

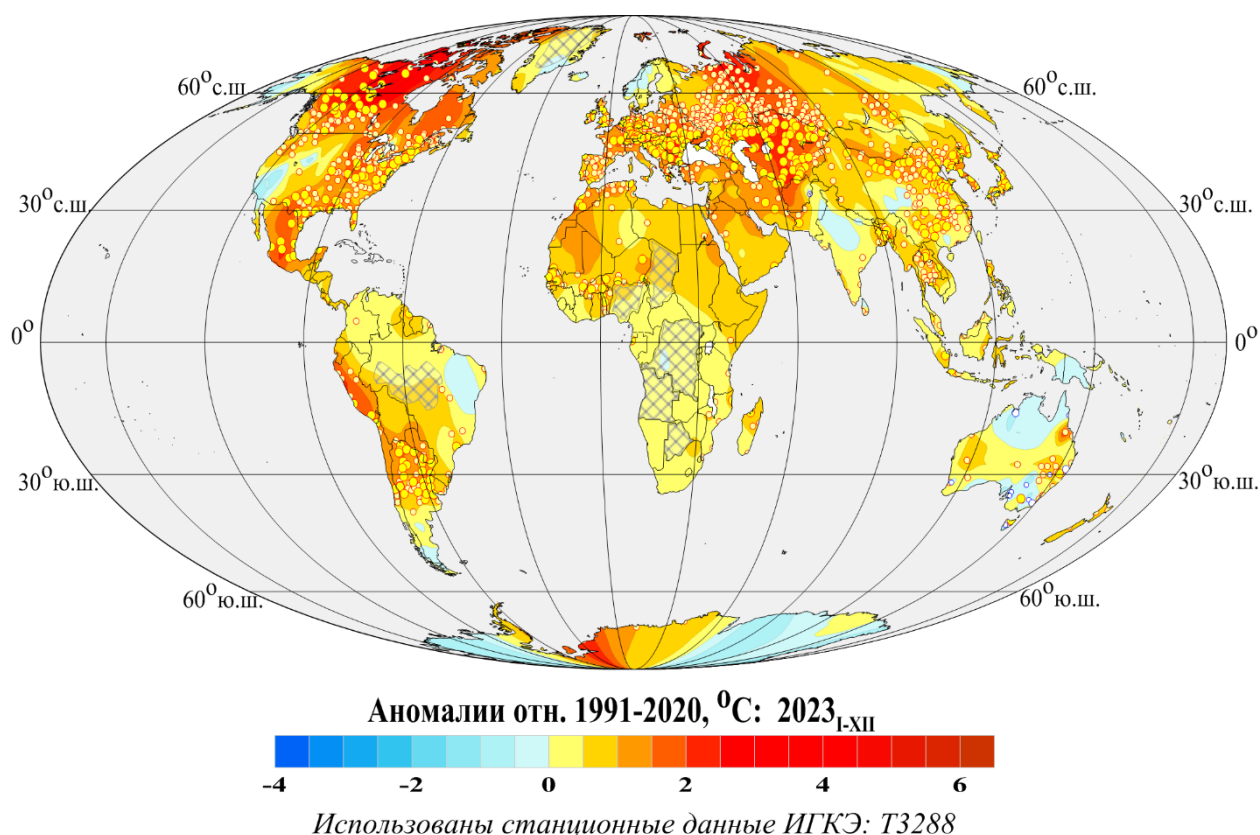
Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды

ФГБУ «Институт глобального климата и экологии
имени академика Ю.А. Израэля»

Бюллетень мониторинга изменений климата Земного шара

Приземная температура – 2023

Годовой обзор



Москва 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ^{1),2)}

1. ВВЕДЕНИЕ	3
2. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ШАРА В 2023 году. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ АНОМАЛИИ	6
3. КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗЕМНОГО ШАРА ЗА ПЕРИОД ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ, 1850-2023 гг.	17
4. ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ РЕГИОНАЛЬНО ОСРЕДНЕННЫХ АНОМАЛИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ, 1911-2023 гг.	22
5. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА, 1976-2023 гг.	26
6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	33

¹⁾ Бюллетень подготовлен в ФГБУ «ИГКЭ». Данные текущих наблюдений (сводки КЛИМАТ и СИНОП из оперативного потока) подготовлены в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» и ФГБУ «Гидрометцентр РФ». Все бюллетени мониторинга климата, сезонные и годовые, выпускаемые в ФГБУ «ИГКЭ», размещаются на сайте <http://www.igce.ru/climatechange/>.

В выпуске принимали участие сотрудники Отдела мониторинга и вероятностного прогноза климата ФГБУ «ИГКЭ»: М.Ю. Бардин (руководитель), Э.Я. Ранькова, О.Ф. Самохина, У.И. Антипина, Т.В. Платова, В.Д. Смирнов

²⁾ На обложке приведено поле среднегодовых аномалий температуры приземного воздуха над сушей Земного шара: 2023 год (январь-декабрь). Использованы станционные данные ФГБУ «ИГКЭ»: Т3288

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящем бюллетене представлены данные об аномалиях температурного режима 2023 года у поверхности Земного шара и обновленные (с учетом этих данных) оценки тенденций его изменений в течение 1976–2023 гг. Оценки приведены для года в целом и каждого из сезонов (в отдельных случаях – и каждого месяца). Аномалии приведены к базовому периоду 1991–2020 гг.

Бюллетень подготовлен в рамках оперативного мониторинга климата GCCM (Global Climate Change Monitoring) в ФГБУ «ИГКЭ»³⁾, с использованием данных метеорологических наблюдений о среднемесячной температуре приземного воздуха на 3288 наземных станциях Земного шара (массив Т3288, данные ИГКЭ; массив сформирован и ежемесячно пополняется средствами технологии мониторинга на основе сводок КЛИМАТ, СИНОП). 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, HadSST4⁴⁾, данные метеослужбы Великобритании; в бюллетене упоминаются как «данные Hadley/CRU» и используются в полном соответствии с оригиналом, без какой-либо корректировки).

Таким образом, базовым массивом для оценки состояния температурных условий на суше Земного шара служит массив Т3288, а массив HadCRUT5 используется для создания полной картины над сушей и океанами. Глобальные временные ряды HadCRUT5, CRUTEM5, HadSST4 приводятся непосредственно по данным производителя как информация из альтернативного источника. Термины «приземная температура» и «приповерхностная температура» рассматриваются в бюллетене как синонимы. Развернутый комментарий к материалам бюллетеня с описанием используемых источников, сети станций и элементов методики размещен на сайте ИГКЭ⁵⁾.

Напомним, что в технологию GCCM введены дополнительные процедуры расчета данных КЛИМАТ (среднемесячная температура приземного воздуха) по данным соответствующих синоптических наблюдений (СИНОП) и последующего использования их для контроля сводок КЛИМАТ и пополнения их данными недостающих станций.

Сравнение глобальных временных рядов температуры приземного воздуха по данным массивов Т3288 (ИГКЭ) и CRUTEM5 (Hadley/CRU). Цель сравнения: с одной стороны – убедиться в репрезентативности массива Т3288, с другой – оценить меру неопределенности оценок, полученных с использованием единой системы наблюдений, но разных методов и технологий сбора данных, их обработки и анализа. Близость рядов

³⁾ Решение Центральной методической комиссии по гидрометеорологическим и геологофизическим прогнозам от 20 декабря 2016 г. – <http://method.meteorf.ru>

⁴⁾ 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.5.0.1.0, CRUTEM.5.0.1.0, HadSST.4.0.1.0 от 16.01.2024.

⁵⁾ О бюллетене GCCM (read me). – <http://www.igce.ru/climatechange/monitoring-world/>.

примерно с середины прошлого столетия четко видна уже визуально (рис. 1.1). Количественные оценки (статистические характеристики попарных разностей) по данным за 1976-2023 гг. (период современного глобального потепления) и 1924-2023 гг. (последнее столетие) приведены в таблице 1.1 для Земного шара, Северного и Южного полушарий (только суша!).

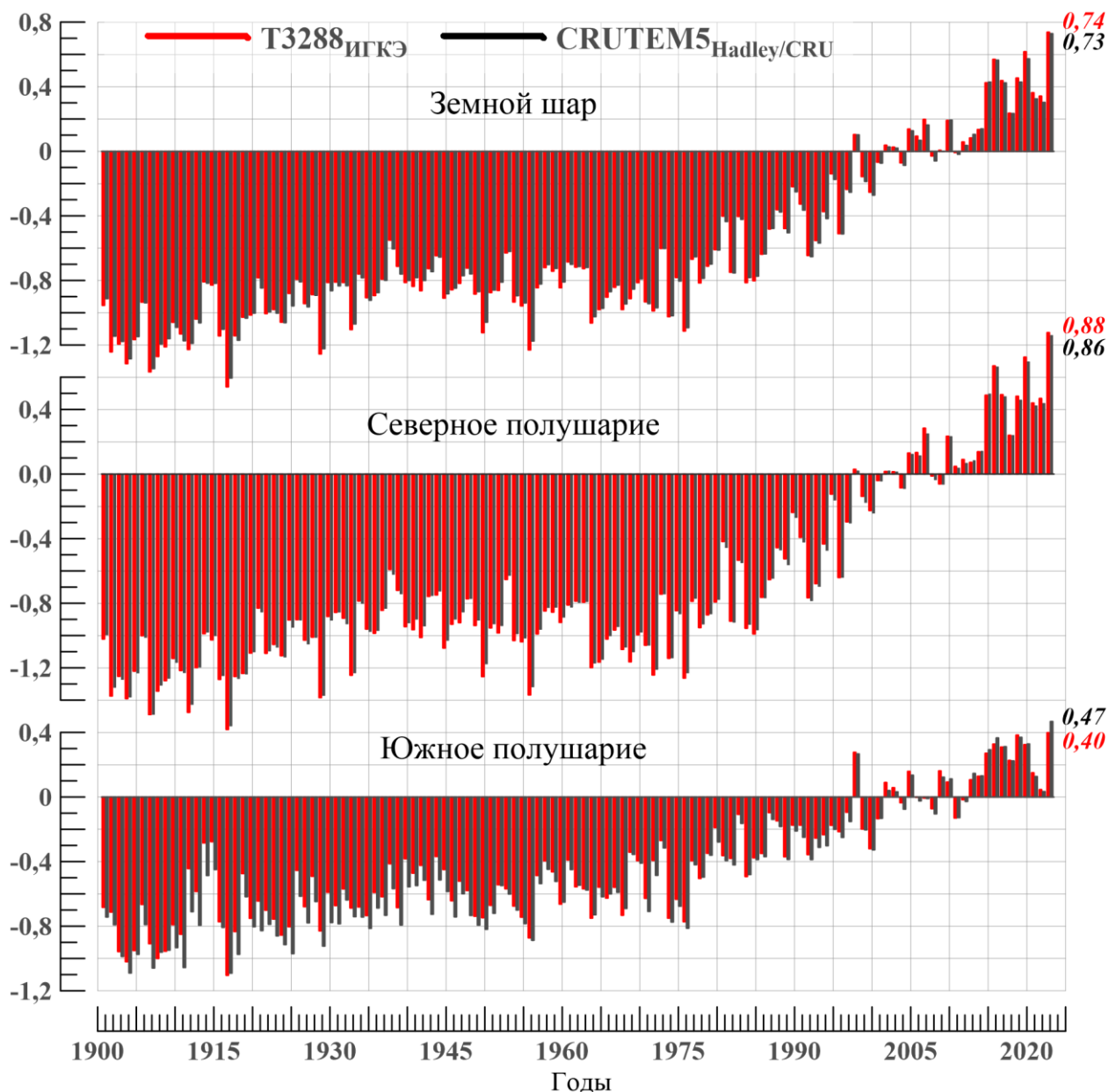


Рисунок 1.1 – Временные ряды пространственно осредненных годовых аномалий температуры приземного воздуха (°C) над сушей Земного шара, Северного и Южного полушарий. *Использованы временные ряды, рассчитанные по данным массива T3288 (ИГКЭ), и глобальные временные ряды CRUTEM5 (Hadley/CRU), 1901-2023 гг.*

Среднее различие рядов за 1924-2023 гг. по разным глобальным территориям (Земной шар, полушария) и данным (T3288, CRUTEM5) колеблется в интервале от $-0,003$ до $+0,047^{\circ}\text{C}$, но за последние 48 лет – от $+0,009$ до $+0,021^{\circ}\text{C}$. Расхождения рядов в конкретные годы после 1976 г. никогда не достигали $0,1^{\circ}\text{C}$, но в ЮП в 1930 г. и в 1940 г. расхождение составило $0,19^{\circ}\text{C}$ и $0,17^{\circ}\text{C}$, в СП – по модулю не более $0,08^{\circ}\text{C}$ (в 1950 г.). При этом стандартное отклонение различий ($0,018$ – $0,050^{\circ}\text{C}$) на порядок ниже стандартного

отклонения самих рядов (0,256–0,523°C), и во всех случаях ряды характеризуются высокой корреляцией (не ниже 0,99) и предельно низким различием трендов (до $\pm 0,01^\circ\text{C}/10$ лет) (табл. 1.1).

Таблица 1.1 – Оценки близости/различия глобальных временных рядов T3288 (ИГКЭ) и CRUTEM5 (Hadley/CRU) в среднем для территории суши Земного шара (ЗШ), Северного (СП) и Южного (ЮП) полушарий

Оценка	1976-2023			1924-2023		
	ЗШ	СП	ЮП	ЗШ	СП	ЮП
Корреляция рядов	0,999	0,999	0,995	0,998	0,999	0,991
Среднее различие, °C	0,011	0,009	0,021	0,001	-0,003	0,047
СКО (сигма) различий, °C	0,020	0,018	0,027	0,028	0,026	0,050
Среднее абсолютное различие, °C	0,018	0,017	0,027	0,023	0,021	0,052
Макс. абсолютное различие, °C	0,044	0,041	0,089	0,077	0,078	0,187
Разность коэфф. тренда, °C/10лет	0,005	0,004	-0,009	0,002	0,003	-0,012
СКО T3288, °C	0,417	0,496	0,256	0,460	0,523	0,321
СКО CRUTEM5, °C	0,409	0,489	0,266	0,447	0,510	0,345

Таким образом, статистические оценки изменчивости температуры приземного воздуха по данным массива T3288 (в данном случае – среднегодовым), очень близки к оценкам по данным всемирно признанного массива CRUTEM5. Для каждого из сезонов аналогичные оценки, практически с тем же заключением, представлены в соответствующих выпусках сезонных бюллетеней.

2. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ШАРА В 2023 ГОДУ. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ АНОМАЛИИ

В соответствии с оценками, полученными по всем наборам данных (табл. 2.1), 2023 год был самым теплым с 1850 г. по всем трем глобальным территориям (Земной шар, Северное и Южное полушария). В целом по Земному шару (HadCRUT5, суша+море), аномалия температуры составила +0,533°C (предыдущий максимум +0,345°C в 2016 г.).

Таблица 2.1 – Самые теплые годы для Земного шара (ЗШ), Северного (СП) и Южного (ЮП) полушарий по данным разных источников: средняя за год аномалия VT и год наблюдения

Ранг	ЗШ		СП		ЮП	
	VT, °C	Год	VT, °C	Год	VT, °C	Год
HadCRUT5 (Hadley/CRU, суша+море)						
1	0,533	2023	0,668	2023	0,397	2023
2	0,345	2016	0,514	2020	0,246	2019
3	0,335	2020	0,457	2016	0,233	2016
4	0,315	2015	0,424	2015	0,205	2015
5	0,307	2019	0,369	2019	0,166	2017
T3288 (ИГКЭ, суша)						
1	0,738	2023	0,876	2023	0,399	2023
2	0,617	2020	0,724	2020	0,384	2019
3	0,570	2016	0,670	2016	0,328	2016
4	0,454	2019	0,492	2017	0,325	2020
5	0,438	2017	0,488	2015	0,310	2017
CRUTEM5 (Hadley/CRU, суша)						
1	0,729	2023	0,859	2023	0,468	2023
2	0,573	2020	0,696	2020	0,370	2019
3	0,565	2016	0,664	2016	0,366	2016
4	0,429	2019	0,497	2015	0,329	2020
5	0,429	2015	0,480	2017	0,312	2017
HadSST4 (Hadley/CRU, море)						
1	0,469	2023	0,552	2023	0,382	2023
2	0,281	2016	0,415	2020	0,230	2016
3	0,278	2019	0,346	2015	0,219	2019
4	0,271	2020	0,342	2019	0,186	2015
5	0,262	2015	0,341	2016	0,162	2022

Примечание. Жирным шрифтом выделены значения абсолютных максимумов 1850-2023 гг.

Географическое распределение среднегодовых аномалий приведено на рисунке 2.1. В таблице 2.2 представлены значения пространственно-осредненных аномалий, годовых и сезонных, для Земного шара и крупных регионов мира, в абсолютной (°C) и вероятностной (вероятность превышения) шкалах. В таблицах 2.3-2.4 для этих же регионов (полушария, континенты, океаны и основные широтные пояса) приведены частотные распределения среднегодовых локальных аномалий по знаку и степени экстремальности, а в таблицах 2.5-2.6 – значения и ранги среднемесячных аномалий.

