

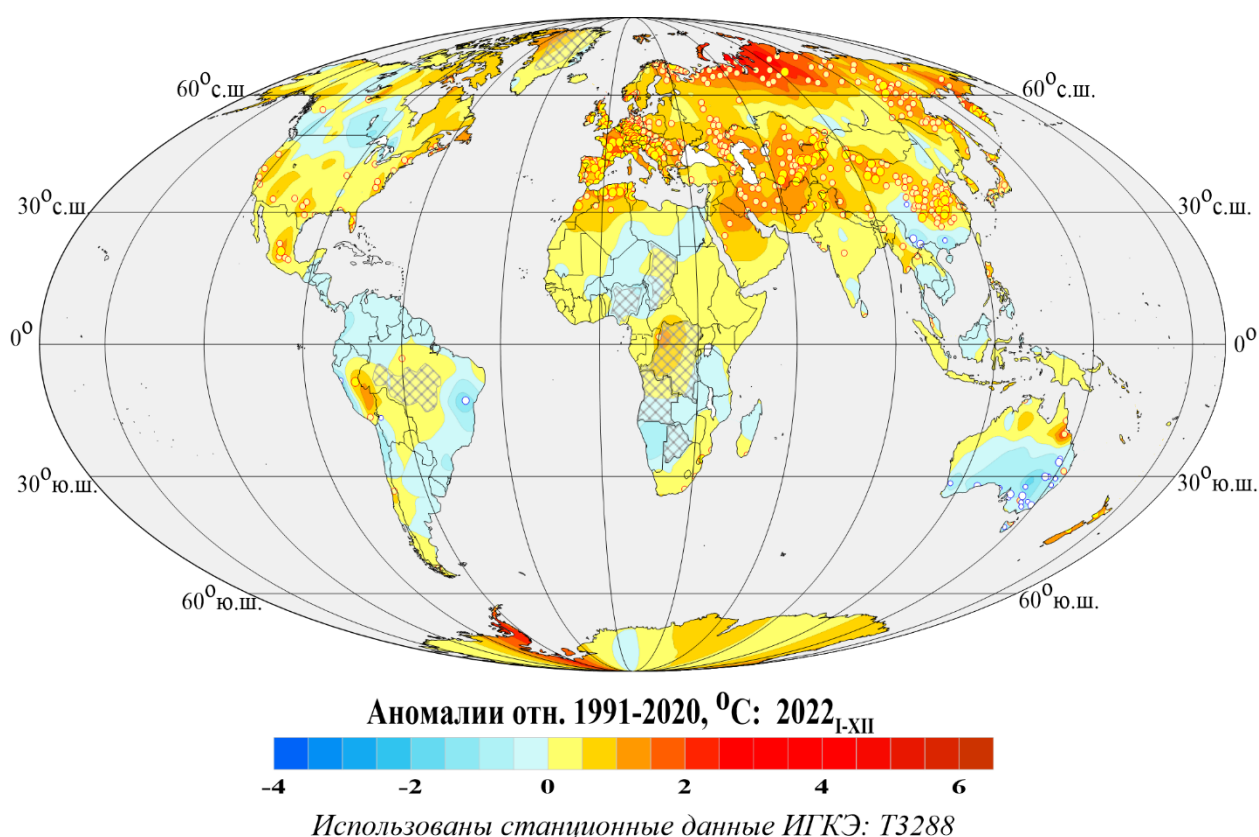
Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды

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

Бюллетень мониторинга изменений климата Земного шара

Приземная температура – 2022

Годовой обзор



Москва 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ^{1),2)}

1. ВВЕДЕНИЕ	3
2. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ШАРА В 2022 году. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ АНОМАЛИИ	6
3. КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗЕМНОГО ШАРА ЗА ПЕРИОД ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ 1850-2022 гг.	17
4. ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ РЕГИОНАЛЬНО ОСРЕДНЕННЫХ АНОМАЛИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ, 1911-2022 гг.	22
5. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА, 1976-2022 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/performance/publishing>.

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: 2022 год (январь-декабрь). Использованы станционные данные ФГБУ «ИГКЭ»: Т3288

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящем бюллетене представлены данные об аномалиях температурного режима 2022 года у поверхности земного шара и обновленные (с учетом этих данных) оценки тенденций его изменений в течение 1976–2022 гг. Оценки приведены для года в целом и каждого из сезонов (зима, весна, лето, осень). 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 T3288, 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 T3288, 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, месячные суммы осадков) 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 T3288 (ИГКЭ) и CRUTEM5 (Hadley/CRU). Цель сравнения: с одной стороны – убедиться в репрезентативности массива T3288, с другой – оценить меру неопределенности оценок, полученных с использованием единой системы наблюдений, но

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 17.01.2023.

⁵⁾ О бюллетене GCCM (read me). – <http://www.igce.ru/performance/publishing>.

разных методов и технологий сбора данных, их обработки и анализа. Близость рядов примерно с середины прошлого столетия четко видна уже визуально (рис. 1.1). Количественные оценки (статистические характеристики попарных разностей) по данным за 1976-2022 гг. (период современного глобального потепления) и 1923-2022 гг. (последнее столетие) приведены в таблице 1.1 для Земного шара, Северного и Южного полушарий (только суша!).

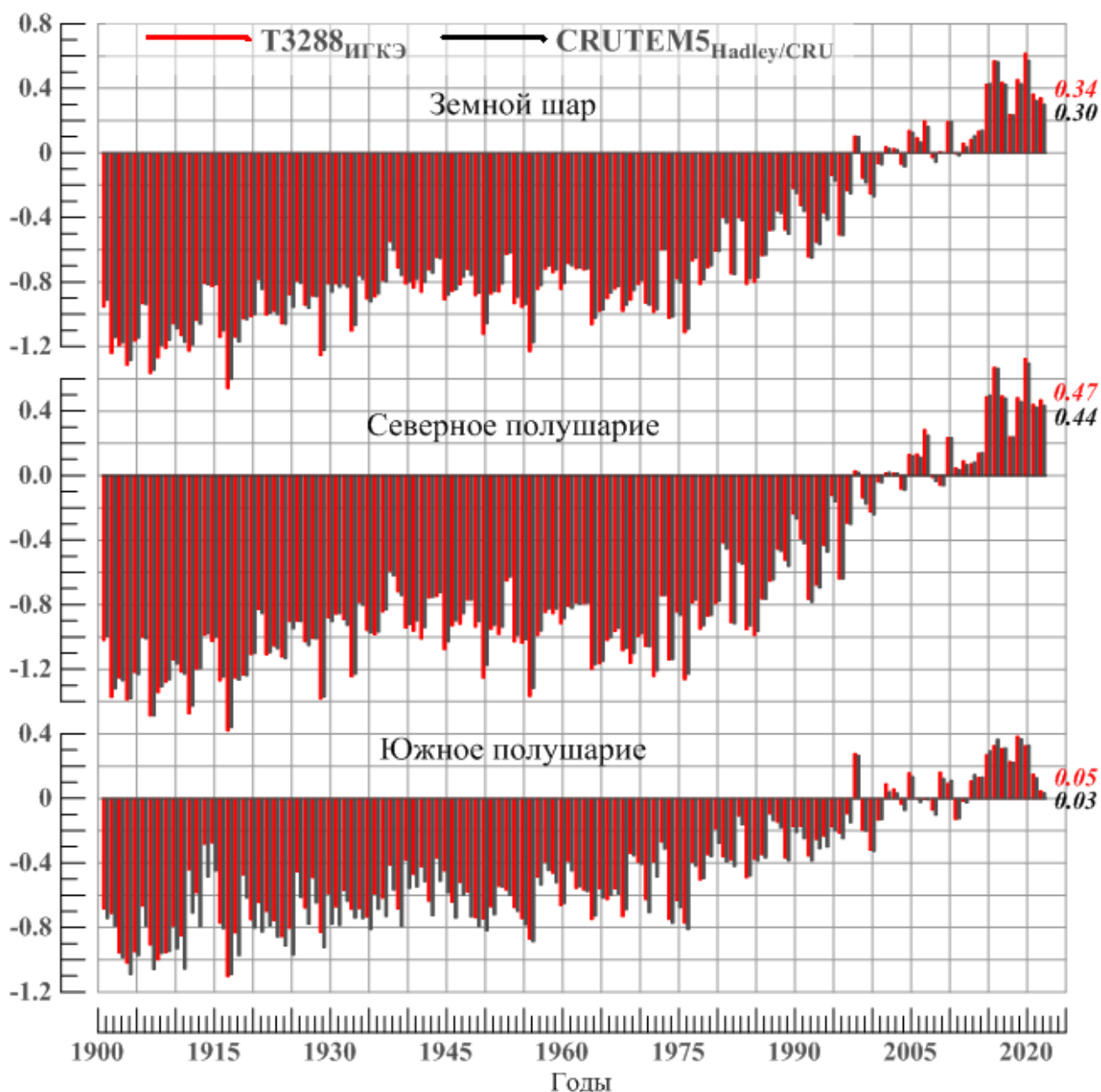


Рисунок 1.1 – Временные ряды пространственно осредненных годовых аномалий температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) над сушей Земного шара, Северного и Южного полушарий. *Использованы временные ряды, рассчитанные по данным массива T3288 (ИГКЭ), и глобальные временные ряды CRUTEM5 (Hadley/CRU), 1901-2022 гг.*

