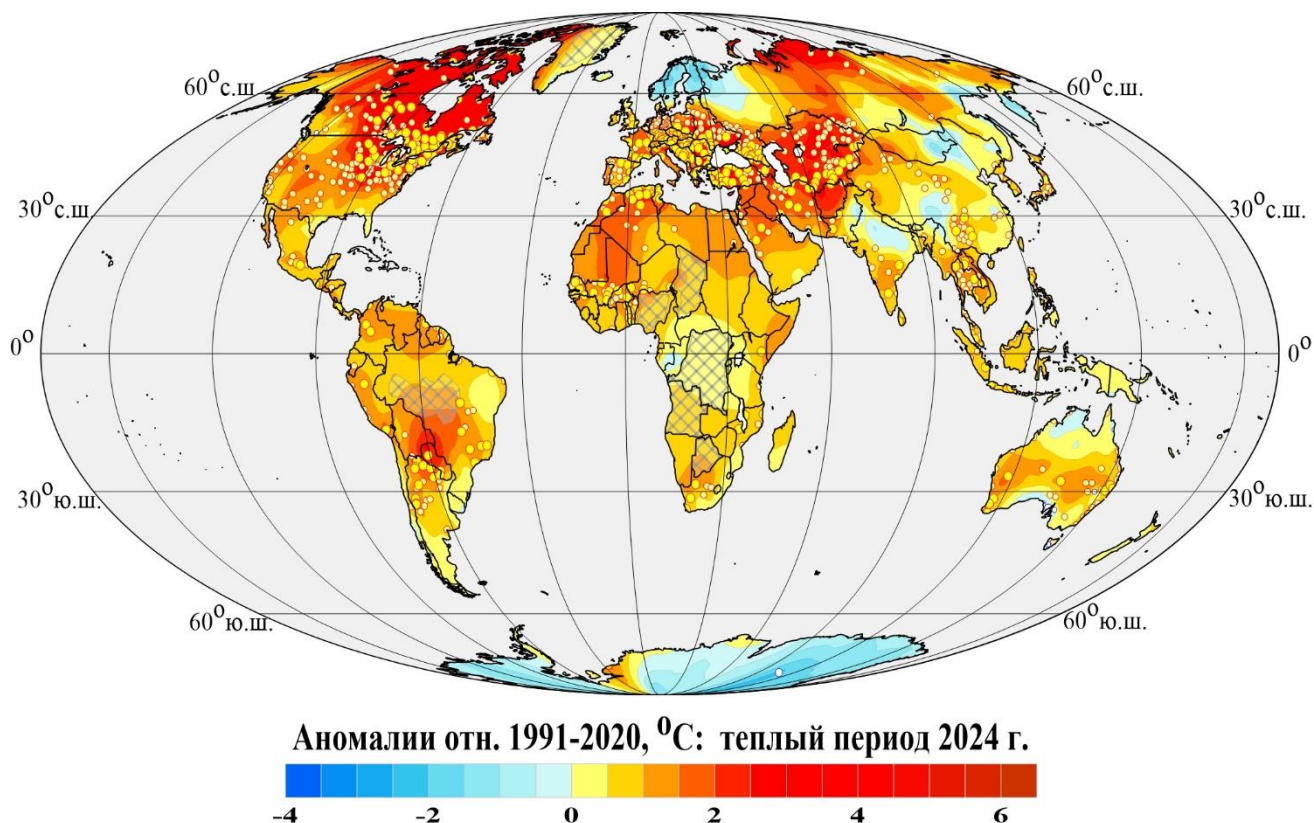


Федеральная служба
по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА Теплый период (2024_{IV-IX})

Обзор состояния и тенденций изменения
климата Земного шара и России

★
Москва 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ¹

	ВВЕДЕНИЕ.....	3
1	ИЗМЕНЕНИЯ ЗА ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД ТЕМПЕРАТУРЫ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ШАРА, СЕВЕРНОГО, ЮЖНОГО ПОЛУШАРИЙ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ.....	6
2	ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ И РЕЖИМ ВЫПАДЕНИЯ ОСАДКОВ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ШАРА ЗА ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД 2024 Г.....	8
3	КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОГО ПЕРИОДА 2024 Г. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	12
3.1	ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА.....	12
3.2	АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ.....	16
4	ТЕНДЕНЦИИ И ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА ЗА ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД, 1976-2024 ГГ.....	19
4.1	ЗЕМНОЙ ШАР.....	20
4.2	РОССИЯ.....	23
4.2.1	ТЕМПЕРАТУРА ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА.....	23
4.2.2	АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ.....	26
5	ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ ЗА ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД, 1936-2024 ГГ.....	29
	ВЫВОДЫ.....	32

¹ На обложке приведено поле аномалий температуры приземного воздуха теплого периода 2024 гг. над сушей Земного шара, массив ТЗ288 (Аномалия температуры рассчитана как отклонение от средней температуры за базовый период 1991-2020 гг.).

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 3288 (температура и осадки) на 1383 (температура и осадки) и станциях земного шара, в том числе 455 (702) станций стран СНГ и Балтии (из них 310 (577) станций России), архивы ежемесячно пополняются средствами технологии мониторинга на основе сводок КЛИМАТ, СИНОП.

За теплый период принят период с апреля по сентябрь.

Данные об аномалиях температурного режима теплого периода 2024 гг. у поверхности земного шара также приведены по базовым архивам ФГБУ «ИГКЭ»: сопряженному архиву ПТВ (суша+море на глобальной сети 5-градусных боксов) и архиву T3288 (суша). Для осадков в целом по Земному шару оценки приведены по базовому архиву ФГБУ «ИГКЭ» R3288, а по России - по базовому архиву ФГБУ «ИГКЭ» R1383.

Параллельно в бюллетене приводятся оценки по данным о приповерхностной температуре на глобальной сети 5-градусных боксов, покрывающей всю территорию земного шара, континенты и океаны (массивы HadCRUT5, CRUTEM5, HadSST4¹⁾ данные метеослужбы Великобритании) и используются в полном соответствии с оригиналом, без какой-либо корректировки).

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 непревышения 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 регионов Земного шара (рисунок 1), для физико-географических регионов России (рисунок 2) и Федеральных округов РФ (рисунок 3). Для России на графиках данные приведены 1936 г., так как до этого срока в архиве имеются массовые пропуски данных наблюдений. В качестве региональных климатических переменных анализируются регионально осредненные аномалии и индексы экстремальности и аномальности рассматриваемых метеорологических полей.

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

¹⁾ Массивы приповерхностной температуры CRUTEM5 (только суша), HadSST4 (только море) и HadCRUT5 (суша+море) созданы и поддерживаются совместно двумя коллективами Великобритании – Хэдли-центром (Met Office Hadley Centre) и Университетом Восточной Англии (CRU UEA). Данные ежемесячно обновляются и публикуются производителем на web-сайтах <http://www.MetOffice.gov.uk> и <http://www.cru.uea.ac.uk> в форме глобальных сеточных полей (в центрах 5-градусных боксов) и глобально осредненных временных рядов (для Земного шара и обоих полушарий). В данном выпуске использованы данные HadCRUT.5.0.2.0, CRUTEM.5.0.2.0, HadSST.4.0.1.0 от 09.01.2025.

аномалий (такая процедура уменьшает смещение средних вследствие пропусков в рядах наблюдений).

В качестве региональных климатических переменных анализируются регионально осредненные аномалии и индексы экстремальности и аномальности рассматриваемых метеорологических полей.

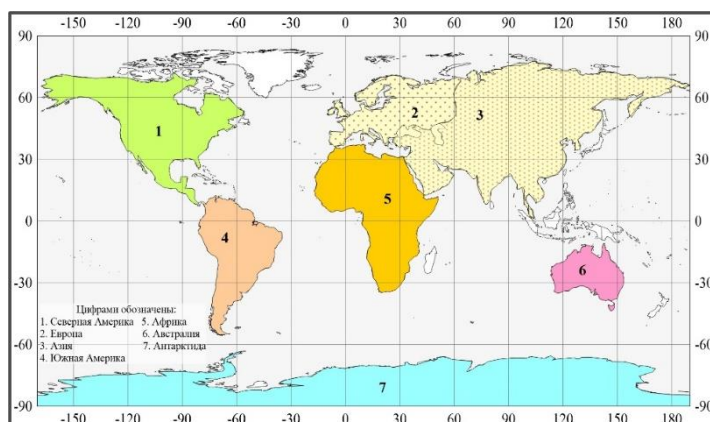


Рисунок 1 – Регионы Мира



Рисунок 2 – Физико-географические регионы РФ, рассматриваемые в Бюллетене.



Рисунок 3 - 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.

Дополнительная информация по проблеме изменений климата и годовые и сезонные бюллетени мониторинга климата регулярно размещаются на Интернет-сайте (<http://www.igce.ru/performance/publishing> (ФГБУ «ИГКЭ»).

**** 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, И.О. Попов, К.С. Свистунова, Д.С. Котова**

1. ИЗМЕНЕНИЯ ЗА ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД ТЕМПЕРАТУРЫ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ШАРА, СЕВЕРНОГО, ЮЖНОГО ПОЛУШАРИЙ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ

Глобальные временные ряды для массивов HadCrut5 и T3288 за теплый период приведены на рисунке 1.1.а, а для сопряженного массива ПТВ (суша+море) – на рисунке 1.1.б.

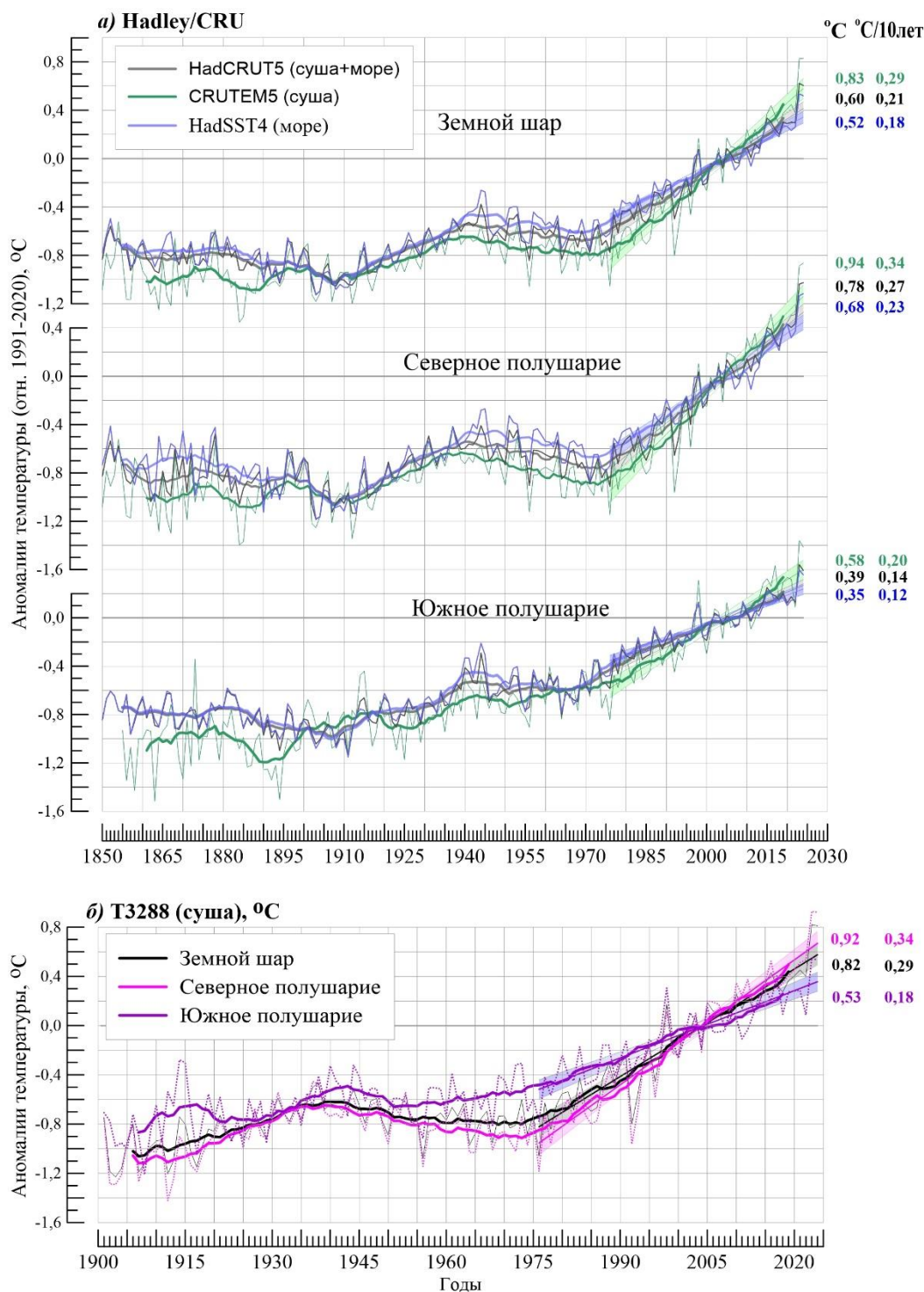


Рисунок 1.1.а – Временные ряды аномалий приземной температуры за теплый период, осредненных по территории Земного шара, Северного и Южного полушарий: а) по данным Hadley/CRU: HadCRUT5 (суша+море), CRUTEM5 (суша), HadSST4 (море), б) по данным ИГКЭ: T3288 (суша)

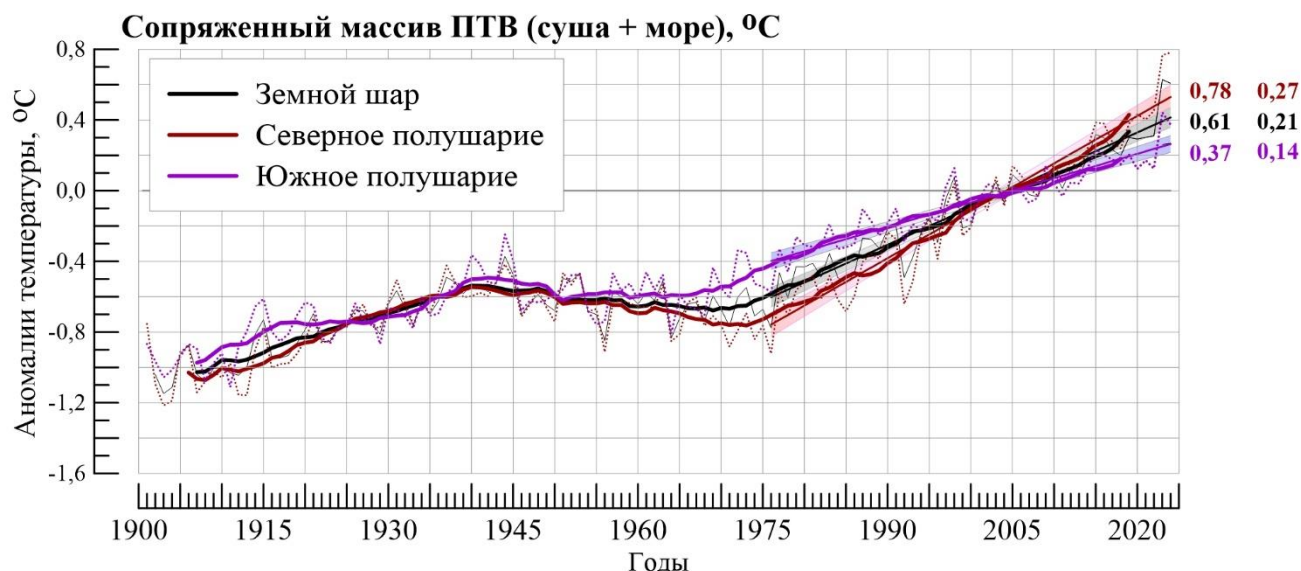


Рисунок 1.1.6 – То же, что на рисунке 1.1.а, но для сопряженного массива ПТВ (суша+море)

Для всех рядов (рисунок 1.1) показан тренд за 1976-2024 гг. (условно принят за период «современного глобального потепления») и сглаженная кривая, отражающая ход 11-летней скользящей средней. Справа, у каждой кривой приведено значение аномалии в конечной точке (теплый период 2024 гг.) и коэффициент линейного тренда за 1976-2024 гг.² На рисунке 1.2 приведены временные ряды для России в целом, ЕЧР и АЧР.

