.6	93	0.0	12.6	9.7	44.2
Центральный	-16.6	75	-3.0	5.5	11.7	9.3
Приволжский	-15.7	72	-2.9	3.7	8.2	8.1
Южный	-6.3	86	0.5	7.7	7.0	29.1
Северо-Кавказский	-3.3	95	-0.3	9.5	7.3	38.4
Уральский	-14.9	77	-0.2	4.3	3.9	5.8
Сибирский	10.2	117	0.2	3.5	3.7	93.0
Дальневосточный	11.6	118	-1.9	2.2	5.9	94.2

Примечание: 1. Аномалии vR_{2022} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за базовый период 1961-1990 гг.), RR_{2022} - отношение R_{2022} к норме, выраженное в %, $q1$, $q3$ и m - соответственно первый, третий квартиль и медиана аномалий (мм/месяц) за базовый период; вероятности неперевышения $P(r \leq R_{2022})$ - рассчитаны по выборке за 1936-2022 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_{2022}	RR_{2022}	$P(r \leq R_{2022})$	vR_{2022}	RR_{2022}	$P(r \leq R_{2022})$	vR_{2022}	RR_{2022}	$P(r \leq R_{2022})$
РФ	2.7	105	77.9	5.1	107	70.9	0.0	100	54.7
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	-7.1	89	38.4	5.6	108	64.0	-30.1	50	1.2
Азиатская часть России	6.7	113	91.9	4.9	107	69.8	12.1	117	97.7
Западная Сибирь	14.1	124	89.5	-11.6	83	10.5	-19.2	72	8.1
Средняя Сибирь	6.3	113	80.2	22.2	138	96.5	35.7	156	100
Прибайкалье и Забайкалье	7.0	111	68.6	39.4	142	96.5	-18.4	78	9.3
Приамурье и Приморье	3.8	105	53.5	-6.6	94	47.7	40.3	135	91.9
Восточная Сибирь	0.1	101	51.2	-14.3	73	8.1	23.1	139	96.5
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	-4.1	93	51.2	14.2	120	80.2	-23.9	68	10.5
Центральный	-22.4	67	15.1	14.3	119	67.4	-41.0	33	2.3
Приволжский	-6.7	89	41.9	0.5	101	50.0	-40.2	23	1.2
Южный	-5.3	90	45.3	-0.7	98	53.5	-11.9	70	19.8
Северо-Кавказский	9.4	115	69.8	-7.9	89	30.2	-11.5	78	30.2
Уральский	6.3	111	69.8	-23.5	65	3.5	-26.8	63	7.0
Сибирский	14.4	127	95.3	12.9	120	80.2	3.2	105	64.0
Дальневосточный	2.2	104	59.3	6.4	109	70.9	26.3	135	98.8

Из месяцев сезона выделяется контрастный август. В целом по ЕЧР выпало 50% месячной нормы (ранг 2 в упорядоченном по возрастанию ряду, особенно сильный дефицит осадков наблюдался в ЦФО (33% - среди трех самых «сухих» августов) и в ПФО (23% - среди двух самых «сухих» августов). В целом по АЧР в августе выпало 117% нормы – третья величина в ряду. Наибольшее количество осадков выпало в регионах Средняя Сибирь (156% - максимальная величина в ряду) и Восточная Сибирь (139% - ранг 4). Из федеральных округов выделяется ДФО (135% - ранг 2).

В июне экстремально «влажно» в СФО (127% - ранг 5).

В июле экстремально «влажно» в регионе Средняя Сибирь – выпало 138% (ранг 4 и экстремально «сухо» в УФО (65%- ранг 4 в упорядоченном по возрастанию ряду).

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 1976-2022 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 $+0.9^{\circ}\text{C}/10$ 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 $+0.9^{\circ}\text{C}/10$ 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 северо-запад Среднесибирского плоскогорья (между $55-70^{\circ}\text{с.ш.}$). Эта перемещающаяся область проявляется для сезона в целом в виде области значительно ослабленного потепления (от 0 до $+0.2^{\circ}\text{C}/10$ лет) в Западной и Средней Сибири.

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

Тренд средней по России летней температуры за период 1976-2022 гг. положителен: он составляет $+0.40^{\circ}\text{C}/10$ лет, объясняет 68% межгодовой изменчивости (табл. 3.1). Тренд примерно одинаков во все месяцы сезона и во всех случаях значим на

1%-м уровне. Сезонная температура с середины 1970-х гг. росла практически монотонно (сглаженная кривая на рис. 3.3). В июле с середины 1990-х гг. наблюдается замедление роста температуры.

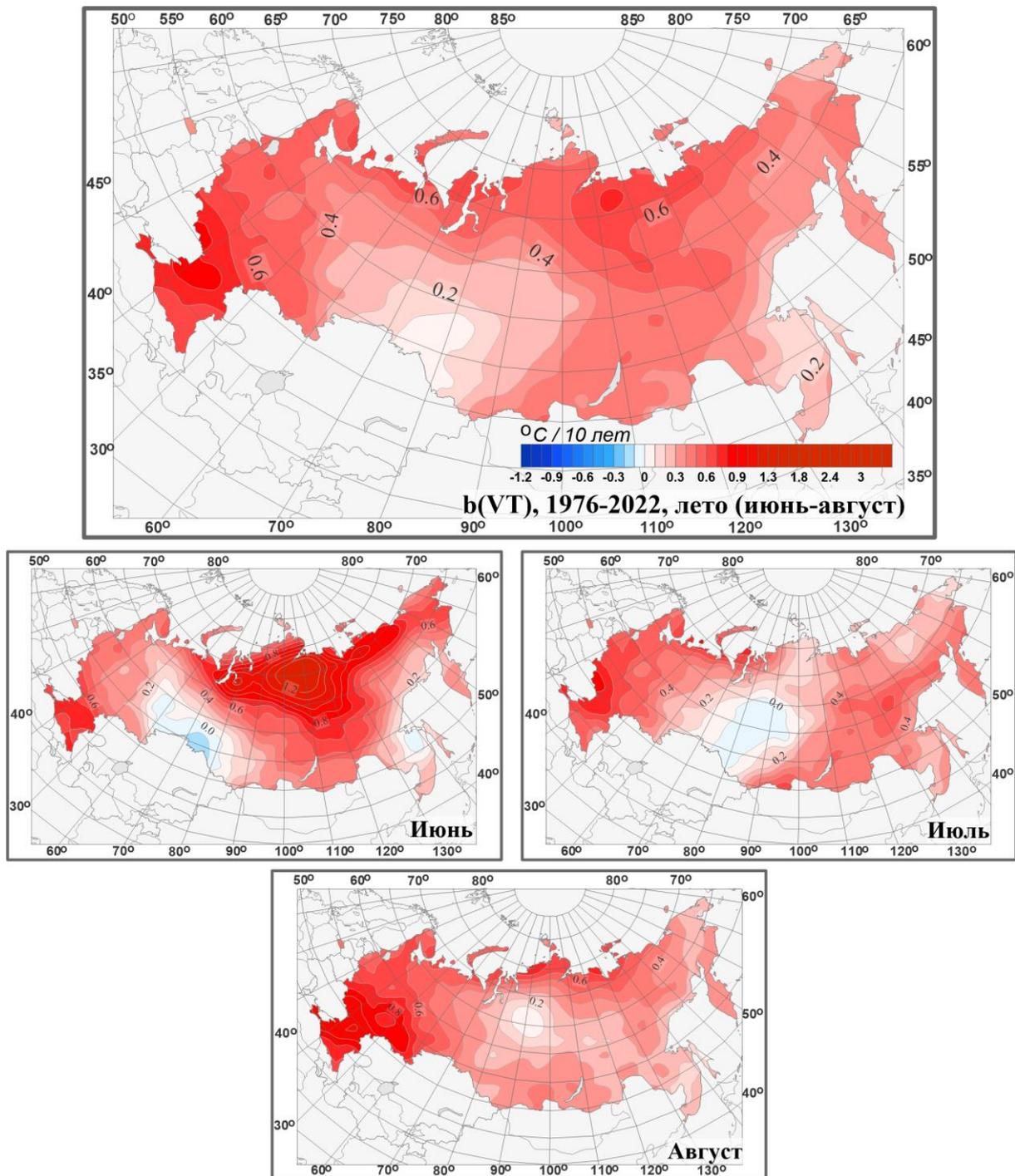


Рисунок 3.1 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий температуры ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) на территории России по данным за 1976-2022 (лето)