Среднее различие рядов за 1923-2022 гг. по разным глобальным территориям (земной шар, полушария) и данным (T3288, CRUTEM5) колеблется в интервале от $-0,003$ до $+0,048^{\circ}\text{C}$, но за последние 47 лет – от $+0,009$ до $+0,021^{\circ}\text{C}$. Расхождения рядов в конкретные годы после 1976 г. никогда не достигали $0,10^{\circ}\text{C}$, 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°C) на порядок ниже стандартного отклонения самих рядов (0,258–0,514°C), и во всех случаях ряды характеризуются высокой корреляцией (не ниже 0,991) и предельно низким различием трендов (до $\pm 0,012^\circ\text{C}/10$ 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	1976-2022			1923-2022		
	ЗШ	СП	ЮП	ЗШ	СП	ЮП
Корреляция рядов	0,999	0,999	0,995	0,998	0,999	0,991
Среднее различие, °C	0,010	0,009	0,021	0,000	-0,003	0,048
СКО (сигма) различий, °C	0,019	0,018	0,027	0,028	0,026	0,050
Среднее абсолютное различие, °C	0,018	0,017	0,027	0,022	0,021	0,053
Макс. абсолютное различие, °C	0,044	0,041	0,089	0,077	0,078	0,187
Разность коэфф. тренда, °C/10лет	0,005	0,003	-0,010	0,002	0,003	-0,012
СКО T3288, °C	0,415	0,491	0,258	0,454	0,514	0,321
СКО CRUTEM5, °C	0,407	0,484	0,268	0,442	0,501	0,344

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 2022 ГОДУ. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ АНОМАЛИИ

В соответствии с полученными оценками (табл. 2.1), в целом по Земному шару 2022 год был шестым среди самых теплых лет по данным «суша+море» (массив HadCRUT5: аномалия 0,257°C) и также шестым по данным «суша» (массив T3288: 0,363°C); по данным «суша» (массив CRUTEM5: 0,301°C) – седьмым, по данным «море» (массив HadSST4: 0,235°C) – пятым. В Северном полушарии по всем наборам данных 2022 год был также шестым (исключение: по данным «море» массива HadSST4 – ранг 5). В Южном полушарии, в целом, год был седьмым среди самых теплых лет, по данным «море» – четвертым (0,163°C, HadSST4), а «суша» - ранг 2022 г. был лишь 15-16 (+0,034°C, CRUTEM5 и 0,046°C, T3288).

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	0,389	2016	0,557	2020	0,269	2019
2	0,379	2020	0,537	2016	0,241	2016
3	0,347	2019	0,425	2019	0,205	2017
4	0,301	2017	0,412	2015	0,200	2020
5	0,281	2015	0,397	2017	0,196	2018
6	0,257	2022	0,380	2022	0,150	2015
					0,134 (7)	2022
T3288 (ИГКЭ, суша)						
1	0,617	2020	0,724	2020	0,384	2019
2	0,570	2016	0,670	2016	0,328	2016
3	0,454	2019	0,492	2017	0,325	2020
4	0,438	2017	0,488	2015	0,310	2017
5	0,425	2015	0,482	2019	0,277	1998
6	0,363	2022	0,468	2022	0,271	2015
					0,046 (16)	2022
CRUTEM5 (Hadley/CRU, суша)						
1	0,573	2020	0,696	2020	0,370	2019
2	0,565	2016	0,664	2016	0,366	2016
3	0,429	2019	0,497	2015	0,329	2020
4	0,429	2015	0,480	2017	0,312	2017
5	0,424	2017	0,459	2019	0,293	2015
6	0,325	2021	0,435	2022	0,267	1998
	0,301 (7)	2022			0,034 (15)	2022
HadSST4 (Hadley/CRU, море)						
1	0,281	2016	0,415	2020	0,230	2016
2	0,278	2019	0,346	2015	0,219	2019
3	0,271	2020	0,342	2019	0,186	2015
4	0,262	2015	0,341	2016	0,163	2022
5	0,235	2022	0,308	2022	0,154	2017
6	0,206	2017	0,270	2021	0,140	2020

Примечание. Если ранг температуры больше шести, то он указан в скобках

Таблица 2.2 – Регионально осредненные значения аномалии приземной температуры в 2022 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	0,26	95,5	0,22	95,5	0,25	96,4	0,30	98,2	0,25	95,5	
Северное полушарие	0,38	95,5	0,33	95,5	0,38	96,4	0,41	97,3	0,41	96,4	
Южное полушарие	0,13	94,6	0,11	94,6	0,12	92,8	0,20	98,2	0,10	89,2	
Атлантика (15-70N)	0,39	100	0,45	100	0,26	99,1	0,25	93,6	0,58	100	
Тихий океан (20-65N)	0,69	100	0,41	100	0,57	100	0,84	100	0,81	100	
Широтные пояса	65-90N	0,76	96,4	0,10	79,1	0,91	91,8	0,54	95,5	0,48	88,2
	25-65N	0,59	99,1	0,50	97,3	0,50	98,2	0,75	100	0,71	100
	25S-25N	0,07	90	0,09	90	0,07	91,8	0,02	86,4	-0,03	85,5
	65-25S	0,28	99,1	0,30	100	0,20	98,2	0,24	100	0,27	100
	90-65S	0,67	97,4	-0,05	54,7	0,61	82,1	1,54	96,1	0,71	90,9
T3288 (суша)											
Земной шар	0,34	94,6	0,32	95,5	0,38	96,4	0,43	98,2	0,34	95,5	
Северное полушарие	0,47	95,5	0,40	94,6	0,50	96,4	0,57	100	0,50	96,4	
Южное полушарие	0,05	86,5	0,14	91	0,12	90,1	0,11	91	-0,05	82	
Северная Америка	0,19	88,2	-0,51	66,4	0,18	82,7	0,78	100	0,63	96,4	
Евразия	0,69	99,1	0,88	96,4	0,78	96,4	0,70	100	0,58	97,3	
Южная Америка	-0,04	83,6	0,19	91,8	-0,43	40,9	0,06	83,6	-0,09	80	
Африка	0,15	90	0,16	88,2	0,07	87,3	0,24	92,7	0,21	91,8	
Австралия	-0,34	60	-0,03	72,7	0,70	90,9	-0,46	55,5	-1,09	23,6	
Антарктида	0,46	89,6	-0,29	36,4	0,73	83,1	1,12	89,6	0,25	75,3	
Европа	0,94	99,1	1,40	95,5	-0,28	74,5	1,59	100	0,81	92,7	
Азия	0,63	98,2	0,71	92,7	1,09	99,1	0,48	98,2	0,52	95,5	
Арктика (суша)	1,05	96,4	0,28	84,5	1,24	93,6	0,89	98,2	0,82	91,8	
CRUTEM5 (суша)											
Земной шар	0,30	94,6	0,32	94,6	0,32	96,4	0,40	98,2	0,30	95,5	
Северное полушарие	0,44	95,5	0,43	95,5	0,44	96,4	0,55	99,1	0,48	97,3	
Южное полушарие	0,03	87,4	0,09	89,2	0,09	88,3	0,09	90,1	-0,06	82	

Условные обозначения.

1. vT, °C – наблюдаемая аномалия в 2022 году (базовый период 1991-2020 гг.);
2. F% – значение эмпирической функции распределения $F = \text{prob}(X \leq vT_{2022})$ по данным за 1911-2022 гг. (вероятность превышения)
3. Красным шрифтом выделены абсолютные максимумы (наибольшие из всех значений ряда за 1911-2022 гг.), синим - отрицательные аномалии.

В соответствии со среднегодовыми оценками (рис. 2.1, табл. 2.3), в 2022 г. на территории Земного шара положительные аномалии температуры составляли более 70% всех локальных данных, из которых ~30% оказались выше 95-го перцентиля (5%-е экстремумы тепла), в том числе ~10% стали для своих пунктов рекордными (абсолютные максимумы). Такая ситуация сложилась, в основном, за счет северных частей Тихого и Атлантического океанов и Евразии, где, соответственно, 59%, 47% и 38% локальных значений температуры были выше 95-го перцентиля, а 2022 год, в среднем по территории каждого из этих регионов, оказался первым, либо вторым самым теплым в истории наблюдений (табл. 2.2). В результате, севернее 25-й параллели (25N), по данным на полной

сетке (массив HadCRUT5), выше климатической нормы 1991-2020 гг. оказались более 87% всех данных, из них более половины – 5%-е экстремумы тепла. Подобные экстремумы отмечены также на более 46% наземных станций Арктики (массив T3288).

Отрицательные среднегодовые аномалии (около 20% всех данных) также наблюдались и на суше, и на акваториях океанов (табл. 2.3). На суше северного полушария – это около 30% станций Северной Америки (центральные районы) и Юго-Восточной Азии; на суше южного – более 67% станций Австралии, 50% станций Южной Америки и 26% станций Африки. Особо выделяется Австралия, где 12% станций зафиксировали 5%-е экстремумы холода (значения менее 5-го процентиля), из которых 4% обновили локальные абсолютные минимумы. На акваториях океанов отрицательные аномалии наблюдались в тропических широтах Тихого и Индийского океанов.

Дополнительно отметим (табл. 2.3а), что 94,6% локальных экстремумов тепла (по среднегодовой температуре) наблюдались в Северном полушарии, на суше и в океанах, остальные 5,4% – в Южном полушарии, преимущественно на континентах. В свою очередь, локальные экстремумы холода отмечались, в основном, на континентах Южного полушария (84%): в Австралии и Южной Америке.