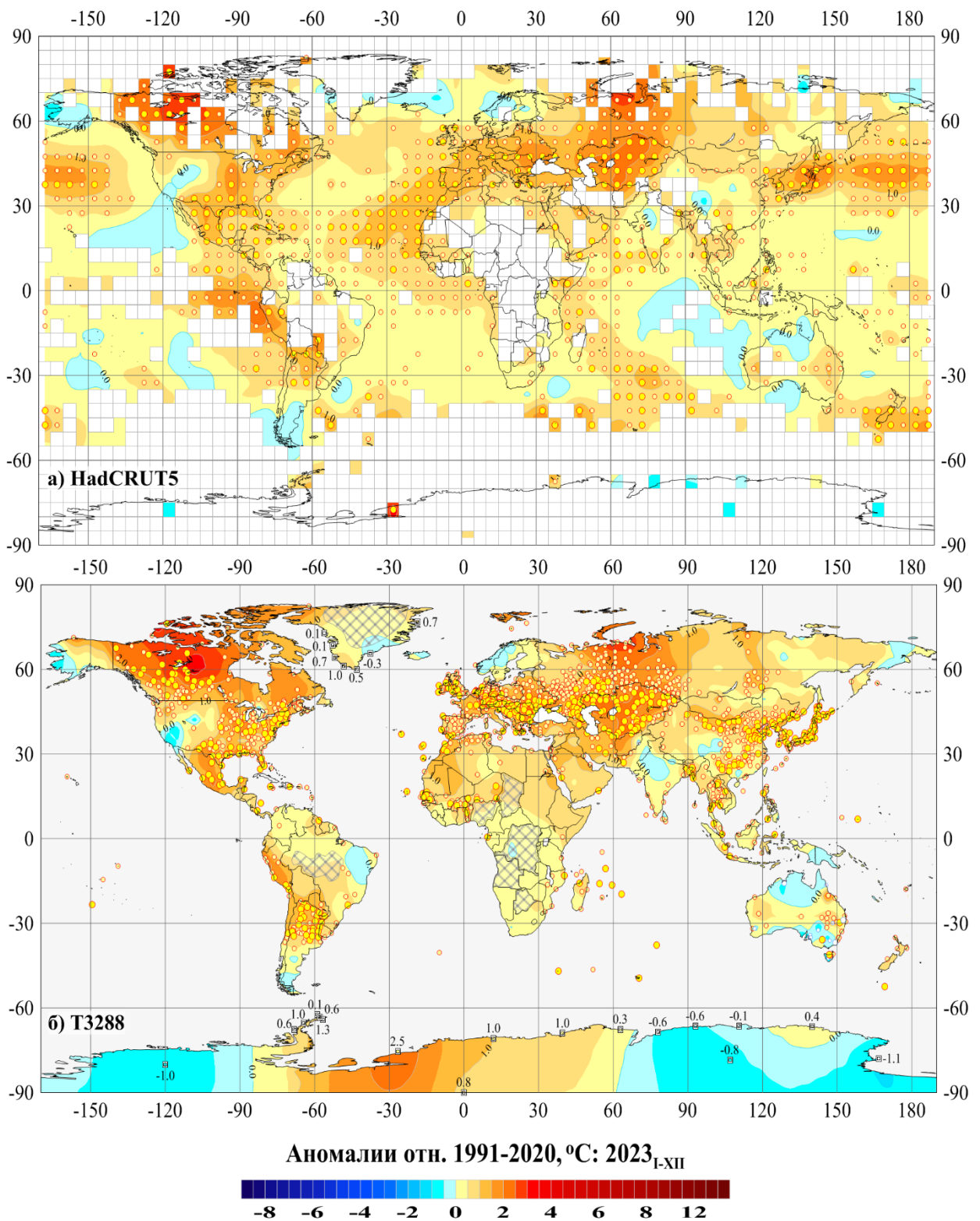


Рисунок 2.1 – Пространственное распределение среднегодовых (январь-декабрь, 2023 г.) аномалий приземной температуры (°C): а) по сеточным данным HadCRUT5 (Hadley/CRU, UK); б) по станционным данным T3288 (ИГКЭ).

Аномалии приведены в отклонениях от средних за 1991-2020 гг. Кружками белого (минимумы) и желтого (максимумы) цвета указано положение боксов/станций с рекордными значениями аномалий. Значками меньшего размера указано положение 5%-х экстремумов того же знака. В точках расположения станций Антарктиды и Гренландии показаны числовые значения наблюдаемых аномалий, а пустыми боксами (а) и итриховкой (б) – области отсутствия данных.

Таблица 2.2 – Регионально осредненные значения аномалии приземной температуры в 2023 г. и их вероятности превышения (в среднем за год и в каждом из сезонов)

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень		
	vT	F%	vT	F%	vT	F%	vT	F%	vT	F%	
HadCRUT5 (суша+море)											
Земной шар	0,53	100	0,28	97,3	0,39	99,1	0,60	100	0,71	100	
Северное полушарие	0,67	100	0,34	95,5	0,43	98,2	0,71	100	0,98	100	
Южное полушарие	0,40	100	0,22	96,4	0,36	100	0,49	100	0,45	100	
Атлантика (15-70N)	0,71	100	0,42	99,1	0,57	100	1,03	100	0,77	100	
Тихий океан (20-65N)	0,64	99,1	0,56	100	0,44	97,3	0,62	98,2	0,86	100	
Широтные пояса	65-90N	0,78	96,4	0,35	84,8	0,36	89,3	0,71	97,3	1,23	98,2
	25-65N	0,86	100	0,53	97,3	0,62	99,1	0,86	100	1,19	100
	25S-25N	0,41	100	0,05	87,5	0,25	94,6	0,53	100	0,63	100
	65-25S	0,43	100	0,46	100	0,47	100	0,45	100	0,34	100
	90-65S	0,16	76,9	-0,08	52,3	0,49	71,2	-0,22	60,8	0,65	87,3
T3288 (суша)											
Земной шар	0,74	100	0,31	94,6	0,46	96,4	0,77	100	1,11	100	
Северное полушарие	0,88	100	0,43	95,5	0,57	97,3	0,83	100	1,30	100	
Южное полушарие	0,40	100	0,02	83	0,22	92	0,62	100	0,65	100	
Северная Америка	1,25	100	0,65	92	0,31	88,4	1,00	100	1,55	100	
Евразия	0,93	99,1	0,39	89,3	0,71	93,7	0,81	100	1,54	100	
Южная Америка	0,67	100	0,22	92	0,59	99,1	0,94	100	1,04	100	
Африка	0,55	98,2	0,43	98,2	0,38	92,9	0,73	100	0,93	100	
Австралия	0,02	82,1	-0,81	22,3	-0,93	19,6	0,60	96,4	0,57	95,5	
Антарктида	0,10	74,7	-0,28	40,5	0,38	68,4	-0,26	58,2	0,66	93,7	
Европа	1,20	99,1	1,32	94,6	1,02	96,4	0,77	95,5	1,58	100	
Азия	0,85	100	0,14	83,9	0,62	92,9	0,82	100	1,52	100	
Арктика (суша)	1,19	97,3	0,39	84,8	0,82	90,2	1,15	100	2,23	99,1	
CRUTEM5 (суша)											
Земной шар	0,73	100	0,31	93,7	0,45	97,3	0,79	100	1,07	100	
Северное полушарие	0,86	100	0,45	95,5	0,50	96,4	0,84	100	1,29	100	
Южное полушарие	0,47	100	0,02	85,7	0,33	95,5	0,70	100	0,64	100	

Условные обозначения.

1. vT, °C – наблюдаемая аномалия в 2023 году (базовый период 1991-2020 гг.);
2. F% – значение эмпирической функции распределения $F = \text{prob}(X \leq vT_{2023})$ по данным за 1911-2023 гг. (вероятность превышения)
3. Красным шрифтом выделены абсолютные максимумы (наибольшие из всех значений ряда за 1911-2023 гг.), синим - отрицательные аномалии.

В соответствии со среднегодовыми оценками (рис. 2.1, табл. 2.3), на территории Земного шара в 2023 г. положительные аномалии температуры составили около 90% всех локальных данных (87% по данным в боксах и 89% – на станциях); из них около 50% (47%, и 53%) оказались выше 95-го перцентиля (5%-экстремумы тепла), в том числе более 15% (15% и 19%) стали для своих пунктов рекордными (абсолютные максимумы). Такая ситуация сложилась, за счет северных частей Тихого и Атлантического океанов, Северной и Южной Америк, Евразии и Африки, где более половины локальных значений температуры (от 54 до 73%) были выше 95-го перцентиля, а 2023 год оказался для своего региона одним из трех самых теплых лет в истории наблюдений (табл. 2.2).

Отрицательные среднегодовые аномалии (около 8% всех данных) также наблюдались и на суше, и на акваториях океанов. В Южном полушарии отрицательные аномалии наблюдались на севере Австралии, в Антарктиде, на востоке Бразилии, в восточной части Индийского океана и в отдельных районах Тихого океана. В целом, в южном полярном поясе 90-65S доля отрицательных аномалий составила 54%. В Северном полушарии отрицательные аномалии наблюдались в западных штатах США и прилегающей акватории Тихого океана, в Скандинавии, в Северном море и на севере Индии.

Таблица 2.3 – Частотное распределение локальных среднегодовых аномалий по категориям в крупных регионах Земного шара по данным массивов HadCRUT5 и T3288, 2023 г.

Регион	NN- число боксов/ станций	Число значений в каждой категории (в % от NN)							
		Аномалии (отн. 1991-2020 гг.)			5%-е экстремумы холода/тепла		Абсолютные экстремумы		
		V < 0	V=0	V > 0	X ≤ P ₀₅	X ≥ P ₉₅	X = min	X = max	
HadCRUT5 (суша+море)									
ЗШ	1455	8,1	4,7	87,2	-	46,9	-	15,3	
СП	892	6,2	2,9	90,9	-	54,5	-	19,5	
ЮП	563	11,2	7,5	81,3	-	35,0	-	8,5	
АО, 15-70N	129	0,8	-	99,2	-	64,3	-	40,3	
ТО, 20-65N	149	1,3	5,4	93,3	-	72,5	-	24,2	
Широтные пояса	65-90N	83	20,5	2,4	77,1	-	19,3	-	4,0
	25-65N	522	4,0	1,7	94,3	-	58,8	-	22,0
	25S-25N	561	7,8	6,4	85,7	-	47,1	-	11,6
	65-25S	276	10,5	7,6	81,9	-	34,1	-	13,8
	90-65S	13	53,8	-	46,2	-	15,0	-	8,0
T3288 (только суша)									
ЗШ	2460	8,2	3,0	88,8	0,6	52,6	0,1	19,2	
СП	2089	6,0	2,1	91,9	0,0	55,5	-	20,2	
ЮП	371	20,5	8,1	71,4	3,5	36,4	0,8	13,5	
С. Америка	412	4,9	2,7	92,5	-	60,9	-	21,1	
Евразия	1471	6,5	1,8	91,7	0,1	53,8	-	19,2	
Ю. Америка	123	7,3	5,7	87,0	-	58,5	-	26,8	
Африка	120	2,5	5,0	92,5	-	56,7	-	15,8	
Австралия	137	36,5	9,5	54,0	8,0	18,2	2,2	2,9	
Антарктида	18	27,8	-	72,2	-	11,1	-	-	
Европа	539	6,5	1,5	92,0	-	68,6	-	23,9	
Азия	941	6,4	2,0	91,6	0,1	45,8	-	16,6	
Арктика, суша	146	7,5	3,4	89,0	-	28,1	-	2,7	

Условные обозначения.

1. V < 0, V=0, V > 0 – категории аномалий;
2. P₀₅, P₉₅ – 5-я и 95-я процентиля

Сезонные особенности распределения аномалий. Пространственные распределения сезонных аномалий приведены на рисунке 2.2 по данным с учетом (HadCRUT5, суша+море) и без учета (T3288, только суша) океанов, а их числовые обобщения – в таблице 2.4. При глобальном рассмотрении следует выделить рекордно теплые, в среднем по Земному шару, лето и осень (аномалия, соответственно, +0,60, +0,71°C) и попавшие в первую пятерку самых теплых зиму (+0,28°C, ранг 4) и весну (+0,39°C, ранг 3). Кроме того, в океанах Северного и Южного полушарий все месяцы года были либо самыми теплыми, либо в числе первых трех самых теплых (ранг не выше 3)

(исключения: январь и февраль в океанах Южного полушария – четвертые величины в соответствующих рядах), а на суше - все месяцы, начиная с июня, были либо самыми теплыми, либо в числе первых трех самых теплых (ранг не выше 3). На рисунках 2.3а-2.3г аналогичные распределения детализируются для каждого месяца, но только по данным над континентами (табл. 2.5-2.6).

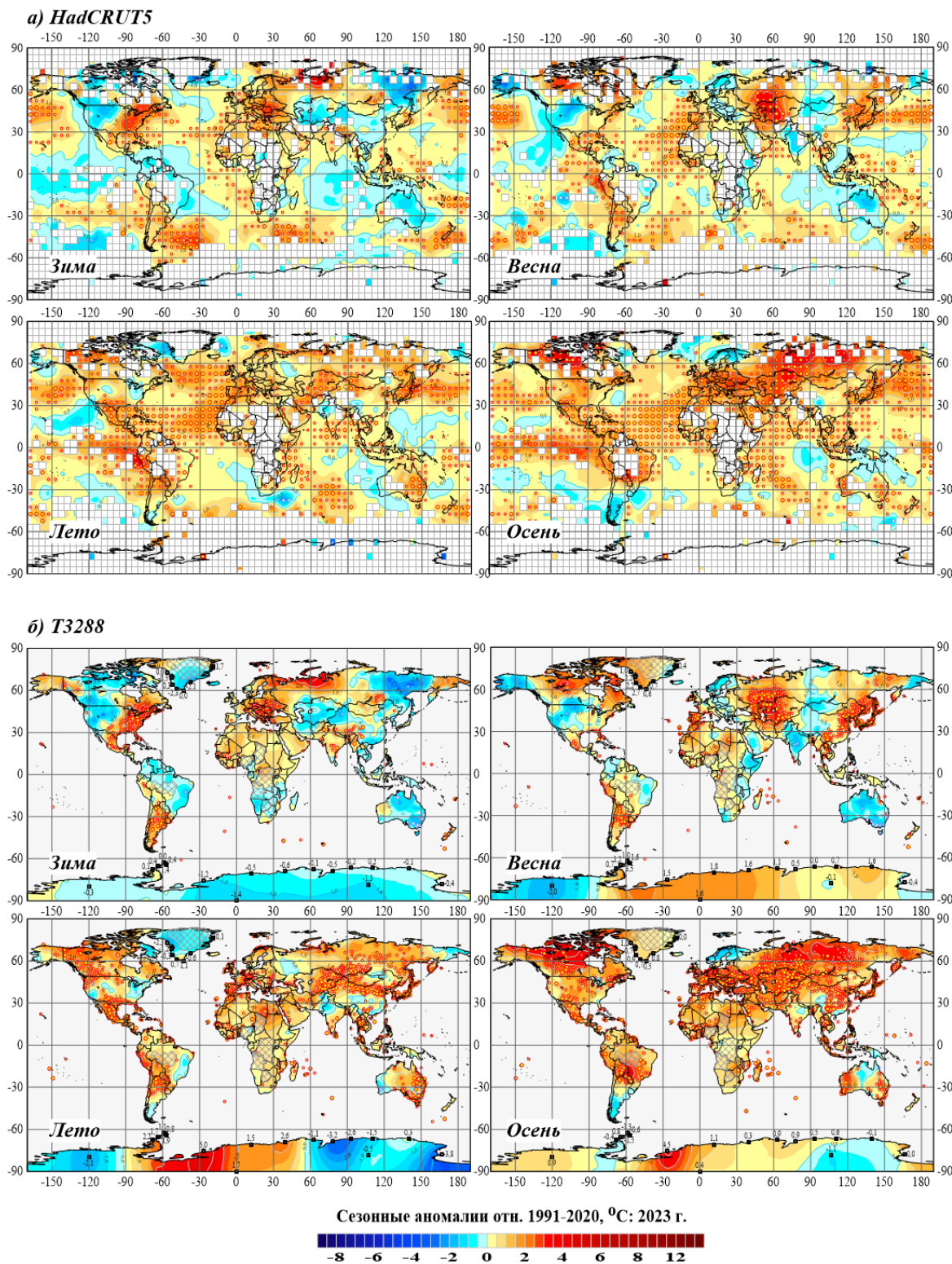


Рисунок 2.2 – См. рис. 2.1, но для сезонных аномалий 2023 г.: а) по сеточным данным HadCRUT5 (суша+море, Hadley/CRU); б) по данным наземных станций T3288 (только суша, ИГКЭ)

Таблица 2.4 – Частотное распределение локальных сезонных аномалий в 2023 г. в крупных регионах Земного шара по данным массивов HadCRUT5 и T3288

Регион	NN- число боксов/ станций	Доля значений в каждой категории (в % от NN)								
		Зима		Весна		Лето		Осень		
		X≤P ₀₅	X≥P ₉₅	X≤P ₀₅	X≥P ₉₅	X≤P ₀₅	X≥P ₉₅	X≤P ₀₅	X≥P ₉₅	
<i>HadCRUT5 (суша+море)</i>										
ЗШ	1455	0,6	23,1	0,5	27,7	0,3	42,1	0,1	52,0	
СП	892	0,3	20,9	0,4	28,0	0,1	47,6	0,0	63,3	
ЮП	563	1,1	26,6	0,7	27,2	0,7	33,4	0,2	34,1	
АО, 15-70N	129	1,6	33,3	0,8	49,6	-	76,7	0,0	58,9	
ТО, 20-65N	149	-	26,8	-	28,2	0,0	38,9	0,0	76,5	
Широтные пояса	65-90N	83	4,0	7,2	1,2	8,4	1,2	33,7	0,0	33,7
	25-65N	522	-	24,9	0,2	28,0	-	45,6	0,0	59,2
	25S-25N	561	0,2	15,9	0,9	28,9	-	48,1	0,0	62,6
	65-25S	276	1,0	40,2	0,4	31,5	1,1	27,2	0,4	24,6
	90-65S	13	8,0	-	-	8	7,7	15	0,0	7,7
<i>T3288 (суша)</i>										
ЗШ	2460	1,1	14,3	1,3	23,7	0,7	37,6	0,7	50,6	
СП	2089	0,2	13,9	0,4	23,9	0,4	36,8	0,4	52,8	
ЮП	371	6,2	16,2	6,5	22,4	1,9	41,8	1,9	38,3	
С. Америка	412	0,2	34,5	0,5	9,0	1,0	36,9	0,7	36,2	
Евразия	1471	0,2	8,3	0,3	26,6	0,3	34,6	0,4	55,4	
Ю. Америка	123	0,8	35,0	-	41,5	-	46,3	3,3	43,9	
Африка	120	-	17,5	0,8	28,3	-	51,7	-	71,7	
Австралия	137	13,9	0,7	16,8	3,6	4,4	51,1	1,5	38,0	
Антарктида	18	5,6	16,7	-	33,3	5,6	5,6	-	5,6	
Европа	539	-	15,0	0,2	22,4	-	24,1	0,7	55,5	
Азия	941	0,3	4,4	0,4	29,0	0,5	40,5	0,2	55,6	
Арктика, суша	146	-	11,0	-	8,9	-	37,7	0,7	28,8	