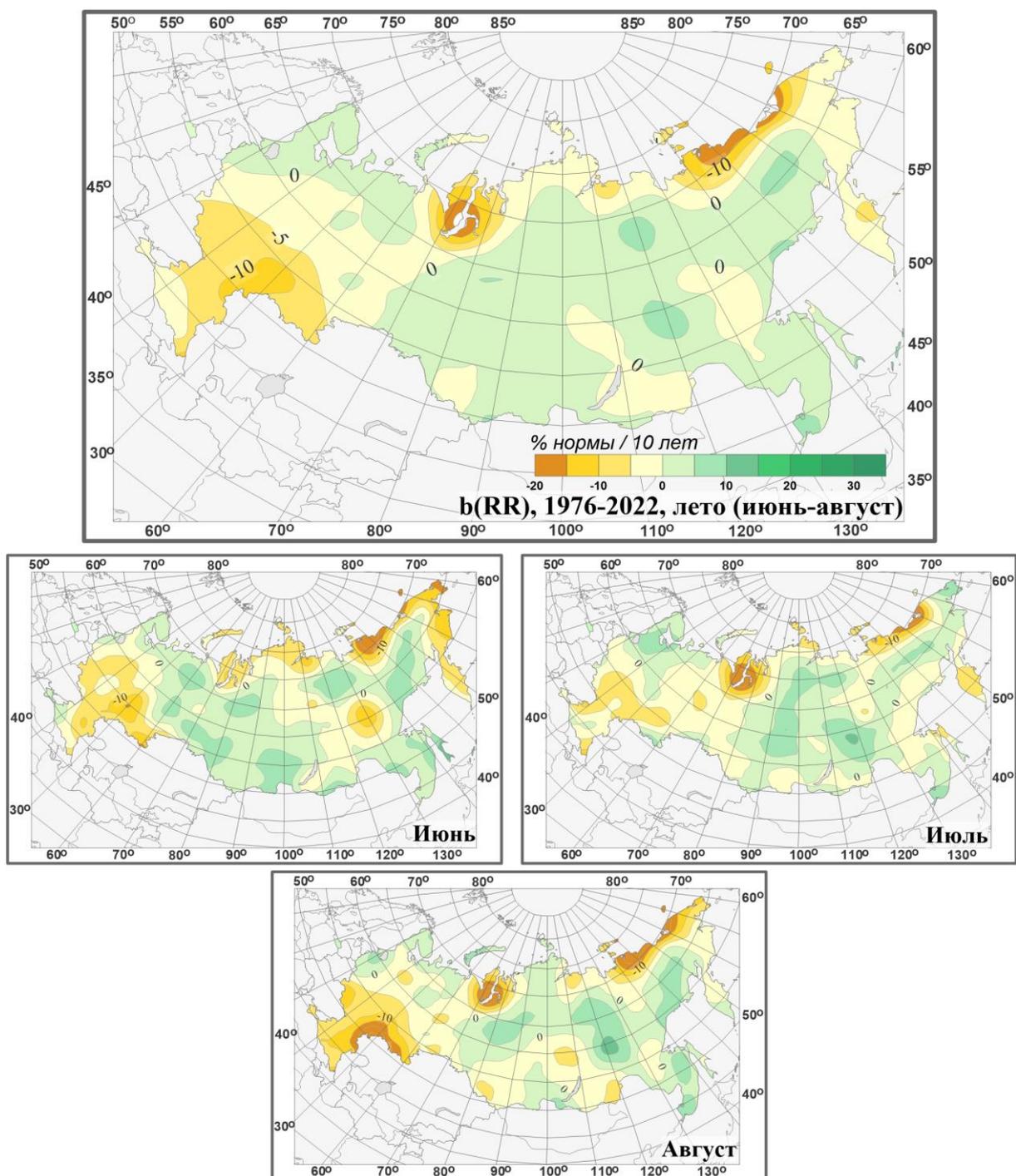


Рисунок 3.2 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий осадков (% нормы /10 лет) на территории России по данным за 1976-2022 (лето).

В изменении сумм осадков в течение всего летнего сезона (рис. 3.2) преобладает тенденция к их уменьшению на ЕЧР (центральные и южные области), и к увеличению в АЧР (кроме арктического побережья, Камчатки, Забайкалья).

Наиболее интенсивное уменьшение осадков отмечается (до 10%/10 лет): во все

месяцы сезона на 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.

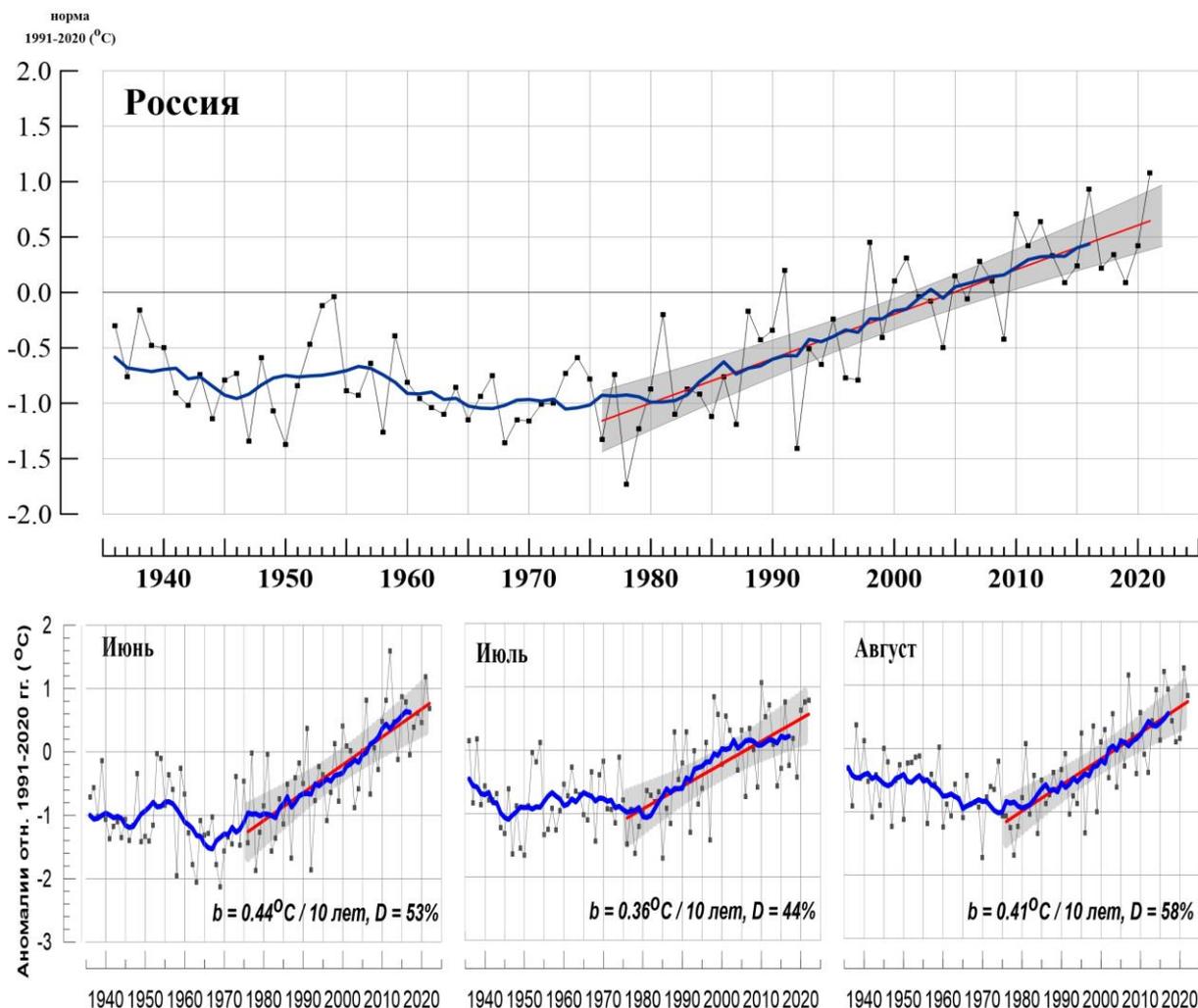


Рисунок 3.3 – Аномалия средней сезонной (вверху) и для месяцев сезона температуры приземного воздуха (°C) осредненная по территории РФ.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2022 гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда.

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

Из-за экстремально «сухого» августа на юге ЕЧР увеличилась интенсивность уменьшением осадков по сравнению с оценками за период 1976-2020 гг.