Таблица 2.3 – Частотное распределение локальных среднегодовых аномалий по категориям в крупных регионах Земного шара по данным массивов HadCRUT5 и T3288, 2022 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	1504	20,7	7,7	71,5	0,3	32,2	-	10,3	
СП	904	15,2	7,3	77,5	-	36,2	-	10,7	
ЮП	600	29,2	8,3	62,5	0,7	26,3	-	9,7	
АО, 15-70N	131	9,9	6,9	83,2	-	46,6	-	14,5	
ТО, 20-65N	147	4,1	2,0	93,9	-	58,5	-	25,2	
Широтные пояса	65-90N	83	15,7	2,4	81,9	-	27,7	-	2,0
	25-65N	522	8,4	3,3	88,3	-	45,6	-	17,6
	25S-25N	580	31,0	11,9	57,1	0,7	25,3	-	5,5
	65-25S	306	24,2	8,8	67,0	-	24,5	-	9,2
	90-65S	13	7,7	7,7	84,6	-	15	-	8,0
T3288 (только суша)									
ЗШ	2510	20,5	5,9	73,6	1,0	28,0	0,4	7,8	
СП	2117	15,6	5,1	79,3	0,2	31,4	0,1	8,8	
ЮП	394	46,7	10,2	43,1	5,3	9,6	1,8	2,0	
С. Америка	432	29,4	8,8	61,8	-	10,0	-	0,5	
Евразия	1470	10,2	3,3	86,5	0,3	38,4	0,1	11,4	
Ю. Америка	141	49,6	12,8	37,6	2,1	3,5	0,7	0,7	
Африка	133	26,3	10,5	63,2	-	22,6	-	12,8	
Австралия	138	67,4	5,8	26,8	12,3	5,1	4,3	0,7	
Антарктида	18	5,6	5,6	88,9	-	38,9	-	11,1	
Европа	526	0,6	0,4	99,0	-	54,8	-	19,2	
Азия	953	15,4	4,9	79,6	0,4	29,5	0,2	6,9	
Арктика, суша	149	4,0	2,0	94,0	-	46,3	-	1,3	

Условные обозначения.

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

Таблица 2.3а– Частотное распределение локальных среднегодовых аномалий между полушариями по категориям их интенсивности и экстремальности, 2022 г.
(по данным массивов HadCRUT5 и T3288)

Регион		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 (100%)	1504	312	116	1076	4	485	0	155
СП	60,1%	44,0%	57,0%	65,1%	0,0%	67,5%		62,4%
ЮП	39,9%	56,0%	43,0%	34,9%	100,0%	32,5%		37,6%
T3288 (только суша)								
ЗШ (100%)	2510	515	148	1847	25	703	10	196
СП	84,3%	64,2%	72,9%	90,9%	16,9%	94,6%	20,0%	96,0%
ЮП	15,7%	35,8%	27,1%	9,1%	83,1%	5,4%	80,0%	4,0%

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.

Таблица 2.4 – Частотное распределение локальных сезонных аномалий в 2022 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	
HadCRUT5 (суша+море)										
ЗШ	1504	0,9	21,9	0,5	22,7	0,6	27,9	0,7	27,1	
СП	904	0,7	20,5	0,1	23,5	0,3	32,1	0,1	28,3	
ЮП	600	1,2	24,2	1,0	21,5	1,0	21,7	1,5	25,3	
АО, 15-70N	131	-	36,6	-	25,2	-	22,9	-	51,9	
ТО, 20-65N	147	-	22,4	-	30,6	0,7	57,1	-	49,0	
Широтные пояса	65-90N	83	2,0	1,2	-	8,4	-	31,3	-	15,7
	25-65N	522	0,4	22,2	-	30,5	0,2	41,6	-	37,4
	25S-25N	580	1,4	23,4	0,5	20,7	1,0	20,3	1,2	19,5
	65-25S	306	0	25,2	1,3	18,0	0,7	18,6	1,0	27,5
	90-65S	13	-	-	-	-	-	15	-	23,1
T3288 (только суша)										
ЗШ	2510	1,0	12,0	1,5	18,0	1,7	30,2	1,4	21,3	
СП	2117	0,5	11,2	0,6	19,2	0,8	34,2	0,5	22,1	
ЮП	394	3,3	16,5	6,3	11,9	6,6	8,9	6,6	16,8	
С. Америка	432	0,5	3,5	0,2	9,3	0,5	28,2	0,5	13,0	
Евразия	1470	0,5	12,5	0,7	22,1	0,9	37,3	0,3	22,9	
Ю. Америка	141	1,4	19,9	11,3	0,7	0,7	3,5	5,0	16,3	
Африка	133	0,8	24,8	-	7,5	-	20,3	2,3	29,3	
Австралия	138	8,0	11,6	5,8	19,6	18,8	5,1	13,8	9,4	
Антарктида	18	-	11,1	-	-	-	33,3	-	27,8	
Европа	526	-	15,0	0,2	7,8	-	54,9	-	34,4	
Азия	953	0,7	11,5	0,9	29,8	1,4	27,4	0,4	16,4	
Арктика, суша	149	-	0,7	-	9,4	-	44,3	-	14,8	

На рисунках 2.3а-г они детализируются для каждого месяца, но только по данным над континентами (авторские данные ИГКЭ: числовые значения – в табл. 2.5-2.6). Там же дается краткая характеристика каждого сезона.

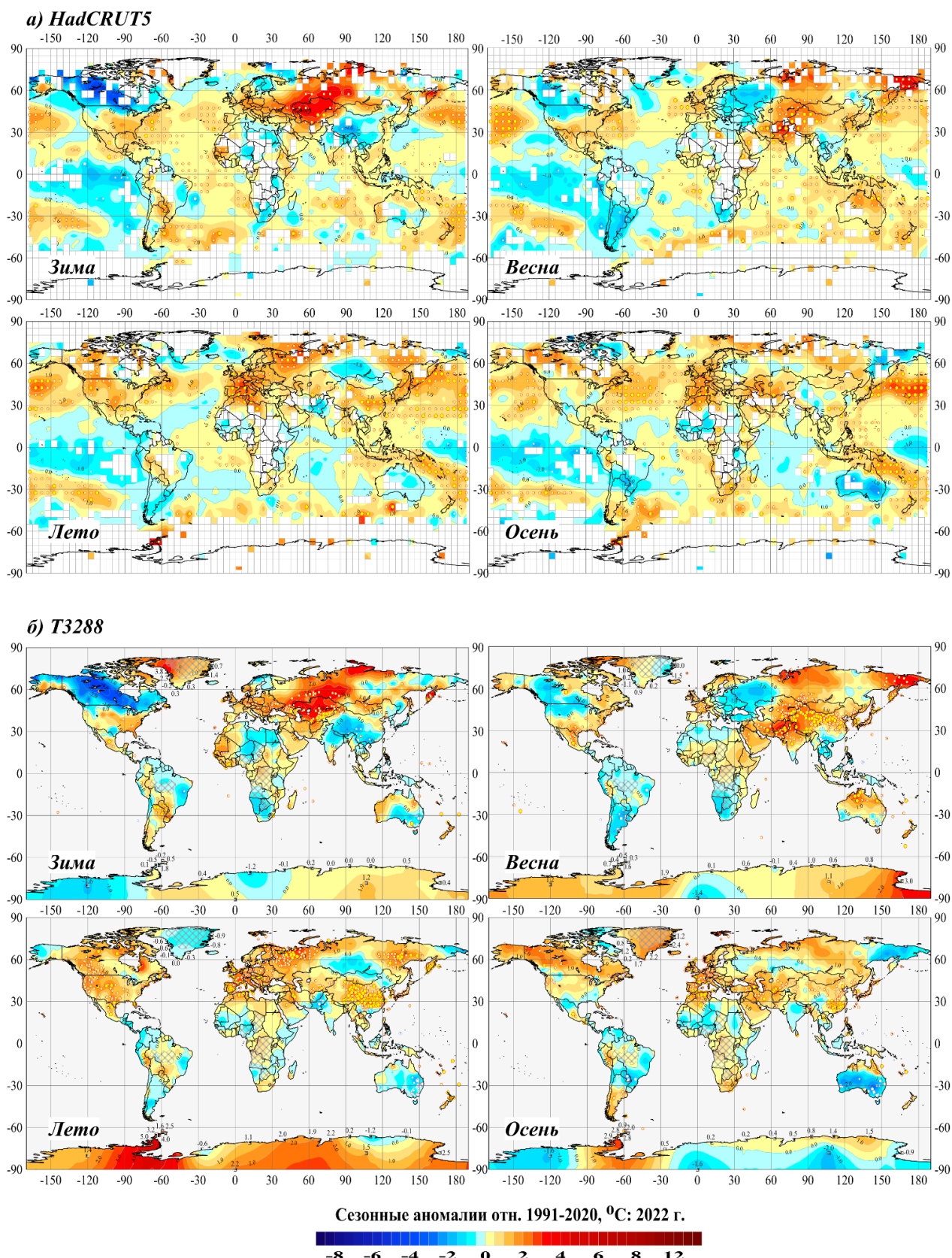


Рисунок 2.2 – См. рис. 2.1, но для сезонных аномалий 2022 г.: а) по сеточным данным HadCRUT5 (суша+море, Hadley/CRU); б) по данным наземных станций T3288 (только суша, ИГКЭ)

Таблица 2.5 – Пространственно осредненные значения среднемесячных аномалий приземной температуры в 2022 г. и их ранги (в целом по Земному шару и полушариям)