Во всех рядах с 1970-х гг. наблюдается монотонный рост температуры. Линейный тренд среднегодовой температуры за период 1976-2024 гг. составил для Земного шара $+0,29^{\circ}\text{C}/10$ лет - сопряженный массив ПТВ (суша+море), $+0,21^{\circ}\text{C}/10$ лет- массив HadCRUT5, суша+море; для России $+0,52^{\circ}\text{C}/10$ лет. Таблицы с оценками линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений годовых температур за период 1976-2024 гг. будет приведена ниже (в главе 4).

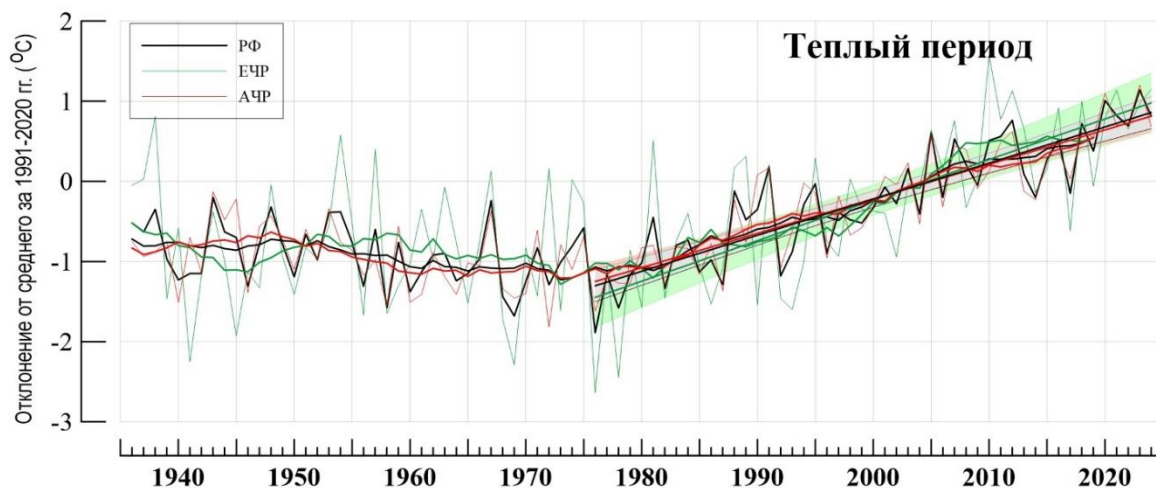


Рисунок 1.2 – Временные ряды среднегодовой аномалии приземной температуры, осредненной по территориям: Россия в целом, ЕЧР и АЧР (по данным сопряженного массива ПТВ (суша+море) ИГКЭ)

² Напомним, что сближение всех кривых на конечном отрезке периода объясняется выбором 1991-2020 гг. в качестве базового периода при расчете аномалий. В результате, все ряды приведены к единому (нулевому!) среднему значению в этом 30-летию.

2. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ И РЕЖИМ ВЫПАДЕНИЯ ОСАДКОВ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ШАРА ЗА ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД 2024 Г.

Температурный режим

В таблице 2.1 представлены значения пространственно-осредненных аномалий за теплый период 2024 г. для Земного шара и крупных регионов мира, в абсолютной (°C) и вероятностной (вероятность превышения) шкалах для разных массивов данных.

Таблица 2.1

Регионально осредненные значения аномалии приземной температуры за теплый период 2024г. (апрель - сентябрь) и их вероятности превышения

Регион	Теплый период	
	√T	F%
<i>Сопряженный массив ПТВ_{суша+море}</i>		
Земной шар	0.608	99,2
Северное полушарие	0.782	100
Южное полушарие	0.374	99,2
Северная Атлантика (30N-65N)	0.563	99,2
Северная часть Тихого океана (30N-65N)	0.942	98,4
<i>HadCRUT5 (суша+море)</i>		
Земной шар	0,567	100
Северное полушарие	0,765	100
Южное полушарие	0,369	99,2
<i>T3288 (суша)</i>		
Земной шар	0,810	99,2
Северное полушарие	0,921	99,2
Южное полушарие	0,529	99,2
Северная Америка	1,208	99,2
Евразия	0,935	100
Южная Америка	0,548	98,4
Африка	0,785	100
Австралия	0,616	99,2
Антарктида	0,681	94,3
Европа	1,316	99,2
Азия	0,829	99,2

По сопряженному массиву ПТВ (суша+море) теплый период 2024 гг. был вторым самым теплым в целом по Земному шару (+0,608°C) и по Южному полушарию (+0,374°C), а по Северному полушарию (+0,782°C) – рекордно теплым, в целом по Земному шару максимум осуществился в теплый период 2023 г. (+0,628°C).

Оценки, полученные по сопряженному массиву ПТВ (суша+море) хорошо согласуются с данными метеослужбы Великобритании. В целом по Земному шару и по Северному полушарию (массив HadCRUT5, суша+море), аномалии температуры за теплый период 2024 г. (апрель – сентябрь) составили +0,567°C, +0,765°C – максимальные значения в соответствующих рядах, а по Южному полушарию +0,369°C – вторая величина в ряду.

В целом для территории суши по Земному шару, по Северному и Южному полушариям

(массив T3288) теплый период 2024 г. оказался вторым самым теплым с аномалиями: 0,810°C, 0,921°C, 0,529°C.

Географическое распределение аномалий в теплый период 2024 г. приведено на рисунке 2.1 по сопряженному массиву ПТВ (суша+море).

Теплые условия сложились на большей части Земного шара, осредненные аномалии температуры по всем континентам (кроме Южной Америки, Антарктиды), по северной части Атлантического океана среди либо рекордные, либо вторые самые крупные в соответствующих рядах (таблица 2.1). Следует заметить, что в Южной Америке и в северной части Тихого океана теплый период был третьим самым теплым, а в Антарктиде – шестым.

95%-е экстремумы на суше фиксировались всюду в Северной Америке (кроме Аляски), в Африке, на большей части Евразии (кроме Центральной Азии и Дальнего Востока), в Австралии, на севере и в центре Южной Америки, на востоке Антарктиды (рисунок 2.1).

Отрицательные аномалии наблюдались на Аляске, в Гренландии и прилегающей к ним акватории Атлантического океана, в Центральной Азии и на Дальнем Востоке, на юге Южной Америки, на Антарктическом полуострове, в юго-восточной части Тихого океана.

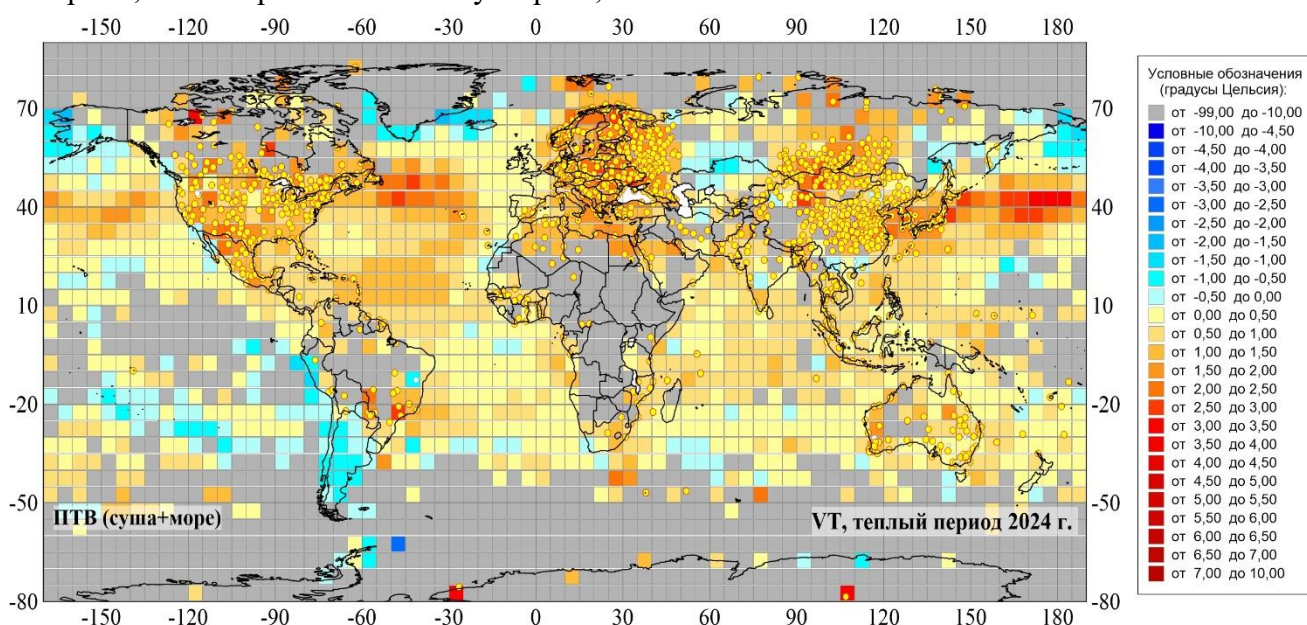


Рисунок 2.1 – Пространственное распределение аномалий приземной температуры (°C) за теплый период 2024 г. (апрель - сентябрь) по сопряженному массиву ПТВ (суша+море) (ИГКЭ). Аномалии приведены в отклонениях от средних за 1991-2024 гг. Кружками белого (минимумы) и желтого (максимумы) цвета указано положение станций с 5%-ми экстремумами холода/тепла

В таблицах 2.2 и 2.3 представлены значения пространственно-осредненных аномалий, годовых и месячных для Земного шара и крупных регионов мира для разных массивов данных.

В целом по Земному шару, Северному и Южному полушариям по данным сопряженного массива ПТВ (суша+море), по данным массива HadCRUT5 (суша+море), и в целом по Земному шару и по Северному полушарию по данным массива T3288 (суша), все месяцы теплого периода 2024 г. были либо рекордными, либо вторыми самыми крупными. В Южном полушарии по данным массива T3288 (суша) в числе первых двух самых теплых были только июнь, август и сентябрь.

В Северной Атлантике (30N-65N) рекордные значения аномалий наблюдались в апреле-мае-июне, в северной части Тихого океана (30N-65N) в мае-июне, в Евразии – в апреле, июне-июле, в Южной Америке – в апреле и сентябре, в Африке – в мае и июне, в Северной Америке - в сентябре (таблица 2.3).

Таблица 2.2

Пространственно- осредненные значения среднемесячных аномалий приземной температуры за теплый период 2024 г. и их ранги (в целом по Земному шару и полушариям)

Регион	Месяцы						Теплый период 2024 г.
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Сопряженный массив ПТВ _{суша+море}							
ЗШ	0.694 ₁	0.499 ₁	0.581 ₁	0.558 ₂	0.594 ₂	0.646 ₂	0.608 ₂
СП	0.921 ₁	0.658 ₁	0.774 ₁	0.755 ₁	0.757 ₂	0.829 ₂	0.782 ₁
ЮП	0.426 ₁	0.310 ₁	0.352 ₂	0.323 ₂	0.400 ₂	0.432 ₂	0.374 ₂
HadCRUT5 (суша+море)							
ЗШ	0,639 ₁	0,481 ₁	0,557 ₁	0,534 ₂	0,580 ₂	0,611 ₂	0,567 ₁
СП	0,871 ₁	0,639 ₁	0,775 ₁	0,749 ₁	0,753 ₂	0,804 ₂	0,765 ₁
ЮП	0,408 ₁	0,323 ₁	0,338 ₂	0,319 ₂	0,407 ₂	0,418 ₂	0,369 ₂
T3288 (суша)							
ЗШ	1,056 ₁	0,589 ₁	0,816 ₁	0,702 ₂	0,852 ₂	0,946 ₂	0,810 ₂
СП	1,378 ₁	0,741 ₁	0,918 ₁	0,917 ₁	0,875 ₂	1,031 ₂	0,921 ₂
ЮП	0,281 ₈	0,217 ₁₁	0,564 ₂	0,163 ₁₄	0,798 ₁	0,739 ₂	0,529 ₂

Примечание. Нижними индексами показаны ранги (по убыванию) в соответствующих временных рядах (1911-2024 гг.). Красным цветом выделены значения с рангом не выше 3 и абсолютные максимумы (жирный шрифт)

Таблица 2.3

Регионально осредненные значения аномалий приземной температуры для континентов Земного шара в 2024 г. (по месяцам и в среднем за год). Красным выделены крупные положительные аномалии (ранги 1-3), синим – отрицательные, абсолютные максимумы (жирный шрифт).

Регион	Месяцы						Теплый период
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Сопряженный массив ПТВ _{суша+море}							
Северная Атлантика (30N-65N)	0.67 ₁	0.47 ₁	0.53 ₁	0.50 ₂	0.54 ₂	0.60 ₂	0.56 ₂
Северная часть Тихого океана (30N-65N)	0.76 ₂	0.87 ₁	0.87 ₁	0.85 ₃	0.92 ₃	1.20 ₂	0.94 ₂
T3288 (суша)							
С. Америка	1,6 ₄	1,1 ₄	0,9 ₂	1,0 ₂	0,9 ₃	1,7 ₁	1,208 ₂
Евразия	1,5 ₁	0,4 ₁₀	1,1 ₁	1,1 ₁	1,0 ₂	1,1 ₂	0,935 ₁
Ю. Америка	1,0 ₁	-0,3 ₆₂	1,2 ₂	0,1 ₃₄	0,4 ₁₆	1,5 ₁	0,548 ₃
Африка	1,0 ₂	1,4 ₁	1,3 ₁	0,7 ₂	0,6 ₃	0,3 ₁₀	0,785 ₁
Австралия	-1,5 ₉₈	0,1 ₃₀	-0,2 ₄₇	-0,5 ₅₈	1,9 ₂	0,7 ₅	0,616 ₂
Антарктида	-1,7 ₆₇	1,3 ₁₈	0,5 ₂₃	1,2 ₁₈	2,3 ₄	-1,3 ₅₇	0,681 ₇
Европа	1,9 ₁	-0,2 ₃₄	1,6 ₃	1,4 ₃	1,4 ₃	2,4 ₂	1,316 ₂
Азия	1,3 ₂	0,6 ₆	0,9 ₁	1,0 ₁	0,9 ₂	0,7 ₅	0,829 ₂

Дополнительную информацию об особенностях температурного режима 2024 года дают поля локальных аномалий месячной дискретности (рисунок 2.3). Как видно, отрицательные

аномалии занимали большие территории в каждом месяце теплого периода. Особо следует отметить отрицательные аномалии в Австралии (в апреле - на многих станциях центра отмечались 5%-е экстремумы холода), в центре Евразии (в мае - на многих станциях Урала отмечались 5%-е экстремумы холода, а также в сентябре), в Южной Америке (в мае – на большинстве станций юга (станции Аргентины, Чили, Уругвая и Парагвая) отмечались 5%-е экстремумы холода, а также в июле-августе), в Антарктиде (в апреле, июне и сентябре), на севере Евразии (в апреле), на севере Северной Америки (в мае), в Гренландии (в июне-августе).

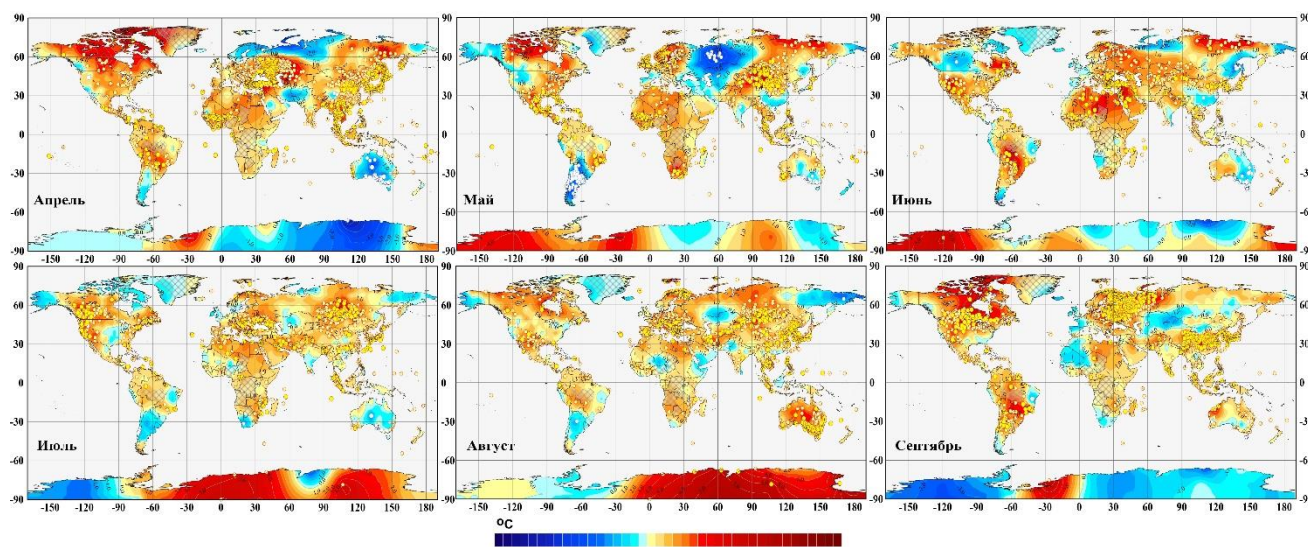


Рисунок 2.3 - Пространственное распределение месячных (апрель - сентябрь) аномалий приземной температуры (°C) по станционным данным T3288 (ИГКЭ)

Режим выпадения осадков

На рисунке 2.4 представлено пространственное распределение осадков (в % от нормы за 1991-2020 гг.) в теплый период 2024 г. на станциях архива R3288, на которых своевременно поступили данные с каналов связи.