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

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

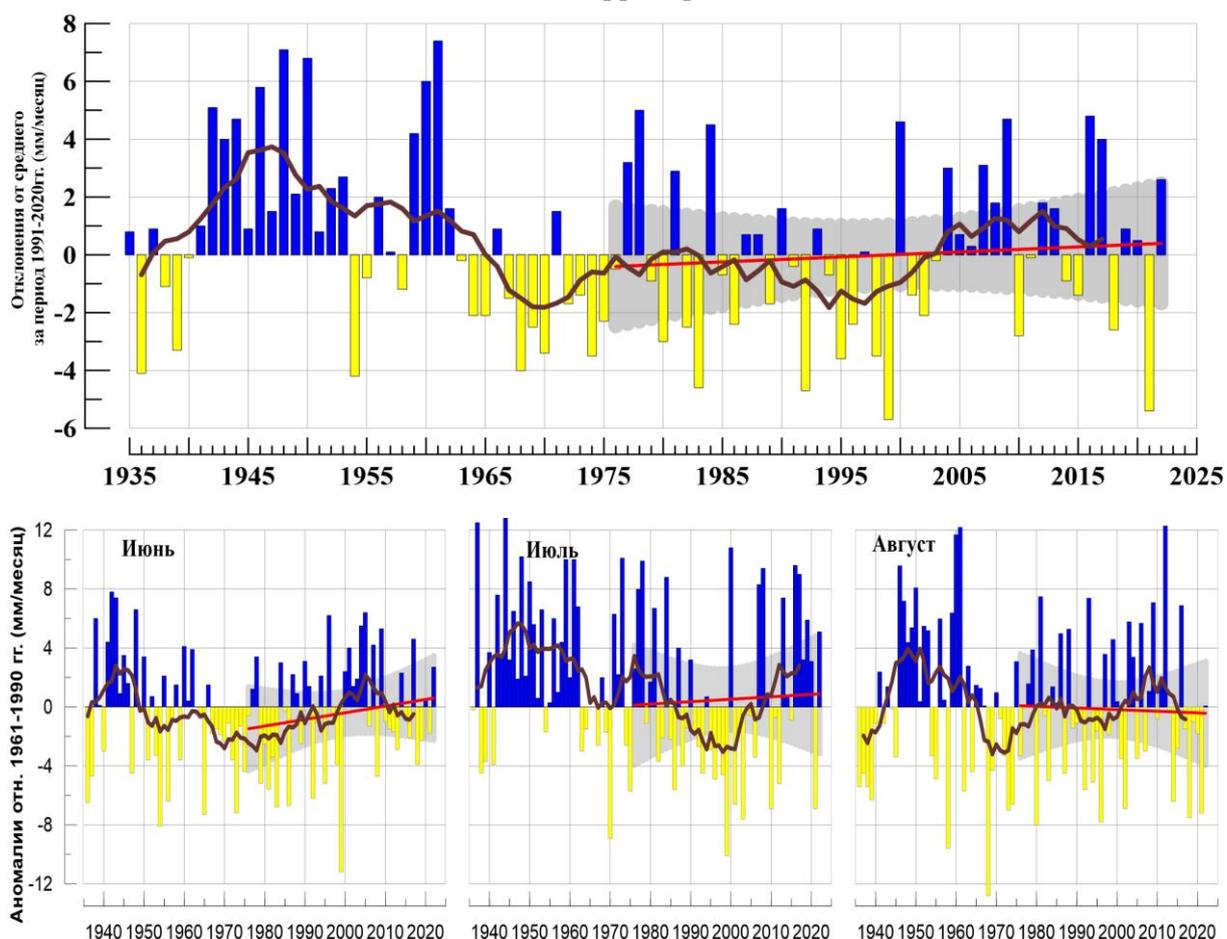


Рисунок 3.4 – То же, что на рис. 3.3, но для атмосферных осадков (мм/мес).

Таблица 3.1

Оценки линейного тренда температуры приземного воздуха и суммы осадков, осредненных по территории России и за летний сезон, за 1976-2022 гг.

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

Регион Российская Федерация	Температура		Осадки	
	b °C/10 лет	D , %	b мм/мес/10 лет	D , %
Лето	0.40	68	0.2	1
Июнь	0.44	53	0.5	3
Июль	0.36	44	0.2	0
Август	0.41	58	0.1	0

4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ЛЕТНЕГО СЕЗОНА В РЕГИОНАХ РОССИИ ЗА ПЕРИОД 1936-2022 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 – 2022 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2022 гг., рассчитанные методом наименьших квадратов. Величины трендов и объясненные трендами доли дисперсии рядов представлены в таблице 4.1.

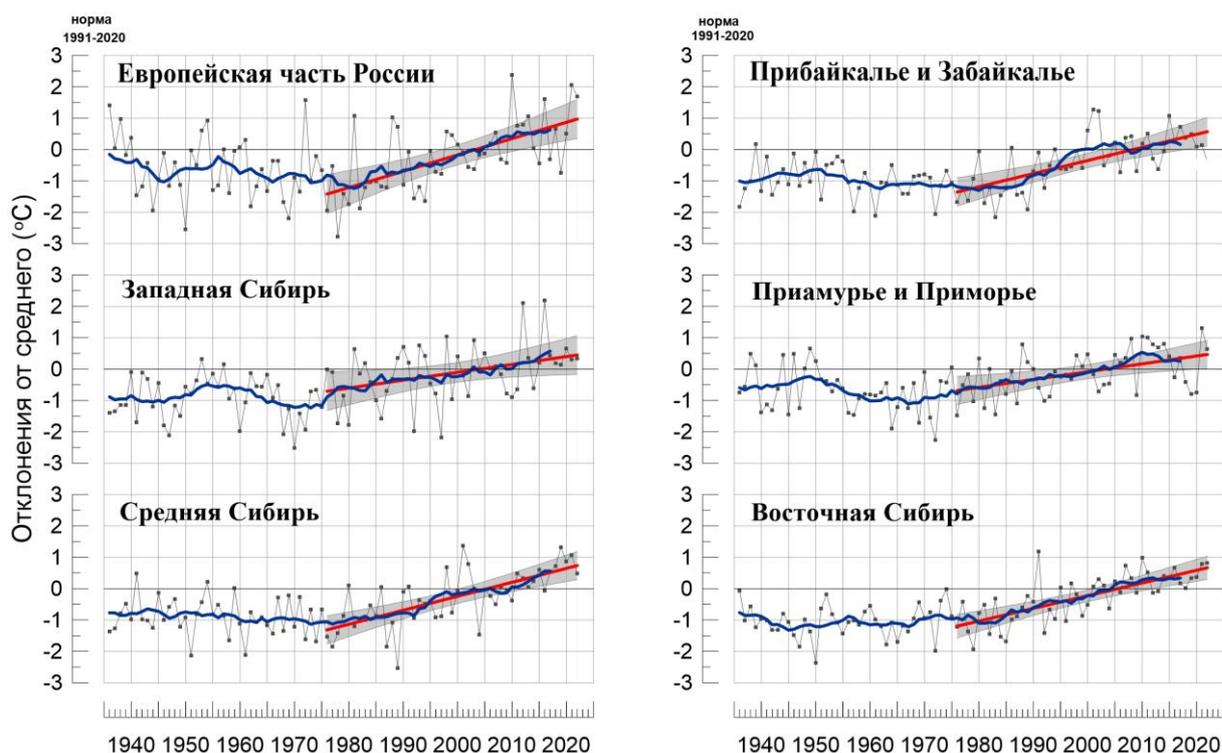


Рисунок 4.1 - Сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории физико-географических регионов РФ, лето 2022 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2022 гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда.

Во всех регионах в среднем за период 1976-2022 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 1976-2022 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	0.40	68	0.2	0.3	1
Физико-географические регионы России					
Европейская часть России	0.52	41	-1.5	-2.3	6
Азиатская часть России	0.36	67	0.8	1.2	9
Западная Сибирь	0.25	14	0.5	0.8	1
Средняя Сибирь	0.45	49	1.6	3.0	9
Прибайкалье и Забайкалье	0.42	46	0.9	1.2	2
Приамурье и Приморье	0.25	24	2.1	2.1	3
Восточная Сибирь	0.40	54	-0.5	-1.0	1
Федеральные округа РФ					
Северо-Западный	0.47	34	0.7	2.0	1
Центральный	0.61	37	-3.4	-3.8	11
Приволжский	0.45	22	-2.9	-3.9	11
Южный	0.74	54	-1.9	-5.4	5
Северно-Кавказский	0.62	56	-1.2	-2.4	1
Уральский	0.32	15	0.1	1.3	0
Сибирский	0.30	36	1.3	1.5	9
Дальневосточный	0.40	63	0.7	1.4	2