Регион	Месяцы 2022 г.												Год I-XII
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<i>HadCRUT5 (суша+море)</i>													
ЗШ	0,235 ₆	0,177 ₉	0,301 ₅	0,198 ₇	0,253 ₅	0,343₁	0,261 ₅	0,310₃	0,274 ₆	0,377₃	0,105 ₁₃	0,253 ₆	0,257 ₆
СП	0,379 ₆	0,270 _{5,5}	0,479 ₅	0,305 ₈	0,352 ₅	0,429 ₅	0,350 ₅	0,459₂	0,440 ₅	0,523₃	0,260 ₁₀	0,320 ₉	0,380 ₆
ЮП	0,090 ₁₀	0,084 ₉	0,123 ₉	0,092 ₈	0,154 ₁₀	0,257₁	0,171 ₅	0,161 _{5,5}	0,108 _{9,5}	0,231 ₇	-0,050 ₁₈	0,186 ₇	0,134 ₇
<i>T3288 (суша)</i>													
ЗШ	0,397 ₇	0,173 ₁₁	0,501 ₅	0,380 ₄	0,257 ₁₀	0,386 ₆	0,436₃	0,458₂	0,401 ₅	0,448 ₄	0,172 ₁₄	0,070 ₁₇	0,342 ₇
СП	0,505 ₇	0,275 ₁₀	0,648 ₆	0,470 ₆	0,354 ₇	0,593₂	0,525₂	0,580₂	0,511 ₅	0,612₁	0,369 ₁₀	0,096 ₁₈	0,468 ₆
ЮП	0,140 ₁₂	-0,068 ₂₁	0,152 ₁₁	0,172 ₁₂	0,030 ₁₉	-0,102 ₂₃	0,224 _{6,5}	0,159 ₉	0,134 ₁₁	0,049 ₁₇	-0,304 ₄₇	0,006 ₂₁	0,046 ₁₆
<i>CRUTEM5 (суша)</i>													
ЗШ	0,364 ₇	0,182 ₁₀	0,389 ₆	0,331 _{6,5}	0,248 ₁₀	0,377 ₆	0,392 ₅	0,424₂	0,331 ₇	0,400 ₄	0,158 ₁₄	0,020 ₁₆	0,301 ₇
СП	0,462 ₇	0,325 ₉	0,532 ₇	0,427 ₆	0,364 ₆	0,604₂	0,487₃	0,560₂	0,464 ₅	0,593₁	0,367 ₁₀	0,033 ₁₈	0,435 ₆
ЮП	0,169 ₈	-0,104 ₂₂	0,103 ₁₀	0,138 ₁₁	0,016 ₁₆	-0,077 ₁₈	0,203 ₈	0,151 ₈	0,065 _{13,5}	0,013 ₁₈	-0,261 ₂₈	-0,004 ₁₉	0,034 ₁₅
<i>HadSST4 (море)</i>													
ЗШ	0,249₃	0,196 ₅	0,196 ₅	0,183 ₆	0,204 ₆	0,261₂	0,205 ₇	0,253 ₅	0,249 ₅	0,250 ₆	0,244 ₅	0,330₂	0,235 ₅
СП	0,280₃	0,209 ₅	0,222 ₄	0,214 ₇	0,275 ₅	0,329 ₄	0,324 ₅	0,392 ₄	0,412 ₅	0,334 ₆	0,322 _{5,5}	0,381₂	0,308 ₅
ЮП	0,217 ₄	0,183 ₆	0,174 ₆	0,154 ₇	0,136 ₇	0,194₂	0,093 ₈	0,116 ₉	0,079 ₉	0,165 ₆	0,162 ₆	0,277 ₅	0,163 ₄

Примечание. Нижними индексами показаны ранги в соответствующих упорядоченных по убыванию временных рядах (1911–2022 гг.). Красным цветом выделены абсолютные максимумы (ранг 1, жирный шрифт) и значения с рангами 2 и 3.

Таблица 2.6 – Регионально осредненные значения аномалий приземной температуры для континентов, северных частей Атлантического и Тихого океанов и основных широтных поясов земного шара в 2022 г. (по месяцам и в среднем за год)

Регион	Месяцы 2022 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	0,4₁	0,4₂	0,2₃	0,2 ₆	0,4₁	0,3 ₈	0,1 ₁₇	0,4₃	0,6₁	0,6₁	0,5₁	0,4₁	0,4₁
ТО,40-60N	0,4₃	0,4₂	0,5₁	0,5₁	0,7₂	0,7₂	0,9₁	0,9₁	0,9₁	0,9₁	0,7₂	0,7₁	0,7₁
65-90N	0,9 ₁₆	0,6 ₂₁	1,4 ₆	0,4 ₂₀	0,9 ₄	0,6 ₇	0,4 ₆	0,5 ₇	0,3 ₁₄	1,2 ₄	0,0 ₂₉	1,3 ₆	0,8 ₅
25-65N	0,5 ₅	0,4 ₉	0,4 ₇	0,5₃	0,6₁	0,7₁	0,7₁	0,8₁	0,8₁	0,8₁	0,5 ₆	0,2 ₁₂	0,6₂
25S-25N	0,2 ₈	0,0 ₁₆	0,1 ₉	0,1 ₉	0,0 ₁₅	0,1 ₁₁	0,0 ₁₇	0,0 ₁₄	0,0 ₁₇	0,0 ₁₉	0,0 ₁₇	0,1 ₁₃	0,1 ₁₂
65-25S	0,3₂	0,3₂	0,2 ₅	0,2₃	0,2 ₅	0,2₃	0,3₁	0,2₃	0,2 ₅	0,3₁	0,3₁	0,5₁	0,3₂
90-65S	-0,2 ₅₃	0,0 ₃₆	0,8 ₄	-0,3 ₄₇	1,3 ₁₇	1,9₁	1,2 ₁₄	1,3 ₁₁	1,1 ₁₅	2,0₂	-0,8 ₅₇	-0,2 ₄₉	0,7₃
<i>T3288 (суша)</i>													
С. Америка	-0,7 ₅₂	-1,3 ₆₂	0,6 ₁₇	-0,5 ₅₂	0,4 ₉	0,6 ₄	0,8₂	1,0₁	1,2₁	1,1 ₄	-0,4 ₄₉	-0,7 ₅₅	0,2 ₁₄
Евразия	1,2 ₅	1,0 ₇	0,8 ₉	1,1₂	0,4 ₈	0,9₂	0,5₃	0,7₂	0,4 ₁₀	0,8 ₄	0,6 ₁₀	-0,1 ₃₂	0,7₂
Ю. Америка	0,4 ₉	0,0 ₃₁	-0,5 ₆₇	-0,1 ₃₄	-0,7 ₈₉	-0,7 ₇₅	0,9 ₆	-0,1 ₂₉	-0,2 ₃₄	-0,1 ₂₈	0,0 ₁₈	0,3 ₄	0,0 ₁₉
Африка	-0,1 ₃₅	0,0 ₂₆	-0,2 ₂₄	0,2 ₁₁	0,3 ₁₀	0,3 ₈	0,2 ₁₃	0,1 ₁₄	0,4 ₇	0,3 ₆	-0,1 ₂₅	0,8 ₄	0,2 ₁₂
Австралия	0,1 ₂₅	-0,6 ₇₅	1,0 ₆	0,8 ₇	0,2 ₂₆	-0,4 ₅₇	-1,2 ₉₄	0,0 ₃₀	-0,4 ₃₅	-0,8 ₆₃	-2,0 ₁₀₇	-0,9 ₉₁	-0,3 ₄₅
Антарктида	-1,0 ₆₉	0,3 ₂₀	0,9 ₁₂	0,0 ₃₉	1,3 ₁₇	1,0 ₁₇	1,4 ₁₃	0,9 ₁₂	1,0 ₁₁	0,7 ₁₀	-1,0 ₆₃	-0,1 ₃₉	0,5 ₉
Европа	1,1 ₁₇	3,6 ₆	-0,3 ₃₂	-0,1 ₃₁	-0,5 ₄₈	1,3₂	1,0₃	2,5₁	-0,5 ₅₉	1,9₁	1,0 ₁₉	0,3 ₃₆	0,9₂
Азия	1,2 ₅	0,3 ₁₇	1,1 ₉	1,4₁	0,8₃	0,8₂	0,5₂	0,2 ₁₂	0,6 ₅	0,5 ₉	0,5 ₁₄	-0,3 ₃₇	0,6₃
Арктика, суша	1,4 ₁₃	0,7 ₂₃	1,8 ₈	0,5 ₁₈	1,4 ₄	0,7 ₇	0,8₃	1,2₁	0,4 ₁₃	2,0 ₄	1,4 ₂₈	0,7 ₁₃	1,05 ₅

Примечание. См. примечание к табл. 2.4

Зимний сезон 2021/22 (рис. 2.2, 2.3а), в целом по Земному шару, оказался на пятом-седьмом месте среди наиболее теплых зимних сезонов с начала 1900-х гг. (по разным наборам данных: суша, море, суша+море).

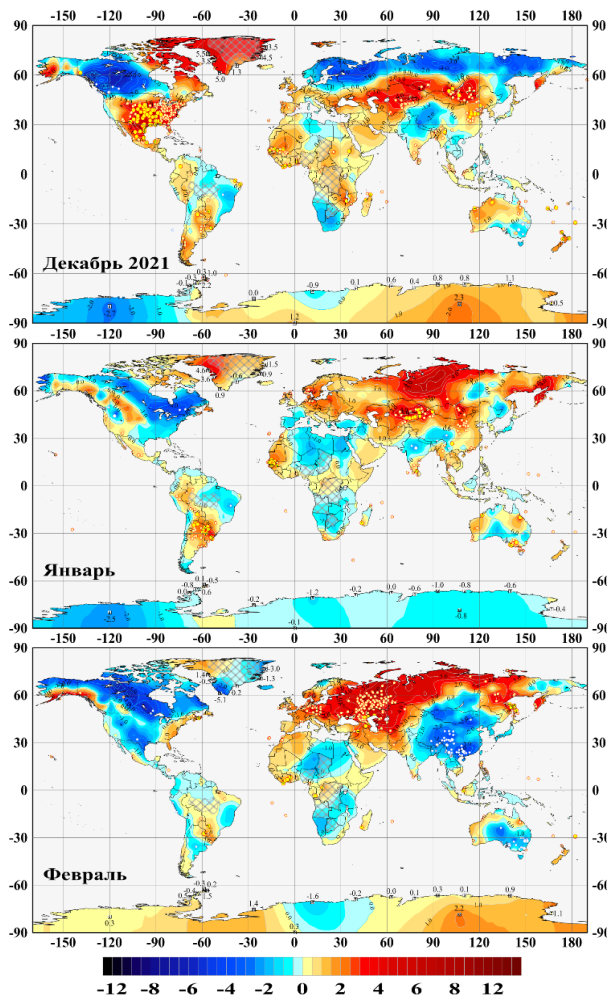


Рисунок 2.3а – См. рис. 2.2б, но для аномалий зимних месяцев (Т3288, °С)

(рис. 2.3а).