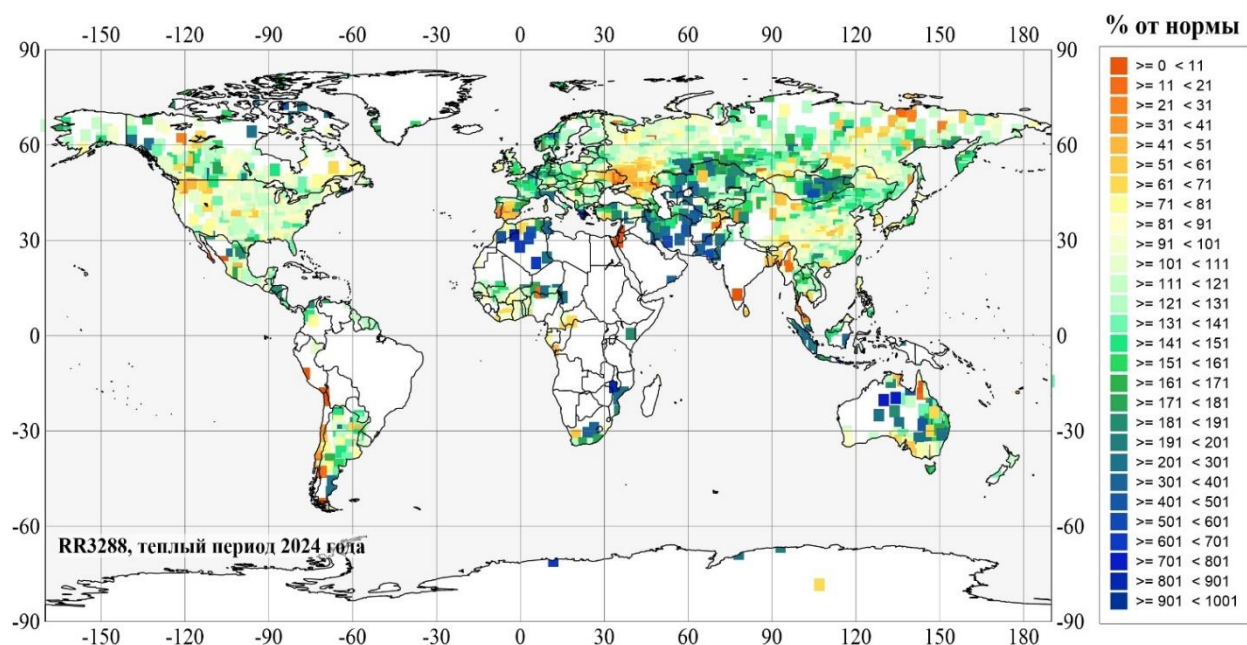


Рисунок 2.4 - Пространственное распределение осадков (% от нормы) на станциях архива R3288 (ИГКЭ)

3. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОГО ПЕРИОДА 2024 Г. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

На рис. 3.1 и 3.3 представлены карты аномалий теплого периода 2024 гг. и месячных аномалий температуры и осадков в 2024 г. на территории России, а на рис. 3.2 и 3.4 - карты месячных аномалий. На всех картах показаны станционные экстремумы ниже 5-го процентиля и выше 95-го процентиля.

3.1 Температура воздуха.

В таблице 3.1 представлены средние за теплый период аномалии температуры для физико-географических регионов России и федеральных округов РФ. Для каждого значения аномалии приведены вероятность неперевышения относительно выборки за 1936-2024 гг. и среднее квадратическое отклонение.

В таблице 3.2 приведены средние месячные аномалии температуры (°C) для физико-географических регионов России и федеральных округов РФ в 2024 г.

Таблица 3.1

Средние за теплый период 2024 г. (апрель - сентябрь) температуры приземного воздуха в физико-географических регионах России и федеральных округах РФ: νT - отклонения от средних за 1991-2020 гг.; $P(t \leq T_{2024})$ - вероятности неперевышения – рассчитаны по данным за 1936-2024 гг. и выражены в %; s – среднее квадратическое отклонение за 1991-2020 гг. (выделены значения, попавшие в 5% максимальных или минимальных, абсолютные максимумы выделены жирным шрифтом)

Регион	Теплый период		
	$\nu T, ^\circ C$	(P)	$s, ^\circ C$
Россия	0,81	96,6	0.53
Физико-географические регионы России			
Европейская часть РФ	1,15	98,9	0.77
Азиатская часть РФ	0,68	95,5	0,50
Западная Сибирь	0,52	88,6	0,78
Средняя Сибирь	0,99	93,2	0,69
Прибайкалье и Забайкалье	1,32	100	0,50
Приамурье и Приморье	0,18	80,7	0,39
Восточная Сибирь	0,40	86,4	0,69
Федеральные Округа РФ			
Северо-Западный	1.45	98,9	0,85
Центральный	1.77	98,9	0,84
Приволжский	0.33	78,4	0,88
Южный	1.44	95,5	0,99
Северо-Кавказский	0.92	93,2	0,88
Уральский	0.37	86,4	0,95
Сибирский	1.06	97,7	0,58
Дальневосточный	0.56	90,9	0,50

В среднем за **теплый период 2024 г.** осредненная по территории РФ аномалия составила 0,81°C (ранг 4).

Температуры выше климатической нормы наблюдались на большей части РФ. 95%-е экстремумы температуры фиксировались на западе ЕЧР, особенно в СЗФО (1,45°C - ранг 2) и ЦФО (1,77°C - ранг 2); а также на юге СФО. Температуры ниже климатической нормы наблюдались на Южном Урале и на Чукотке.

Ниже приводится краткое описание температурных аномалий в отдельные месяцы теплого периода 2024 г.

Таблица 3.2

Средние месячные аномалии температуры (°C), осредненные по территории регионов РФ в 2024 г. *Красным цветом выделены месяцы с крупными положительными аномалиями температуры (ранги 1-3, абсолютные максимумы выделены жирным шрифтом), синим – с отрицательными.* Нижний индекс – ранг за период 1936-2024 гг.

Регионы	Месяцы						Теплый период
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Российская Федерация	1,50 ₈	-0,31 ₃₃	0,92 ₃	1,20₁	0,77 ₈	1,35 ₃	0,88 ₄
Физико-географические регионы России							
Европейская часть России	2,68 ₆	-2,21 ₇₈	2,06 ₄	1,39 ₁₃	0,91 ₂₀	3,54₁	1,15 ₂
Азиатская часть России	1,06 ₁₀	0,40 ₁₃	0,49 ₁₃	1,14₁	0,72 ₅	0,52 ₁₆	0,68 ₅
Западная Сибирь	0,23 ₃₈	-2,09 ₆₇	0,89 ₁₄	0,99 ₁₈	1,14 ₁₀	1,15 ₁₈	0,52 ₁₁
Средняя Сибирь	0,81 ₁₈	1,30 ₈	1,04 ₁₀	1,74₁	1,38 ₄	0,24 ₃₃	0,99 ₇
Прибайкалье и Забайкалье	1,14 ₁₃	1,95₂	0,71 ₁₄	2,70₁	1,96₁	-0,07 ₃₁	1,32 ₁
Приамурье и Приморье	2,50₂	-0,14 ₂₉	-1,33 ₆₉	0,80 ₁₂	0,78 ₁₄	0,24 ₂₉	0,18 ₁₈
Восточная Сибирь	1,73 ₉	1,18 ₆	0,37 ₁₄	-0,04 ₂₃	-1,06 ₆₁	0,71 ₁₃	0,40 ₁₃
Федеральные Округа РФ							
Северо-Западный	-0,75 ₅₀	-1,86 ₆₆	1,49 ₁₃	1,24 ₁₈	1,69 ₁₂	4,49₁	1,45 ₂
Центральный	4,24₁	-1,43 ₅₉	2,29 ₉	1,99 ₁₀	1,24 ₁₅	4,55₁	1,77 ₂
Приволжский	4,93₂	-3,68 ₈₂	2,33 ₁₀	0,68 ₂₆	-0,35 ₄₁	2,33 ₄	0,33 ₂₀
Южный	5,69₁	-1,28 ₆₂	2,51 ₄	2,68₂	1,03 ₁₃	2,80₃	1,44 ₆
Северо-Кавказский	5,04₁	-1,37 ₇₂	2,49₂	1,68 ₅	0,97 ₁₃	1,77 ₁₀	0,92 ₆
Уральский	-0,35 ₄₂	-3,03 ₇₉	0,40 ₁₈	0,60 ₂₇	0,89 ₁₉	2,18 ₅	0,37 ₁₃
Сибирский	0,49 ₂₄	0,65 ₁₄	1,06 ₁₁	2,01₂	1,93₂	-0,09 ₅₀	1,06 ₃
Дальневосточный	1,71 ₆	1,06 ₅	0,28 ₁₆	0,81 ₆	0,04 ₂₇	0,42 ₂₂	0,56 ₉

Апрель. Осредненная по РФ аномалия температуры 1,50°C (ранг 8). Температуры выше климатической нормы наблюдались в центре и на юге ЕЧР, а также на в АЧР (кроме Западно-Сибирской равнины и Таймырского полуострова, а также Чукотского АО). 95%-е экстремумы отмечались на многих станциях центра и юга ЕЧР и на многих станциях побережья Охотского и Японского морей. Осредненные аномалии температуры по ЦФО (4,24°C), ЮФО (5,69°C), СКФО (5,04°C) – максимальные величины в соответствующих рядах, а по ПФО (4,93°C) и по региону Приамурье и Приморье (2,50°C)– вторые -величины в рядах.

Температуры ниже климатической нормы наблюдались в ЕЧР в СЗФО ($-0,75^{\circ}\text{C}$), а в АЧР: на Западно-Сибирской равнине и на Таймыре, а также на севере Чукотки, аномалии на станциях моря Баренцево до $-4,3^{\circ}\text{C}$.

Май. Осредненная по РФ аномалия температуры составила $-0,31^{\circ}\text{C}$ (ранг 33). Температуры ниже климатической нормы наблюдались всюду в ЕЧР (кроме Ленинградской области и Карелии) и в Западной Сибири (аномалии до $-5,4^{\circ}\text{C}$) - на востоке ЕЧР и на Урале на станциях фиксировались 5%-е экстремумы холода. Температуры ниже нормы наблюдались также на Чукотке и в Приморье (аномалии до $-2,1^{\circ}\text{C}$).

Температуры выше климатической нормы наблюдались в АЧР: на Среднесибирском плоскогорье и восточнее (исключая Приморье и Чукотку), 95%-е экстремумы отмечались повсеместно, осредненная по ДФО аномалия температуры составила $1,06^{\circ}\text{C}$ (ранг 5).

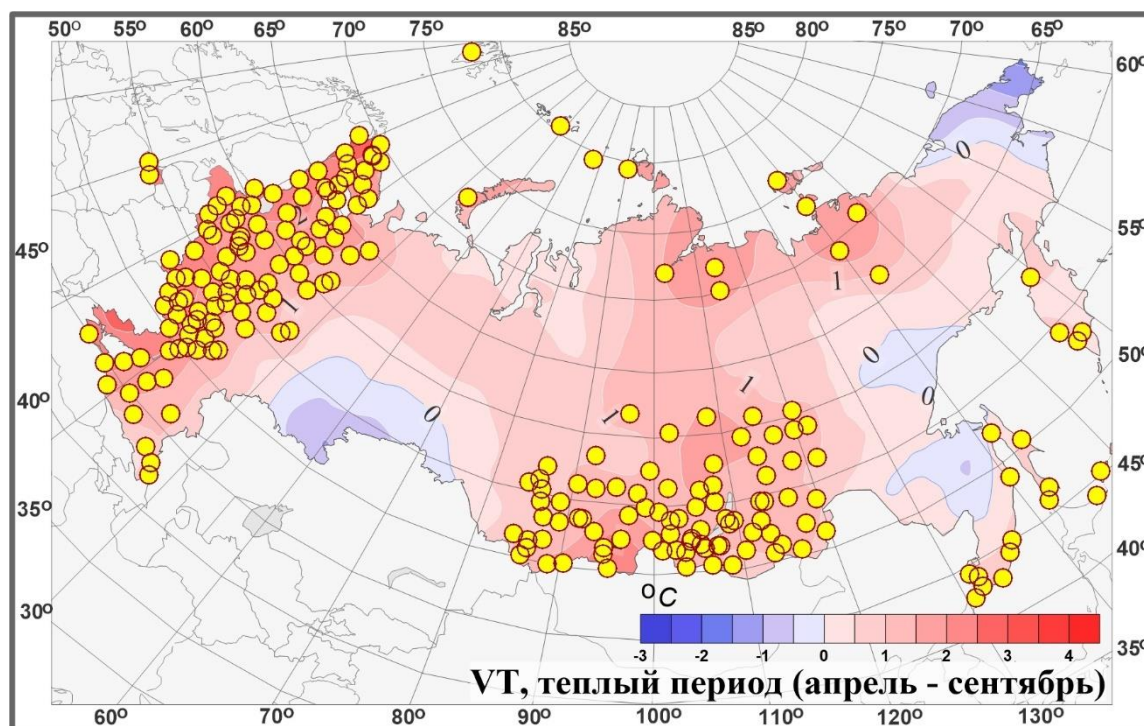


Рисунок 3.1 - Поля аномалий температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России в среднем за теплый период 2024 г. (апрель - сентябрь) Кругами желтого цвета показано местоположение станционных экстремумов выше 95-го процентиля. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднегоза базовый период 1991-2020 гг.

Июнь. Осредненная по РФ аномалия температуры составила $0,92^{\circ}\text{C}$ – 3-ья величина в ряду, а по ЕЧР $2,06^{\circ}\text{C}$ – четвертая в ряду. На большей части страны температуры выше климатической нормы. 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 Приморье (осредненная по региону аномалия составила $-1,33^{\circ}\text{C}$), в Хабаровском крае и на Чукотке - на ряде станций в этих районах фиксировались температуры ниже 5-го процентиля, а также на Северном Урале и в районе Обской губы.

Июль. 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. 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).

Август. Осредненная по РФ аномалии температуры составила 0,77°C – восьмая величина в ряду, а по АЧР (0,72°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°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.