Таблица 2.5 – Пространственно- осредненные значения среднемесячных аномалий приземной температуры в 2023 г. и их ранги (в целом по Земному шару и полушариям)

Регион	Месяцы 2023 г.												Год I-XII
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<i>HadCRUT5 (суша+море)</i>													
ЗШ	0,295 ₅	0,317 ₄	0,504 ₃	0,304 ₄	0,372₁	0,496₁	0,625₁	0,674₁	0,732₁	0,680₁	0,728₁	0,664₁	0,533₁
СП	0,404 ₅	0,395 ₄	0,625 ₃	0,236 ₈	0,436 ₂	0,542₁	0,748₁	0,823₁	0,955₁	0,971₁	1,009₁	0,875₁	0,668₁
ЮП	0,185 ₆	0,238 ₆	0,384 ₂	0,373₁	0,308₁	0,449₁	0,502₁	0,524₁	0,508₁	0,389₁	0,448₁	0,452₁	0,397₁
<i>T3288 (суша)</i>													
ЗШ	0,412 ₆	0,444 ₆	0,847 ₃	0,150 ₁₅	0,375 ₄	0,612₁	0,817₁	0,902₁	1,113₁	1,080₁	1,122₁	1,071 ₂	0,738₁
СП	0,602 ₅	0,588 ₆	1,056 ₃	0,156 _{16,5}	0,466 ₄	0,627 ₂	0,900₁	0,982₁	1,234₁	1,298₁	1,365₁	1,253 ₂	0,876₁
ЮП	-0,052 ₂₅	0,101 ₁₇	0,344 ₆	0,136 ₁₄	0,157 ₁₂	0,574₁	0,614₁	0,682₁	0,821₁	0,548₁	0,546 ₃	0,635 ₂	0,399₁
<i>CRUTEM5 (суша)</i>													
ЗШ	0,409 ₆	0,461 _{4,5}	0,772 ₃	0,168 ₁₄	0,397 ₃	0,647₁	0,824₁	0,908₁	1,046₁	1,069₁	1,091₁	0,957 ₂	0,729₁
СП	0,626 ₅	0,639 ₅	0,977 ₃	0,083 ₁₇	0,448 ₅	0,649 ₂	0,899₁	0,965₁	1,187₁	1,323₁	1,345₁	1,172 ₂	0,859₁
ЮП	-0,026 ₂₂	0,106 ₁₅	0,364 ₆	0,337 ₇	0,294 ₈	0,644₁	0,675₁	0,792₁	0,763₁	0,560₁	0,583₁	0,528 ₃	0,468₁
<i>HadSST4 (море)</i>													
ЗШ	0,264 ₃	0,265 ₃	0,358 ₃	0,407₁	0,383₁	0,464₁	0,576₁	0,596₁	0,643₁	0,554₁	0,571₁	0,544₁	0,469₁
СП	0,305 ₃	0,276 ₃	0,336 ₃	0,413 ₂	0,427₁	0,511₁	0,679₁	0,720₁	0,821₁	0,738₁	0,745₁	0,658₁	0,552₁
ЮП	0,224 ₄	0,253 ₄	0,379 ₂	0,401₁	0,340₁	0,409₁	0,464₁	0,455₁	0,447₁	0,367₁	0,402₁	0,438₁	0,382₁

Примечание. Нижними индексами показаны ранги (по убыванию) в соответствующих временных рядах (1911-2023 гг.). Красным цветом выделены значения с рангом не выше 3 и абсолютные максимумы (жирный шрифт)

Зимний сезон 2022/23 гг. (рис. 2.2 и 2.3а) стал четвертым самым теплым зимним сезоном в среднем по всей территории Земного шара (массив HadCRUT5, аномалия $+0,278^{\circ}\text{C}$); третьим – по акваториям океанов (массив HadSST4, аномалия $+0,284^{\circ}\text{C}$; при этом в Северном полушарии – третьим, в Южном – четвертым); и седьмым-восьмым - по территории суши ($+0,306/0,305^{\circ}\text{C}$ – массивы данных T3288/CRUTEM5).

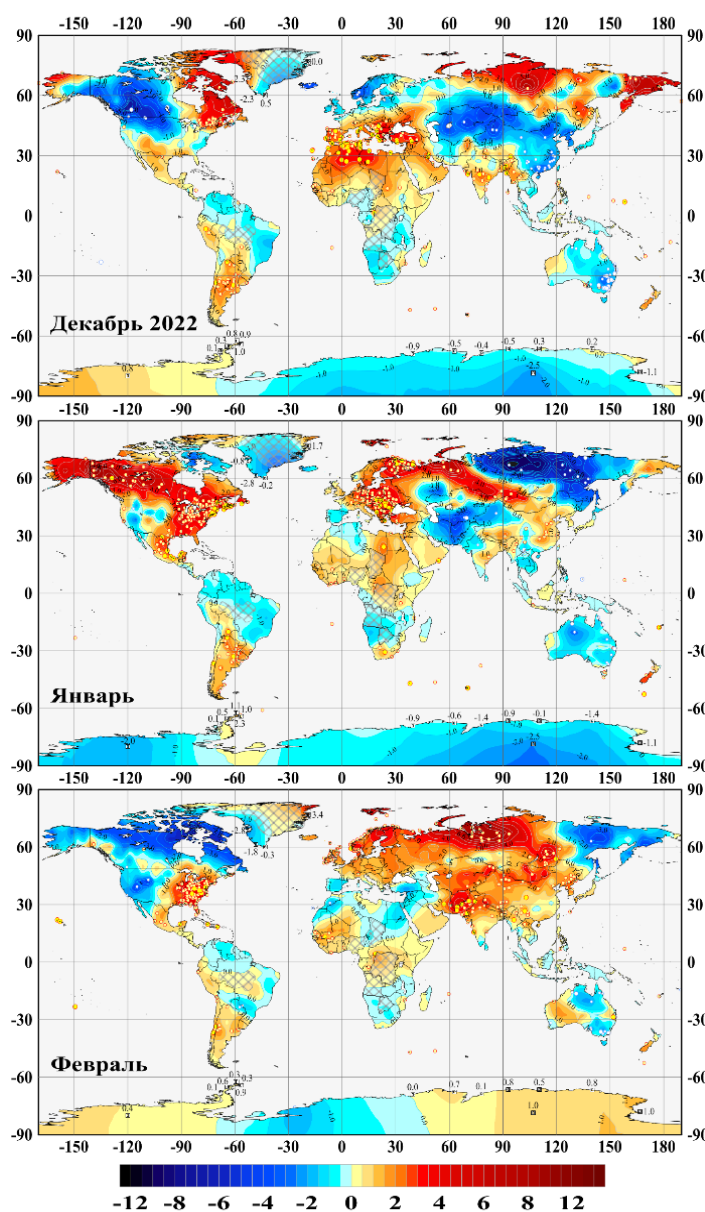


Рисунок 2.3а– См. рис. 2.2, но для аномалий зимних месяцев (T3288, $^{\circ}\text{C}$)

5%-е экстремумы тепла (температура выше 95-го перцентиля): на востоке Северной Америки (64% станций), в Европе (15%), в центре и на севере Африки (15%) и на юге Южной Америки (44%).

Отрицательные сезонные аномалии отмечены, преимущественно, в Австралии и Антарктиде (77 и 50% станций), а также в Азии и Арктическом и экваториальном широтных поясах. 5%-е экстремумы холода (температура ниже 5-го перцентиля) наблюдались лишь в Австралии (в среднем за сезон - на 13% станций, в декабре – на 16%) и на станции Антарктиды Восток (в декабре).

Весна 2023 г. (рис. 2.2 и 2.3б) В среднем по территории Земного шара и Северного полушария, по данным HadCRUT5 (суша+море), весенняя аномалия 2023 г. оказалась на третьем месте среди самых теплых весенних сезонов в истории наблюдений, а в Южном полушарии – на первом месте (самый теплый весенний сезон с 1850 г.).

Основной особенностью зимы является осуществление крупных аномалий обоих знаков, на континентах и океанах, в среднем за сезон и в отдельные месяцы.

На всей территории Земного шара, зимой 2023 г., положительные сезонные аномалии составили 62% данных глобальной сети 5-градусных боксов (HadCRUT5, суша+море) и 60% данных всех наземных станций (T3288, суша).

Из регионов выделяются: Европа, Африка, и северные части Атлантического и Тихого океанов (соответственно 87, 81, 80 и 87% всех данных региона). В частности, обновлены региональные рекорды (в среднем за сезон и в отдельные месяцы) в Умеренном поясе южного полушария и в северных частях Атлантического и Тихого океанов (только в январе), а также в ряде станций зафиксированы локальные

Очень теплой весна 2023 г. была на акваториях океанов (по данным HadSST4, только море): самой теплой – в целом по Земному шару и Южному полушарию, на втором месте – по Северному. На суше Северного полушария (по данным T3288/CRUTEM5) весна заняла в соответствующих рядах пятую/четвертую строку, а на суше Южного – десятую/шестую.

Основная особенность весны – наличие значительных региональных положительных аномалий: абсолютных максимумов ($F=100\%$) и 5%-х экстремумов тепла ($F\geq 95\%$). Абсолютные максимумы ($F=100\%$), сезонные и/или месячные, обновлены этой весной, в основном, на акваториях океанов: в среднем, по Мировому океану и океанам обоих полушарий, а также по северной части Атлантического океана. На суше прежний максимум (в среднем, по континенту) обновлен только в Северной Америке (и только в мае). Экстремальные положительные аномалии (5%-е экстремумы тепла, $F\geq 95\%$), сезонные и/или месячные, кроме того, отмечены в Азии, Европе и Южной Америке.

Отрицательные аномалии, в целом, были менее интенсивны. Особо следует отметить Австралию, где сезонная аномалия попала в 20% самых холодных значений (с 1911 г.), а в мае средняя аномалия опустилась до уровня 5-го процентиля ($F=5,5\%$). Кроме того, крупные области отрицательных аномалий: отмечались в центре и на западе США (включая Аляску) и прилегающей части Тихого океана, в Центральной Азии и в Индокитае.

Локализация и интенсивность аномалий от месяца к месяцу менялась. Лишь в Северной Атлантике и в северной части Тихого океана все три месяца сезона было экстремально тепло. В марте крупные положительные аномалии наблюдались на большей части Евразии и на севере Африки.

Летний сезон 2023 года (рис. 2.2 и 2.3в) стал самым теплым летним сезоном в истории наблюдений во всех рассматриваемых временных рядах для трех глобальных территорий (Земной шар, Северное и Южное полушария) и всех массивов данных, станционных (ИГКЭ: T3288) и сеточных (Hadley/CRU: HadCRUT5, CRUTEM5, HadSST4).

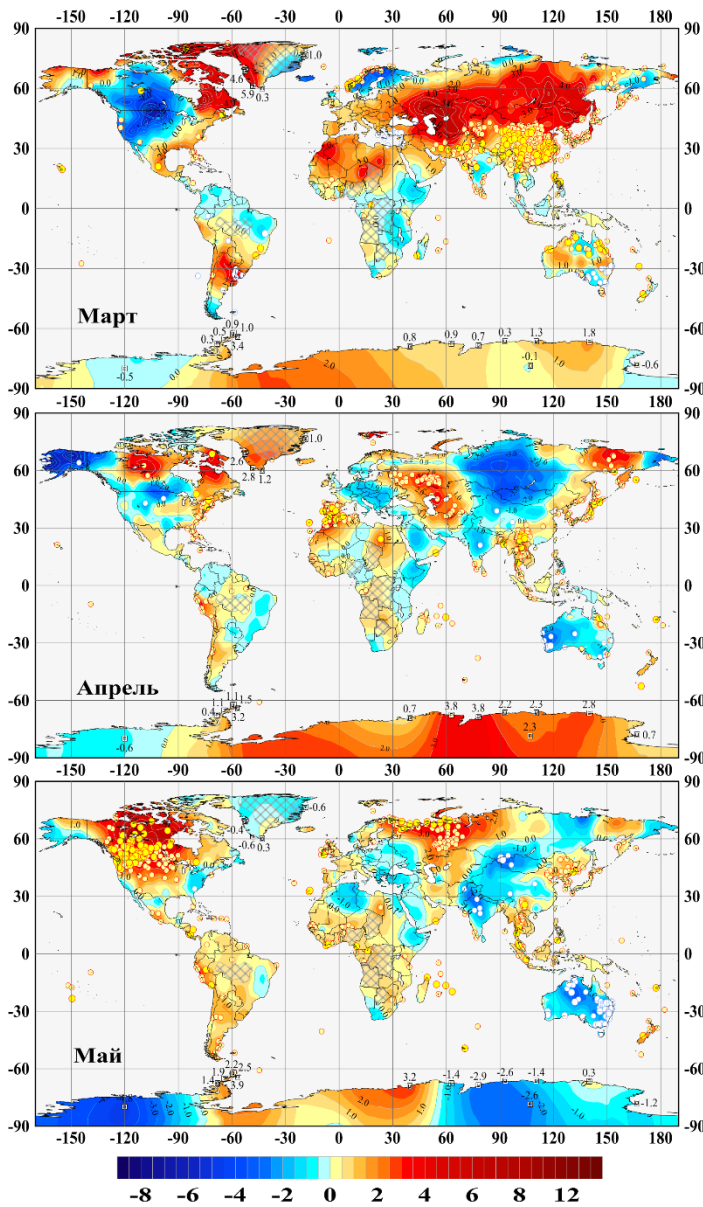


Рисунок 2.3б– См. рис. 2.2, но для аномалий весенних месяцев (T3288, °C)

Положительные сезонные аномалии составили более 80% всех локальных данных Земного шара (на станциях и/или в центрах боксов); из них более 35% превысили уровень

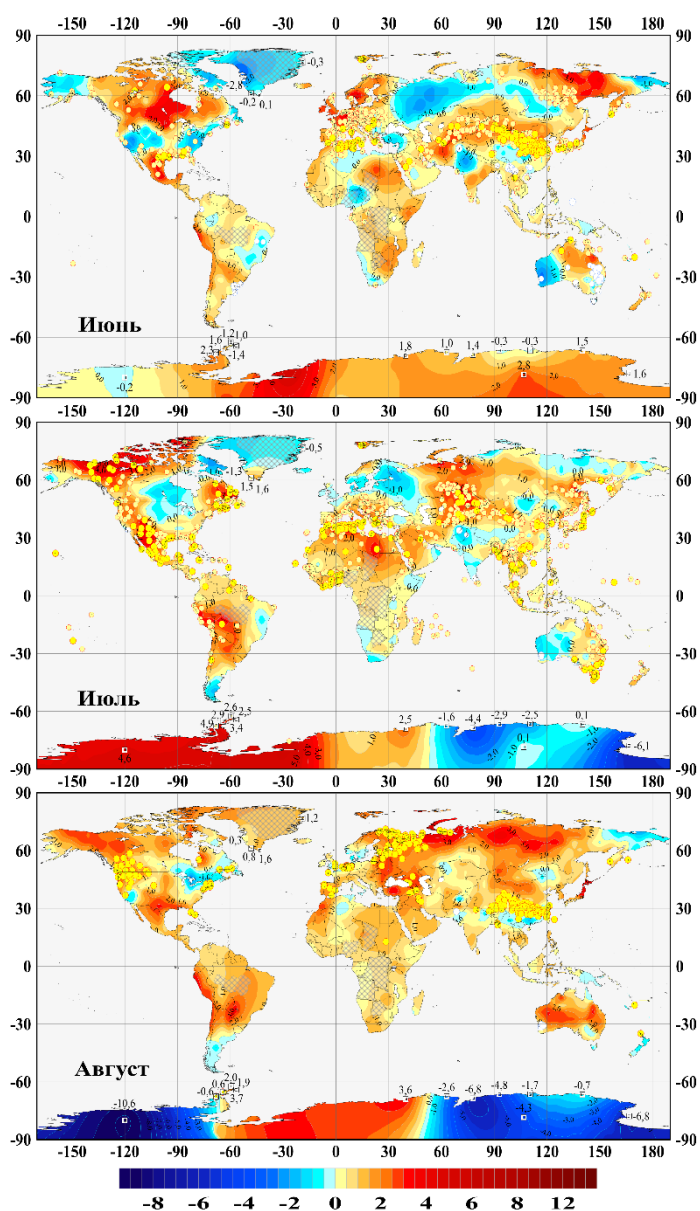


Рисунок 2.3в– См. рис. 2.2, но для аномалий летних месяцев (Т3288, °С)

экстремумы тепла во все месяцы наблюдались на 24-30% станций Земного шара, в числе которых выделяются в июле - станции Африки и Антарктиды (48,9 и 16,7%, соответственно), в августе – станции Австралии и Арктики (40,6 и 52,6%).