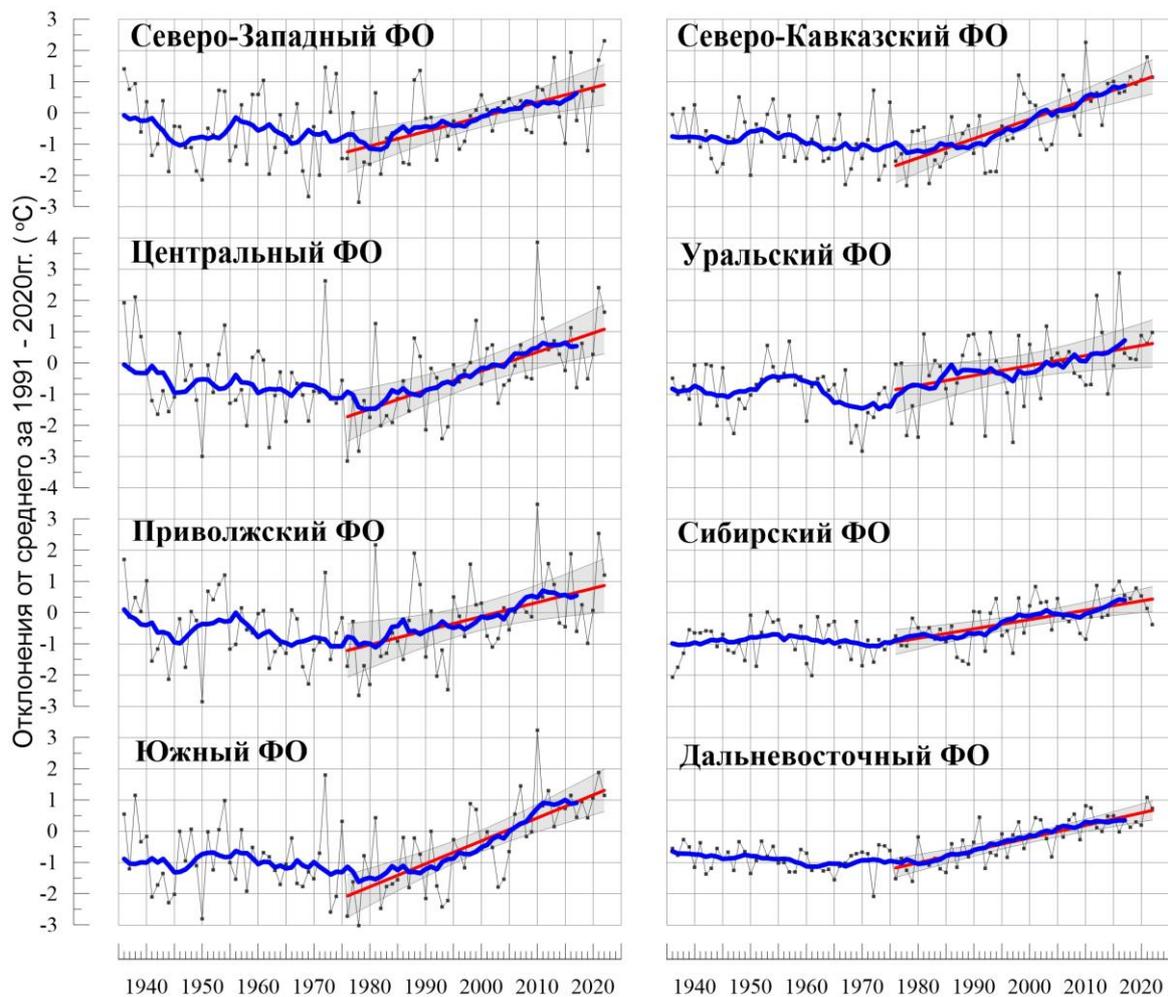


Рисунок 4.2 – То же, что на рис.4.1, но для федеральных округов

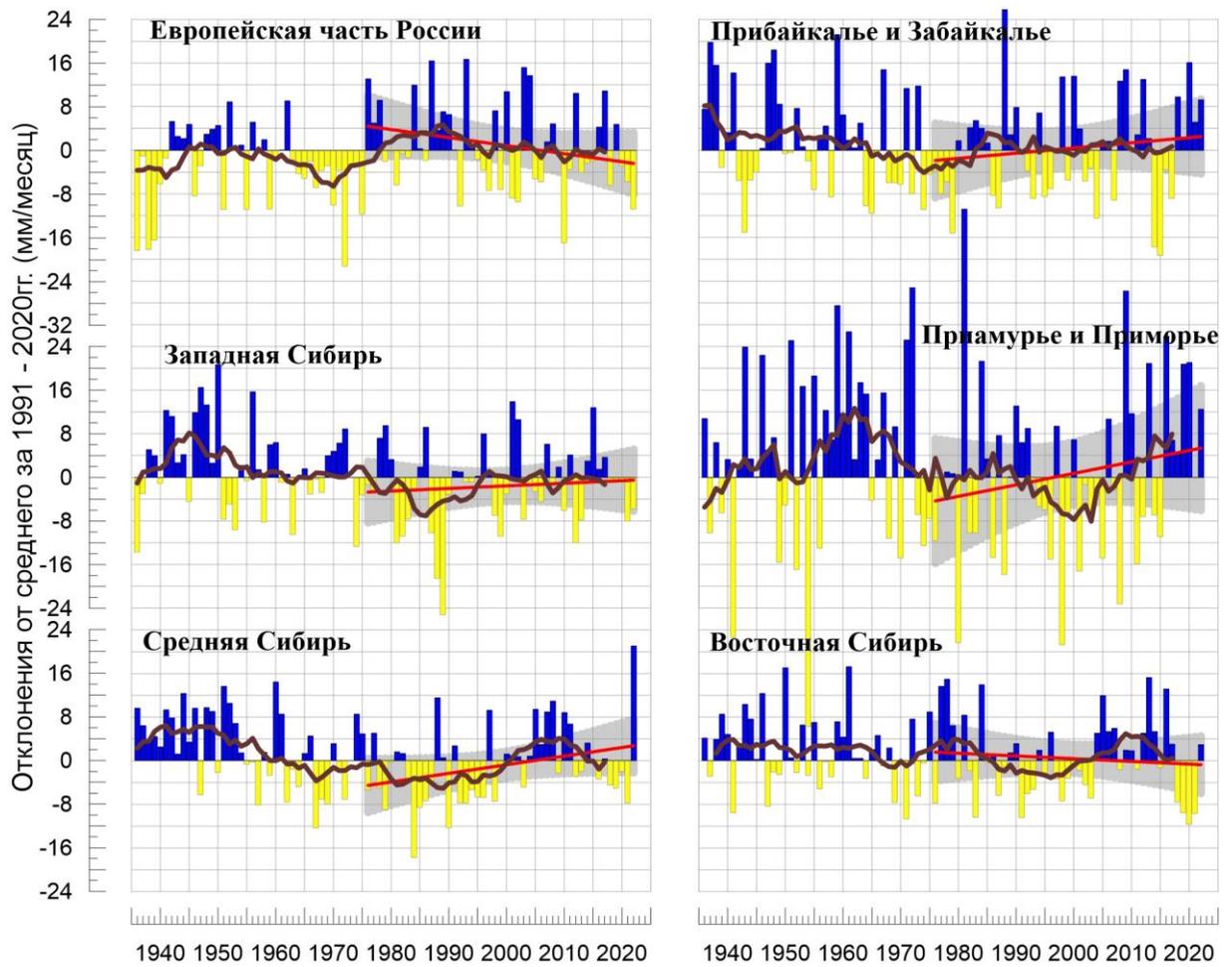


Рисунок 4.3 - Сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории регионов РФ, лето 2022 г.

Условные обозначения см. на рис. 4.1.

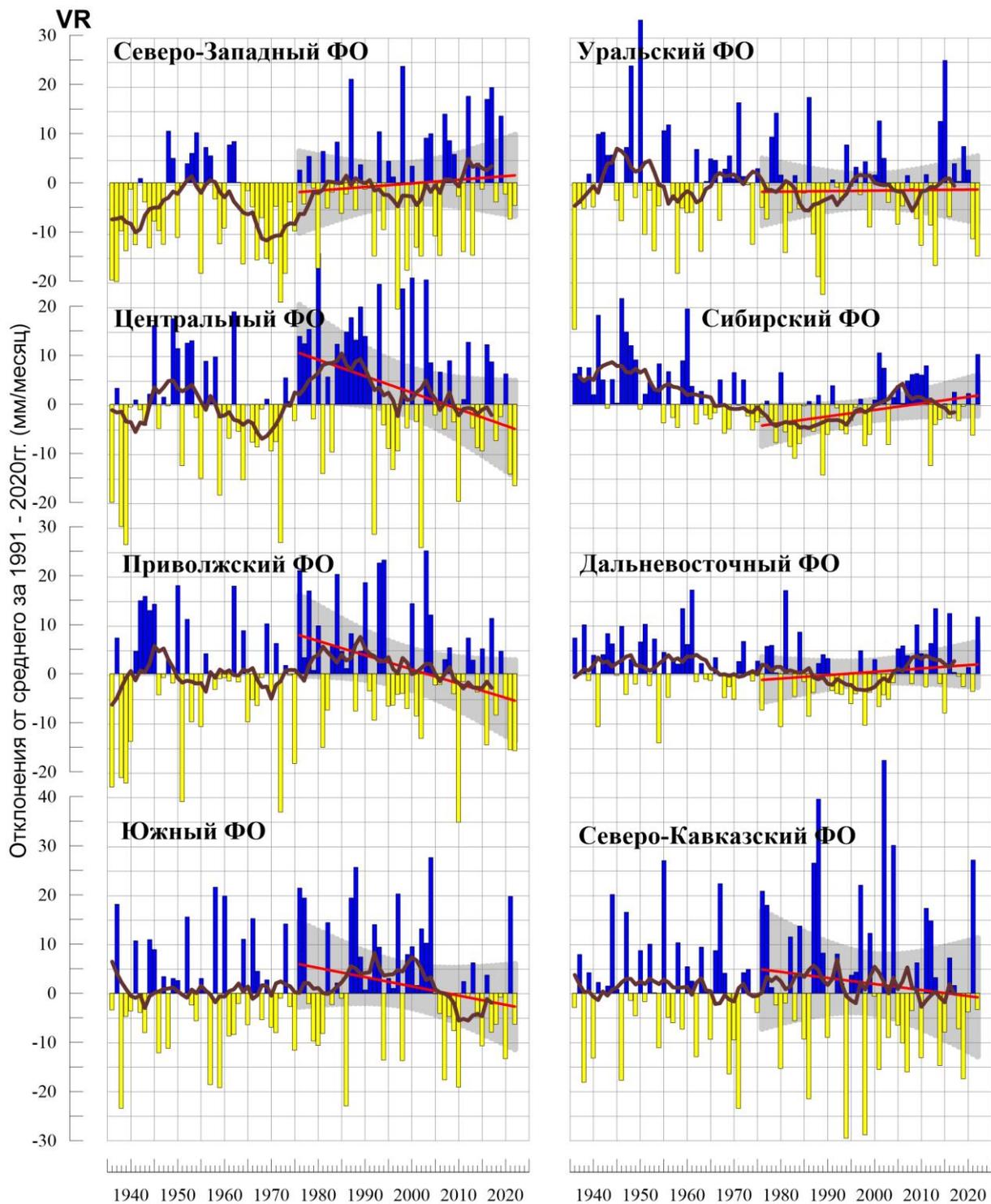


Рисунок 4.4 – То же, что на рис.4.3, но для федеральных округов

5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2022 гг. (летний сезон)

В разделе приведены некоторые индексы экстремальности и аномальности для летнего сезона в целом по территории России за период 1936 -2022 гг. (рис. 5.1. – 5.4). В качестве индексов экстремальности рассматриваются доли площади под крупными аномалиями температуры и осадков (вероятности не превышения ниже 20% и выше 80%), а также экстремальными (абсолютная величина превосходит 2 стандартных отклонения) аномалиями температуры.