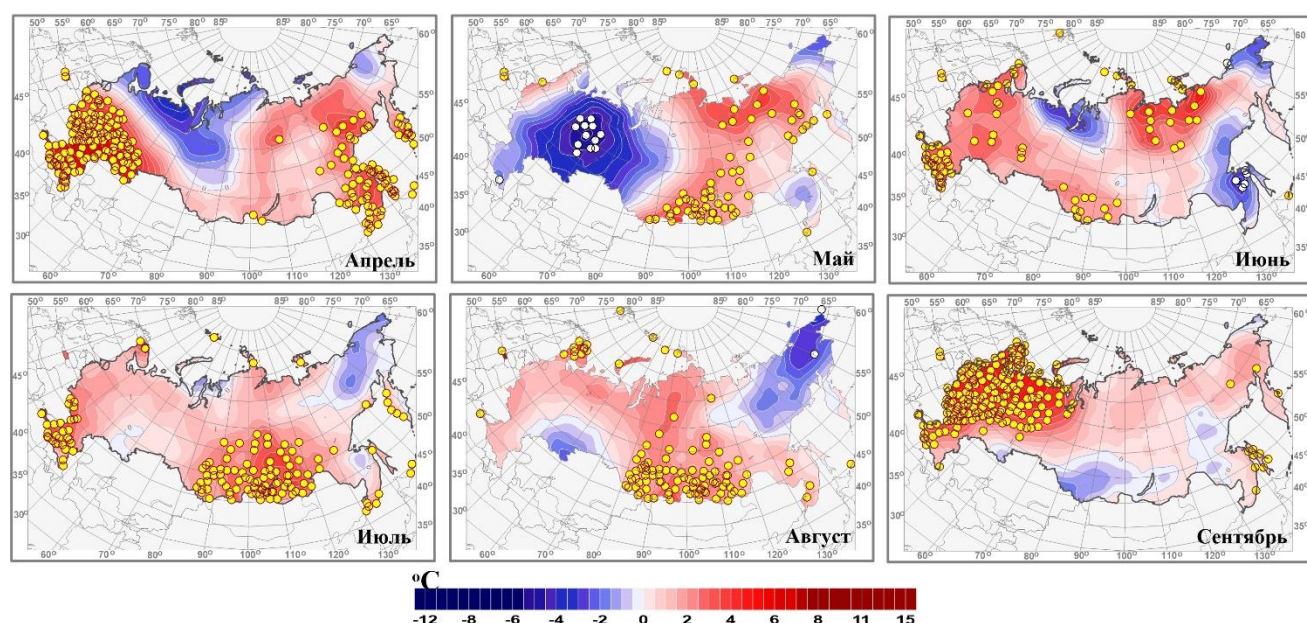


Рисунок 3.2 – Поля средних месячных аномалий температуры приземного воздуха (°C) на территории России в отдельные месяцы теплого периода. Условные обозначения см. на рисунке 3.1

Сентябрь. Осредненная по РФ аномалия температуры 1,35°C - третья величина в ряду, а по ЕЧР 3,54°C – рекорд. Температуры выше климатической нормы с 95% экстремумами на станциях наблюдались от западных границ до течения Оби (ранги осредненных аномалий температуры по всем федеральным округам ЕЧР (кроме СКФО) от одного до четырех. В центре и на севере АЧР аномалии температуры положительные (не выше 2°C). Отрицательные аномалии температуры наблюдались на юге Красноярского края, в Хабаровском крае, в нижнем течении Амура (аномалии до -1,5°C).

3.2 Атмосферные осадки

Все приводимые в данном разделе оценки, как и для температуры, получены поданным станционных наблюдений месячного разрешения. Данные осреднены сначала внутри теплого периода, а затем – по территории регионов. Количество осадков, выпавших за теплый период представлено ниже в мм/месяц.

Географические особенности распределения осадков на территории РФ в теплый период 2024 г. подробнее представлены на рисунках 3.3 и 3.4, где приведены поля аномалий теплого периода и месячных сумм осадков в процентах от нормы (среднего за 1991-2020 гг.). Регионально осредненные аномалии осадков (мм/месяц и в процентах от нормы) за теплый период приведены в таблице 3.3, для каждого значения аномалии приведена вероятность непревышения относительно периода 1936-2024 гг.

В таблице 3.4 приведены относительные аномалии месячных сумм осадков (в процентах от нормы) в рассматриваемых регионах. России.

Таблица 3.3

Средние осадки теплый период 2024 г. (апрель - сентябрь) в физико-географических регионах России и федеральных округах РФ: νR (мм/месяц)- отклонения от средних за 1991-2020 гг.;

RR – отношение R_{2024} к норме, выраженное в %; $P(r \leq R_{2024})$ - вероятности непревышения рассчитаны по данным за 1936-2024 гг. и выражены в %, (выделены значения, попавшие в 5% максимальных).

Регион	Теплый период		
	νR	RR	P
Россия	-1,6	97	29,5
Физико-географические регионы России			
Европейская часть РФ	-11,0	81	3,4
Азиатская часть РФ	2,2	104	77,3
Западная Сибирь	2,5	104	67,0
Средняя Сибирь	4,1	109	89,8
Прибайкалье и Забайкалье	-2,6	95	38,6
Приамурье и Приморье	1,1	101	48,9
Восточная Сибирь	3,3	108	77,3
Федеральные Округа РФ			
Северо-Западный	-12,5	80	2,3
Центральный	-10,9	82	12,5
Приволжский	-5,8	88	22,7
Южный	-18,4	60	0
Северо-Кавказский	-16,8	66	5,7
Уральский	-2,3	96	39,8
Сибирский	7,8	114	95,5
Дальневосточный	0,0	100	58,0

Осредненные осадки за теплый период 2024 г. в целом по РФ составили 97% (таблица 3.3). Значительный избыток осадков наблюдался на юге Западной Сибири, на большей части СФО (114% от нормы – ранг 5), в Магаданской области (рисунок 3.3). Дефицит осадков наблюдался на большей части ЕЧР (кроме юго-востока) - выпало 81% - среди четырех самых «сухих» теплых периодов, в центральных районах Западной Сибири, в течении рек Лены и Амур.

Особенности выпадения осадков в отдельные месяцы теплого периода представлены в таблице 3.4 и на рисунке 3.4, а краткое описание особенностей отдельных месяцев приводится ниже.

Апрель. Осредненные по РФ осадки 128% нормы – вторая величина в ряду после апреля 2012 г. (135% нормы), а по АЧР 132% (ранг 4). Избыток осадков (более 120% нормы, наблюдался в центре и на севере ЕЧР (кроме Новой Земли), на большей части АЧР (кроме некоторых районов СФО и ДФО). 95%-е экстремумы фиксировались на многих станциях СЗФО (194% - ранг 1), на ряде станций СФО (127% - ранг 4) и в Приамурье.

Сильный дефицит осадков наблюдался на юге ЕЧР: осредненные осадки по ЮФО (27% нормы) и СКФО (44%) – минимальные величины в рядах. Небольшой дефицит осадков наблюдался на побережье Карского моря, на северо-востоке страны восточнее течения р. Яна, на Приленском плато, в Западных Саянах, в Приморье и на Сахалине.

Таблица 3.4

Месячные осадки в регионах РФ в 2024 г. (в % от нормы). *Зеленым цветом показаны месяцы, когда осадков выпало максимальное количество осадков (ранги 1-3), оранжевым – минимальное количество осадков (ранги 87-89).* Нижний индекс – ранг за период 1936-2024 гг. (для месяцев 2024 г.)

Регионы	Месяцы						Теплый период
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Российская Федерация	128 ₂	91 ₆₂	101 ₃₆	106 ₂₉	97 ₆₀	85 ₈₇	97 ₆₅
Физико-географические регионы России							
Европейская часть России	120 ₁₈	66 ₈₇	115 ₁₅	92 ₆₄	79 ₇₆	38 ₈₉	81 ₈₆
Азиатская часть России	132 ₄	102 ₂₂	95 ₇₁	111 ₁₆	103 ₃₄	104 ₃₈	104 ₂₁
Западная Сибирь	119 ₁₁	131 ₈	97 ₅₀	105 ₄₂	122 ₆	88 ₈₃	104 ₃₂
Средняя Сибирь	132 ₃	101 ₃₃	72 ₈₈	118 ₂₁	102 ₄₆	134 ₄	109 ₁₁
Прибайкалье и Забайкалье	136 ₆	76 ₇₅	92 ₆₀	109 ₃₄	85 ₇₄	97 ₅₂	95 ₅₅
Приамурье и Приморье	146 ₁₁	84 ₅₂	129 ₁₈	109 ₃₁	107 ₄₄	79 ₈₁	101 ₄₅
Восточная Сибирь	134 ₁₃	101 ₄₁	96 ₄₇	116 ₂₉	90 ₆₃	118 ₁₉	108 ₂₀
Федеральные Округа РФ							
Северо-Западный	194 ₁	62 ₈₆	117 ₁₉	93 ₅₀	64 ₈₂	58 ₈₉	80 ₈₇
Центральный	124 ₂₆	65 ₇₆	149 ₃	85 ₆₅	63 ₈₀	17 ₈₉	82 ₇₈
Приволжский	105 ₃₉	83 ₆₂	111 ₂₆	104 ₄₄	121 ₂₀	13 ₈₉	88 ₇₀
Южный	27 ₈₉	44 ₈₄	64 ₇₈	65 ₇₅	50 ₈₂	42 ₈₂	60 ₈₉
Северо-Кавказский	44 ₈₉	54 ₇₈	71 ₇₃	78 ₇₆	79 ₆₂	83 ₆₃	66 ₈₃
Уральский	117 ₁₉	117 ₂₁	106 ₃₃	93 ₅₆	108 ₂₅	81 ₈₁	96 ₅₆
Сибирский	127 ₄	116 ₁₄	88 ₆₆	137 ₃	113 ₂₂	116 ₁₅	114 ₆
Дальневосточный	139 ₆	89 ₅₄	98 ₆₀	103 ₄₂	96 ₅₇	104 ₄₃	100 ₃₇

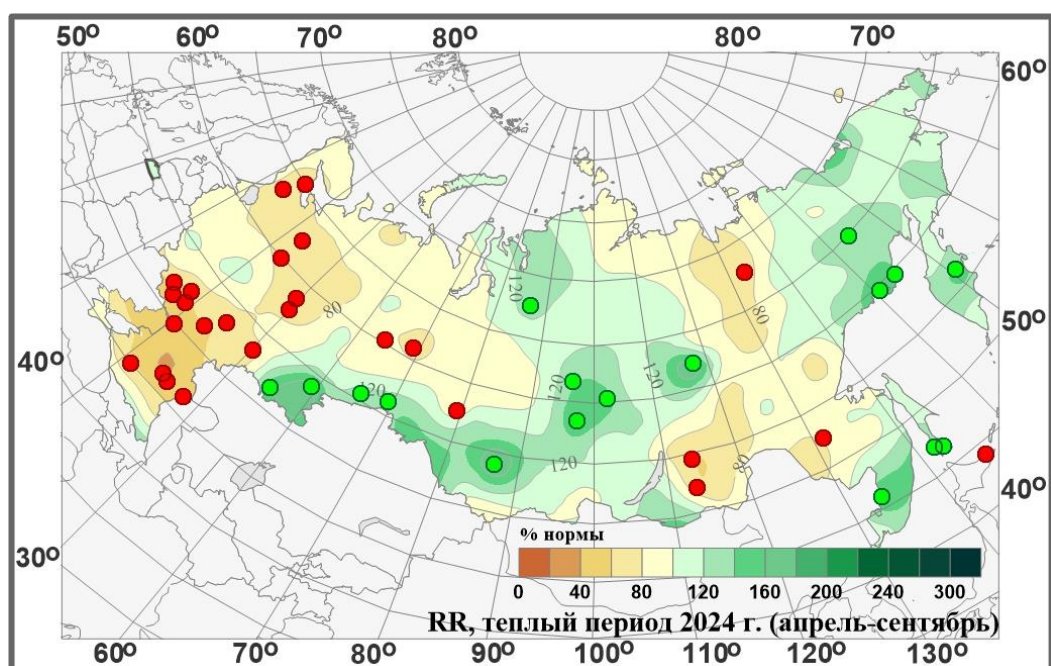


Рисунок 3.3 - Поля аномалий сезонных сумм осадков за теплый период 2024 гг. (в процентах от нормы за 1991-2020 гг.) на территории России. Кружками красного цвета показаны станционные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го перцентиля.

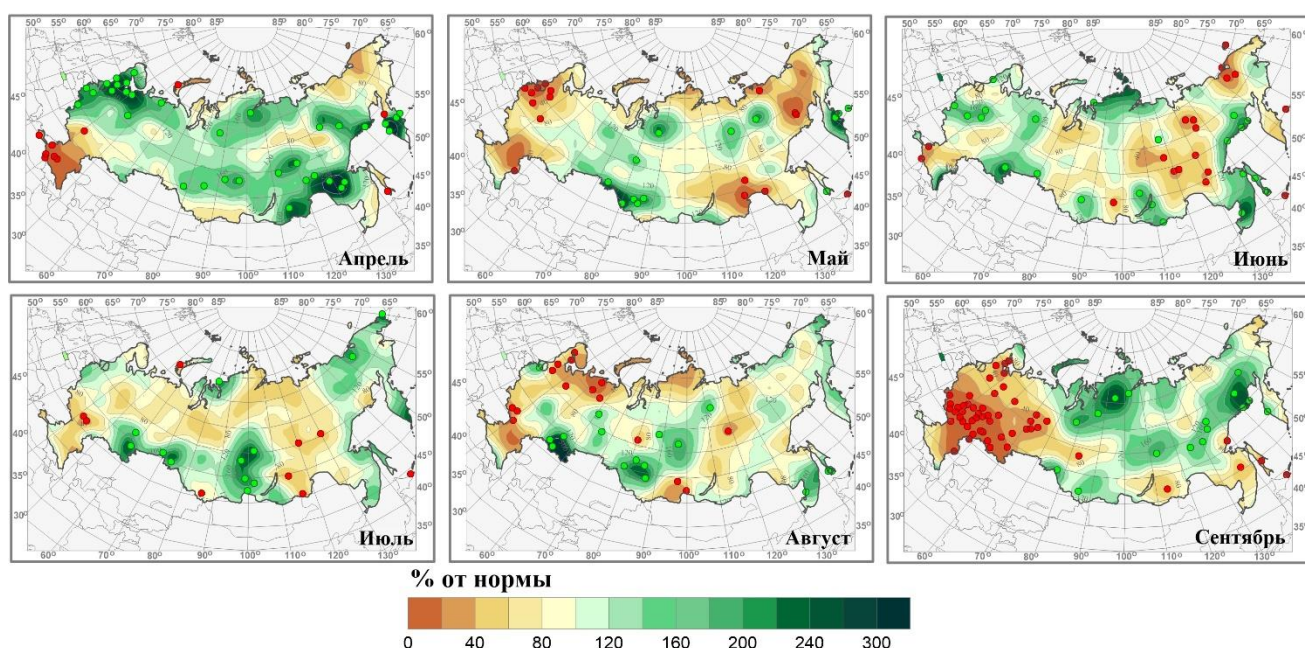


Рисунок 3.4 – Поля средних месячных аномалий осадков (% нормы) на территории России в отдельные месяцы теплого периода. Условные обозначения см. на рис.3.3

Май. Осредненные по РФ осадки: 91% нормы, а по ЕЧР 66% нормы (третий самый «сухой»). Сильный дефицит осадков (40-80% нормы) наблюдался в СЗФО (62% - среди семи самых «сухих», на многих станциях 5%-е экстремумы), в ЮФО (44% - среди восьми самых «сухих»). В АЧР дефицит осадков наблюдался вдоль побережья Северного Ледовитого океана, в Чукотском АО, в Забайкалье.

Избыток осадков наблюдался в Западной Сибири (131% нормы), в Якутии, на Камчатке.

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 - второй 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).

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 большей части ЕЧР (в ЮФО выпало лишь 65% нормы).

В июле во всех областях ЮФО, в ряде областей ПФО, СКФО и ЦФО, а также в Якутии (ДФО) в течение 3-х декад продолжали фиксироваться 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 6), на Алтае, в центре СФО, в Приморье.

Сентябрь. Осредненные по РФ осадки составили 85% нормы – среди шести самых «сухих», а для ЕЧР сентябрь 2024 года является самым «сухим». Дефицит осадков с 5%-ми экстремумами на станциях в ЕЧР наблюдался всюду; в СЗФО, ЦФО, ПФО количество выпавших осадков было минимальным с 1936 г.

Избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался на большей части АЧР, особенно много в Средней Сибири (выпало 134% - ранг 4).

4. ТЕНДЕНЦИИ И ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА ЗА ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД, 1976-2024 гг.

В этом разделе рассматриваются численные оценки тенденций изменения (линейный тренд, характеризующий среднюю скорость изменения на заданном интервале) метеорологических величин с начала современного потепления, то есть с середины 1970-х гг.: география изменений, то есть распределение оценок тренда по территории Земного шара и РФ, временные ряды и оценки тренда для крупных регионов Земного шара и России в целом.

4.1 Земной шар

В таблице 4.1 приведены значения коэффициентов тренда ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) для трех глобальных территорий (по данным сопряженного массива ПТВ (суша+море), HadCRUT5 и T3288) и крупных регионов мира.