Осень 2023 г. (рис. 2.2 и 2.3г) – самый теплый осенний сезон в истории наблюдений по всем наборам данных (суша, море, суша+море). В среднем по Земному шару, Северному и Южному полушариям, сезон в целом и все три месяца были рекордно теплыми. Предыдущие осенние максимумы были зафиксированы: на суше – в 2020 г., на акваториях океанов и суммарно (суша+море) – в 2015 г.

Температурные рекорды регионального масштаба (региональные максимумы) обновлены, в среднем за сезон, во всех рассмотренных регионах, кроме обоих полярных широтных поясов и двух южных континентов – Австралия и Антарктида. Месячные рекорды каждого из трех осенних месяцев обновлены в регионах: Южная Америка,

95-го перцентиля. Регионально-осредненные значения достигли рекордных значений в четырех (из 6) континентах: Северная и Южная Америки, Африка, Евразия (аномалия, +1,00, 0,94, 0,82, 0,81°С, соответственно), притом что рекорд Евразии сложился, по-видимому, за счет азиатской территории (рекордно высокая аномалия +0,82°С). По сеточным оценкам (с учетом всей территории, континентов и океанов) рекордно высокой оказалась температура в Северной Атлантике (+1,03°С) и в широтных поясах: 65-25N, 25S-25N и 25-65S (аномалии равны +0,86, 0,53 и 0,46 °С, соответственно).

На отрицательные аномалии приходится оставшиеся менее 15% всех локальных данных (еще менее 5% - значения, близкие к климатической норме 1991-2020 гг.), которые наблюдались в Южной полярной зоне, включая Антарктиду, в тропических широтах северного полушария, а также в Гренландии, в Тихом океане и у берегов Индонезии и Австралии в Индийском океане.

Все три месяца летнего сезона были рекордно теплыми, 5%-е

северная часть Атлантики и широтные пояса 25-65N, 25S-25N.

Положительные сезонные аномалии (осенью 2023 г.) преобладали на территории

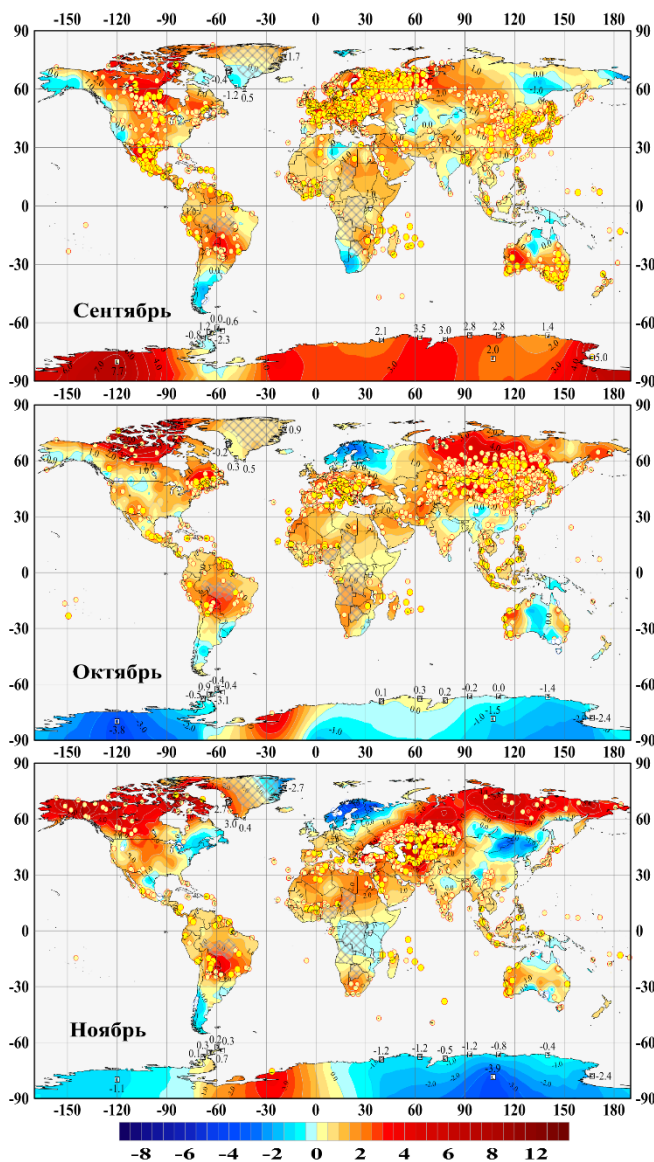


Рисунок 2.3г– См. рис. 2.2, но для аномалий осенних месяцев (T3288, °C)

Экстремально теплые условия на поверхности океанов сложились в декабре в северных частях Тихого и Атлантического океанов и в широтных поясах 65-25S и 25S-25N (ранги 1, 2, 3, 1 соответственно).

В среднем по территории суши Земного шара, среднемесячная аномалия температуры в декабре 2023 г. составила +1,071°C (ранг 2: предыдущий максимум +0.853°C наблюдался в 2020 г.).

всех континентов (кроме Антарктиды) и широтных поясов – в целом, на них приходится 87% всех наземных станций и в центрах почти 83% боксов. При этом 5%-е экстремумы тепла отмечены на 49% станций/46% боксов, во все месяцы и на территории всех континентов и широтных зон (кроме Антарктического пояса). Их пространственное распределение от месяца к месяцу менялось. Из месяцев особо выделяется сентябрь (экстремумы тепла наблюдались на ~46% станций/36% боксов).

Отрицательные аномалии зафиксированы лишь в октябрь-ноябре, в среднем по широтному поясу 90-65S и в Антарктиде.

Декабрь 2023 г. (рис. 2.3д). В упорядоченном по убыванию временном ряду декабрьских температур, осредненных в целом по Земному шару, декабрь 2023 г. оказался рекордно теплым как по данным на всей территории (аномалия +0,664°C, ранг 1, HadCRUT5, суша+море), так и только на акваториях океанов (HadSST4, только море, аномалия +0,554°C, ранг 1).

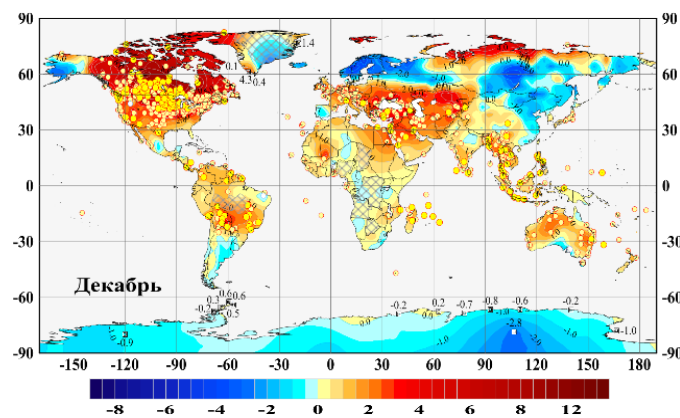


Рисунок 2.3д– См. рис. 2.2, но для аномалий декабря 2023 г. (T3288, °C)

Основной вклад принадлежит Евразии (кроме севера Европы и востока Азии) и Северной Америке (кроме Аляски).

Области отрицательных аномалий на суше отмечены на Аляске, на севере Европы и востоке Азии, в Антарктиде.

Таблица 2.6 – Регионально осредненные значения аномалий приземной температуры для континентов, северных частей Атлантического и Тихого океанов и основных широтных поясов Земного шара в 2023 г. (по месяцам и в среднем за год)

Регион	Месяцы 2023 г.												Год I-XII
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<i>HadCRUT5 (суша+море)</i>													
АО,15-70 N	0,5₁	0,4 ₃	0,5₁	0,6₁	0,6₁	0,9₁	1,2₁	1,0₁	0,9₁	0,8₁	0,6₁	0,5 ₂	0,7₁
ТО,40-60N	0,5₁	0,5₁	0,5 ₂	0,5 ₃	0,4 ₅	0,4 ₅	0,7 ₂	0,8 ₃	0,9 ₂	0,8 ₂	0,9₁	0,8₁	0,6 ₂
65-90N	-0,5 ₄₅	0,2 ₂₇	0,3 ₁₆	-0,2 ₃₀	0,9 ₄	0,3 ₁₂	0,7 ₅	1,1₁	0,8 ₅	0,9 ₉	2,0₂	1,1 ₁₀	0,8 ₅
25-65N	0,7 ₃	0,6 ₆	1,1₁	0,3 ₉	0,5 ₆	0,6 ₃	0,9₁	1,0₁	1,2₁	1,2₁	1,2₁	1,0 ₂	0,9₁
25S-25N	0,0 ₁₅	0,1 ₁₃	0,1 ₉	0,3 ₆	0,3 ₆	0,4₁	0,5₁	0,6₁	0,6₁	0,6₁	0,7₁	0,7₁	0,4₁
65-25S	0,5₁	0,4₁	0,6₁	0,4 ₂	0,4₁	0,4₁	0,5₁	0,5₁	0,4₁	0,3 ₂	0,3₁	0,3 ₃	0,4₁
90-65S	-0,4 ₆₅	0,5 ₄	0,9₃	1,1 ₁₃	-0,7 ₄₇	1,4 ₉	0,2 ₂₅	-2,2 ₆₂	2,6₃	-0,2 ₃₅	-0,5 ₄₉	-0,4 ₆₄	0,2 ₁₉
<i>T3288 (суша)</i>													
С. Америка	2,8₂	-0,2 ₃₈	-0,7 ₅₀	-0,1 ₃₆	1,8₁	0,9 ₂	1,1₁	1,0₁	1,7₁	1,3 ₅	1,7 ₂	3,7₁	1,2₁
Евразия	0,0 ₃₀	1,3 ₇	2,1₂	-0,1 ₂₁	0,1 ₁₈	0,6 ₅	0,8 ₃	1,1₁	1,3₁	1,6₁	1,7 ₂	0,6 ₁₇	0,9 ₂
Ю. Америка	0,1 ₁₇	0,2 ₁₀	0,8₃	0,2 ₁₅	0,8₂	0,6 ₈	1,2 ₃	1,4₁	1,2₁	0,9₁	1,0₁	0,8₁	0,7₁
Африка	0,4 ₁₀	0,2 ₁₇	0,6 ₅	0,3 ₁₁	0,2 ₁₅	0,6₃	0,9₁	0,7 ₂	0,8 ₂	1,0 ₂	1,0₁	0,5 ₇	0,5₃
Австралия	-1,1 ₈₅	-0,4 ₅₇	0,1 ₄₀	-1,1 ₇₉	-1,8 ₁₀₇	0,3 ₂₂	0,0 ₂₈	1,4₂	1,1 ₃	0,1 ₂₄	0,5 ₁₅	1,0 ₇	0,0 ₂₁
Антарктида	-1,0 ₆₉	0,3 ₂₂	0,8 ₁₄	1,5 ₁₀	-1,2 ₅₈	1,0 ₁₇	1,3 ₁₆	-3,1 ₆₉	3,4₁	-1,0 ₆₀	-0,6 ₄₉	-0,6 ₆₂	0,1 ₂₁
Европа	1,9 ₈	1,8 ₁₇	1,6 ₁₀	0,7 ₁₃	0,8 ₁₃	0,4 ₂₀	0,4 ₁₉	1,5₂	2,7₁	1,1 ₇	1,0 ₂₁	0,6 ₂₄	1,2₂
Азия	-0,5 ₄₉	1,2 ₇	2,3₂	-0,3 ₂₈	-0,1 ₂₄	0,7 ₃	0,9₁	1,0₁	0,9 ₂	1,8₁	1,8₁	0,6 ₁₇	0,8₁
Арктика, суша	-0,3 ₃₆	0,3 ₂₈	0,7 ₁₇	0,2 ₂₄	1,6₂	0,5 ₁₀	1,1 ₂	1,9₁	1,4₃	2,1 ₅	3,1₂	1,5 ₆	0,4 ₁₈

Примечание. См. примечание к табл. 2.4

3. КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗЕМНОГО ШАРА ЗА ПЕРИОД ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ, 1850-2023 гг.

Межгодовые и межмесячные изменения глобальной температуры. На рисунке 3.1 представлены межгодовые (по вертикали) и межмесячные (по горизонтали) изменения глобально осредненных аномалий приповерхностной температуры (для Земного шара и полушарий) на протяжении всего периода инструментальных наблюдений (с 1850 года).

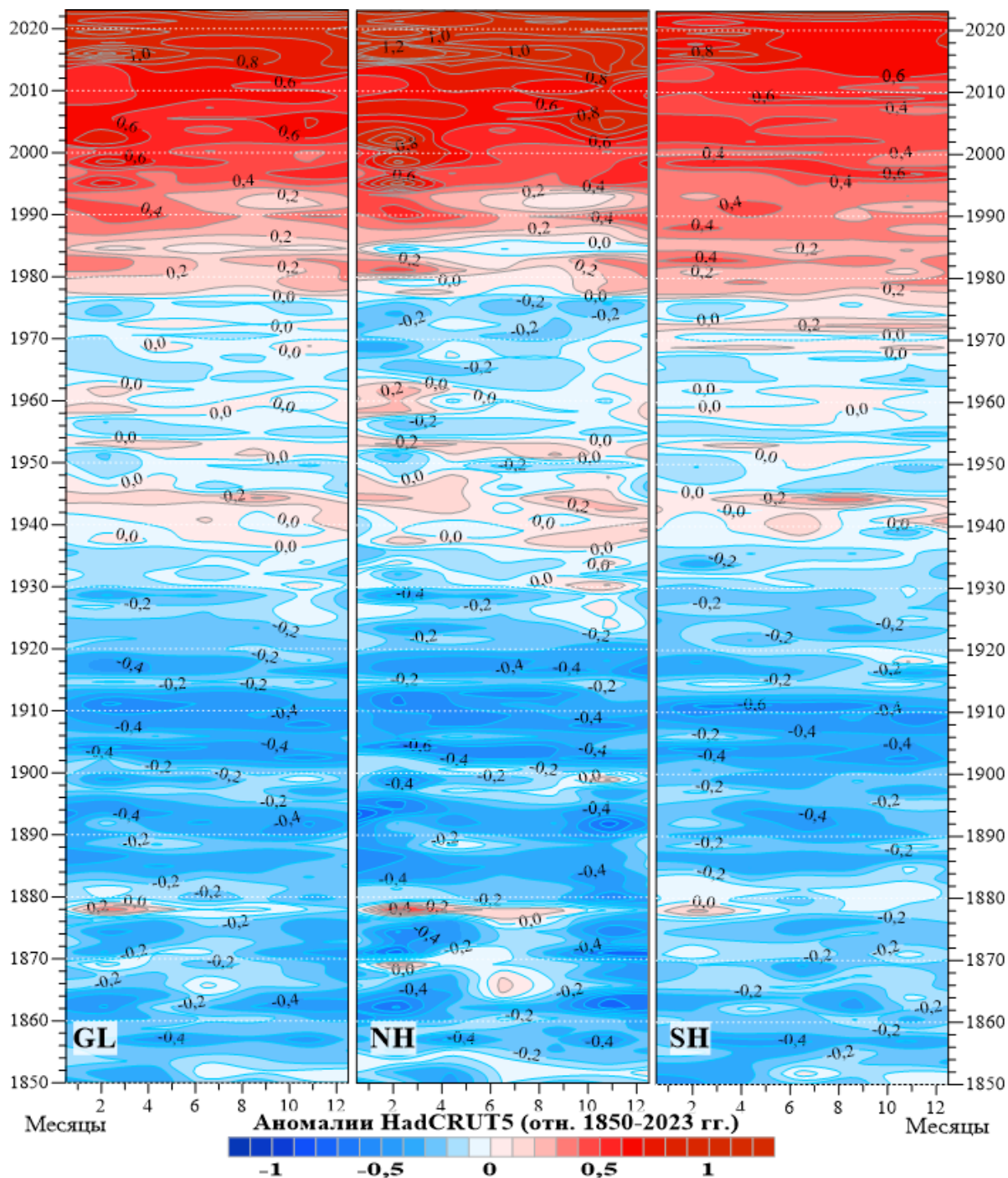


Рисунок 3.1 – Изменение аномалий среднемесячной приповерхностной температуры, осредненной по всей территории (суша+море) Земного шара (GL), Северного (NH) и Южного (SH) полушарий, с января 1850 г. по декабрь 2023 г. (по данным HadCRUT5, Hadley/CRU, UK). Аномалии выражены в отклонениях от средней за 1850-2023 гг.

Можно видеть, что современное глобальное потепление стало особенно активным с середины 1990-х и наиболее ярко проявляется в Северном полушарии, особенно после 2015-2016 гг. В 2015-2023 гг. аномалии колеблются в интервале 1,0-1,6°C в Северном полушарии и 0,6-1,2°C в Южном (аномалии приведены относительно базового периода 1850-2023 гг.).

Широтно-долготные разрезы. На рисунке 3.2 можно проследить зональные и меридиональные особенности изменения температурного режима последних лет (2014-2023 гг.), от месяца к месяцу.

Меридиональный профиль (рис. 3.2а) позволяет проследить изменение режима температуры океанов и континентов в умеренных широтах Северного полушария (40-60°с.ш.), от 180° з.д. до 180° в.д., то есть от восточного до западного сектора Тихого океана, через территорию США, Северную Атлантику и Евразию. Можно видеть, что представленный период отличается холодными аномалиями в Атлантике вплоть до июля 2021 и теплыми – в Тихом океане (за исключением 2016_{VI} - 2017_{VIII} и 2021_{IX} – XII, когда в восточном секторе Тихого океана преобладали отрицательные аномалии). В 2023 году, здесь (в умеренных широтах Северного полушария), преобладали крупные положительные аномалии (особенно в мае-октябре). Крупные отрицательные аномалии просматриваются в Северной Америке (с февраля по апрель) и в Евразии (в апреле-мае, в секторе 60-120Е).