Весна 2022 г., в среднем по территории Земного шара и Северного полушария (рис. 2.2, 2.3б), стала пятым самым теплым весенним сезоном по данным HadCRUT5 (суша+море) и T3288/CRUTEM5 (только суша). По тем же данным в Южном полушарии она была лишь на 9 и 12/14 местах, а по температуре поверхности океана (HadSST4, только море) заняла седьмую строку в списке наиболее теплых весенних сезонов на акваториях Северного полушария и шестую – на акваториях Южного полушария и Мирового океана в целом.

Основная особенность сезона – наличие значительных (по охвату территории и интенсивности) отрицательных аномалий,

Основные особенности сезона: с одной стороны – экстремально теплые условия на поверхности океанов (северные части Атлантического и Тихого океанов и умеренные широты южных акваторий Тихого, Атлантического и Индийского океанов), с другой – области отрицательных аномалий практически на всех континентах Земного шара (Северная и Южная Америки, Евразия, Африка, Австралия и Антарктида). В Евразии локализация положительных и отрицательных аномалий в месяцы сезона менялась: в декабре – тепло в центре, холодно – на севере и юге; в январе и феврале – тепло на севере, холодно – на юге

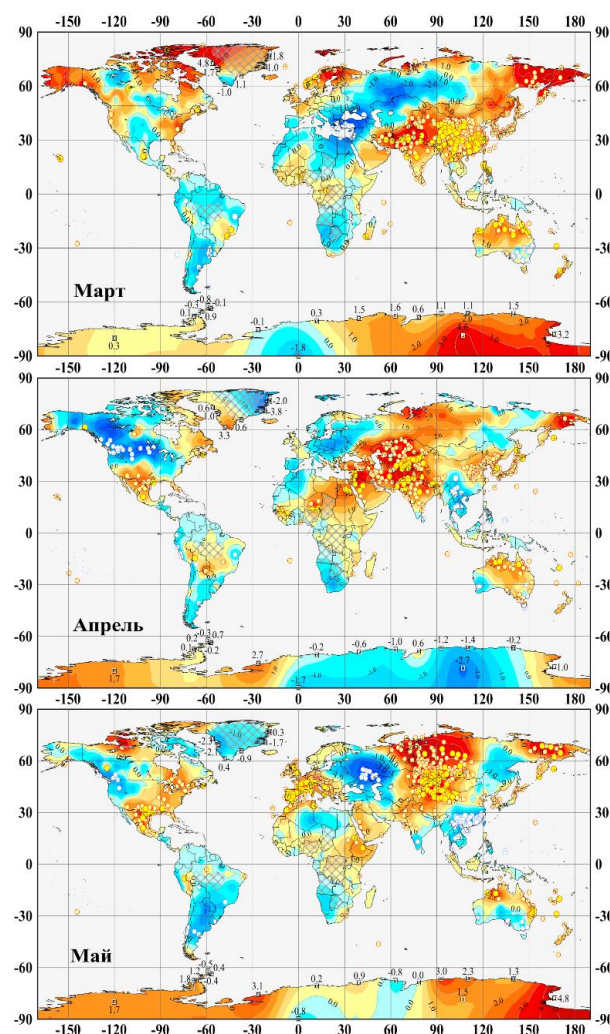


Рисунок 2.3б – См. рис. 2.2б, но для аномалий весенних месяцев (Т3288, °С)

наряду с положительными. При этом практически на всей территории Земного шара, в крупных регионах, положительные сезонные аномалии составляют примерно 60-70% всех наблюдений, в полярных областях – до 80-90%. Исключением является Южная Америка, где соотношение обратное (80% – доля отрицательных аномалий).

Наиболее крупная из областей *положительных аномалий* охватывает большую часть Азии и прилегающие акватории в северной части Тихого океана. Крупная область *отрицательных аномалий* в Южной Америке включает 80% наземных станций континента и прилегающие акватории Тихого океана. Отрицательные аномалии отмечались также в Центральной и Восточной Европе (40% всех станций Европы), на севере Африки (32%) и в Северной Америке (37%).

Локализация аномалий от месяца к месяцу менялась незначительно. В основном, менялась площадь распространения и интенсивность аномалий. Самые теплые месяцы: в Азии – апрель, в северной части Тихого океана – март и апрель, в Атлантике – май.

Летний сезон 2022 года, в среднем за сезон и по территории, стал третьим самым теплым летним сезоном в истории наблюдений в целом по Земному шару и четвертым – в

Северном полушарии (данные HadCRUT5, «суша+море»). Рекордно теплым он стал для суши Северного полушария по данным T3288, по данным CRUTEM5 – вторым (аномалии, соответственно, равны +0,570°C и +0,568°C).

Положительные сезонные аномалии составили 63/72% всех данных, отрицательные – 32/67% (по данным HadCRUT5/T3288). Особо выделяется Австралия: 67,3% станций с температурой ниже нормы и среди них – 16,7% ниже 5-го перцентиля (5%-е экстремумы холода).

Экстремально теплые условия в северных частях Тихого и Атлантического океанов, в южном Умеренном широтном поясе 25-65S и в Антарктиде сохранялись на протяжении всего сезона, как и отрицательные аномалии в Австралии, Южной Америке, в Западной и Восточной Африке.

В Евразии конфигурация аномалий, напротив, менялась от месяца к месяцу. Наиболее интенсивные очаги тепла сформировались в Европе и Западной Сибири, а очаги холода с

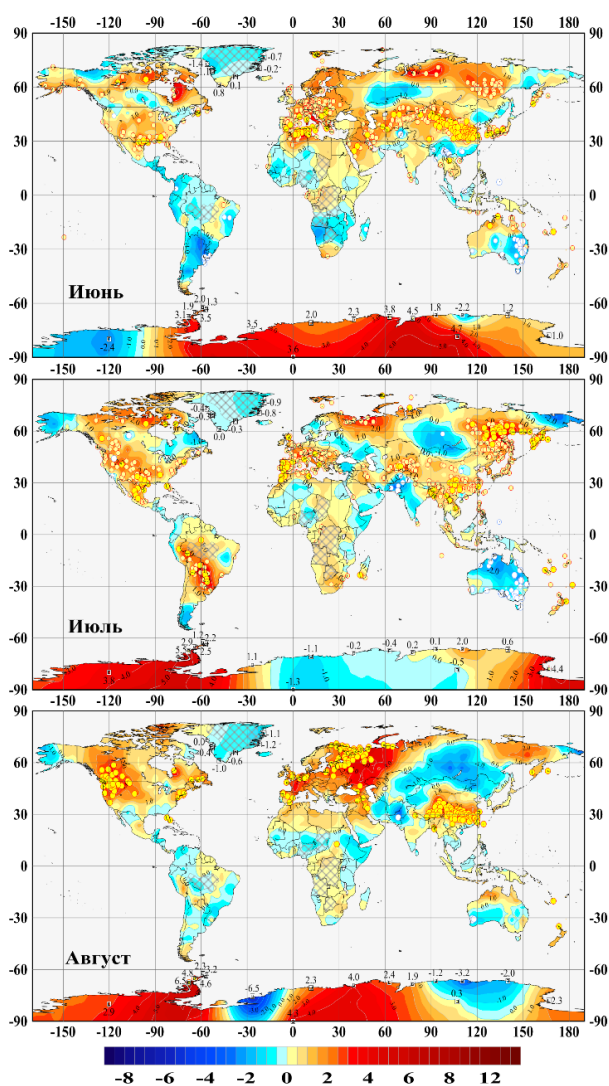


Рисунок 2.3в – См. рис. 2.2б, но для аномалий летних месяцев (T3288, °C)

единичными 5%-ми экстремумами – в Азии.

Осень 2022 г. (рис. 2.2, 2.3г) в целом для Земного шара, стала шестым самым теплым (с 1911г.) по данным HadCRUT5 (суша+море) и T3288, CRUTEM5 (только суша), но пятым – по данным HadSST4 (только море). При этом в Северном полушарии контрастов между температурными условиями на континентах и океанах не обнаружено (сезон по всем наборам данных оказался на четвертом-пятом месте), тогда как в Южном полушарии температура осеннего сезона на поверхности океанов – седьмая величина в ряду наблюдений, а на суше – лишь 21-я (по обоим источникам, T3288 и CRUTEM5).

На территории Земного шара преобладали положительные аномалии – на них приходится около 65/70% всех данных HadCRUT5/T3288. Наиболее теплыми месяцами, в среднем по Земному шару, были сентябрь (+0,27°C, ранг 5) и октябрь (+0,38°C, ранг 2). В ряде регионов установлены новые региональные рекорды среднемесячной температуры, в том числе: северные части Атлантики и Тихого океана, северный и южный Умеренные широтные пояса (на основе данных HadCRUT5), Европа, Северная Америка и Северное полушарие (по данным массива T3288).

Отрицательные аномалии наблюдались в этом сезоне сразу на нескольких континентах, в целом за сезон и во все месяцы. В ноябре (самый прохладный месяц в сезоне) на каждом континенте наблюдались огромные области с отрицательными аномалиями температуры. Однако, поскольку они рассчитаны относительно среднего за 1991-2020 гг. (самое теплое 30-летие в рядах), судить о степени их экстремальности лучше по значениям в вероятностной шкале F. По-видимому, в данном сезоне действительно холодными можно считать региональные температурные условия лишь в Австралии, в целом за сезон ($V = -1,09^\circ\text{C}$, $F = 0,24$) и в ноябре ($V = -2,01^\circ\text{C}$; $F = 0,04$), когда вероятность превышения существенно ниже 50%.