Таблица 4.1

Коэффициенты линейного тренда (1976-2024 гг., $^{\circ}\text{C}/10$ лет) регионально осредненных аномалий приземной температуры в целом за теплый период

Регион	Теплый период	
	b	D%
<i>Сопряженный массив (суша+море)</i>		
Земной шар	0,21	90
Северное полушарие	0,27	91
Южное полушарие	0,14	84
Северная Атлантика (30N-65N)	0,20	89
Северная часть Тихого океана (30N-65N)	0,31	76
<i>HadCRUT5 (суша+море)</i>		
Земной шар	0,21	90
Северное полушарие	0,27	91
Южное полушарие	0,14	84
<i>T3288-ИГКЭ (суша)</i>		
Земной шар	0,29	89
Северное полушарие	0,34	89
Южное полушарие	0,18	78
Северная Америка	0,32	66
Евразия	0,39	87
Южная Америка	0,19	55
Африка	0,30	82
Австралия	0,18	29
Антарктида	0,14	10
Европа	0,49	77
Азия	0,36	86

Примечание. Оценки, статистически значимые на 1% уровне ($\alpha \leq 1\%$), приведены без выделения. Серой заливкой выделены оценки с 5% уровнем значимости

Оценки тренда уверенно указывают на тенденцию к потеплению глобального климата в течение теплого периода, в целом по Земному шару и полушариям, а также в среднем по территории всех рассмотренных крупных регионов, кроме Южной Америки и Антарктиды. Выделяется Евразия – скорость роста составляет $0,39^{\circ}\text{C}/10$ лет (при этом в Европе: $0,49^{\circ}\text{C}/10$ лет, а в Азии: $0,36^{\circ}\text{C}/10$ лет), для Северного полушария в целом - $0,34^{\circ}\text{C}/10$ лет. На континентах Южного полушария скорость роста температуры значительно меньше: $0,18^{\circ}\text{C}/10$ лет в Австралии, $0,19^{\circ}\text{C}/10$ лет в Южной Америке, $0,14^{\circ}\text{C}/10$ лет – в Антарктиде (в Антарктиде тренд не значим). В северных частях Атлантического и Тихого океанов скорость роста температуры составляет $0,20-0,31^{\circ}\text{C}/10$ лет.

Географическое распределение локальных коэффициентов тренда по территории Земного шара в среднем за теплый период представлено на рис. 4.1, в отдельные месяцы теплого периода – на рисунке 4.2 (данные массива T3288 (суша)).

Можно видеть, что на территории Земного шара в теплый период доминирует тенденция к потеплению. На побережье Карского и Восточно-Сибирского морей линейный тренд до $+0,7-0,8^{\circ}\text{C}/10$ лет, на островах Канадского архипелага до $+1,1^{\circ}\text{C}/10$ лет. Немного меньше (до $+0,5-0,7^{\circ}\text{C}/10$ лет) скорость потепления в Северной Америке, в Европе, на севере Африки; еще меньше - в Юго-Восточной Азии ($+0,3-0,5^{\circ}\text{C}/10$ лет) и в Австралии, и в Южной Америке ($+0,2-0,4^{\circ}\text{C}/10$ лет). Тренд к похолоданию наблюдается только в юго-восточной части Тихого океана.

Тенденция к потеплению доминирует и в отдельные месяцы теплого периода (рисунок 4.2). Наиболее интенсивное потепление просматривается в Северном полушарии, особенно на севере Евразии, на Канадском архипелаге, на севере Африки.

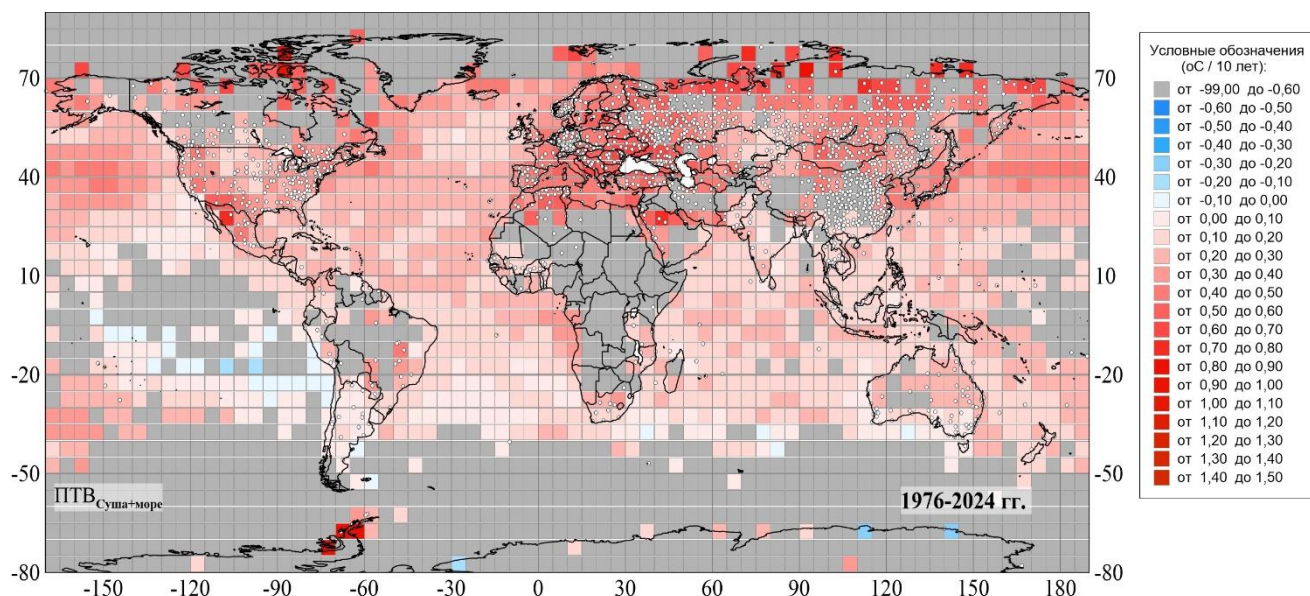


Рисунок 4.1 - Пространственное распределение локальных коэффициентов линейного тренда температуры теплого периода у поверхности Земного шара, 1976-2024 гг. ($^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Использованы данные: сопряженного массива ПТВ (суша+море) (ИГКЭ) Белыми кружками выделены станции, в которых тренд статистически значим на 1%-м уровне.

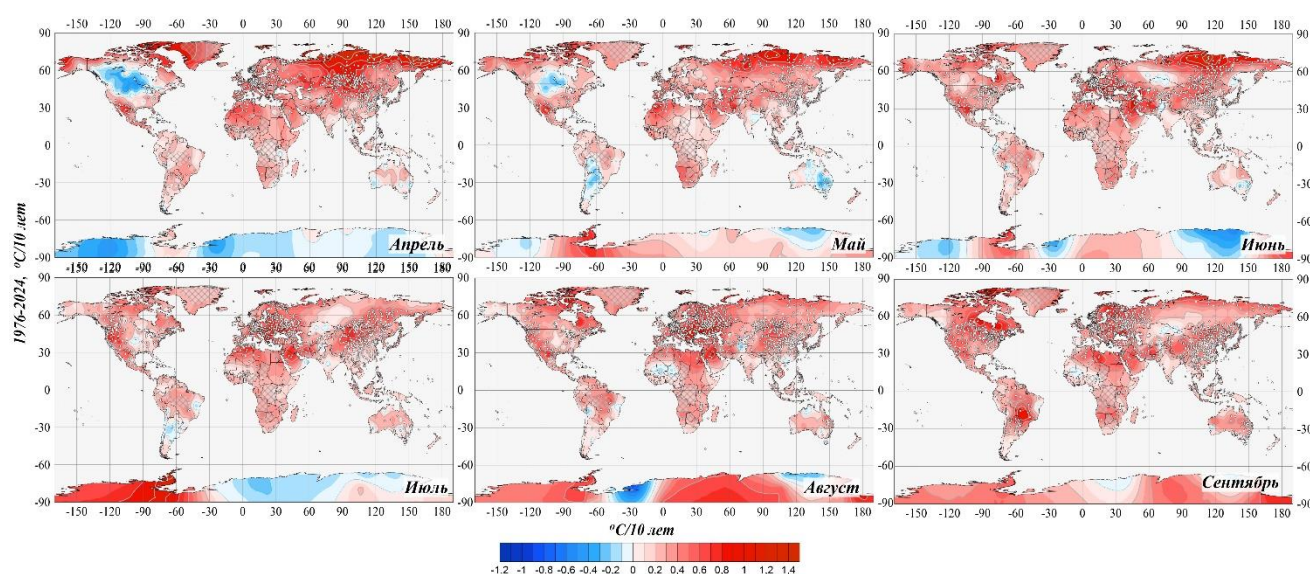


Рисунок 4.2 – Тоже, что на рисунке 4.1, но только для отдельных месяцев теплого периода и только для территории суши

Во все месяцы (кроме сентября) имеются области, где наблюдается тенденция к похолоданию (в большинстве случаев тренд не значим). В апреле – это центральные районы Северной Америки, Антарктида; в мае – центр Северной Америки, центр Южной Америки, восток Австралии; в июне – Земля Уилкса в Антарктиде; в июле и августе – Земля Королевы Мод в Антарктиде.

Временные ряды (рисунки 4.3.а и 4.3.б) регионально осредненных данных рассчитаны по методике ИГКЭ и по данным станционных наблюдений Т3288 (для шести континентов и отдельно для Европы, Азии) и сопряженному массиву ПТВ (суша+море) для Северной Атлантики (30N-65N) и северной части Тихого океана (30N-65N).

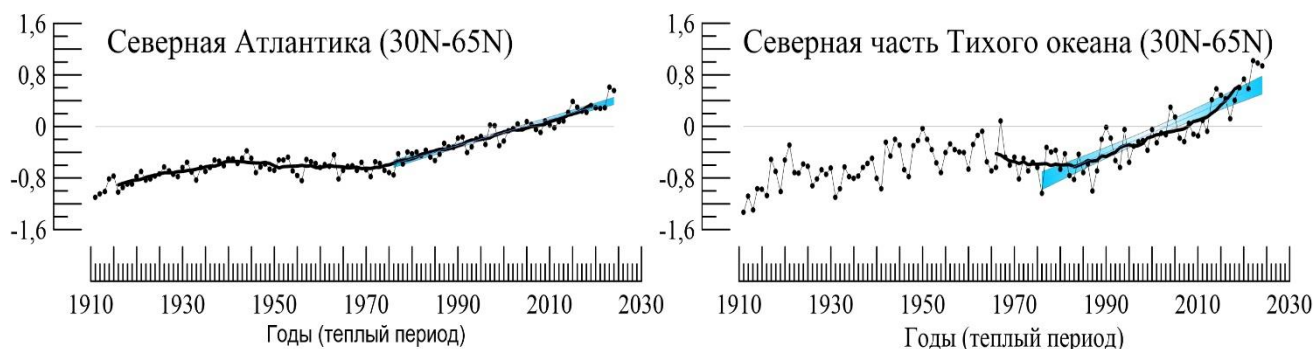


Рисунок 4.3.а – Временные ряды пространственно-осредненных среднегодовых аномалий приземной температуры для северных частей Атлантического и Тихого океанов (использован сопряженный массива ПТВ (суша+море))

Т3288 (суша)

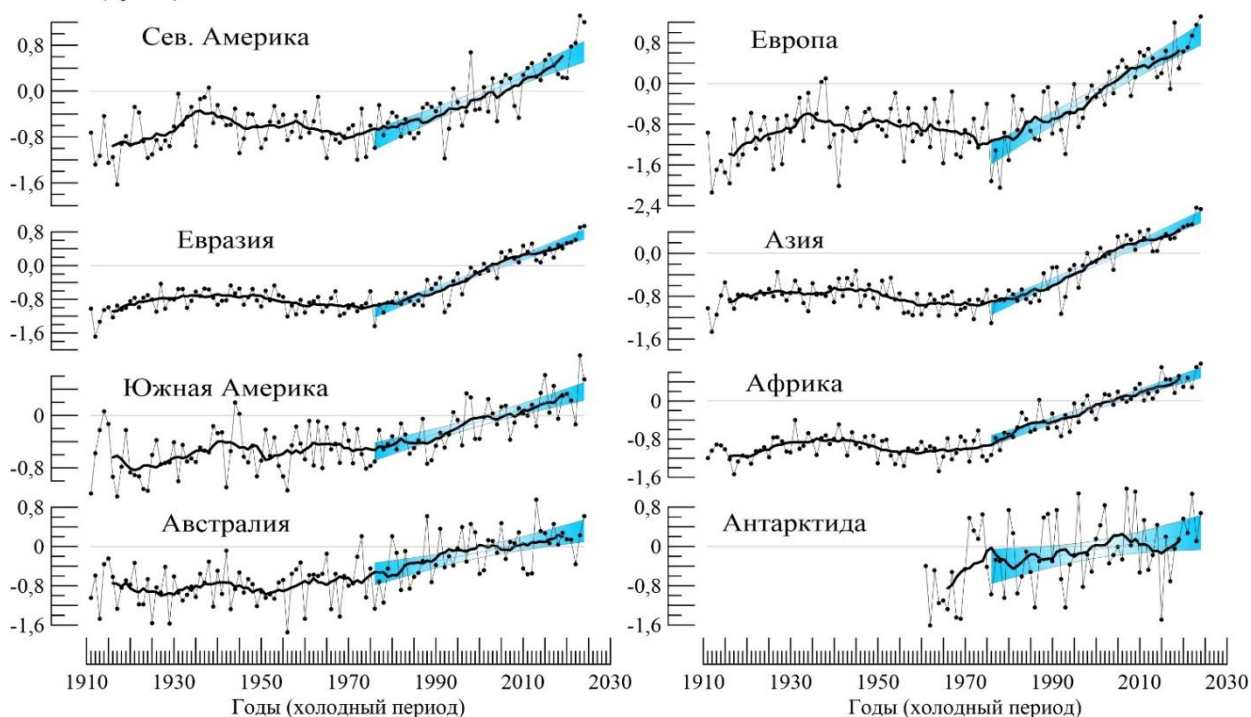


Рисунок 4.3.б – Временные ряды пространственно-осредненных среднегодовых аномалий приземной температуры для континентов. Аномалии приведены в отклонениях от средних за 1991–2020 гг. Сглаженные кривые (жирная линия) получены 11-летним скользящим осреднением. Показан линейный тренд за 1976-2024 гг. с 95%-м доверительным интервалом (голубая заливка)

Данные до 1911 г. не приводятся, так как представляются недостаточно полными и надежными (особенно над океанами). На всех временных рядах показаны тренды за период 1976-2024 гг., условно принятый за период современного глобального потепления.

4.2 Россия

4.2.1 Температура приземного воздуха

Временные ряды аномалий температуры теплого периода, осредненных по территории России в целом, приведены на рисунке 4.4 за период с 1936 по 2024 гг. На рисунках 4.5 и 4.6 представлены временные ряды аномалий температуры воздуха, осредненных физико-географических регионах и федеральных округах РФ. На рисунке 4.7 представлено географическое распределение коэффициентов линейных трендов температуры приземного воздуха на территории России для теплого периода в целом. Оценки получены по стационарным временным рядам сезонных аномалий за 1976-2024 гг. в точках расположения станций и затем картированы. В таблице 4.2 приведены оценки линейного тренда регионально осредненной температуры приземного воздуха для территории РФ в целом, физико-географических регионов и федеральных округов за 1976-2024 гг. На всех временных рядах показан линейный тренд, характеризующий тенденцию (среднюю скорость) изменений температуры на интервале 1976 - 2024 гг. с 95%-й доверительной полосой.

В теплый период в целом для территории России хорошо просматривается тенденция увеличения температуры, монотонный рост температуры наблюдается с середины 1970-х гг., линейный тренд за период 1976-2024 гг. составляет $+0,52^{\circ}\text{C}/10$ лет, вклад тренда в дисперсию составляет 33% (тренд значим на уровне 1%) (таблица 4.2, рисунок 4.4).