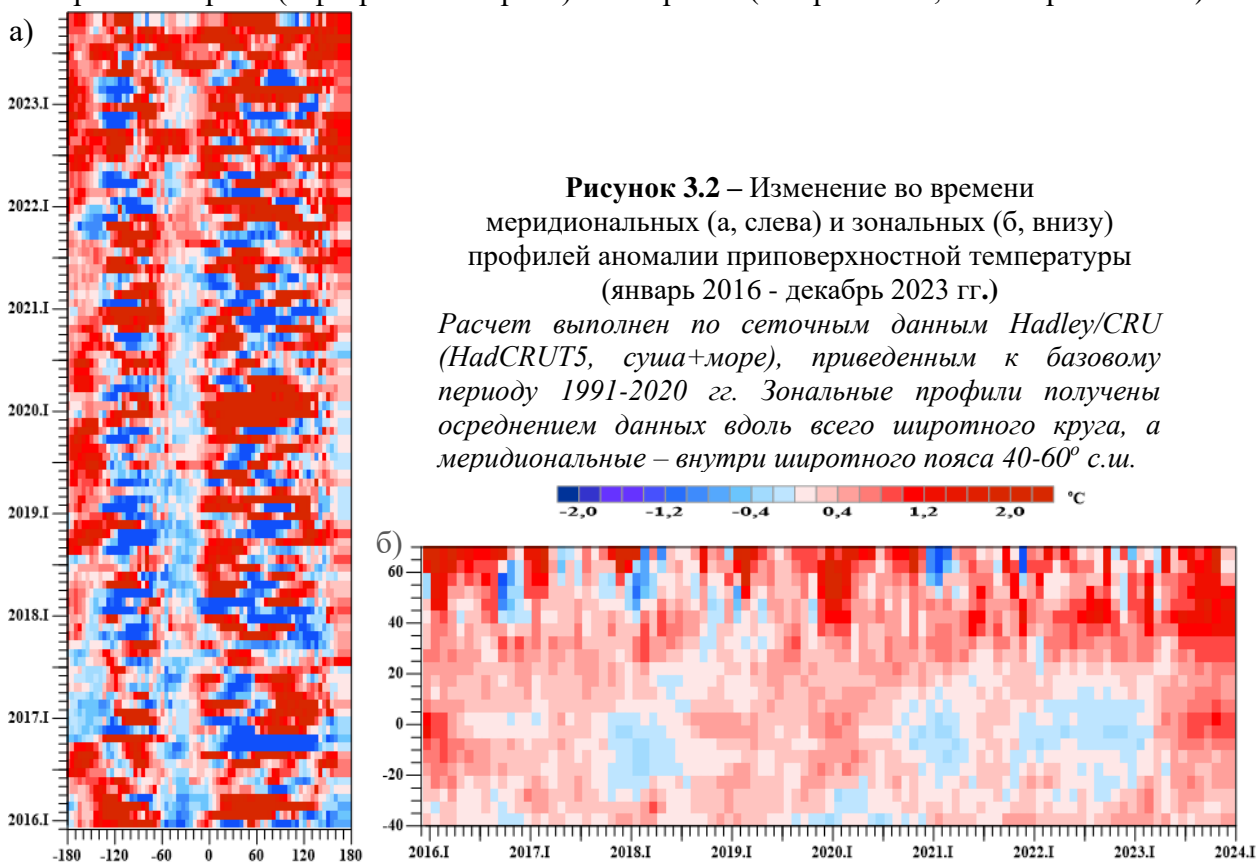


Рисунок 3.2 – Изменение во времени меридиональных (а, слева) и зональных (б, внизу) профилей аномалии приповерхностной температуры (январь 2016 - декабрь 2023 гг.)

Расчет выполнен по сеточным данным Hadley/CRU (HadCRUT5, суша+море), приведенным к базовому периоду 1991-2020 гг. Зональные профили получены осреднением данных вдоль всего широтного круга, а меридиональные – внутри широтного пояса 40-60° с.ш.

Зональные профили (рис. 3.2б) четко указывают на повышение температуры в первой половине 2016 г., зимой 2017, ее заметное понижение в первой половине 2018 г. (не получивший развития Ла-Нинья); потепление в умеренных широтах с середины 2019 г. (исключая все месяцы зимы 2020/21 и декабрь 2021), некоторое понижение температуры в тропическом поясе с конца 2020 г. по февраль 2023 г. (Ла-Нинья) и повышение температуры на всех широтах с марта 2023 г. до настоящего времени (развитие Эль-Ниньо).

Временные ряды глобально осредненной температуры (рис. 3.3). Интегральную оценку интенсивности наблюдаемых крупномасштабных изменений приземной температуры дают глобально осредненные временные ряды для территории Земного шара и обоих полушарий и рассчитанные по ним коэффициенты линейного тренда.

В таблице 3.1 приведены значения коэффициентов тренда ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) за два периода, 1976-2023 и 1924-2023, для всех 12 глобальных рядов (по 4 наборам данных для трех глобальных территорий), а сами ряды представлены на рис. 3.3 (только для T3288).

Таблица 3.1 - Коэффициенты линейного тренда ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) глобальных временных рядов приземной температуры за 1976-2023 гг. и 1923-2023 гг., в среднем за год и по сезонам

Регион	1976-2023					1924-2023				
	Год	Зима	Весна	Лето	Осень	Год	Зима	Весна	Лето	Осень
HadCRUT5 (суша+море)										
Земной шар	0,187	0,172	0,189	0,193	0,194	0,104	0,106	0,111	0,100	0,099
Северное полушарие	0,256	0,234	0,252	0,264	0,271	0,115	0,118	0,124	0,109	0,105
Южное полушарие	0,118	0,110	0,125	0,122	0,116	0,094	0,093	0,097	0,090	0,092
T3288-ИГКЭ (суша)										
Земной шар	0,286	0,282	0,299	0,270	0,298	0,139	0,158	0,161	0,114	0,114
Северное полушарие	0,340	0,340	0,370	0,315	0,343	0,153	0,181	0,183	0,121	0,119
Южное полушарие	0,160	0,151	0,135	0,166	0,193	0,097	0,088	0,095	0,094	0,104
CRUTEM5 (суша)										
Земной шар	0,282	0,283	0,291	0,267	0,290	0,136	0,149	0,155	0,118	0,120
Северное полушарие	0,338	0,346	0,366	0,311	0,333	0,150	0,172	0,179	0,126	0,122
Южное полушарие	0,169	0,158	0,141	0,177	0,204	0,109	0,103	0,106	0,097	0,116
HadSST4 (море)										
Земной шар	0,139	0,124	0,138	0,154	0,144	0,088	0,083	0,088	0,093	0,089
Северное полушарие	0,192	0,165	0,167	0,222	0,217	0,090	0,076	0,083	0,103	0,096
Южное полушарие	0,092	0,090	0,112	0,090	0,078	0,090	0,091	0,095	0,085	0,086

Отметим дополнительно, что большая часть приведенных здесь оценок тренда за 1976-2023 гг., в сравнении с оценками за 1976-2022 гг.⁶⁾, незначительно уменьшились (менее, чем на $0,01^{\circ}\text{C}/10$ лет) либо остались на прежнем уровне. Лишь для суши Северного полушария и Земного шара, в целом за год, зимой и весной оценки слегка увеличились (на $0,002-0,004^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Для сравнения интенсивности (средней скорости) потепления в разных группах данных, в таблице 3.2 приведены показатели k_1-k_3 , рассчитанные как отношение соответствующих коэффициентов тренда глобальных температур (см. первый столбец табл. 3.2). Эти показатели количественно уточняют выводы, основанные на визуальном сопоставлении глобальных временных рядов (рис. 3.3) и оценок трендов (табл. 3.1).

⁶⁾ Аналогичные оценки за 1976-2022 гг. доступны на сайте ИГКЭ в годовом обзоре за 2022 г.: «Изменение климата Земного шара: год (январь-декабрь)»: <http://www.igce.ru/climatechange>.

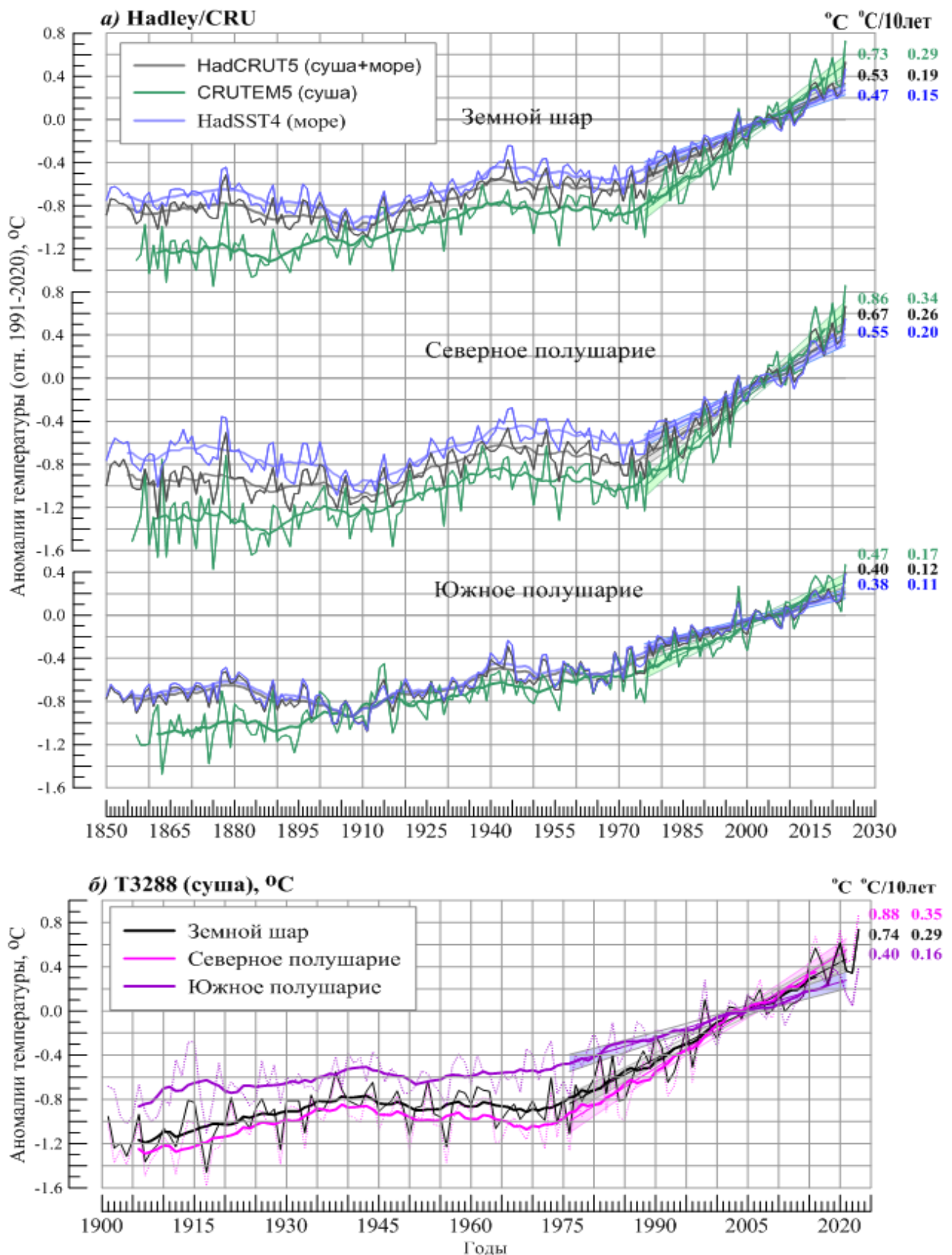


Рисунок 3.3 – Временные ряды среднегодовых аномалий приземной температуры, осредненных по территории Земного шара, Северного и Южного полушарий:
 а) по данным Hadley/CRU: HadCRUT5 (суша+море), CRUTEM5 (суша), HadSST4 (море)
 б) по данным ИГКЭ: T3288 (суша)

Для всех рядов показан ход 11-летних скользящих средних и линейный тренд за 1976-2023 гг. с 95% доверительным интервалом. Справа приведены числовые значения среднегодовых аномалий в 2023 г. и значения коэффициентов линейного тренда за 1976-2023 гг. (°C/10лет).

Таблица 3.2 – Сравнение средней скорости глобального потепления у поверхности Земного шара в разных группах данных

	Показатель	1976-2023						1924-2023					
		ЗШ		СП		ЮП		ЗШ		СП		ЮП	
k₁	$b_{T3288}/b_{HadSST4}$	2,1	2,1	1,8	2,0	1,7	1,4	1,6	1,9	1,7	2,4	1,1	1,0
			2,0		2,1		1,1		1,8		2,2		1,0
			1,7		1,4		1,6		1,3		1,2		1,1
			2,0		1,6		2,1		1,3		1,2		1,2
	$b_{CRUTEM5}/b_{HadSST4}$	2,0	2,1	1,8	2,1	1,8	1,2	1,5	1,8	1,7	2,2	1,2	1,1
			2,0		2,1		1,2		1,8		2,2		1,1
			1,7		1,4		1,8		1,3		1,2		1,3
			1,9		1,6		2,2		1,4		1,3		1,4
k₂	$b_{СП}/b_{ЮП}$	1976-2023						1924-2023					
		T3288		CRUTEM		HadSST		T3288		CRUTEM		HadSST	
		2,1	2,3	2,0	2,3	2,1	1,6	1,6	2,1	1,4	1,7	1,0	0,8
			2,7		2,5		1,4		1,9		1,7		0,9
			1,8		1,7		2,2		1,3		1,1		1,2
			1,8		1,7		2,4		1,1		1,1		1,1
k₃	$b_{1976-2023}/b_{1924-2023}$	СП						ЮП					
		T3288		CRUTEM		HadSST		T3288		CRUTEM		HadSST	
		2,2	1,9	2,3	2,0	2,1	2,2	1,6	1,6	1,6	1,5	1,0	1,1
			2,0		2,0		2,1		1,4		1,4		1,3
			2,6		2,6		2,3		1,8		1,7		1,2
			3,0		2,9		2,4		1,9		1,8		1,1

Примечание. Жирным шрифтом выделены значения «годовых» показателей k_1 - k_3 (получены как отношение соответствующих коэффициентов тренда среднегодовых глобальных температур); правее приведены «сезонные» показатели (сверху вниз: зима-весна-лето-осень)

Из этих оценок видно, что:

- При глобальном рассмотрении (в целом по всей территории Земного шара и за год, безотносительно к сезонам) современное приповерхностное потепление на суше протекает вдвое активнее, чем на поверхности океанов ($k_1=2,0-2,1$), в Северном полушарии вдвое интенсивнее, чем в Южном ($k_2=2,0-2,1$), и в Северном полушарии, более чем вдвое ускорилось в сравнении со 100-летним как ($k_3=2,1-2,3$), как на континентах, так и на акваториях океанов. В Южном полушарии на поверхности океанов ускорения практически не произошло ($k_3=1,0$), а над сушей коэффициент ускорения ниже, чем в Северном ($k_3=1,6-1,7$ против $2,1-2,3$).
- Детально проследить, как меняются введенные показатели от сезона к сезону, можно по таблице 3.2. Здесь отметим лишь одно важное, на наш взгляд, наблюдение: на 100-летнем временном интервале в зимне-весеннем периоде потепление поверхности океанов активнее протекает не в Северном полушарии, а в Южном ($k_2=0,8-0,9$). Напомним, что сезоны во всем тексте указаны по календарю Северного полушария.

4. ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ РЕГИОНАЛЬНО ОСРЕДНЕННЫХ АНОМАЛИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ, 1911-2023 гг.