Температура. Летом 2022 года 64% площади территории России (ранг 3-4) были заняты крупными положительными аномалиями (выше 80-го перцентиля) (максимальная величина зафиксирована летом 2021 года – 70% площади) . Областей отрицательных аномалий (ниже 20-го перцентиля) летом 2022 года не наблюдалось (рис. 5.1). В изменении площади под крупными положительными аномалиями тренд за период 1976-2022 составляет 11.7%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 61%). Рост суммарной площади с крупными аномалиями обоих знаков составляет 4.2%/10 лет (17%)

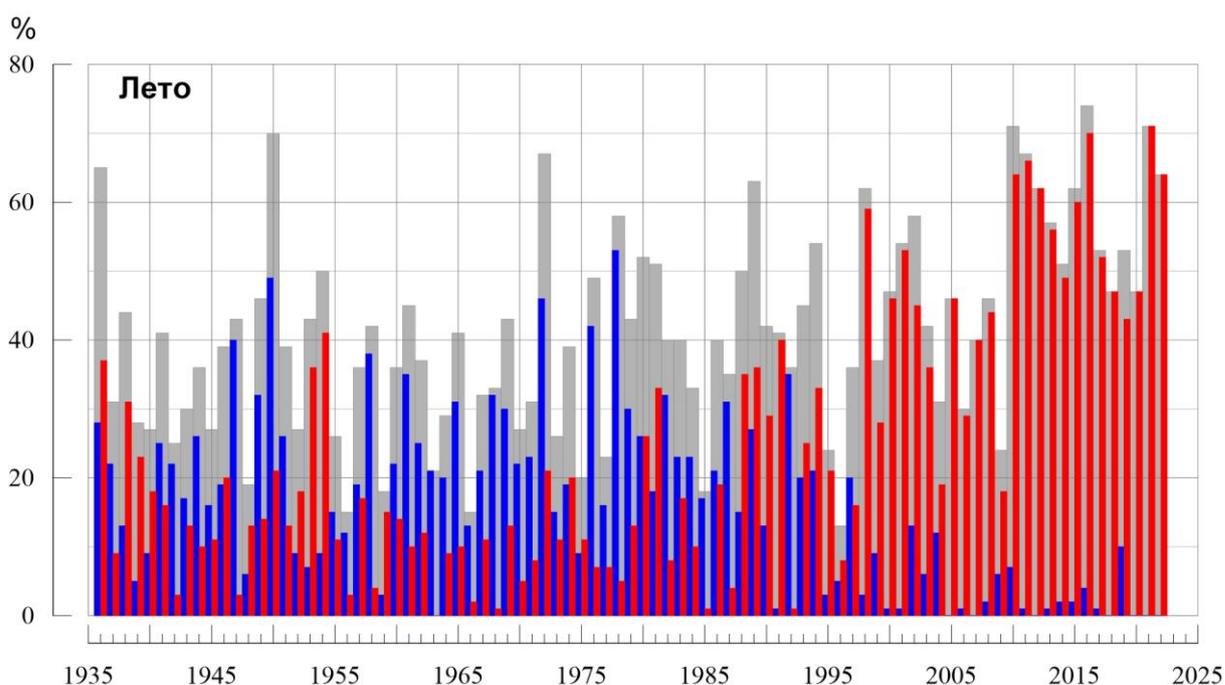


Рисунок 5.1 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями температуры, 1936-2022 гг. (лето):

— 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 2022 года доля площади РФ, занятая экстремально теплыми аномалиями (выше $+2\sigma$) составила 30% (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 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%).

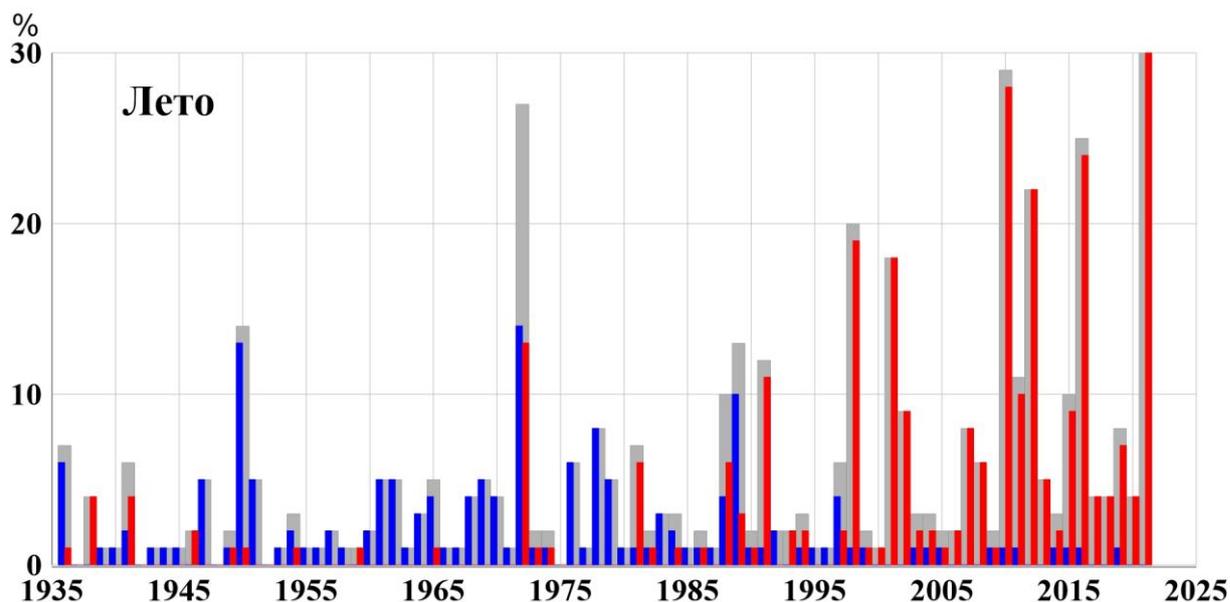


Рисунок 5.2 - Доля площади РФ (в процентах) с экстремальными (сезонная аномалия меньше -2σ : синие столбики, больше $+2\sigma$: красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры летом, 1936-2022 гг. Базовый период для расчета статистик: 1961-1990 гг.

Индекс аномальности Багрова (рис. 5.3) в 2022 году составил 1.9 – ранг 4-7. Аномальность температурного режима на территории РФ в летний сезон растет: тренд за 1976-2022 гг. объясняет 52% общей дисперсии ряда.

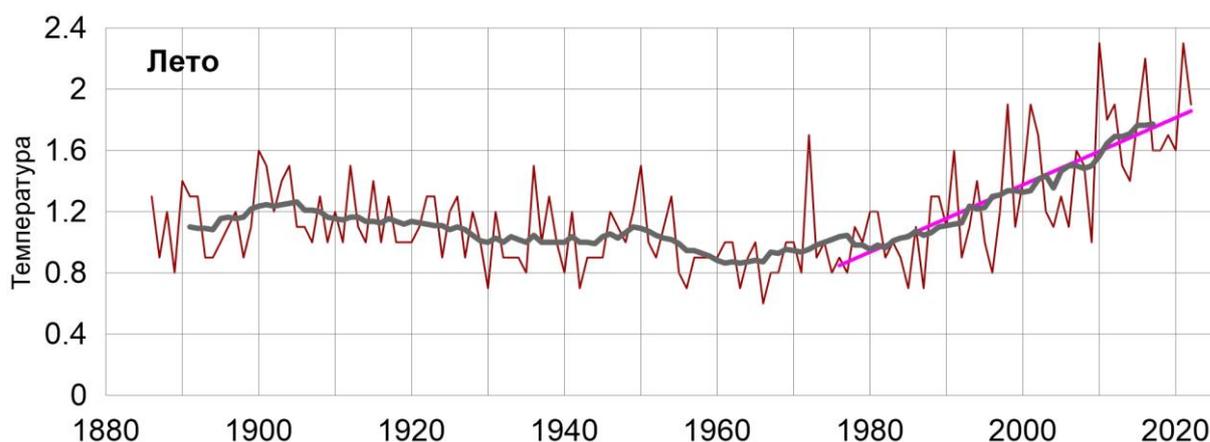


Рисунок 5.3. - Индекс аномальности (индекс Багрова) температурного режима на территории России летом 1886-2022 гг.