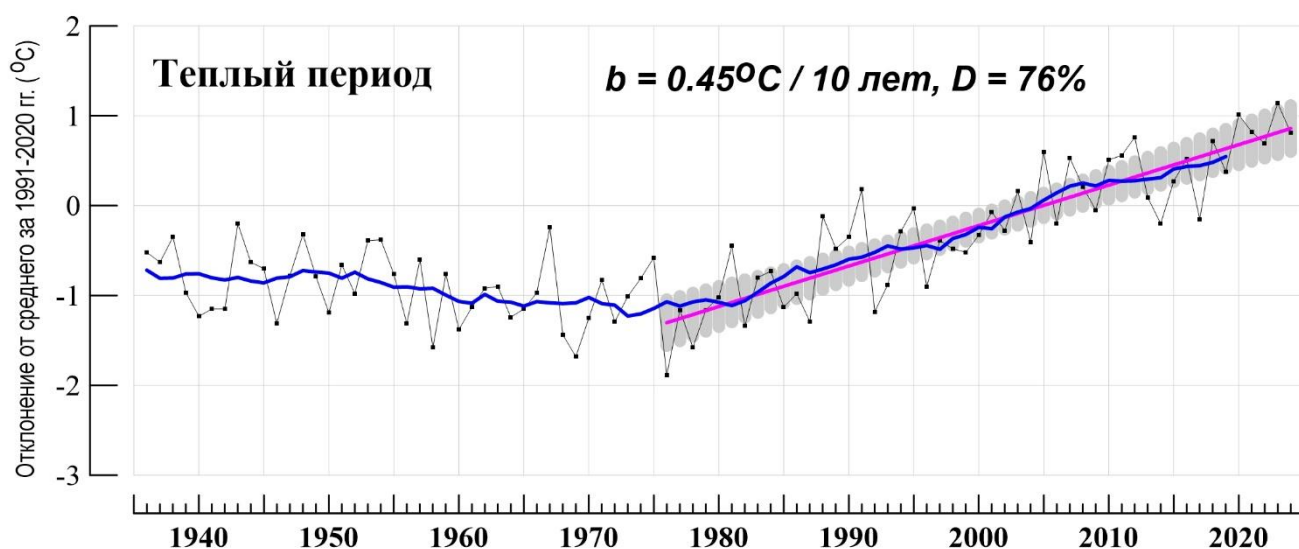


Рисунок 4.4 - Аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) для теплого периода, осредненные по территории РФ, 1936-2024 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1991-2020 гг. Показаны также 11- летнее скользящее среднее, линейный тренд за 1976-2024 гг. с 95%-й доверительной полосой.

Таблица 4.2

Оценки линейного тренда температуры приземного воздуха теплого периода, осредненной по территории России, ее физико-географических регионов и Федеральных округов за 1976-2024 гг., b , $^{\circ}\text{C}/10$ лет – коэффициент линейного тренда, $D\%$ – вклад тренда в дисперсию, все тренды значимые на 1%-м уровне

Регион	Теплый период	
	b	$D\%$
Россия	0,45	76
Физико-географические регионы России		
Европейская часть РФ	0,51	54
Азиатская часть РФ	0,43	75
Западная Сибирь	0,38	42
Средняя Сибирь	0,51	62
Прибайкалье и Забайкалье	0,40	60
Приамурье и Приморье	0,31	58
Восточная Сибирь	0,47	65
Федеральные Округа РФ		
Северо-Западный	0,51	49
Центральный	0,54	49
Приволжский	0,44	36
Южный	0,62	60
Северо-Кавказский	0,55	66
Уральский	0,46	42
Сибирский	0,38	57
Дальневосточный	0,45	76

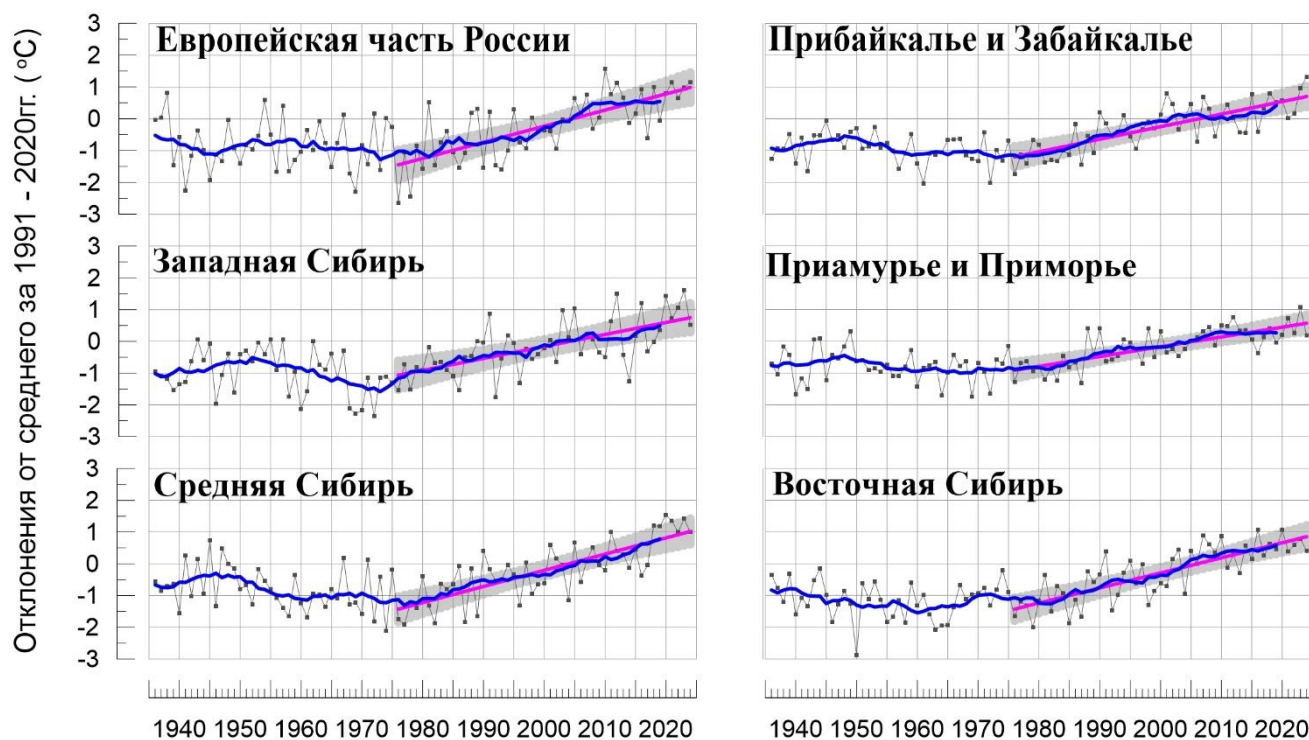


Рисунок 4.5 – Тоже, что на рисунке 4.4, но для регионов России

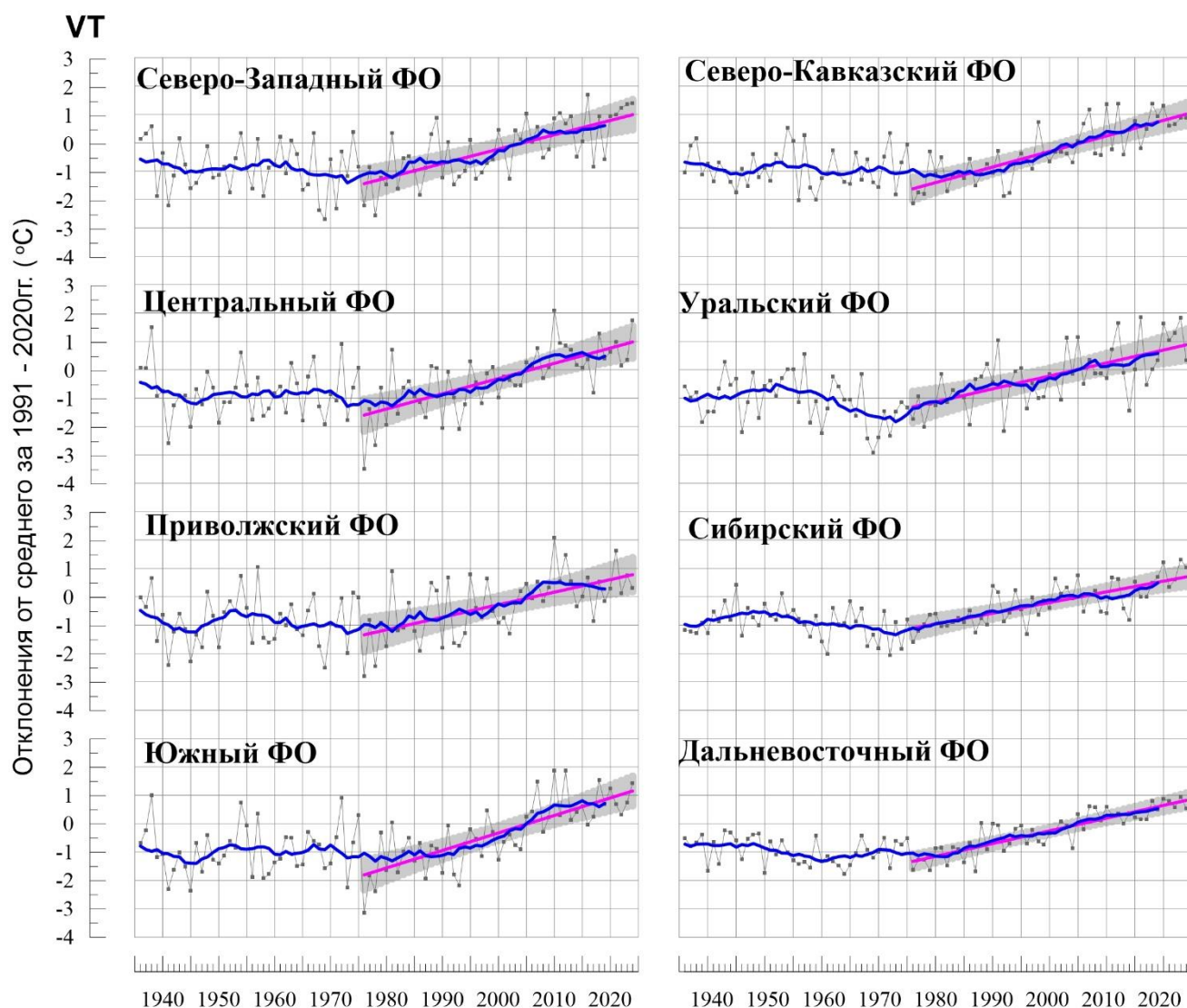


Рисунок 4.6 - Аномалии температуры приземного воздуха теплого периода (°C) для федеральных округов РФ за 1936-2024 гг. Условные обозначения на рис.4.4

Потепление наблюдается на всей территории России (рисунок 4.7). Наибольшее потепление наблюдается на севере АЧР: до $+0,7-0,8^{\circ}\text{C}/10$ лет; немного меньше скорость потепления на юге ЕЧР: до $0,5-0,7^{\circ}\text{C} / 10$ лет (в среднем по ЮФО линейный тренд составляет $0,62^{\circ}\text{C}/10$, по ЦФО $0,54^{\circ}\text{C}/10$ лет, по СКФО $0,55^{\circ}\text{C}/10$ лет), а на юге Западной Сибири, в Приморье $0,1-0,3^{\circ}\text{C} / 10$ лет.

Следует заметить, что для всех регионов и федеральных округов тренд потепления значим на уровне 1% (таблица 4.2).

Начало потепления для большинства федеральных округов приходится на середину 1980-х гг., лишь для УФО и СФО – на начало 1970-х гг.

Для ЕЧР в целом, всех федеральных округов ЕЧР, ряда регионов АЧР с 2005 г. наблюдается замедление потепления, которое после в 2010-х годах для ЕЧР в целом и в регионах АЧР возобновилось.

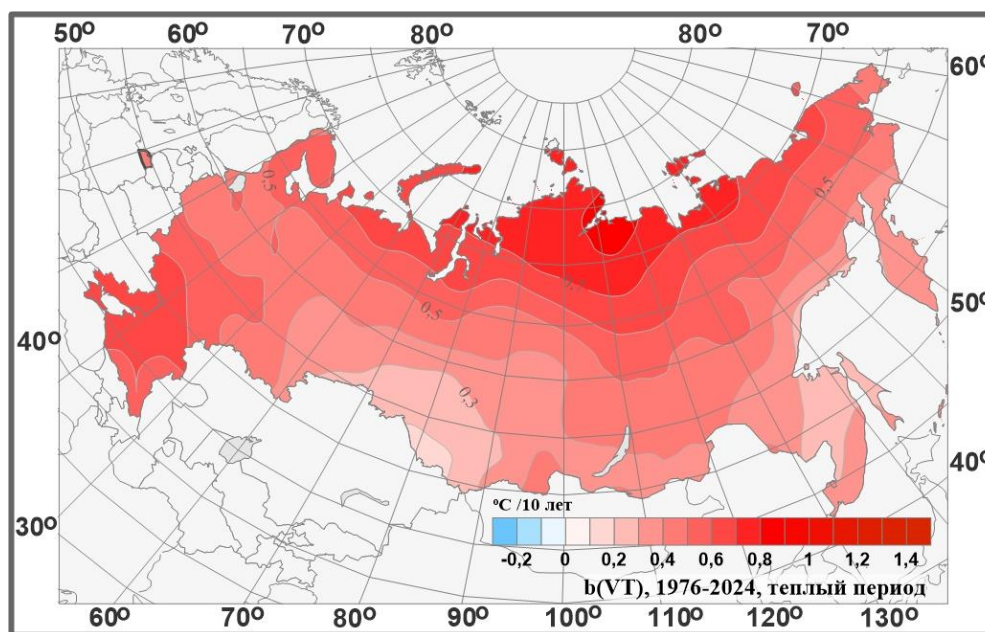


Рисунок 4.7 - Средняя скорость изменения температуры приземного воздуха теплого периода на территории России по данным наблюдений за 1976-2024 гг. (в °C/10 лет)

4.2.2 Атмосферные осадки

Временные ряды средних годовых и сезонных осадков (% от нормы от нормы 1991-2020 гг.) осредненных по территории России в целом, приведены на рисунке 4.8 за период с 1936 по 2024 гг. В таблице 4.3 приведены оценки линейного тренда регионально осредненных осадков для территории РФ в целом, физико-географических регионах и федеральных округах за 1976-2024 гг.

На рисунках 4.9 и 4.10 представлены временные ряды осадков, осредненных физико-географических регионах и федеральных округам РФ (отклонения от нормы, мм / месяц). На всех временных рядах показан линейный тренд, характеризующий тенденцию (среднюю скорость) изменений температуры на интервале 1976 - 2024 гг. с 95%-й доверительной полосой.

На рисунке 4.11 представлено географическое распределение коэффициентов линейных трендов осадков теплого периода на территории России за период 1976-2024 (% от нормы/10 лет). Оценки получены по станционным временным рядам сезонных аномалий за 1976-2024 гг. в точках расположения станций и затем картированы.

На территории России в теплый период преобладает тенденция к увеличению годовых сумм осадков: в среднем по России тренд составляет 0,8% нормы /10 лет, вклад в дисперсию 10% (тренд статистически значим на уровне 5%). Тенденция увеличения осадков преобладает на севере ЕЧР, на большей части АЧР (кроме побережья Восточно-Сибирского моря), а тенденция уменьшения осадков наблюдается центре и на юге ЕЧР, на побережья Восточно-Сибирского моря. На большей части России тренд по модулю не превышает 5%/10 лет. Области, где величина тренда ниже -5% нормы /10 лет располагаются в Среднем Поволжье и на побережье Восточно-Сибирского моря, а области, где величина тренда выше 5% нормы /10 лет - в нижнем течении реки Енисей, в Магаданской области (рисунок 4.11).

Значение тренда значимо на уровне 1% для АЧР в целом, региона Средняя Сибирь и для СФО.

Таблица 4.3

Оценки линейного тренда регионально осредненных месячных сумм атмосферных осадков за теплый период для регионов России за 1976-2024 гг.: b , %/10 лет – коэффициент линейного тренда, $D\%$ – вклад тренда в дисперсию. Выделены значения тренда, не значимые на 1%-м уровне.