Временные ряды (рис. 4.1, 4.2, 4.3) регионально осредненных данных рассчитаны по методике ИГКЭ, по сеточным данным HadCRUT5 (для пяти широтных поясов и северных частей Атлантического и Тихого океанов) и по данным станционных наблюдений T3288 (для шести континентов и отдельно для Европы, Азии и суши Арктики). Данные до 1911 г. не приводятся, т.к. представляются недостаточно полными и надежными (особенно над океанами). На всех временных рядах показаны тренды за период 1976-2023 гг., условно принятый за период современного глобального потепления. Числовые значения оценок тренда для всех крупных регионов (континенты, океаны, широтные пояса) приведены в таблицах 4.1, 4.2 (для глобальных территорий – см. табл. 3.1)

Таблица 4.1 – Коэффициенты линейного тренда (1976-2023 гг., °C/10 лет) регионально осредненных аномалий приземной температуры (в целом за год и по сезонам)

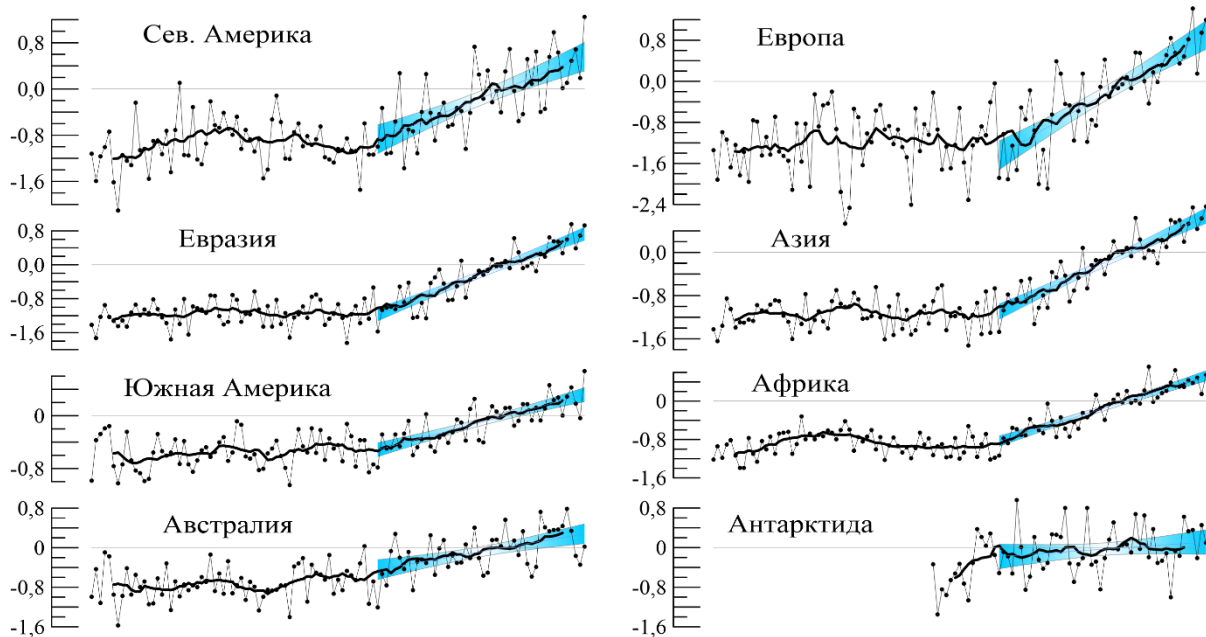
Регион	Год	Зима	Весна	Лето	Осень
<i>HadCRUT5 (суша+море)</i>					
Атлантика (15-70N)	0,210	0,204	0,183	0,223	0,238
Тихий океан (20-65N)	0,214	0,167	0,178	0,260	0,248
Арктический пояс (65-90N)	0,563	0,526	0,620	0,434	0,611
Умеренный пояс СП (25-65N)	0,308	0,274	0,303	0,332	0,325
Тропики (25S-25N)	0,150	0,140	0,149	0,156	0,153
Умеренный пояс ЮП (65-25S)	0,134	0,113	0,130	0,121	0,113
Антарктический пояс (90-65S)	*0,106	** -0,058	0,009	0,164	0,297
<i>T3288 (суша)</i>					
Северная Америка	0,305	0,377	*0,161	0,295	0,360
Евразия	0,405	0,344	0,506	0,378	0,391
Южная Америка	0,178	0,160	0,128	0,174	0,233
Африка	0,289	0,257	0,325	0,285	0,299
Австралия	0,154	*0,112	0,102	0,160	0,232
Антарктида	0,062	-0,047	-0,008	0,080	0,219
Европа	0,498	0,564	0,425	0,531	0,468
Азия	0,378	0,284	0,528	0,334	0,368
Арктика (суша)	0,645	0,575	0,749	0,450	0,806

Примечание. Оценки, статистически значимые на 1% уровне ($\alpha \leq 1\%$), приведены без выделения. Звездочкой (*) выделены оценки с 5%-уровнем значимости: $1\% < \alpha \leq 5\%$, двумя звездочками (**) – с 10%-уровнем: $5\% < \alpha \leq 10\%$. Затенены значения, не значимые даже на 10%-уровне (высокая вероятность «ложного» тренда» т.е. отсутствия ненулевого тренда любого знака). Шрифтом синего цвета выделены отрицательные значения коэффициентов тренда (тенденция к похолоданию).

Оценки тренда в таблицах 3.1, 4.1, уверенно (с доверительной вероятностью не ниже 99%) указывают на тенденцию к потеплению глобального климата во все сезоны, в целом по Земному шару и полушариям, а также в среднем по территории всех рассмотренных крупных регионов, кроме Северной Америки весной (здесь тренд значим на 5% уровне), Австралии зимой и весной (зимой тренд значим на 5% уровне, а весной тренды не значимы даже на уровне 10%), Антарктиды (зимой, весной, летом тренды не значимы даже на уровне 10%), Антарктического пояса (зимой тренд значим на уровне 10%, а весной и летом тренды

не значимы даже на уровне 10%). Зимой и весной в Антарктиде и Антарктическом поясе оценки указывают еще и на тенденцию к похолоданию.

а) T3288 (только суша)



б) HadCRUT5 (суша+море)

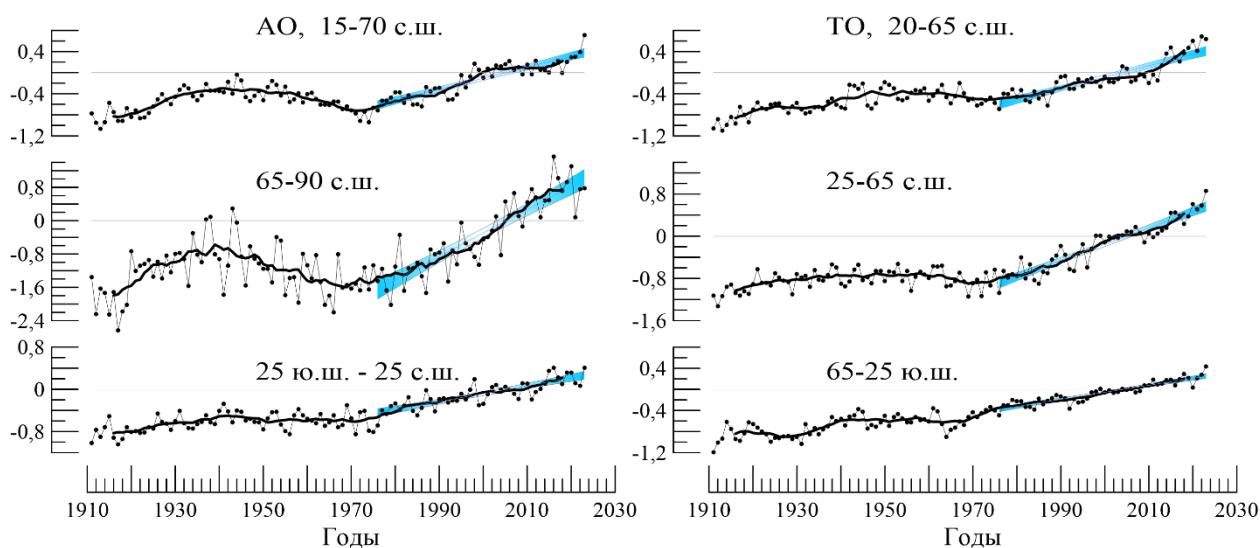


Рисунок 4.1 – Временные ряды пространственно-осредненных среднегодовых аномалий приземной температуры для континентов (а), северных частей Атлантического и Тихого океанов и основных широтных поясов Земного шара (б).

Аномалии приведены в отклонениях от средних за 1991–2020 гг. Сглаженные кривые (жирная линия) получены 11-летним скользящим осреднением. Показан линейный тренд за 1976-2023 гг. с 95%-м доверительным интервалом (голубая заливка). Расчет пространственно-осредненных аномалий выполнен по методике ИГКЭ по данным: а) T3288 (для континентов); б) HadCRUT5 (для океанов и широтных поясов).

Регион наиболее интенсивного потепления – Арктический широтный пояс 65-90N (суша+море), где оценки колеблются от +0,434 (летом) до +0,620°C/10 лет (весной). Из континентов выделяется Евразия – тренд в среднем за год 0,405°C/10 лет, весной 0,506°C/10 лет. В Европе наиболее интенсивно потепление зимних (0,564°C/10 лет) и летних (0,531°C/10 лет) сезонов, в Азии – весенних (0,528°C/10 лет). Наименее выражено

потепление на континентах Южного полушария: в Антарктиде ($0,062^{\circ}\text{C}/10$ лет), Австралии ($0,154^{\circ}\text{C}/10$ лет) и Южной Америке ($0,178^{\circ}\text{C}/10$ лет).

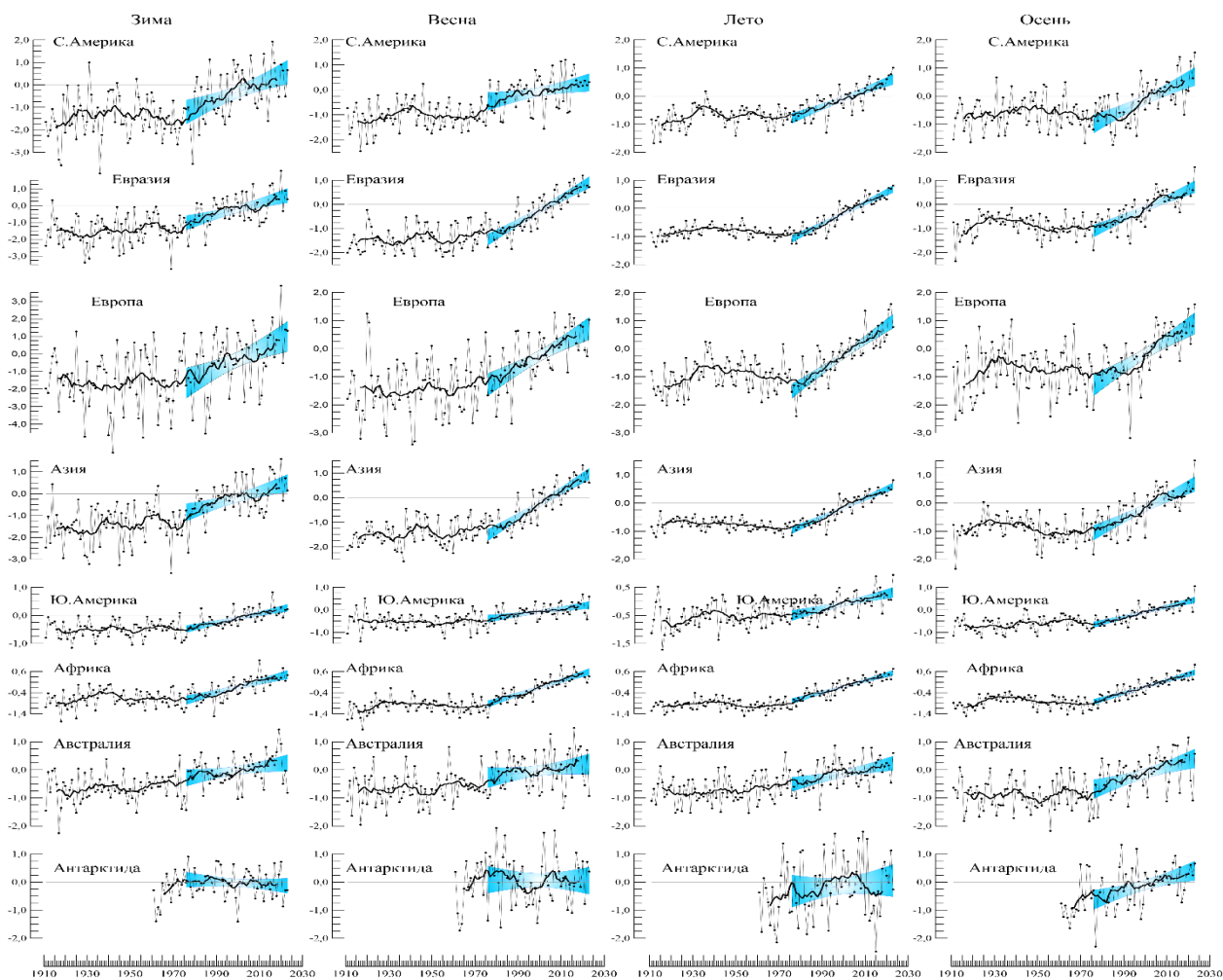


Рисунок 4.2 – См. рис. 4.1, но для сезонных аномалий и только для континентов (данные T3288, ИГКЭ)

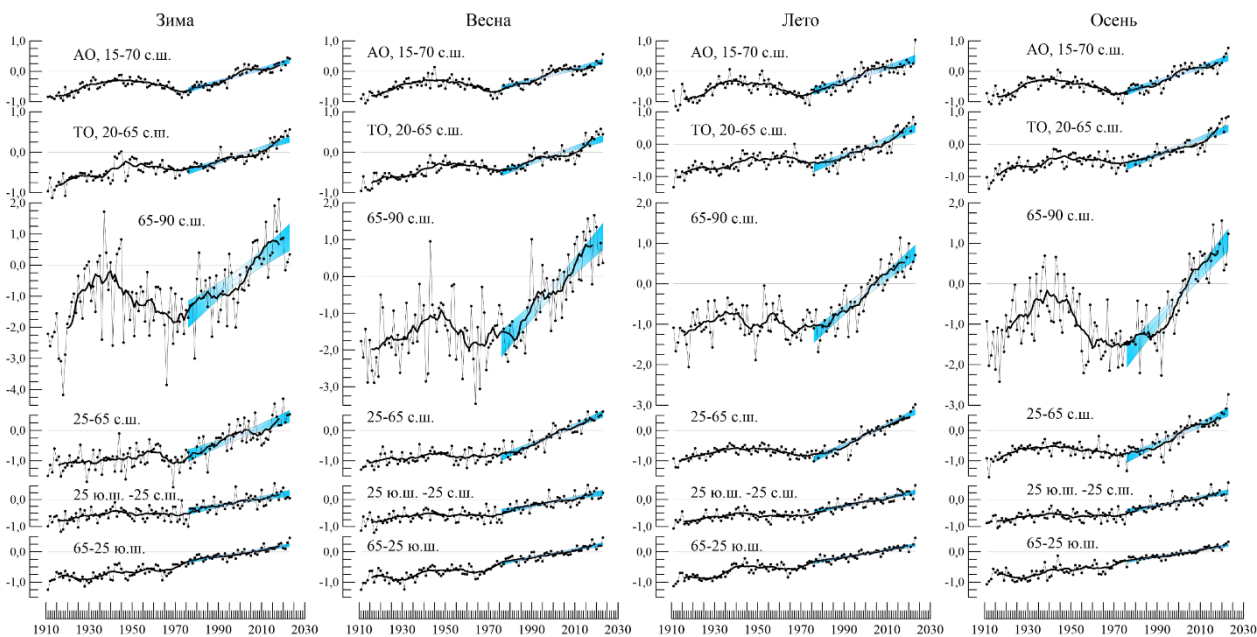


Рисунок 4.3 – См. Рис. 4.1., но для сезонных аномалий и только для океанов и широтных поясов Земного шара (HadCRUT5)

В таблице 4.2 приведены оценки региональных трендов, но для каждого календарного месяца (рассчитаны по соответствующим региональным временным рядам среднемесячных аномалий). Можно видеть, что эти оценки хорошо согласуются с сезонными оценками (табл. 4.1) и дополняют их. Так, видна бóльшая неоднородность в структуре изменчивости температурного режима над сушей в сравнении с океанами. Сезонные оценки тренда ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) колеблются в диапазонах: 0,167–0,214 в северных частях Тихого и Атлантического океанов и 0,161–0,506 в Евразии и Северной Америке, а от месяца к месяцу: 0,153–0,279 и 0,068–0,674, соответственно.

Вывод о потеплении осенних сезонов в Антарктическом поясе (90-65 S) становится менее уверенным, если учесть, что оценки статистически значимы на 1%-м уровне только в среднем за осенний сезон и в октябре-ноябре, а в сентябре критический уровень значимости составляет 4%. Аналогично, в среднем по территории Антарктиды, осенний тренд статистически значим на 1%-м уровне, в сентябре и ноябре критический уровень значимости составляет 6%, а в сентябре - 1,4%. И аналогично в среднем по территории Австралии: тренд статистически значим на 1%-м уровне за осень в целом и в сентябре-октябре, а в ноябре тренд не значим даже на уровне 10%.

Обращают внимание и оценки тренда для Европы, которые в зимние месяцы при высоких значениях статистически значимы только на 5%-м уровне. Это, по-видимому, может указывать на высокую межгодовую изменчивость регионального температурного режима в этом периоде.

Таблица 4.2 – Сезонный ход коэффициентов линейного тренда ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) регионально усредненных среднемесячных аномалий приземной температуры, 1976-2023

Регион	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<i>HadCRUT5 (суша+море)</i>												
АО, 15-70 N	0,206 ₀	0,195 ₀	0,171 ₀	0,191 ₀	0,187 ₀	0,196 ₀	0,212 ₀	0,258 ₀	0,247 ₀	0,252 ₀	0,214 ₀	0,213 ₀
ТО, 40-60 N	0,153 ₀	0,162 ₀	0,157 ₀	0,170 ₀	0,206 ₀	0,227 ₀	0,275 ₀	0,279 ₀	0,265 ₀	0,248 ₀	0,233 ₀	0,200 ₀
65-90 N	0,422 ₀	0,553 ₀	0,666 ₀	0,691 ₀	0,504 ₀	0,479 ₀	0,385 ₀	0,426 ₀	0,422 ₀	0,715 ₀	0,724 ₀	0,634 ₀
25-65 N	0,284 ₀	0,286 ₀	0,362 ₀	0,274 ₀	0,272 ₀	0,308 ₀	0,332 ₀	0,354 ₀	0,339 ₀	0,336 ₀	0,301 ₀	0,267 ₀
25 S-25 N	0,135 ₀	0,135 ₀	0,142 ₀	0,157 ₀	0,145 ₀	0,153 ₀	0,154 ₀	0,160 ₀	0,156 ₀	0,154 ₀	0,150 ₀	0,144 ₀
65-25 S	0,118 ₀	0,114 ₀	0,130 ₀	0,133 ₀	0,119 ₀	0,122 ₀	0,118 ₀	0,118 ₀	0,104 ₀	0,116 ₀	0,110 ₀	0,108 ₀
90-65 S	*-0,076 ₅	-0,034 ₃₀	-0,009 ₉₅	-0,049 ₇₃	0,106 ₄₈	0,064 ₇₃	0,150 ₃₉	**0,280 ₉	*0,353 ₄	0,371 ₀	0,167 ₁	**0,069 ₈
<i>T3288 (суша)</i>												
С. Америка	0,574 ₀	0,105 ₅₈	**0,202 ₈	0,068 ₄₄	0,207 ₀	0,308 ₀	0,288 ₀	0,290 ₀	0,377 ₀	0,344 ₀	*0,361 ₁	0,541 ₀
Евразия	*0,304 ₁	0,501 ₀	0,674 ₀	0,477 ₀	0,366 ₀	0,388 ₀	0,355 ₀	0,392 ₀	0,351 ₀	0,440 ₀	0,384 ₀	*0,227 ₃
Ю. Америка	0,175 ₀	0,141 ₀	0,138 ₀	0,163 ₀	**0,082 ₉	0,181 ₀	*0,152 ₁	0,197 ₀	0,305 ₀	0,203 ₀	0,197 ₀	0,172 ₀
Африка	0,220 ₀	0,252 ₀	0,326 ₀	0,307 ₀	0,317 ₀	0,312 ₀	0,299 ₀	0,236 ₀	0,258 ₀	0,304 ₀	0,327 ₀	0,294 ₀
Австралия	*0,198 ₁	0,034 ₇₃	0,139 ₁₀	**0,172 ₆	-0,013 ₉₈	0,111 ₁₉	0,223 ₀	**0,136 ₈	0,298 ₀	0,278 ₀	0,132 ₁₈	0,118 ₁₃
Антарктида	-0,095 ₁₉	0,010 ₉₈	0,037 ₈₅	-0,072 ₆₈	0,032 ₉₅	-0,105 ₄₅	0,189 ₃₄	0,172 ₂₆	**0,294 ₆	*0,218 ₁	**0,133 ₆	-0,085 ₂₈
Европа	*0,540 ₂	*0,678 ₁	*0,440 ₂	0,477 ₀	0,354 ₀	0,454 ₀	0,511 ₀	0,622 ₀	0,450 ₀	0,465 ₀	0,486 ₀	*0,507 ₁
Азия	*0,239 ₃	0,451 ₀	0,732 ₀	0,483 ₀	0,368 ₀	0,367 ₀	0,312 ₀	0,325 ₀	0,322 ₀	0,429 ₀	0,357 ₀	0,152 ₁₄
Арктика, суша	*0,505 ₁	*0,556 ₁	0,796 ₀	0,845 ₀	0,602 ₀	0,552 ₀	0,363 ₀	0,435 ₀	0,465 ₀	1,012 ₀	0,931 ₀	0,726 ₀

Примечание. Условные обозначения см. таблицу 4.1

5. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА, 1976-2023 гг.