Осадки. Летом 2022 года площадь, занятая экстремальными аномалиями осадков меньше 20-го перцентиля, составила 13%, а занятая аномалиями больше 80-го перцентиля - 24% (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.

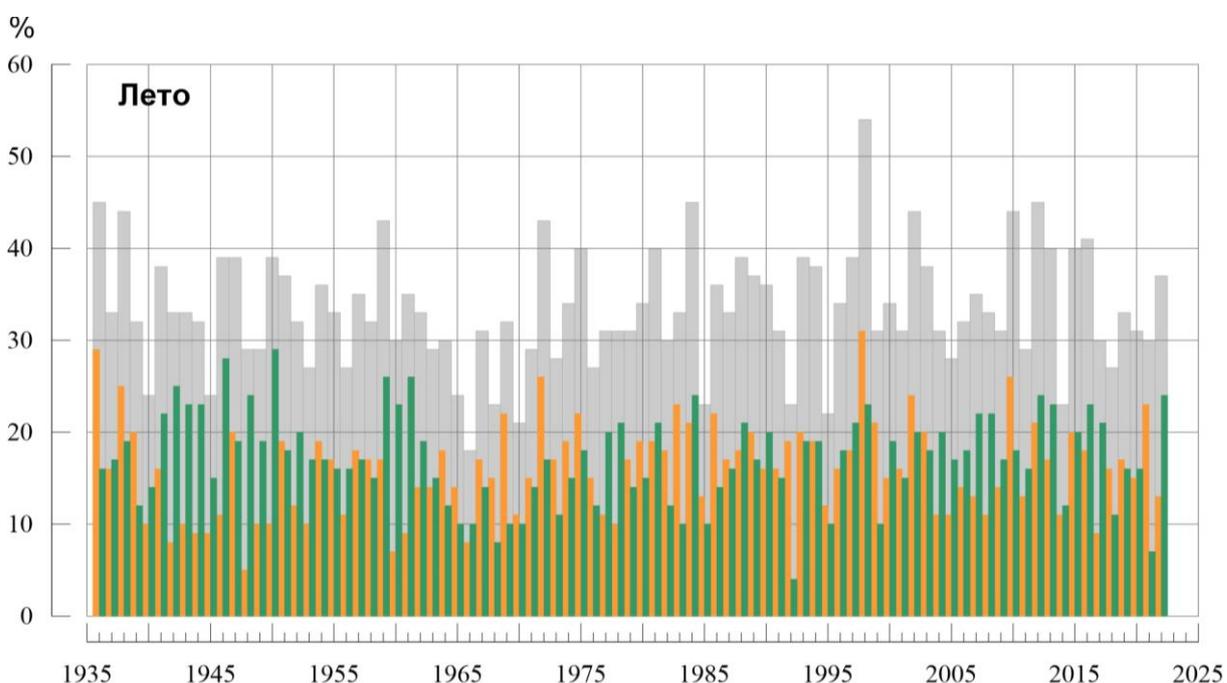


Рисунок 5.4 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями осадков, 1936-2022 гг. (лето):

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

ВЫВОДЫ

1. Лето для Северного полушария в целом было экстремально теплым: аномалия температуры воздуха над сушей СП составила $+1.561^{\circ}\text{C}$ (при стандартном отклонении 0.35°C) – вторая величина в ряду с 1850 г. и ожидаемая при потеплении (разность между величиной сезонной аномалии и величиной тренда составляет лишь $+0.019^{\circ}\text{C}$).

2. Лето в России - очень теплый сезон в году. Осредненные по РФ в целом, и по ЕЧР, аномалии температуры составили $+0.77^{\circ}\text{C}$ и $+1.69^{\circ}\text{C}$ – третьи величины в соответствующих рядах, а по АЧР: $+0.77^{\circ}\text{C}$ – шестая величина в ряду. 95%-е экстремумы отмечались, во-первых, в центре и на севере ЕЧР и на севере Западной Сибири; во-вторых, на юге Якутии, в Хабаровском крае, на Камчатке, на Сахалине; в-третьих – в кавказском регионе. Температуры ниже климатической нормы наблюдались в центральных и южных районах СФО и юго-западных районах ДФО и на Чукотке.

3. Доля площади территории России, занятая крупными положительными среднесезонными аномалиями температуры (выше 80-го перцентиля), составила 64% (ранг 3-4), а под экстремальными положительными аномалиями (выше 2σ) 30% (ранг 1).

4. Во все месяцы сезона наблюдались обширные области с экстремальными температурами (в ДФО - июне и в июле, во все месяцы сезона, в ЕЧР – в августе).

5. Особо следует отметить август, который был достаточно контрастным месяцем. Температуры выше 95%-го перцентиля наблюдались всюду на ЕЧР (3.50°C – максимальная величина в ряду), осредненные по всем федеральным округам аномалии температуры среди четырех самых крупных. Еще одна область с температурами выше 95%-го перцентиля – большая часть Якутии, Магаданская область,

В августе в СФО и на юге ДФО температуры были ниже климатической нормы (на ряде станций фиксировались 5%-е экстремумы).

6. Июль – второй выдающийся месяц в сезоне, осредненная по РФ аномалия $+0.79^{\circ}\text{C}$ (ранг 3). Экстремально тепло (95%-е экстремумы) на севере ЕЧР, в центре и на юго-востоке ДФО (1.44°C – ранг 3). (осредненная аномалия температуры по АЧР в целом: $+0.73^{\circ}\text{C}$ (ранг 2), по региону Приамурье и Приморье: 2.18°C (ранг 3)). Температуры ниже климатической нормы наблюдались в ЮФО, на юге СФО, на Чукотке.

7. В июне (осредненная по РФ аномалия $+0.69^{\circ}\text{C}$ (ранг 7)) экстремально тепло (95%-е экстремумы температуры на станциях) в нижнем течении Енисея, в центральных районах ДФО (0.87°C – ранг 5). Температуры ниже климатической нормы наблюдались в Среднем Поволжье, на Южном и Среднем Урале, на юге Западной Сибири (аномалии до -2°C); а также в отдельных районах ДФО.

8. Выпадение осадков летом было контрастным, в среднем по РФ выпало 104% нормы осадков, по ЕЧР – 83%, а по АЧР – 112%.

Дефицит осадков наблюдался на ЕЧР и в Западной Сибири (в ЦФО (75%), в ПФО (72%), в УФО выпало (77%), на ряде станций фиксировались 5%-е экстремумы.

Избыток осадков наблюдался на большей части СФО и в ДФО (в бассейне Лены на большинстве станций наблюдались 95%-е экстремумы).

9. Летом 2022 года площадь, занятая экстремальными аномалиями осадков меньше 20-го перцентиля, составила 13%, а занятая аномалиями больше 80-го перцентиля - 24%.

10. Из месяцев сезона особо выделяется август: осредненные осадки по РФ составили 100%, по ЕЧР лишь 50% нормы (вторая среди минимальных величин в ряду), а по АЧР – 117% (третья среди максимальных величин в ряду).

Особенно сильный дефицит осадков наблюдался в ЦФО (33% нормы – третья среди минимальных величин), в ПФО (23% - вторая среди минимальных величин), а в АЧР в районе Байкала (в Прибайкалье и Забайкалье выпало 78% нормы. Значительный избыток осадков (на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы) наблюдался Среднесибирском плоскогорье и далее на восток – в ДФО выпало 135% нормы – вторая величина в ряду.

11. В июне в среднем по РФ выпало 105% нормы. Избыток осадков наблюдался на большей части АЧР, особенно в СФО (127% - ранг 5). Дефицит осадков (менее 80%) – в центре и на юге ЕЧР (89%), в Хабаровском крае, на Камчатке.

12. В июле в целом по РФ выпало 107% месячной нормы. Хорошо просматривается контраст в выпадении осадков.

Избыток осадков (на ряде станций отмечены 95%-е экстремумы) наблюдался на западе и в центре ЕЧР, а также в Средней Сибири (138% - ранг 4). Сильный дефицит осадков (фиксировались 5% экстремумы) наблюдался в УФО (65% нормы – среди четырех самых «сухих» июлей в ряду); а также вдоль побережья Охотского моря (в Хабаровском крае, в Магаданской области).

13. Летом атмосферные засухи наблюдались во многих областях ЮФО, СКФО, ПФО, ЦФО и УФО. Наибольшего развития атмосферные засухи получили в августе из-за экстремальных температурных условий и условий выпадения осадков.

14. В целом по России линейный тренд летней температуры воздуха за период 1976-2022 гг. положителен и составляет $+0.40^{\circ}\text{C}/10$ лет, объясняет 68% 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 $+0.9^{\circ}\text{C}/10$ 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 2022 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 неперевышения» текущего значения во временном ряду рассматриваемой переменной за некоторый период с 1936 по 2022 гг. (доля значений временного ряда, меньших либо равных текущему значению).