Регион	b	$D\%$
Россия	0,8	10
Физико-географические регионы России		
Европейская часть РФ	-0,8	2
Азиатская часть РФ	1,6	25
Западная Сибирь	0,5	1
Средняя Сибирь	3,1	22
Прибайкалье и Забайкалье	1,2	3
Приамурье и Приморье	1,7	5
Восточная Сибирь	1,3	3
Федеральные Округа РФ		
Северо-Западный	0,9	2
Центральный	-1,9	4
Приволжский	-3,3	9
Южный	-0,7	0
Северо-Кавказский	0,8	0
Уральский	-0,1	0
Сибирский	2,2	20
Дальневосточный	1,6	9

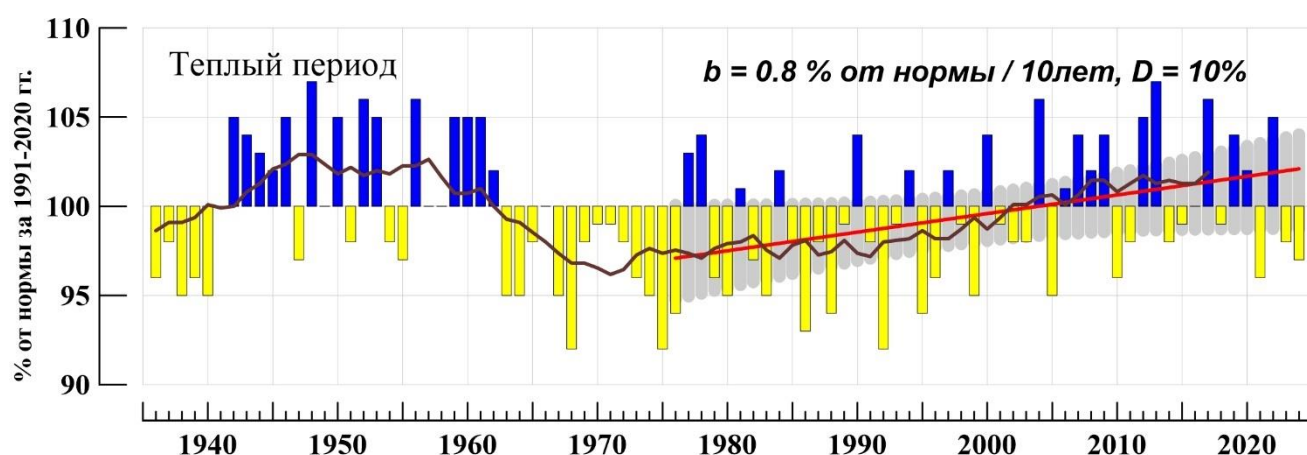


Рисунок 4.8 – Средние осадки теплого периода (% от нормы от нормы 1991-2020 гг.), осредненные по территории РФ, 1936 – 2024 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1991-2020 гг. Показаны также 11- летнее скользящее среднее, линейный тренд за 1976-2024 гг. с 95%-й доверительной полосой.

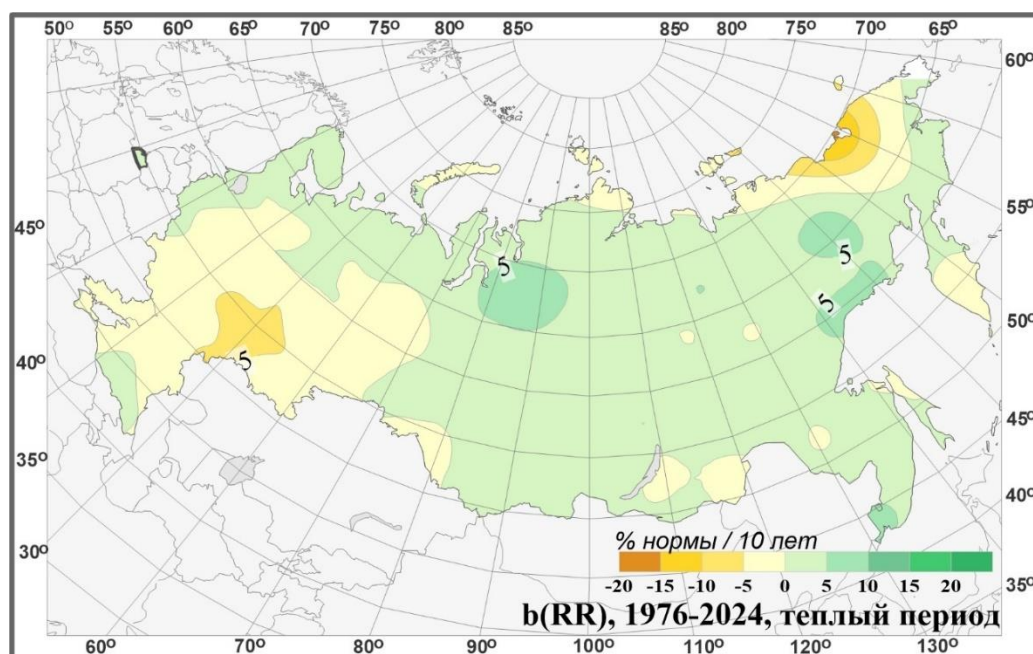


Рисунок 4.11 - Пространственное распределение локальных коэффициентов линейного тренда атмосферных осадков за 1976-2024 гг. теплого периода на территории России (% / 10 лет)

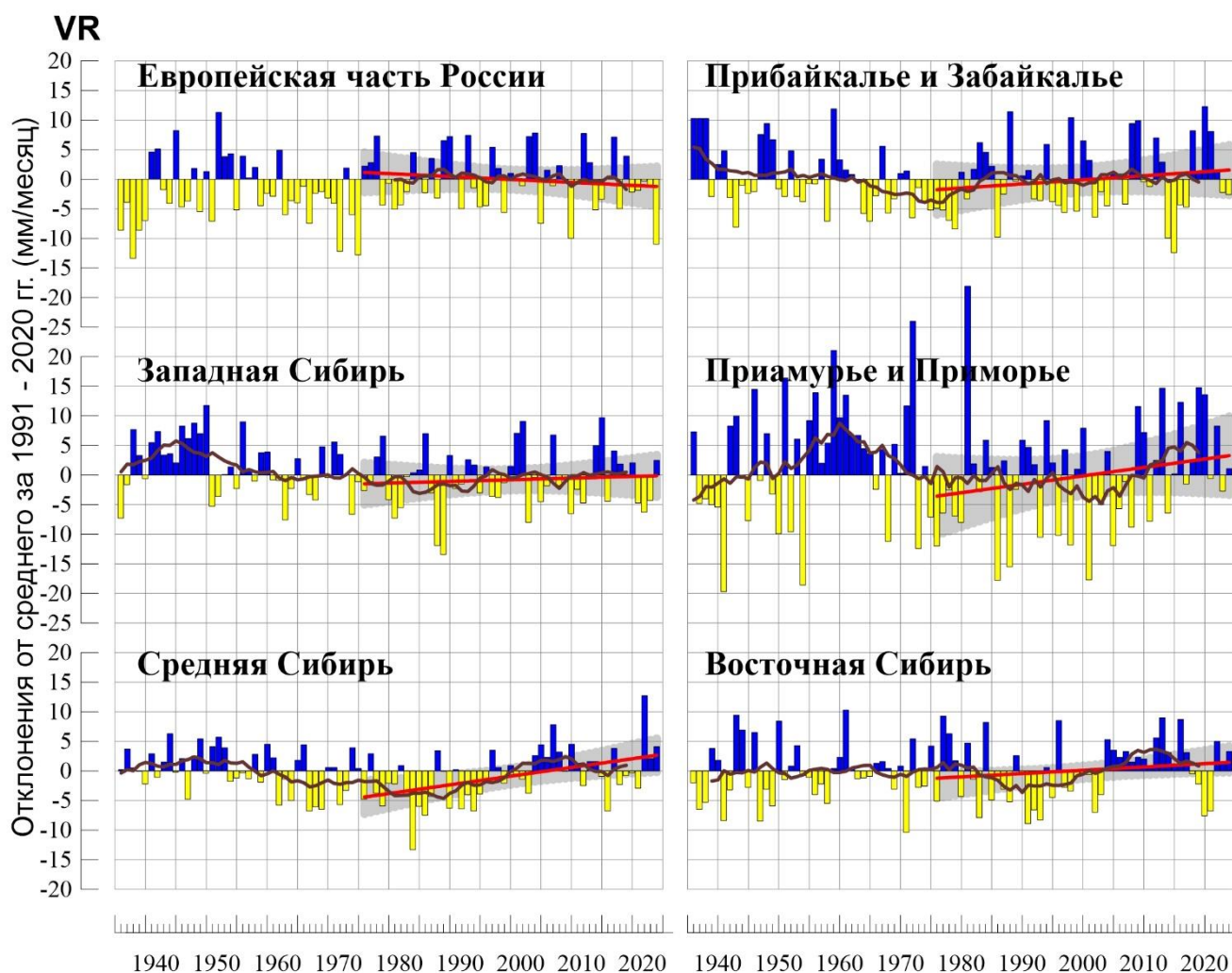


Рисунок 4.9 – Аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц) теплого периода для регионов России за 1936-2024 гг. Условные обозначения на рисунке 4.8

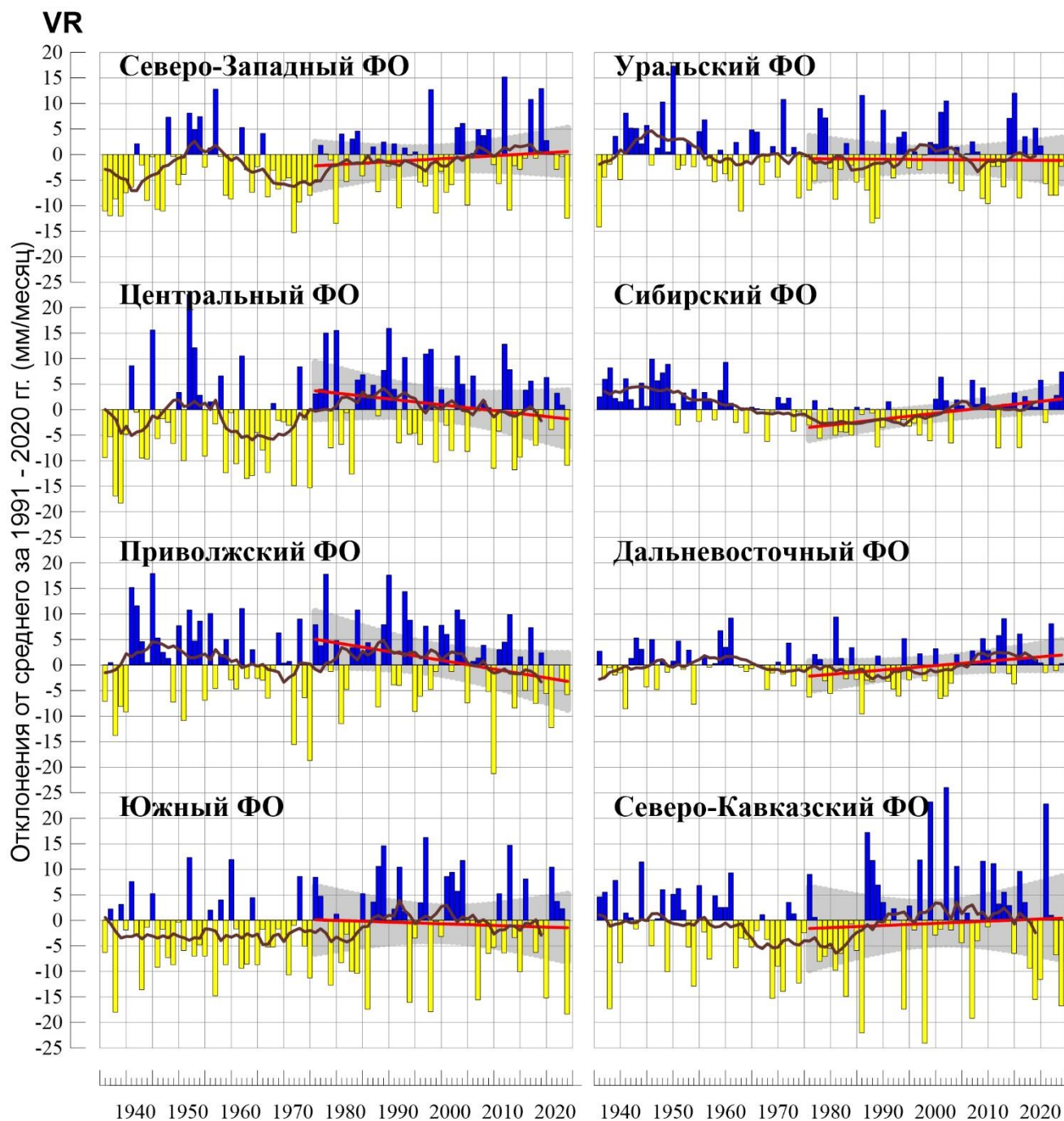


Рисунок 4.10 – То же, что на рисунке 4.9, но для федеральных округов РФ

5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ ЗА ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД, 1936-2024 ГГ.

В разделе приведены временные ряды индексов экстремальности и аномальности для теплого периода по территории России за период 1936 - 2024 гг. В качестве индексов экстремальности рассматриваются доли площади под крупными аномалиями температуры и осадков (вероятности непревышения $\leq 20\%$, $\geq 80\%$), экстремальными (абсолютная величина превосходит 2σ) аномалиями температуры, индекс аномальности Багрова.

Температура. До 1990-х гг. (рис. 5.1) на территории России значительные площади

занимали крупные отрицательные аномалии температур (ниже 20-го перцентиля), а с начала 1990-х – крупные положительные. В 2024 г. доля площади под крупными положительными аномалиями температуры составила 77% (ранг 4-5), площади с крупными отрицательными аномалиями не наблюдалось. Максимальная величина площади с крупными положительными аномалиями (выше 80-го перцентиля) наблюдалась в 2023 г. (94%), Тренд площади под крупными положительными аномалиями за период 1976-2024 г. составил 6,6% площади /10 лет, объясняет 49% дисперсии. Максимальная величина площади с крупными отрицательными аномалиями наблюдалась в 1976 г. (78%).

На рис.5.2 представлены ряды доли площади под экстремальными (выше $+2\sigma$ и ниже -2σ) аномалиями температуры теплого периода (в предположении гауссовости распределения это соответствует примерно 2,3% процента для каждого хвоста распределения).

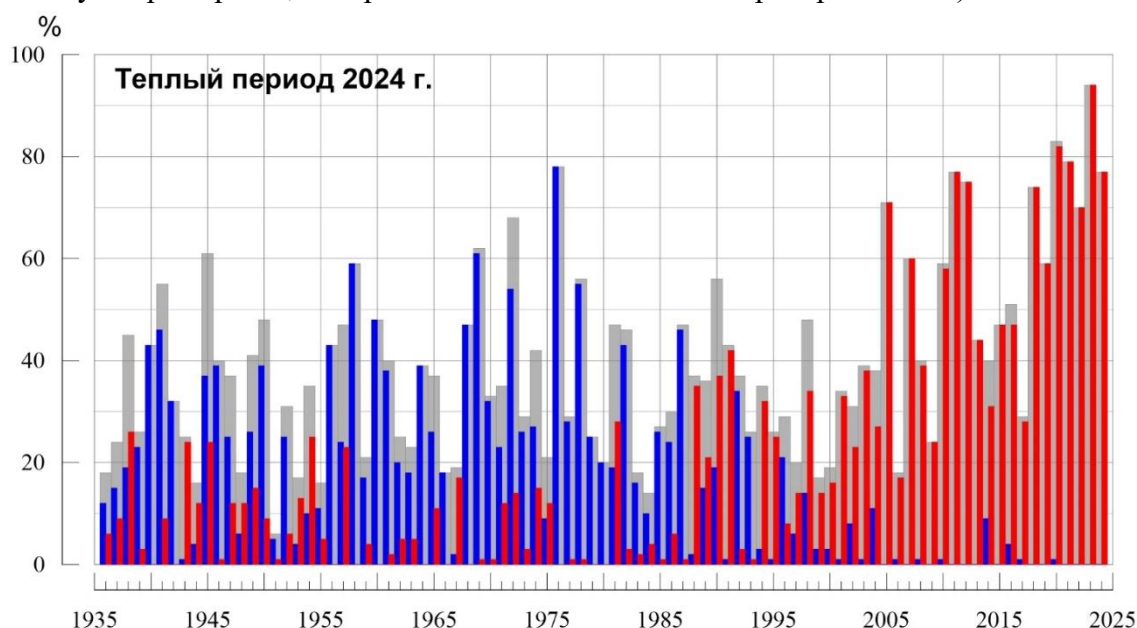


Рисунок 5.1 - Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями температуры, 1936-2024 гг. (теплый период 2024 г.: апрель – сентябрь):

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

До начала 1980-х в теплый период в отдельные годы отрицательные экстремумы ниже 2σ занимали более 5% площади страны. Так в 1969 году 16% площади было занято отрицательными экстремумами ниже 2σ , в 1972 г. – 20% площади, в 1976 г. – 18%.

С конца 1980-х гг. наблюдается рост доли площади с положительными экстремумами выше $+2\sigma$; тренд за период 1976-2024 составляет 3,4% площади / 10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 35%). С 1988 года не наблюдалось случаев, когда доля площади под отрицательными экстремумами превышала 2%.