Локализация наиболее крупных аномалий, положительных и отрицательных, от месяца к месяцу менялась, в основном – на континентах (особенно заметно – в Евразии, в Северной Америке и Антарктиде, где их интенсивность и площадь охвата изменялись очень существенно). На акваториях океанов локализация аномалий менялась незначительно.

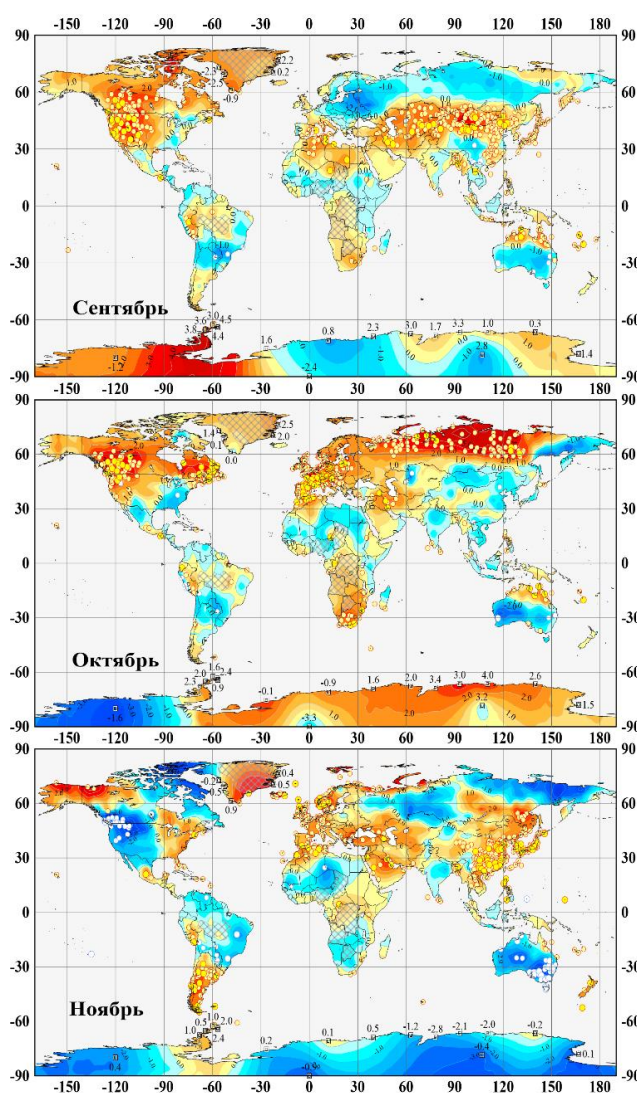
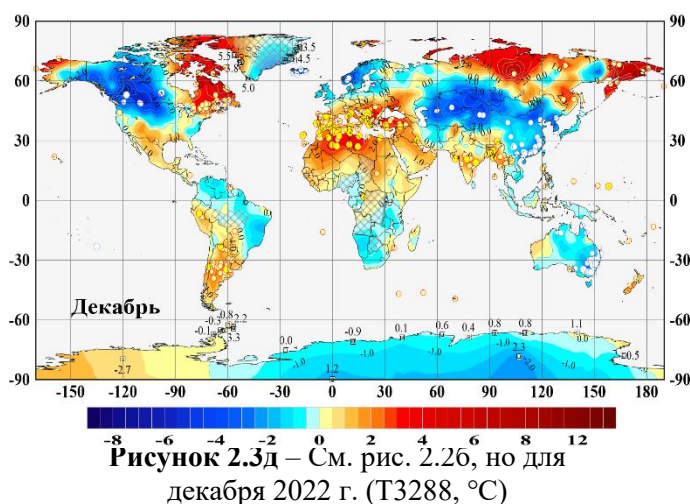


Рисунок 2.3г – Аномалии среднемесячной температуры приземного воздуха, осенний сезон 2020/21г. (T3288, °C).

Декабрь 2022 г. (рис. 2.3д). В упорядоченном по убыванию временном ряду декабрьских температур, осредненных в целом по Земному шару (данные HadCRUT5



(суша+море), декабрь 2022 г. занял 6-е место, аномалия $+0,253^{\circ}\text{C}$. Наиболее теплые условия сложились в океанах. Аномалия, в среднем по акваториям океанов (данные HadSST4), составила $+0,330^{\circ}\text{C}$ (ранг 2) за счет рекордно теплых условий в северных частях Тихого и Атлантического океанов и в Южном Умеренном широтном поясе (аномалии, соответственно: $+0,429$, $+0,683$, $+0,470^{\circ}\text{C}$; ранг 1).

Весьма заметные области 5%-х экстремумов обоих знаков сформировались и на континентах: Северная и Южная Америка, Евразия, Африка. В качестве областей положительных аномалий следует назвать три больших очага тепла, охватывающих северо-восточную территорию Северной Америки (включая Канадский архипелаг), Средиземноморье (включает южную территорию Европы, север Африки и Малой Азии) и территорию на северо-востоке Евразии (от Новой Земли до Охотского моря) плюс многочисленные локальные экстремумы на юге Южной Америки.

Области отрицательных аномалий (с 5%-ми экстремумами холода) сформировались на материковой части Северной Америки, в Скандинавии, в Центральной и Юго-восточной Азии, на востоке Южной Америки, на юге Африки, в Австралии, в Восточной Антарктиде.

3. КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗЕМНОГО ШАРА ЗА ПЕРИОД ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ, 1850-2022 гг.

Межгодовые и межмесячные изменения глобальной температуры. На рис. 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).

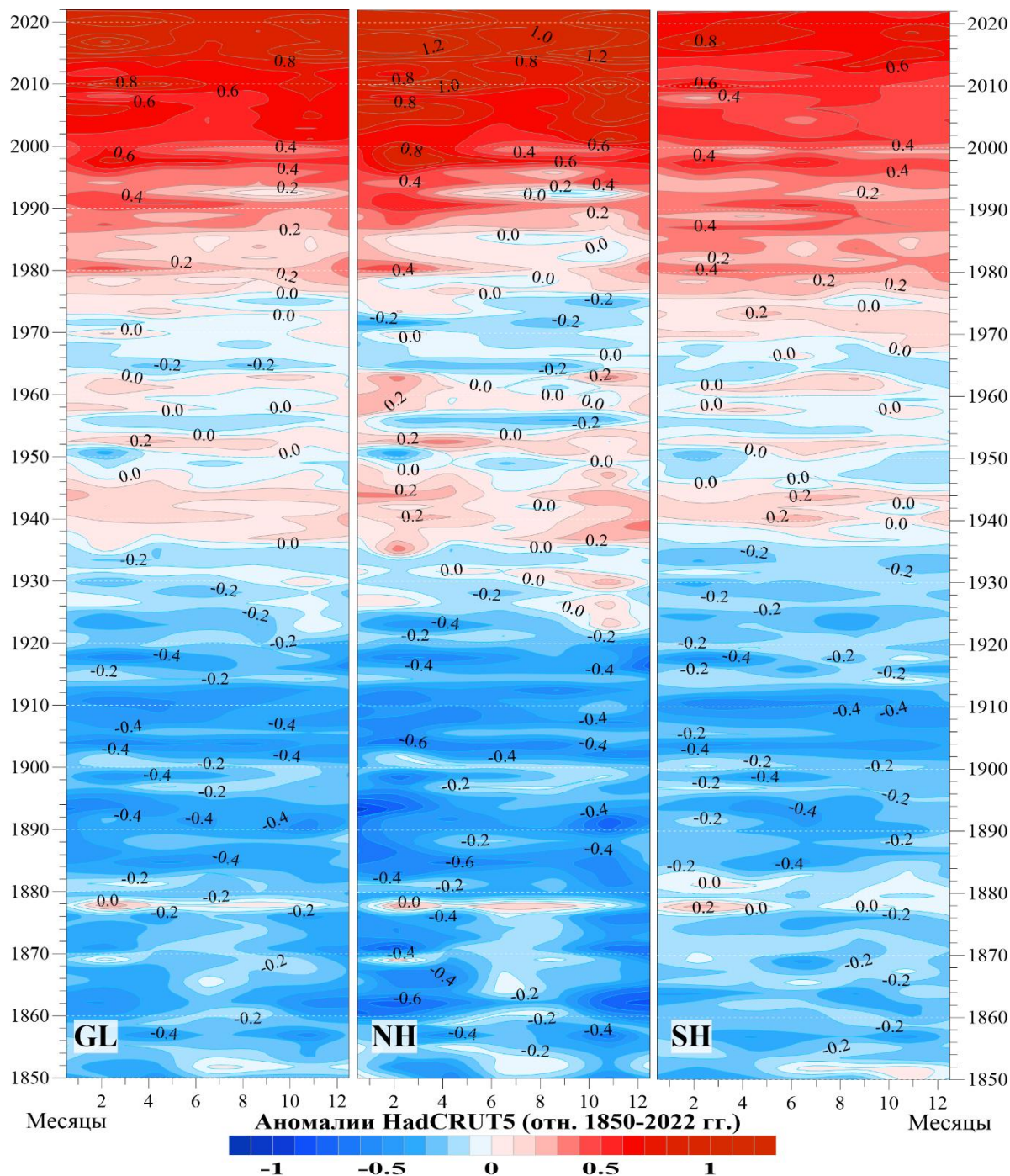


Рисунок 3.1 – Изменение аномалий среднемесячной приповерхностной температуры, осредненной по всей территории (суша+море) Земного шара (GL), Северного (NH) и Южного (SH) полушарий, с января 1850 г. по декабрь 2022 г. (по данным HadCRUT5, Hadley/CRU, UK). Аномалии выражены в отклонениях от средней за 1850-2022 гг.