Осреднение по регионам выполняется по станционным данным об аномалиях климатических переменных с использованием двухступенчатой процедуры. На первом этапе территория региона покрывается регулярной сеткой (разрешением 2.5 градуса

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

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

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

СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ЛЕТОМ 2022 г.

В таблицах 2 и 3 приведены станционные данные о наблюдаемой температуре и осадках для каждого месяца рассматриваемого летнего сезона и для сезона в целом, а на рисунках 1 и 2 – соответствующие этим данным распределения аномалий (поля изолиний), также для сезона и для каждого из месяцев. В таблицах 4 и 5 приведены аномалии температуры и осадков, а также оценки трендов, в среднем по всей территории республики Беларусь.

Таблица 2

Характеристики температурного режима на станциях Беларуси летом 2022 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>	19.50	18.90	20.43	20.63	19.77	20.93
Июнь	18.9	18.3	20.4	20.3	19.7	21.0
Июль	18.7	17.9	19.7	19.7	18.6	19.8
Август	20.9	20.5	21.2	21.9	21.0	22.0
б) аномалия температуры (град. Цельсия)						
<i>Лето</i>	1.6	0.8	1.42	1.69	1.18	1.49
Июнь	1.9	1.23	2.45	2.29	1.89	2.41
Июль	-0.28	-1.15	-0.21	-0.12	-0.94	-0.61
Август	3.18	2.32	2.02	2.9	2.6	2.66

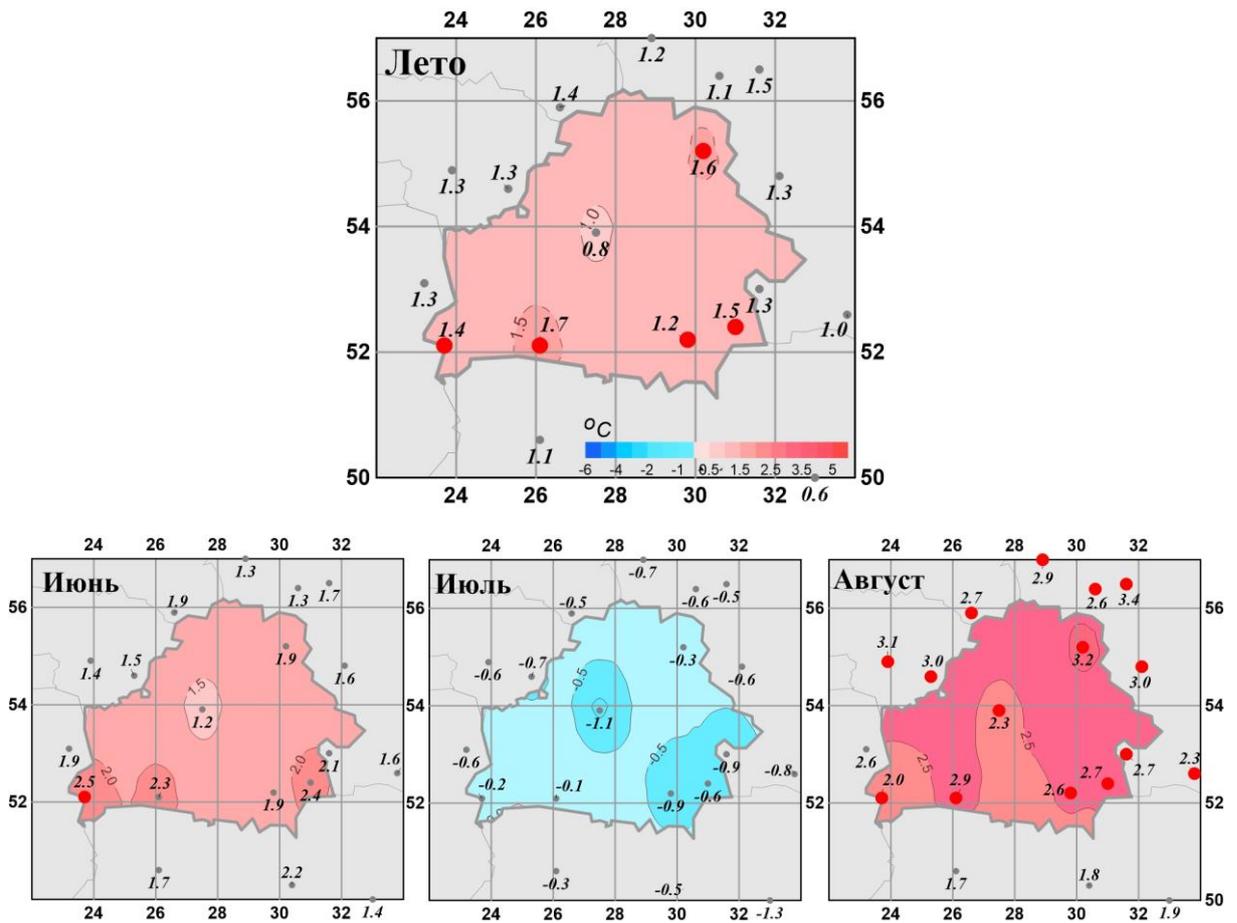


Рисунок 1 - Средние сезонные и средние месячные аномалии температуры (°C) приземного воздуха на территории республики Беларусь летом.

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

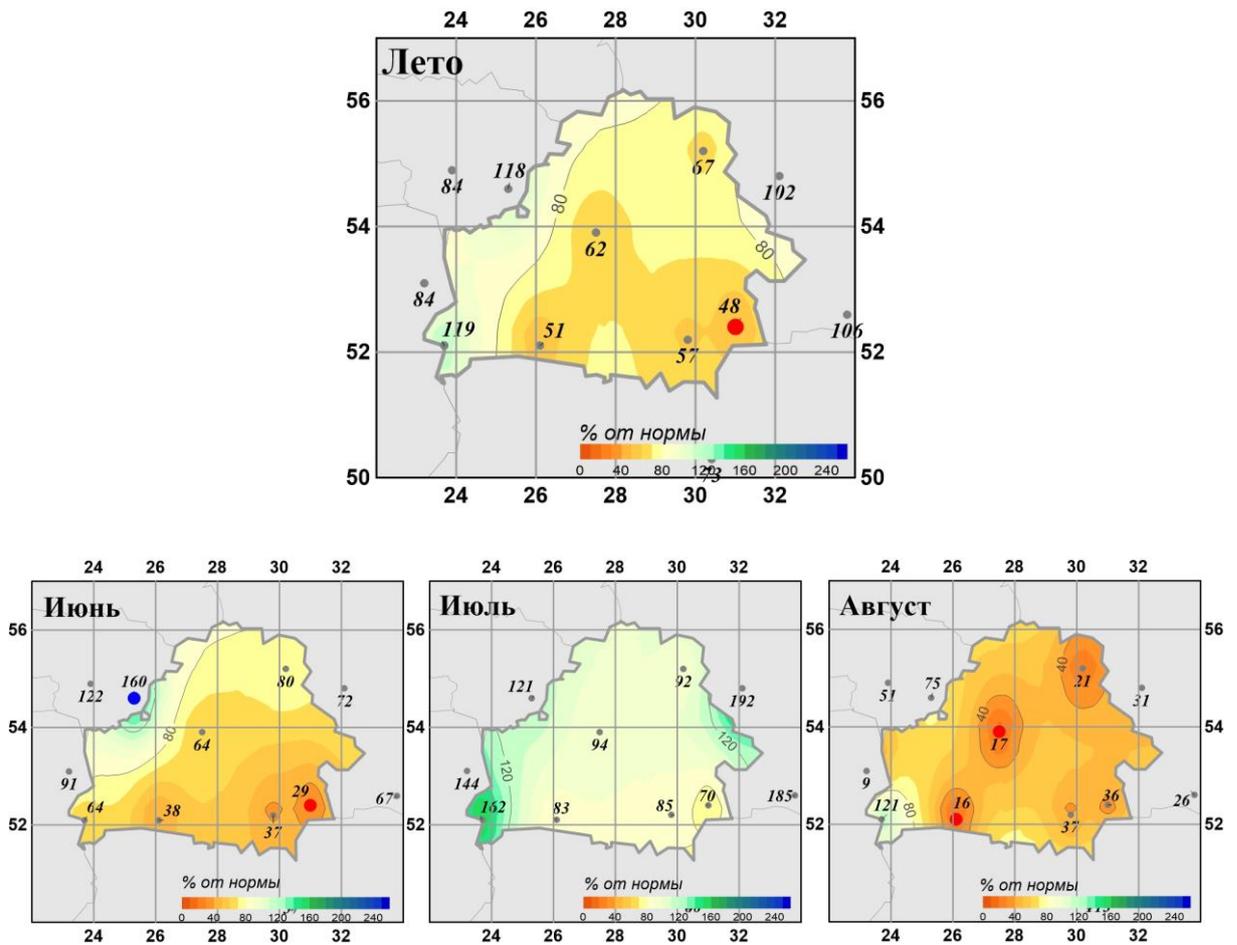


Рисунок 2 - Средние сезонные и месячные аномалии атмосферных осадков (% от нормы) на территории республики Беларусь летом.
 Аномалии рассчитаны относительно периода 1961-1990 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) и осадков (в % от нормы) на станциях.
 Красным кружком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

Таблица 3

Характеристики режима осадков на станциях Беларуси летом 2022 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>	53.7	51.0	84.3	38.0	42.7	36.3
Июнь	60	50	43	28	27	21
Июль	86	91	136	77	80	68
Август	15	12	74	9	21	20
б) Аномалия сумм осадков / (мм/месяц)						
<i>Лето</i>	-26.8	-30.6	13.4	-36.3	-32.0	-38.8
Июнь	-15.3	-28.0	-24.5	-45.4	-45.3	-51.7
Июль	-7.0	-6.1	52.2	-15.8	-14.7	-29.5
Август	-58.1	-57.6	12.6	-47.7	-36.1	-35.2
в) Относительная аномалия сумм осадков (% от нормы)						
<i>Лето</i>	67	62	119	51	57	48
Июнь	80	64	64	38	37	29
Июль	92	94	162	83	85	70
Август	21	17	121	16	37	36

На рисунках 3, 4 показаны временные ряды осредненных по территории Беларуси сезонных и месячных аномалий температуры воздуха и осадков с 1936 по 2022 гг.