В теплый период 2024 г. доля площади, занятая крупными положительными экстремумами выше $+2\sigma$, составила 24% (ранг 2), максимальная площадь под крупными положительными экстремумами выше $+2\sigma$ наблюдалась в теплый период 2023 г. (35%). В теплый период 2024 г. площади, занятой крупными отрицательными экстремумами, не наблюдалось совсем.

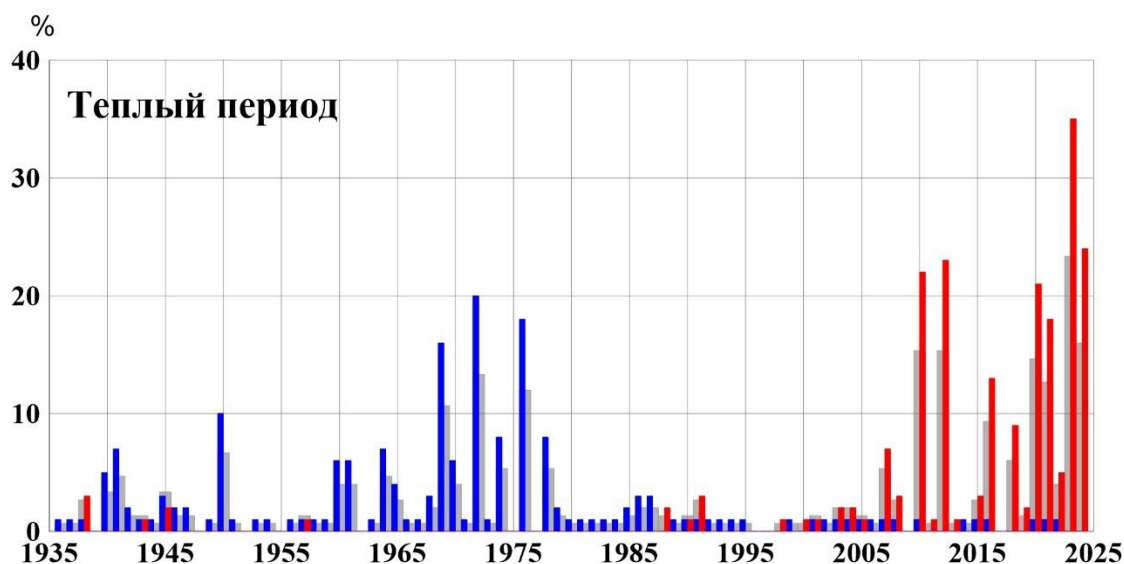


Рисунок 5.2 - Доля площади с экстремальными (нормированная аномалия меньше -2σ : синие столбики, больше $+2\sigma$: красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры для теплого периода для России, 1936-2024 гг. Базовый период для расчета статистик: 1991-2020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

Значение КА (индекса аномальности Багрова) в теплый период 2024 гг. составило 0,8 единиц (рис. 5.3).



Рисунок 5.3 - Индекс аномальности Багрова (КА) для теплого периода в целом для России для температуры, 1886-2024 гг. Показана 11-летняя скользящая средняя и тренд за период 1976-2024 гг.

Осадки. Доля площади с дефицитом осадков (ниже 20-го перцентиля) в теплый период 2024 г. составила 21% (ранг 15-17), а с избытком осадков (выше 80-го перцентиля) – 18 % площади страны (ранг 42-46) (рис. 5.4). Из рисунка 5.4 видно, что в 1940-1950-е годы в теплый период преобладал избыток осадков, в 1960-1980-е годы – преобладал дефицит осадков, с 1990-го года – преобладает избыток осадков.

Тренд доли площади с избытком осадков (выше 80-го перцентиля) за период 1976-2024 составляет $+1,26\%/10$ лет, доля объясненной трендом дисперсии ряда 9%; Тренд доли площади с дефицитом осадков (ниже 20-го перцентиля) $-1,2\%/10$ лет, дисперсия ряда 12%.

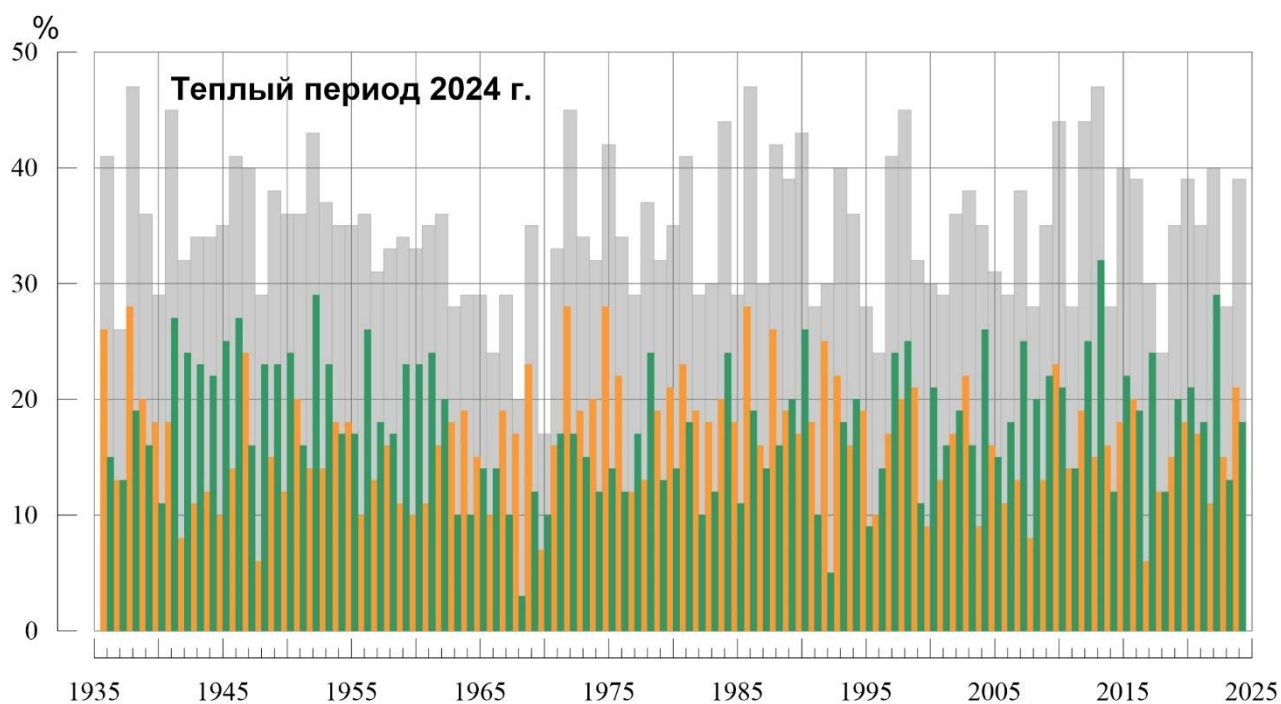


Рисунок 5.4 - Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями осадков, 1936-2024 гг. (Теплый период 2024 г.: апрель – сентябрь):

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

ВЫВОДЫ

1. По сопряженному массиву ПТВ (суша+море) теплый период 2024 гг. был вторым самым теплым в целом по Земному шару ($+0,608^{\circ}\text{C}$) и по Южному полушарию ($+0,374^{\circ}\text{C}$), а по Северному полушарию ($+0,782^{\circ}\text{C}$) – рекордно теплым, в целом по Земному шару максимум осуществился в теплый период 2023 г. ($+0,628^{\circ}\text{C}$).

2. По массиву HadCRUT5 (данные метеослужбы Великобритании, суша+море) в целом по Земному шару и по Северному полушарию аномалии температуры за теплый период 2024 г. составили $+0,567^{\circ}\text{C}$, $+0,765^{\circ}\text{C}$ – максимальные значения в соответствующих рядах с 1850 г., а по Южному полушарию $+0,369^{\circ}\text{C}$ – вторая величина в ряду.

3. Осредненные аномалии температуры по всем континентам (кроме Южной Америки, Антарктиды), по северной части Атлантического океана либо рекордные, либо вторые самые крупные в соответствующих рядах (таблица 2.1). Следует заметить, что в Южной Америке и в северной части Тихого океана теплый период был третьим самым теплым, а в Антарктиде – шестым.

4. 95%-е экстремумы на суше фиксировались всюду в Северной Америке (кроме Аляски), в Африке, на большей части Евразии (кроме Центральной Азии и Дальнего Востока), в Австралии, на севере и в центре Южной Америки, на востоке Антарктиды

5. Отрицательные аномалии наблюдались на Аляске, в Гренландии, в Центральной Азии и на Дальнем Востоке, на юге Южной Америки, на Антарктическом полуострове, в юго-восточной части Тихого океана.

6. В целом по Земному шару, Северному и Южному полушариям по данным сопряженного массива ПТВ (суша+море), по данным массива HadCRUT5 (суша+море), и в целом по Земному шару и по Северному полушарию по данным массива T3288 (суша), все месяцы теплого периода 2024 г. были либо рекордными, либо вторыми самыми крупными. В Южном полушарии по данным массива T3288 (суша) в числе первых двух самых теплых были только июнь, август и сентябрь.

7. Рекордные значения месячных аномалий в регионах наблюдались в Северной Атлантике (30N-65N) в апреле-мае-июне, в северной части Тихого океана (30N-65N) в мае-июне, в Евразии – в апреле, июне-июле, в Южной Америке – в апреле и сентябре, в Африке – в мае и июне, в Северной Америке - в сентябре.

8. В каждом месяце теплого периода наблюдались отрицательные аномалии, которые занимали большие территории. Особо следует отметить отрицательные аномалии в Австралии (в апреле - на многих станциях центра отмечались 5%-е экстремумы холода), в центре Евразии (в мае - на многих станциях Урала отмечались 5%-е экстремумы холода, а также в сентябре), в Южной Америке (в мае – на большинстве станций юга (станции Аргентины, Чили, Уругвая и Парагвая) отмечались 5%-е экстремумы холода, а также в июле-августе), в Антарктиде (в апреле, июне и сентябре), на севере Евразии (в апреле), на севере Северной Америки (в мае) , в Гренландии (в июне-августе).

9. Осредненная по территории РФ аномалия температуры за теплый период 2024 гг. составила $0,81^{\circ}\text{C}$ (ранг 4). Температуры выше климатической нормы наблюдались на большей части РФ. 95%-е экстремумы температуры фиксировались на западе ЕЧР, особенно в СЗФО ($1,45^{\circ}\text{C}$ - ранг 2) и ЦФО ($1,77^{\circ}\text{C}$ - ранг 2); а также на юге СФО. Температуры ниже

климатической нормы наблюдались на Южном Урале и на Чукотке.

10. Доля площади под крупными положительными аномалиями температуры (выше 80-го перцентиля) составила 77% (ранг 5), а под экстремумами выше $+2\sigma$ – 24% площади страны (ранг 2).

11. Самым теплым месяцем был июль 2024 г. Осредненные по РФ и АЧР аномалии температуры $+1,20^{\circ}\text{C}$ и $+1,14^{\circ}\text{C}$ – рекордные значения в рядах. Температуры выше нормы наблюдались на большей части страны. 95%-е экстремумы фиксировались на юге ЕЧР и на юге СФО ($+2,01^{\circ}\text{C}$ – ранг 2). Температуры ниже климатической нормы наблюдались, в основном, в Восточной Сибири.

12. В апреле ($+1,50^{\circ}\text{C}$ - ранг 8) экстремально тепло в центре и на юге ЕЧР, на побережье Охотского и Японского морей; в мае – ($-0,31^{\circ}\text{C}$ - ранг 33) в ДФО ($+1,06^{\circ}\text{C}$ - ранг 5); в июне ($+0,92^{\circ}\text{C}$ - ранг 3) – в ЕЧР ($+2,06^{\circ}\text{C}$ - ранг 4), в Саянах и в Якутии; в августе ($+0,77^{\circ}\text{C}$ – ранг 8) на юге СФО ($+1,93^{\circ}\text{C}$ – ранг 2) и в Забайкалье; в сентябре ($+1,35^{\circ}\text{C}$ - ранг 3) в ЕЧР ($+3,54^{\circ}\text{C}$ – ранг 1).

13. Следует отметить большую область отрицательных аномалий в мае в ЕЧР и в Западной Сибири (на востоке ЕЧР и на Урале на станциях фиксировались 5%-е экстремумы холода).

14. Осредненные осадки за теплый период 2024 гг. в целом по РФ составили 97% от нормы. Дефицит осадков наблюдался на большей части ЕЧР (выпало 81% - среди четырех самых «сухих» теплых периодов), особенно мало осадков выпало в СЗФО (80% - третий самый «сухой» теплый период), в центральных районах Западной Сибири, в течении Лены и Амура. Значительный избыток осадков наблюдался на юге Западной Сибири, на большей части СФО (114% от нормы – ранг 5), в Магаданской области.

15. Доля площади с дефицитом осадков (ниже 20-го перцентиля) в теплый период 2024 г. составила 21% (ранг 15-17), а с избытком осадков (выше 80-го перцентиля) – 18 % площади страны (ранг 42-46).

16. Из месяцев выделяется «влажный» апрель (128% - ранг 2), особенно в АЧР (132% - ранг 4); при этом на юге ЕЧР наблюдался сильный дефицит осадков (в ЮФО выпало 27% нормы, в СКФО 44% – минимальные величины в рядах).

17. В ЕЧР сентябрь был самым «сухим» (38%), а май – третьим самым «сухим» (66%), в Средней Сибири экстремально «сухим» был июнь (72% - второй самый «сухой» июнь).

18. Оценки тренда уверенно указывают на тенденцию к потеплению глобального климата в течение теплого периода, в целом по Земному шару и полушариям, а также в среднем по территории всех рассмотренных крупных регионов. В целом по Земному шару (по сопряженному архиву ПТВ) скорость потепления составляет $0,21^{\circ}\text{C} / 10$ лет.

19. Регион наиболее интенсивного потепления Евразия – скорость роста составляет $0,39^{\circ}\text{C} / 10$ лет (при этом в Европе: $0,49^{\circ}\text{C} / 10$ лет, а в Азии: $0,36^{\circ}\text{C} / 10$ лет), в Северной Америке $0,32^{\circ}\text{C} / 10$ лет. На континентах Южного полушария скорость роста температуры значительно меньше: $0,18^{\circ}\text{C} / 10$ лет в Австралии, $0,19^{\circ}\text{C} / 10$ лет в Южной Америке, $0,14^{\circ}\text{C} / 10$ лет – в Антарктиде (при этом в Антарктиде тренд не значим).

20. На побережье Карского и Восточно-Сибирского морей линейный тренд до $+0,7-0,8^{\circ}\text{C}/10$ лет, на островах Канадского архипелага до $+1,1^{\circ}\text{C}/10$ лет. Немного меньше (до $+0,5-0,7^{\circ}\text{C}/10$ лет) скорость потепления в Северной Америке, в Европе, на севере Африки; еще меньше - в Юго-Восточной Азии ($+0,3-0,5^{\circ}\text{C}/10$ лет) и в Австралии, и в Южной Америке ($+0,2-0,4^{\circ}\text{C}/10$ лет). Тренд к похолоданию наблюдается только в юго-восточной части Тихого океана.

21. В северных частях Атлантического и Тихого океанов скорость роста температуры составляет $0,20-0,31^{\circ}\text{C}/10$ лет.

22. Потепление наблюдается на всей территории России. линейный тренд за период 1976-2024 гг. составляет $+0,45^{\circ}\text{C}/10$ лет, вклад тренда в дисперсию составляет 76%. Наибольшее потепление наблюдается на севере АЧР: до $+0,7-0,8^{\circ}\text{C}/10$ лет; немного меньше скорость потепления на юге ЕЧР: до $0,5-0,7^{\circ}\text{C} / 10$ лет, а на юге Западной Сибири, в Приморье $0,1-0,3^{\circ}\text{C} / 10$ лет.

23. На территории России в теплый период преобладает тенденция к увеличению годовых сумм осадков: в среднем по России тренд составляет $0,8\%$ нормы /10 лет, вклад в дисперсию 10% (тренд статистически значим на уровне 5%). Тенденция увеличения осадков преобладает на севере ЕЧР, на большей части АЧР (кроме побережья Восточно-Сибирского моря), а тенденция уменьшения осадков наблюдается центре и на юге ЕЧР, на побережья Восточно-Сибирского моря.