Можно видеть, что современное глобальное потепление стало особенно активным с середины 1990-х и наиболее ярко проявляется в Северном полушарии, особенно после 2010 года. В 2015-2022 гг. аномалии колеблются в интервале 0,7-1,4°C в Северном полушарии и 0,6-0,9 °C в Южном (аномалии приведены относительно базового периода 1850-2022 гг.).

Широтно-долготные разрезы. На рисунке 3.2 можно проследить зональные и меридиональные особенности изменения температурного режима последних лет (2014-2022 гг.), от месяца к месяцу.

Меридиональный профиль (рис. 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.

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 2022 году, в умеренных широтах Северного полушария (рис. 3.2а), крупные положительные аномалии просматриваются в обоих океанических секторах: в Тихом океане в течение всего года, в Атлантике – с июня по сентябрь. В Северной Америке с января по май и в ноябре-декабре преобладали отрицательные аномалии, а с июля по октябрь – крупные положительные аномалии. В Евразии почти в каждом месяце наблюдались как крупные положительные, так и крупные отрицательные аномалии, менялась лишь их локализация.

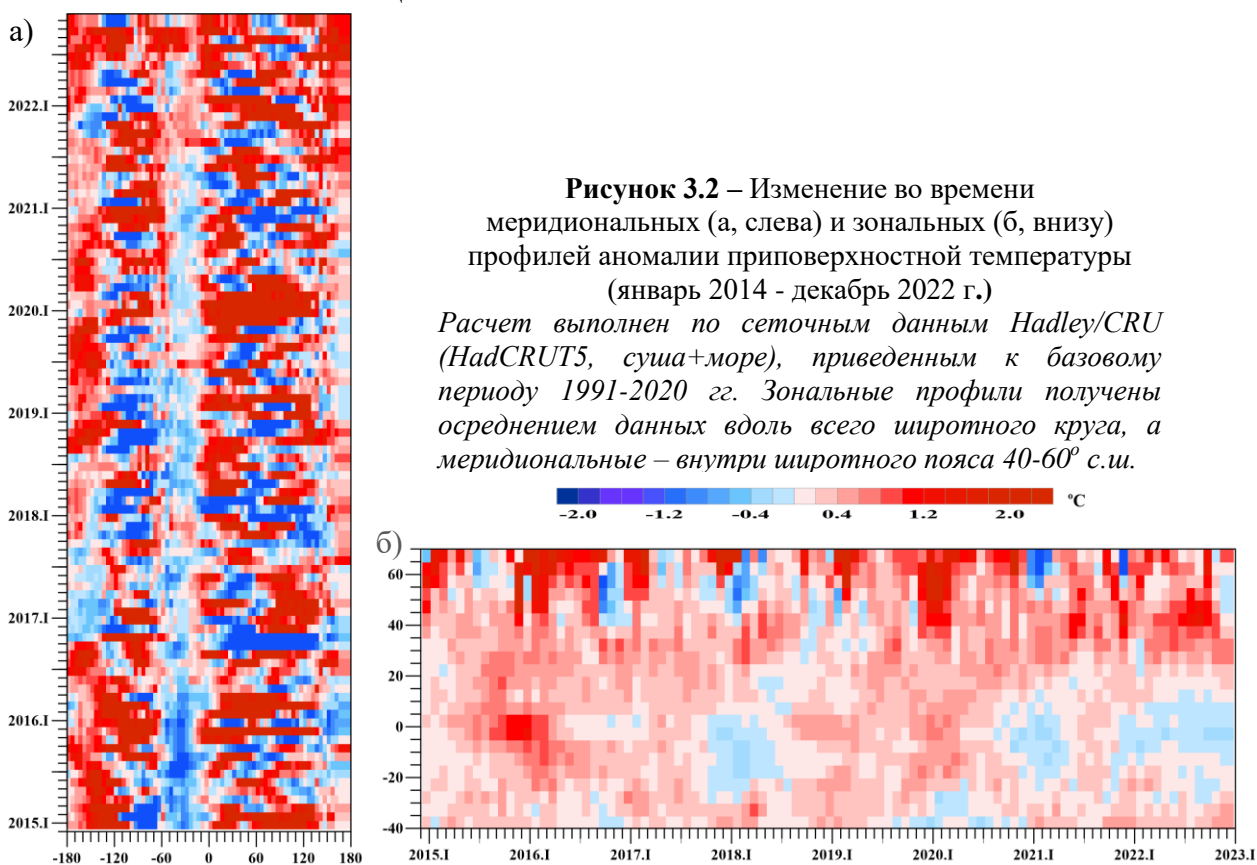


Рисунок 3.2 – Изменение во времени меридиональных (а, слева) и зональных (б, внизу) профилей аномалии приповерхностной температуры (январь 2014 - декабрь 2022 г.)

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 зимой 2015/16 гг. (в северных широтах и в тропиках – след мощного Эль-Ниньо); заметное понижение температуры в первой половине 2018 г. (не получивший развития Ла-Нинья);

потепление в умеренных широтах с середины 2019 г. по настоящее время (исключая все месяцы зимы 2020/21 и декабрь 2021) и некоторое понижение температуры в тропическом поясе, начиная с конца 2020 г. до настоящего времени (исключая лето 2021 г.). В конце 2022 года (ноябрь-декабрь) отмечается некоторое понижение температуры в широтном поясе 50-60N.

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 (°C/10 лет) за два периода, 1976-2022 и 1923-2022, 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 (°C/10 лет) глобальных временных рядов приземной температуры за 1976-2022 гг. и 1923-2022 гг., в среднем за год и по сезонам

Регион	1976-2022					1923-2022				
	Год	Зима	Весна	Лето	Осень	Год	Зима	Весна	Лето	Осень
HadCRUT5 (суша+море)										
Земной шар	0,193	0,183	0,197	0,186	0,208	0,103	0,106	0,111	0,098	0,097
Северное полушарие	0,276	0,267	0,284	0,263	0,293	0,115	0,122	0,129	0,107	0,103
Южное полушарие	0,109	0,098	0,109	0,109	0,122	0,091	0,091	0,093	0,089	0,092
T3288-ИГКЭ (суша)										
Земной шар	0,286	0,282	0,299	0,270	0,298	0,134	0,155	0,158	0,114	0,105
Северное полушарие	0,340	0,340	0,370	0,315	0,343	0,147	0,178	0,181	0,121	0,108
Южное полушарие	0,160	0,151	0,135	0,166	0,193	0,095	0,088	0,092	0,094	0,101
CRUTEM5 (суша)										
Земной шар	0,282	0,283	0,291	0,267	0,290	0,132	0,146	0,152	0,115	0,112
Северное полушарие	0,338	0,346	0,366	0,311	0,333	0,144	0,168	0,177	0,119	0,112
Южное полушарие	0,169	0,158	0,141	0,177	0,204	0,107	0,102	0,104	0,108	0,113
HadSST4 (море)										
Земной шар	0,139	0,124	0,138	0,154	0,144	0,086	0,082	0,086	0,090	0,086
Северное полушарие	0,192	0,165	0,167	0,222	0,217	0,087	0,075	0,081	0,100	0,091
Южное полушарие	0,092	0,090	0,112	0,090	0,078	0,088	0,09	0,093	0,084	0,085

Отметим дополнительно, что приведенные здесь оценки тренда за 1976-2022 гг., в сравнении с аналогичными оценками за 1976-2021 гг.⁶⁾, незначительно уменьшились: на 0,001-0,014°C/10 лет.

⁶⁾ Аналогичные оценки за 1976-2021 гг. доступны на сайте ИГКЭ в годовом обзоре «2021. Изменение климата Земного шара: год (январь-декабрь)»: <http://www.igce.ru/performance/publishing>