Географическое распределение локальных коэффициентов тренда (рис. 5.1) получены по данным наблюдений за 1976-2023 гг. на 2406 станциях (массив T3288) и в центрах 1417 боксов (массив HadCRUT5), для которых временные ряды охватывают не менее 35 лет наблюдений, включая последний.

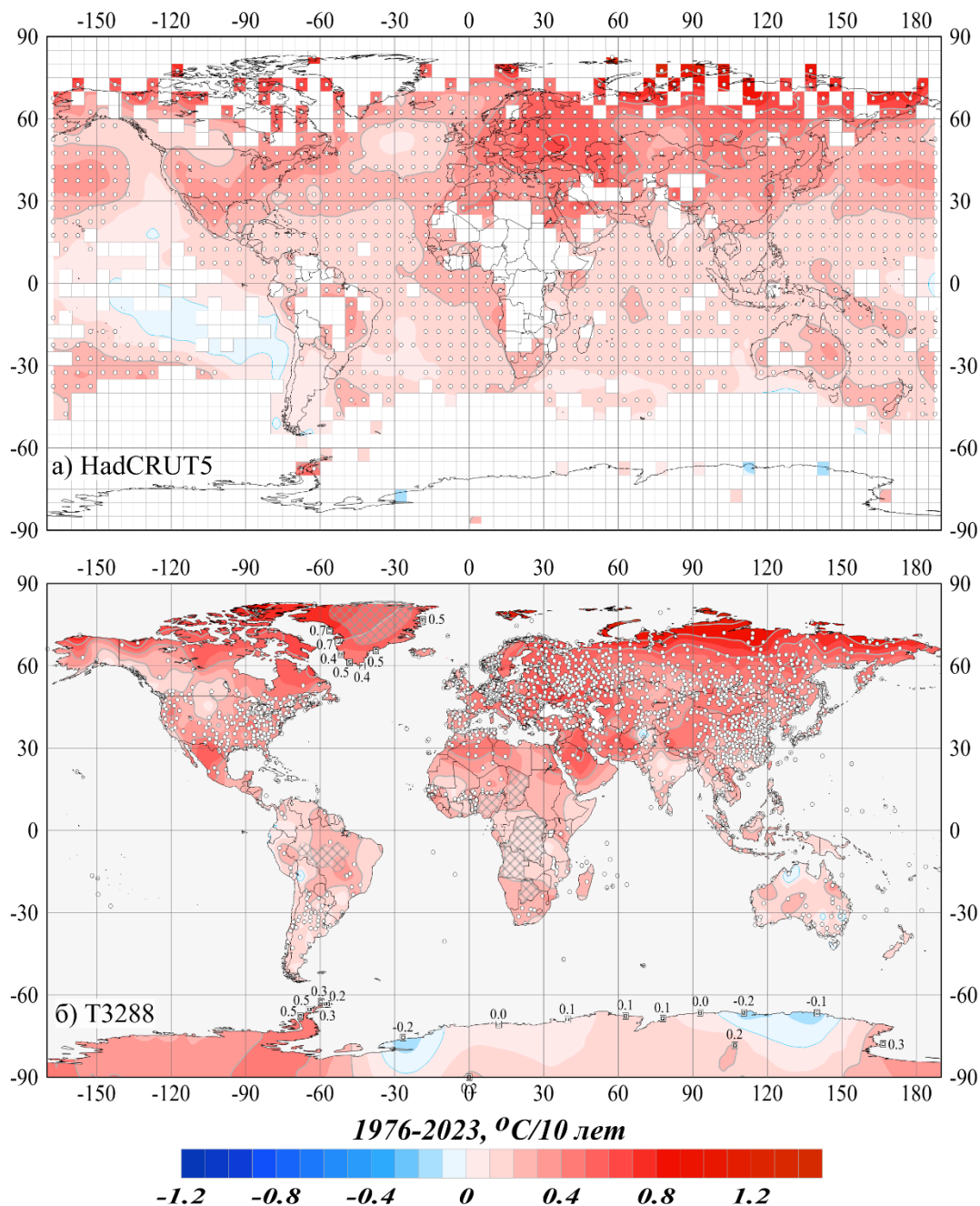


Рисунок 5.1 - Пространственное распределение локальных коэффициентов линейного тренда среднегодовой температуры у поверхности Земного шара, 1976-2023 гг. ($^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Использованы данные: а) HadCRUT5 – сеточные данные Hadley/CRU, UK (суша+море); б) T3288 – станционные данные ИГКЭ, РФ (только суша). Пустыми боксами (а) и штриховкой (б) показаны области отсутствия наблюдений. В точках расположения станций Антарктиды и Гренландии приведены числовые значения коэффициентов тренда (с точностью до $0,1^{\circ}\text{C}/10$ лет). Белыми кружками выделены боксы/станции, в которых тренд статистически значим на 1%-м уровне.

В таблице 5.1, 5.2 приведены частотные распределения коэффициентов тренда (в среднем за год и для каждого сезона) в зависимости от региона, направленности тренда и его статистической значимости. Географические распределения сезонных и месячных оценок приведены на рисунках 5.2 и 5.3.

Можно видеть, что на территории *Земного шара* (рис. 5.1), по-прежнему, *доминирует тенденция к потеплению*. Положительные тренды составляют около 97% всех локальных оценок, с учетом (данные HadCRUT5) и без учета океанов (данные T3288).

Таблица 5.1 – Частотное распределение локальных оценок тренда за 1976-2023 гг. в зависимости от региона(строки), знака коэффициента тренда *b* и уровня значимости *α* (значения в ячейках таблицы представлены в процентах от NN)

Регион	NN	<i>b < 0</i>			<i>b = 0</i>	<i>b > 0</i>			
		всего	<i>α ≤ 0,05</i>	<i>α > 0,1</i>		всего	<i>α ≤ 0,05</i>	<i>α > 0,1</i>	
HadCRUT5 (суша+море)									
Земной шар	1417	2,5	0,1	2,1	0,6	96,8	87,9	6,6	
Северное полушарие	887	0,3	-	0,3	0,2	99,4	93,5	4,1	
Южное полушарие	530	6,2	0,2	5,1	1,3	92,5	78,7	10,9	
Атлантика, 15-70N	129	-	-	-	-	100,0	96,1	2,3	
Тихий океан, 20-65N	148	-	-	-	-	100,0	100,0	-	
Широтные пояса	65-90N	81	-	-	-	100,0	97,5	-	
	25-65N	521	-	-	-	100,0	95,2	3,3	
	25S-25N	558	4,5	-	3,8	0,9	94,6	85,1	7,5
	65-25S	245	3,3	-	3,3	1,6	95,1	78,0	13,1
	90-65S	12	25,0	8,3	8,3	-	75,0	41,7	25,0
T3288 (только суша)									
Земной шар	2406	2,4	0,5	1,7	0,2	97,3	88,4	6,8	
Северное полушарие	2057	0,9	0,1	0,6	0,1	99,0	92,1	5,0	
Южное полушарие	349	11,5	2,3	8,0	0,9	87,7	66,5	17,2	
С. Америка	404	1,5	-	1,0	-	98,5	76,2	16,6	
Евразия	1462	0,5	0,1	0,3	0,1	99,5	96,7	2,0	
Ю. Америка	119	10,1	1,7	7,6	1,7	88,2	65,5	18,5	
Африка	100	2,0	1,0	1,0	-	98,0	92,0	5,0	
Австралия	129	17,1	3,1	13,2	0,8	82,2	58,1	20,2	
Антарктида	17	17,6	5,9	-	-	82,4	47,1	23,5	
Европа	538	-	-	-	-	100,0	99,4	0,4	
Азия	933	0,8	0,2	0,4	0,1	99,1	95,2	2,9	
Арктика (суша)	145	-	-	-	-	100,0	99,3	0,7	

Примечание. NN – общее количество боксов/станций в регионе

Область наиболее интенсивного потепления – Арктика: все оценки тренда положительны (на суше и акватории океанов), 99,3% из оценок наземных станций (97,5% оценок в боксах) статистически значимы на 5%-м уровне. На суше, вдоль побережья Северного Ледовитого океана, практически всюду тренд достигает +0,6-0,8°C/10 лет и более.

Таблица 5.2 – Количество статистически значимых на 5%-м уровне оценок тренда в крупных регионах мира для сезонов года, 1976-2023 гг. (в процентах от NN числа станций/боксов в регионе)

Регион	NN	Количество статистически значимых трендов с $\alpha \leq 5\%$								
		Зима		Весна		Лето		Осень		
		$b < 0$	$b > 0$	$b < 0$	$b > 0$	$b < 0$	$b > 0$	$b < 0$	$b > 0$	
HadCRUT5 (суша+море)										
Земной шар	1417	0,9	72,1	0,2	82,8	0,3	86,2	0,3	84,2	
Северное полушарие	887	0,1	73,3	-	86,0	-	95,8	-	92,6	
Южное полушарие	530	2,3	70,2	0,6	77,4	0,8	70,2	0,8	70,2	
Атлантика, 15-70N	129	-	91,5	-	82,9	-	96,9	-	101,6	
Тихий океан, 20-65N	148	-	95,3	-	102,0	-	102,0	-	103,4	
Широтные пояса	65-90N	81	-	80,2	-	102,5	-	116,0	-	111,1
	25-65N	521	-	65,6	-	81,8	-	94,4	-	91,4
	25S-25N	558	0,7	80,3	-	84,6	0,2	86,0	0,4	82,8
	65-25S	245	1,6	67,8	1,2	77,6	-	62,9	0,8	64,1
	90-65S	12	41,7	8,3	-	16,7	25,0	16,7	-	66,7
T3288 (только суша)										
Земной шар	2406	0,7	58,2	1,0	76,7	0,8	84,0	0,5	82,3	
Северное полушарие	2057	0,3	59,6	0,2	82,5	0,3	88,8	0,3	84,3	
Южное полушарие	349	2,9	49,9	5,4	42,4	4,0	55,6	1,1	70,5	
С. Америка	404	0,2	58,9	0,7	30,7	1,0	78,5	0,5	78,2	
Евразия	1462	0,2	56,6	0,1	95,1	0,1	89,7	0,2	84,6	
Ю. Америка	119	1,7	61,3	1,7	39,5	3,4	41,2	2,5	62,2	
Африка	100	1,0	90,0	-	115,0	1,0	114,0	1,0	108,0	
Австралия	129	4,7	27,1	13,2	27,1	5,4	58,1	1,6	69,0	
Антарктида	17	17,6	11,8	-	29,4	17,6	35,3	-	47,1	
Европа	538	-	80,3	-	94,4	-	98,7	-	98,7	
Азия	933	0,3	42,9	0,1	95,5	0,1	84,6	0,3	76,4	
Арктика (суша)	145	-	73,8	-	98,6	-	98,6	-	99,3	

Примечание. NN – общее количество боксов/станций в регионе

Из континентов (табл. 5.1, 4.1) выделяется Европа все оценки тренда положительны, 99,4% из оценок статистически значимы на 5%-м уровне. В Восточной Европе скорость потепления достигает +0,7-0,8°C/10 лет, а в среднем по всей территории Европы за год линейный тренд составил 0,50°C/10 лет. Близкая ситуация в Азии (0,38°C/10 лет) и, как результат, в Евразии в целом (0,41°C/10 лет). Большая часть океанической поверхности в Северном полушарии (в северных частях Атлантики и Тихого океана до 0,3-0,4°C/10 лет) и в тропическом поясе (кроме восточного сектора Тихого океана у побережья Южной Америки) также характеризуется статистически значимым трендом к потеплению (рис. 5.1).

Тенденция к похолоданию на территории Земного шара отмечена на 2,4% всех станций (2,5% боксов), в том числе статистически значимых хотя бы на 5%-м уровне всего 0,5% (0,1%). В северных частях Атлантического и Тихого океанов (и на всей территории севернее 65°с.ш.), не обнаружено ни одной станции (или бокса) с тенденцией к похолоданию.

Согласно стационарным данным (T3288, только суша), всего на территории континентов обнаруживается лишь 12 станций с нисходящим трендом, статистически

значимым на 5%-м уровне (табл. 5.1). Из этих станций три расположены в Северном полушарии (в горных районах Центральной Азии) и девять – в Южном (на востоке Австралии, Антарктиды). Практически все остальные стационарные оценки, указывающие на тенденцию к похолоданию, не достигают и $-0,1^{\circ}\text{C}/10$ лет и статистически не значимы.

На акваториях океанов отрицательный тренд зафиксирован в Тихом океане у побережья Южной Америки (до $-0,1^{\circ}\text{C}/10$ лет) и на юго-западе Атлантики (до $-0,2^{\circ}\text{C}/10$ лет у берегов Огненной Земли, из них лишь в двух боксах оценки статистически значимы.

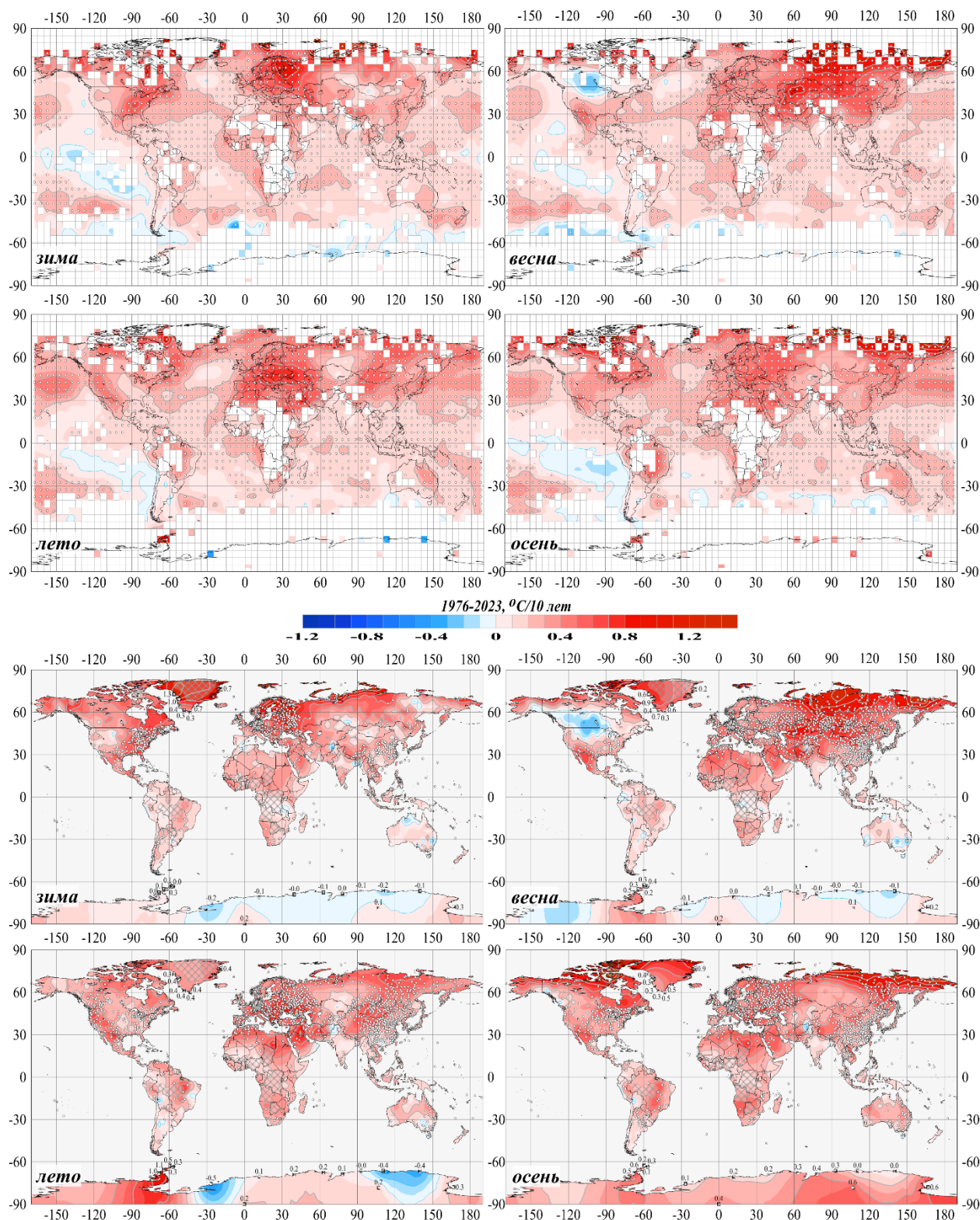


Рисунок 5.2 – См. рис. 5.1, но для коэффициентов тренда сезонных аномалий температуры

Зима (рис.5.2, 5.3а). В географическом распределении трендов, в среднем за сезон и в каждом из месяцев, преобладает тенденция к потеплению. Наиболее интенсивное потепление (более 1,0 C/10 лет, $\alpha \leq 1\%$) – в Гренландии, на западе США, в Скандинавии, Восточной Европе и Юго-Восточной Азии.