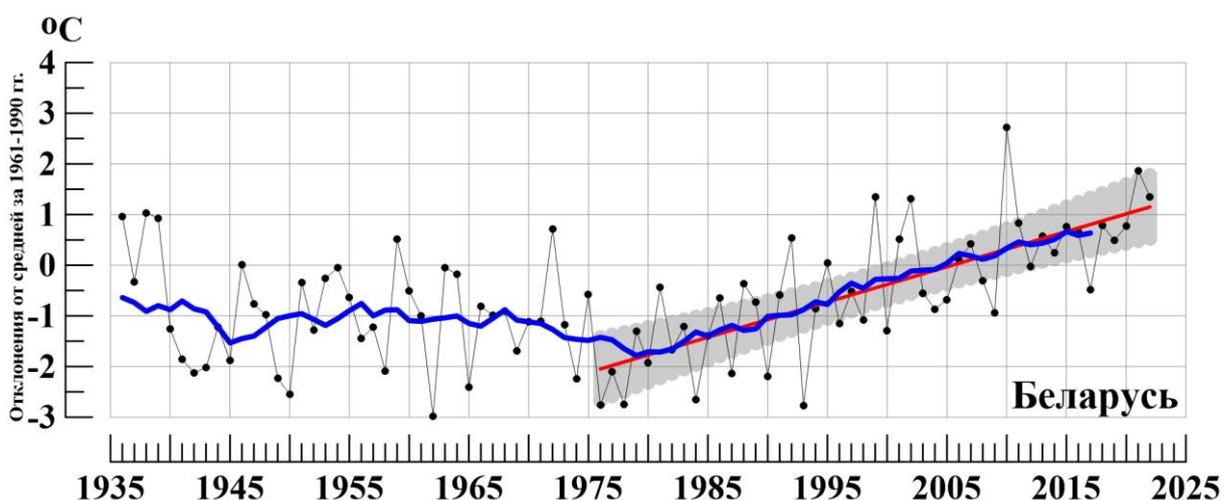


Рисунок 3 - Сезонные (июнь - август) аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2022 гг.

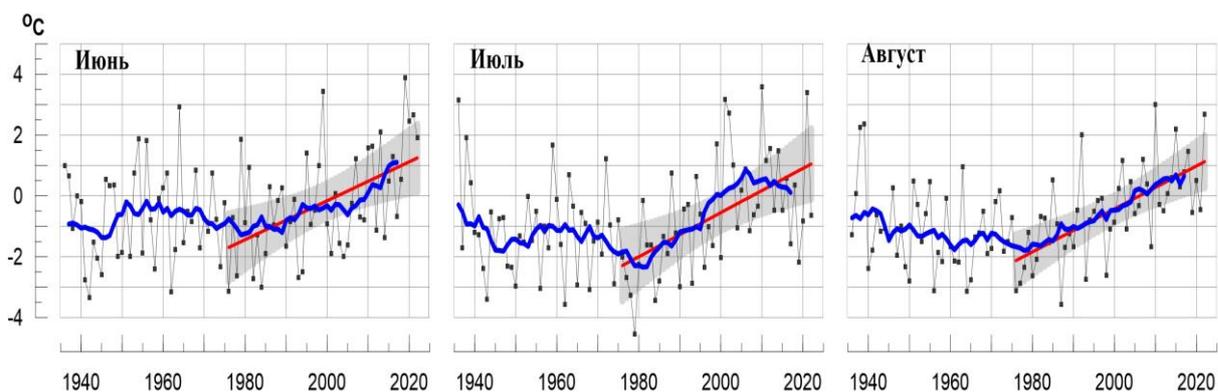


Рисунок 4 - Средние месячные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рисунке 3.

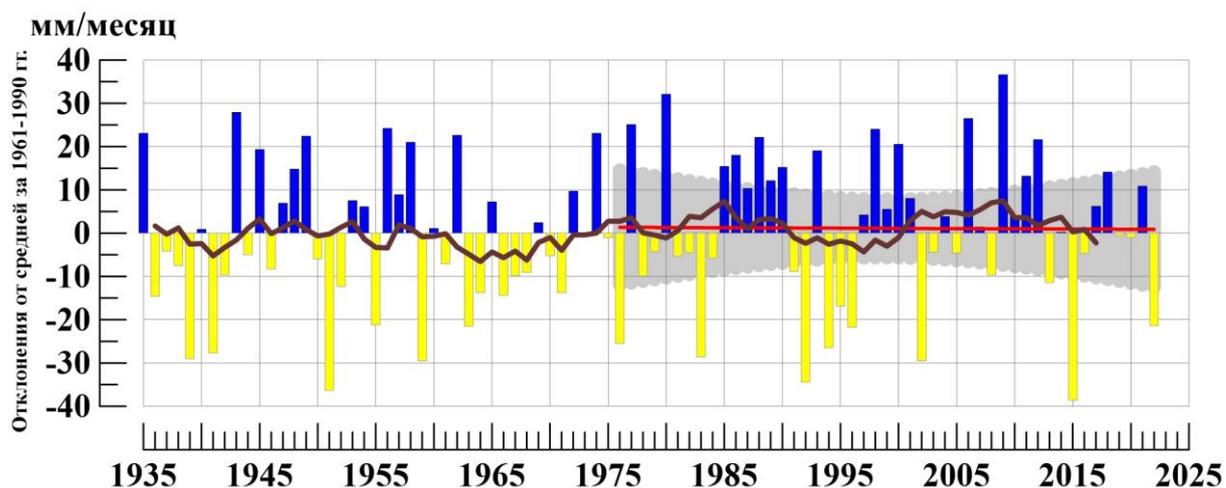


Рисунок 5 - Сезонные (июнь - август) аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рис. 3

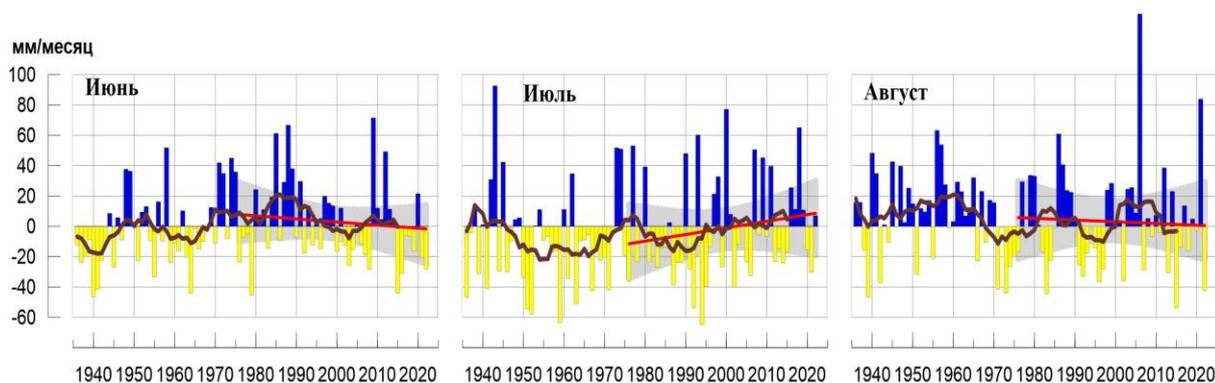


Рисунок 6 - Средние месячные аномалии атмосферных осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рисунке 3.

Таблица 4

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

	νT_{2022}	s	RR_{2022}	νR_{2022}	s
Лето	1.35	1.04	72	-21.4	18.4
Июнь	1.91	1.69	61	-28.2	24.1
Июль	-0.65	1.61	107	6.9	36.2
Август	2.69	1.27	35	-42.4	35.0

Примечание: Аномалии νT_{2022} ($^{\circ}C$), νR_{2022} (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 1976-2022 гг. в среднем по Республике Беларусь

Сезон	Температура		Осадки	
	$b_{1976-2022}$ $^{\circ}C/10$ лет	$D_{1976-2022}$ %	$b_{1976-2022}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2022}$ %
Лето	0.70	55	-0.1	0
Июнь	0.64	25	-3.2	3
Июль	0.73	29	3.3	2
Август	0.71	42	-0.2	0