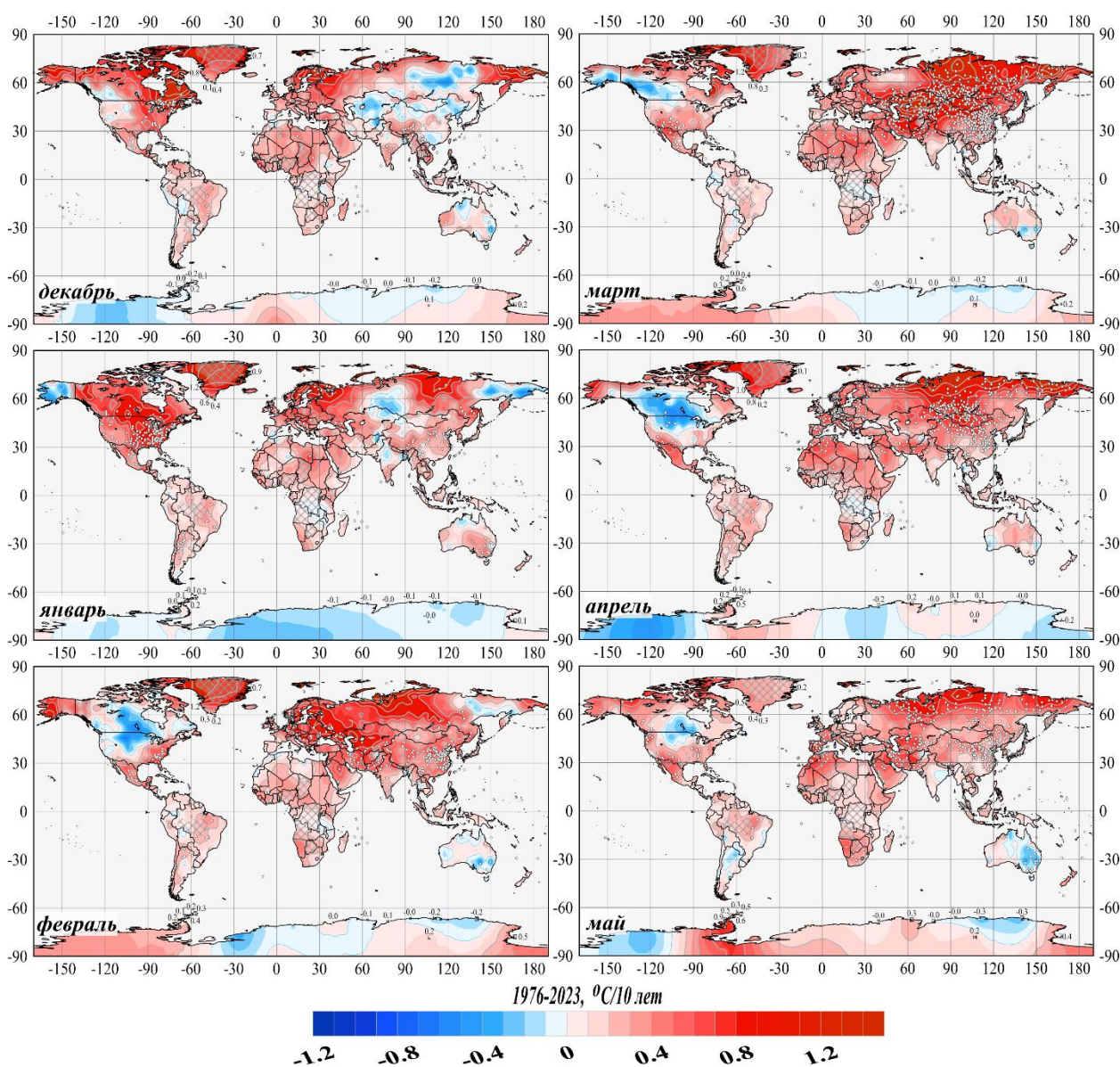


Рисунок 5.3а – См. рис. 5.2, но для трендов среднемесячной температуры зимнего (слева) и весеннего (справа) сезонов и только на континентах (Т3288, ИГКЭ)

Локальная максимальная скорость потепления отмечается на островах Карского и Баренцева морей (на архипелаге Земля Франца Иосифа до +2,5°C/10лет). В декабре значительный положительный тренд отмечен на северо-востоке Евразии, в январе – в Якутии и на Дальнем Востоке (значим на 1% уровне), в феврале – на западе и в центре АЧР.

В каждом из трех зимних месяцев, как и по сезонным оценкам, на всех континентах выделяются области слабого положительного тренда, статистически не значимого даже на 10%-м уровне.

Тренд к похолоданию зимних сезонов наблюдается только в небольших областях Антарктиды, в центре Евразии и в восточной части Тихого океана (у побережья Южной

Америки). В распределении месячных оценок области отрицательного тренда отмечаются на всех континентах. Наиболее значительные из них – в Северной Америке (до $-1,0^{\circ}\text{C}/10$ лет в феврале) и в центре Азиатского континента (до $-0,8^{\circ}\text{C}/10$ лет в декабре и январе). На акваториях океанов в каждом из зимних месяцев повторяются основные черты сезонного распределения.

Весна (рис.5.2, 5.3а). Наиболее активное потепление весенних сезонов (по площади охвата, и по интенсивности) отмечается в Евразии: положительный тренд статистически европейской равнины и Индии (до $+1,4^{\circ}\text{C}/10$ лет на Таймыре и Чукотке). Заметно ниже тенденция к потеплению в Гренландии и на Канадском архипелаге (до $+0,9^{\circ}\text{C}/10$ лет), на юге Северной Америки и на севере Африки (до $+0,6-0,7^{\circ}\text{C}/10$ лет). На акваториях океанов (всех, кроме Южного) тенденция к потеплению составляет $+0,2-0,3^{\circ}\text{C}/10$ лет.

Обширные области статистически незначимого отрицательного тренда отмечаются во все месяцы сезона в Северной и Южной Америке, Австралии и Антарктиде, а также в восточном секторе Тихого океана и в умеренных широтах Южного полушария. Статистически значимая (на 5%-м уровне) тенденция к похолоданию выявлена в Австралии (в мае на 17,7% станций), в Южной (2,8% в мае) и Северной (5,4% в апреле) Америках.

Лето (рис.5.2, 5.3б). Как и в другие сезоны, летом преобладает тенденция к потеплению. Регионы наиболее интенсивного потепления – Европа ($+0,531^{\circ}\text{C}/10$ лет, максимум в августе $+0,622$) и Арктический широтный пояс, 65-90N ($+0,435^{\circ}\text{C}/10$ лет, максимум в июне $+0,479$).

В пространственном распределении наиболее высокая скорость потепления в течение всего сезона отмечается в Европе (до $+0,9^{\circ}\text{C}/10$ лет), Малой и Передней Азии и Монголии (до $+0,8^{\circ}\text{C}/10$ лет), Антарктиде (до $+1,1^{\circ}\text{C}/10$ лет на Антарктическом полуострове) и на территории США. Наиболее интенсивное потепление (статистически значимое на 1% уровне) отмечается в июне на Северо-Сибирской низменности и на севере Среднесибирского плоскогорья (до $+1,4^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Отрицательный тренд во все месяцы сезона отмечался в Боливии, Аргентине и Антарктиде (на ряде станций значимый на 1% уровне), в июне-июле - в центре Азии (статистически не значимый).

В поле локальных коэффициентов тренда практически на всех континентах, в целом за сезон и в отдельные месяцы, обнаруживаются также значительные области статистически незначимого положительного тренда. Наиболее обширные из них расположены в Евразии (в основном, в Сибири и на Дальнем Востоке), в Северной Америке (большая часть Канады), в Африке и Австралии.

Осень (рис.5.2, 5.3в). Область наиболее интенсивного потепления – Арктика (до $+1,9^{\circ}\text{C}/10$ лет – за сезон в целом, в отдельные месяцы – до $2,5^{\circ}\text{C}/10$ лет), Европа (до $+0,8^{\circ}\text{C}/10$ лет), Юго-Восточной Азии (до $+0,7^{\circ}\text{C}/10$ лет), а также в США (в сентябре и в октябре до $0,6-0,7^{\circ}\text{C}/10$ лет). Тенденция к похолоданию, как правило, статистически незначимая, отмечена в Антарктиде (в сентябре на Земле Уилкса, в ноябре на Земле Мэри Бэрд), на территории Канады и США (в октябре), в Сибири и Центральной Азии (в ноябре). На сезонной карте им соответствуют области с практически нулевым трендом. Слабые отрицательные тренды за сезон в целом и во все месяцы, также незначимые, отмечены в океанах Южного полушария.

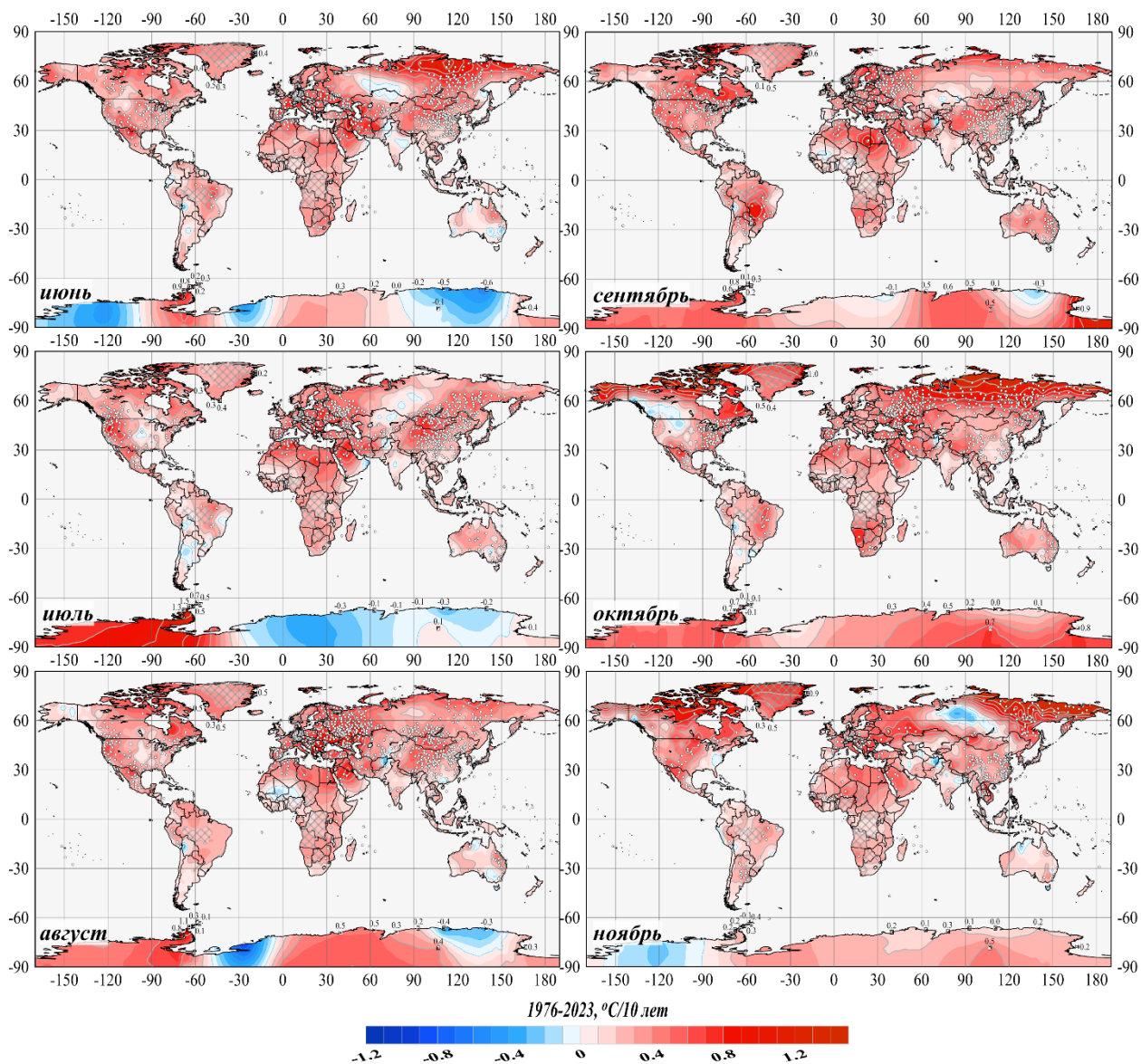


Рисунок 5.36 – См. рис. 5.2, но для трендов среднемесячной температуры летнего (слева) и осеннего (справа) сезонов и только на континентах (Т3288, ИГКЭ)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В соответствии с оценками, полученными по всем наборам данных (суша, море, суша+море), 2023 год был самым теплым с 1850 года по всем трем глобальным территориям (Земной шар, Северное и Южное полушария). В целом по Земному шару, аномалия температуры составила $+0,533^{\circ}\text{C}$ (массив HadCRUT5, суша+море).

2. В 2023 г. на территории Земного шара по-прежнему доминируют положительные аномалии: на них приходится около 90% всех данных, в том числе около 50% – выше 95-го перцентиля (5%-е экстремумы тепла), а более 15% стали для своих пунктов рекордными (абсолютные максимумы). Такая ситуация сложилась, за счет северных частей Тихого и Атлантического океанов, Северной и Южной Америк, Евразии и Африки, где 2023 год, в среднем по территории региона, оказался в числе трех самых теплых лет в истории наблюдений (с 1850 г.), а 5%-е экстремумы тепла (значения выше 95-го перцентиля) охватили более 50-70% всех станций (боксов) региона.

3. Отрицательные среднегодовые аномалии (около 8% всех данных) также наблюдались в Северном и Южном полушариях, как на суше, так и на акваториях океанов. На суше – это области в Антарктиде, на севере Австралии, на востоке Бразилии, в западных штатах США, в Скандинавии и на севере Индии; на акваториях океанов - отдельные районы Индийского и Тихого океанов и в Северном море

4. Практически во всех крупных регионах мира (континенты, океаны, широтные зоны), как и глобально (Земной шар, полушария), экстремально теплые условия сохранялись в течение всего года (вероятность превышения не опускалась ниже 85%). Единственное исключение: Антарктический пояс (включая Антарктиду и Австралию), где вероятность превышения сезонных аномалий опускалась в первом полугодии до 19-20%. Однако, начиная с июня, подавляющее большинство рассмотренных регионов каждый месяц и сезон обновляли свои температурные рекорды.

5. В целом по Земному шару все сезоны были экстремально теплыми: лето ($0,60^{\circ}\text{C}$) и осень ($0,71^{\circ}\text{C}$) – самые теплые за весь период наблюдений, зима ($0,28^{\circ}\text{C}$) – четвертая самая теплая, весна ($0,39^{\circ}\text{C}$) – третья среди самых теплых. в океанах Северного и Южного полушарий все месяцы года были либо самыми теплыми, либо в числе первых трех самых теплых (ранг не выше 3) (исключения: январь и февраль в океанах Южного полушария – четвертые величины в соответствующих рядах), а на суше - все месяцы, начиная с июня, были либо самыми теплыми, либо в числе первых трех самых теплых (ранг не выше 3)

6. На большей части Земного шара продолжается потепление: положительные тренды составляют около 97% всех локальных оценок. Регионы наиболее интенсивного потепления: Арктический пояс (65-90N) и Европа, где средняя скорость потепления за период 1976-2023 гг. составила, соответственно, $0,563$ и $0,498^{\circ}\text{C}/10$ лет.

7. В целом по всей территории Земного шара и за год, современное приповерхностное потепление 1976-2023 гг. на суше протекает вдвое активнее, чем на поверхности океанов, в Северном полушарии вдвое интенсивнее, чем в Южном, и ускорилось в сравнении со 100-летним (1924-2023) в Северном полушарии в 2,1-2,3 раза (над сушей и на поверхности океанов). В Южном полушарии на поверхности океанов ускорения практически не произошло, а над сушей коэффициент ускорения существенно ниже (1,6-1,7).

8. На 100-летнем временном интервале (1924-2023 гг.) потепление зимних и весенних сезонов на поверхности океанов активнее протекало не в Северном полушарии, а в Южном

9. Приведенные в бюллетене глобальные оценки приповерхностного температурного режима в 2023 г., полученные по данным массива T3288 (данные ФГБУ «ИГКЭ»), хорошо согласуются с оценками по данным массива CRUTEM5 (данные Hadley/CRU, один из базовых массивов ВМО). Вывод основан на сравнении погодичных данных и статистических оценок, представляемых в каждом выпуске в главе 1.