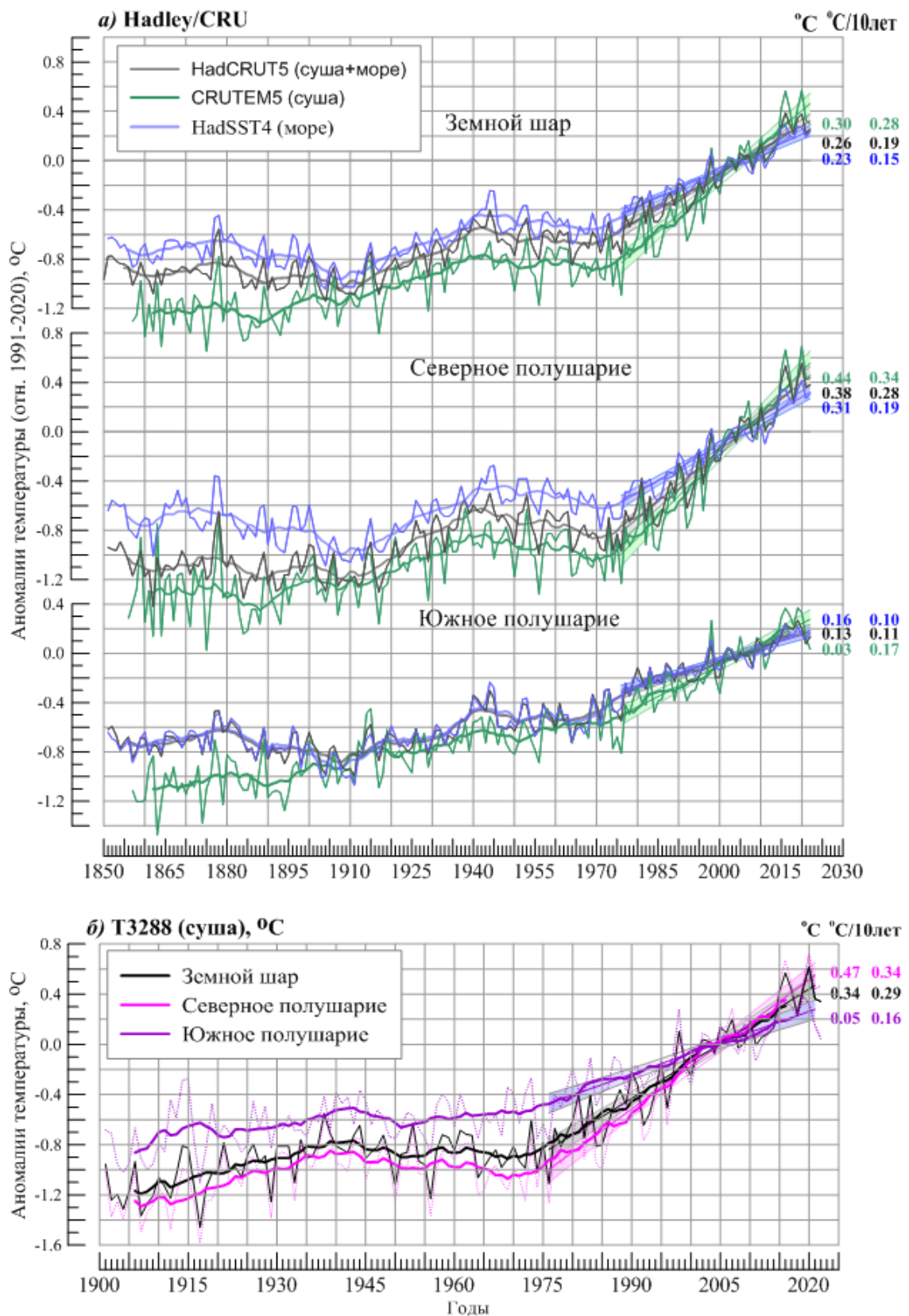


Рисунок 3.3 – Временные ряды среднегодовых аномалий приземной температуры, осредненных по территории Земного шара, Северного и Южного полушарий:
 а) по данным Hadley/CRU: HadCRUT5 (суша+море), CRUTEM5 (суша), HadSST4 (море)
 б) по данным ИГКЭ: T3288 (суша)

Для всех рядов показан ход 11-летних скользящих средних и линейный тренд за 1976-2022 гг. с 95% доверительным интервалом. Справа приведены числовые значения среднегодовых аномалий в 2022 г. и значения коэффициентов линейного тренда за 1976-2022 гг. (°C/10лет).

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).

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

	Показатель	1976-2022						1923-2022					
		ЗШ		СП		ЮП		ЗШ		СП		ЮП	
k_1	$b_{T3288}/b_{HadSST4}$	2,1	2,2	1,8	2,1	1,7	1,5	1,6	1,9	1,7	2,4	1,1	1,0
			2,1		2,2		1,1		1,8		2,2		1,0
			1,7		1,4		1,7		1,3		1,2		1,1
			2,0		1,6		2,2		1,2		1,2		1,2
	$b_{CRUTEM5}/b_{HadSST4}$	2,0	2,2	1,8	2,1	1,8	1,6	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		1,5		2,3		1,3		1,2		1,3
k_2	$b_{СП}/b_{ЮП}$	1976-2022						1923-2022					
		T3288		CRUTEM		HadSST		T3288		CRUTEM		HadSST	
		2,1	2,3	2,0	2,2	2,1	1,6	1,6	2,0	1,4	1,7	1,0	0,8
			2,7		2,5		1,4		2,0		1,7		0,9
			1,9		1,8		2,3		1,3		1,1		1,2
			1,8		1,7		2,4		1,1		1,0		1,1
k_3	$b_{1976-2022}/b_{1923-2022}$	СП						ЮП					
		T3288		CRUTEM		HadSST		T3288		CRUTEM		HadSST	
		2,3	1,9	2,4	2,1	2,2	2,2	1,7	1,6	1,6	1,4	1,1	1,1
			2,0		2,1		2,1		1,5		1,4		1,3
			2,6		2,6		2,3		1,8		1,7		1,2
			3,2		3,0		2,4		1,9		1,8		1,0

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, на континентах и океанах, более чем вдвое ускорилось в сравнении со 100-летним ($k_3=2,2-2,4$). В Южном полушарии на поверхности океанов ускорения практически не произошло ($k_3=1,1$), а над сушей оно значительно слабее ($k_3=1,6-1,7$).

- Детально проследить, как меняются введенные показатели от сезона к сезону, можно по таблице 3.2. Здесь отметим лишь одно важное 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, 1911-2022 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 1976-2022 гг., условно принятый за период современного глобального потепления. Числовые оценки трендов приведены в таблицах 4.1, 4.2.

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 Южной полярной области. В Антарктическом поясе (и в Антарктиде) оценки указывают на статистически значимое потепление только осенью, тогда как в остальные три сезона в Антарктиде они статистически не значимы даже на 10%-м уровне, а в Арктическом поясе тренды статистически не значимы на 10%-м уровне весной и летом. Зимой и весной в этих регионах оценки указывают еще и на тенденцию к похолоданию.

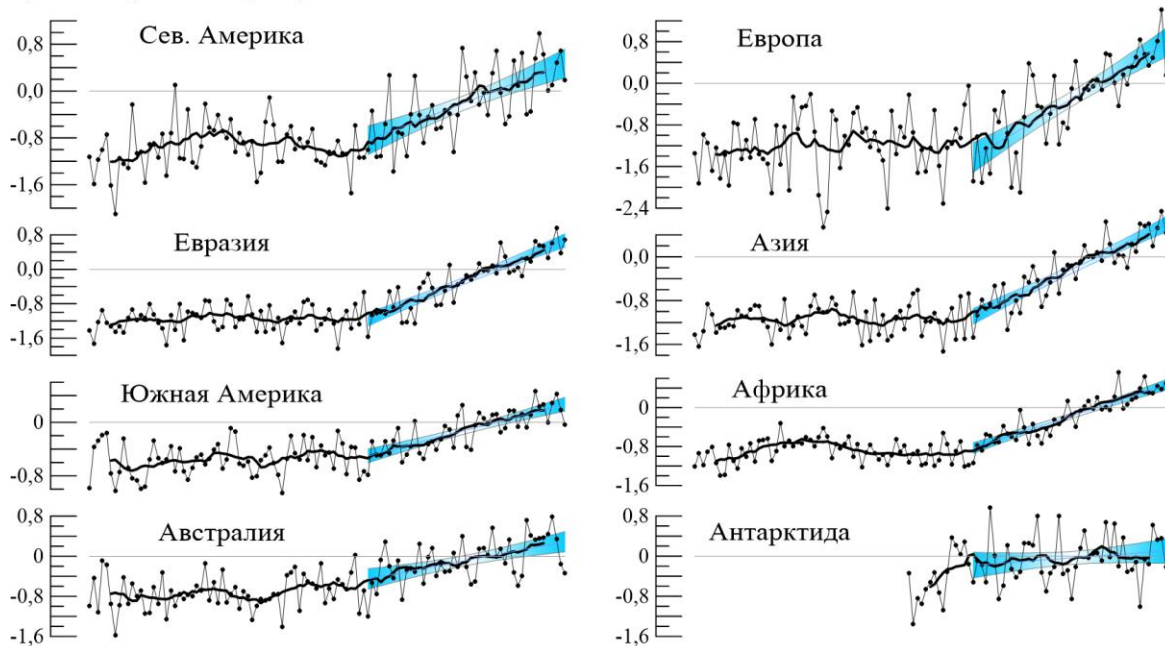
Таблица 4.1 – Коэффициенты линейного тренда (1976-2022 гг., °C/10 лет) регионально осредненных аномалий приземной температуры (в целом за год и по сезонам)

Регион	Год	Зима	Весна	Лето	Осень
<i>HadCRUT5 (суша+море)</i>					
Атлантика (15-70N)	0,200	0,202	0,177	0,205	0,229
Тихий океан (20-65N)	0,208	0,160	0,175	0,256	0,238
Арктический пояс (65-90N)	0,569	0,542	0,640	0,436	0,607
Умеренный пояс СП (25-65N)	0,300	0,272	0,301	0,325	0,309
Тропики (25S-25N)	0,146	0,145	0,149	0,149	0,143
Умеренный пояс ЮП (65-25S)	0,129	0,107	0,124	0,114	0,109
Антарктический пояс (90-65S)	*0,108	** -0,058	-0,002	0,177	0,295
<i>T3288 (суша)</i>					
Северная Америка	0,285	0,374	0,160	0,284	0,336
Евразия	0,399	0,350	0,512	0,375	0,369
Южная Америка	0,168	0,162	0,118	0,157	0,216
Африка	0,288	0,258	0,331	0,279	0,289
Австралия	0,162	0,142	0,133	0,150	0,228
Антарктида	0,062	-0,042	-0,017	0,089	0,212
Европа	0,490	0,555	0,417	0,537	0,449
Азия	0,373	0,293	0,537	0,328	0,345
Арктика (суша)	0,645	0,592	0,764	0,441	0,786

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

Регион наиболее интенсивного потепления – Арктический широтный пояс (суша+море), где оценки колеблются от $+0,436^{\circ}\text{C}/10$ лет (летом) до $+0,640^{\circ}\text{C}/10$ лет (весной). Из континентов выделяется Евразия – тренд в среднем за год $0,399^{\circ}\text{C}/10$ лет, весной $0,512^{\circ}\text{C}/10$ лет. В Европе наиболее интенсивно потепление зимних сезонов ($0,555^{\circ}\text{C}/10$ лет), в Азии – весенних ($0,537^{\circ}\text{C}/10$ лет). Наименее выражено потепление на континентах Южного полушария: в Антарктиде ($0,062^{\circ}\text{C}/10$ лет), Австралии ($0,162^{\circ}\text{C}/10$ лет) и Южной Америке ($0,168^{\circ}\text{C}/10$ лет).

а) T3288 (только суша)



б) HadCRUT5 (суша+море)

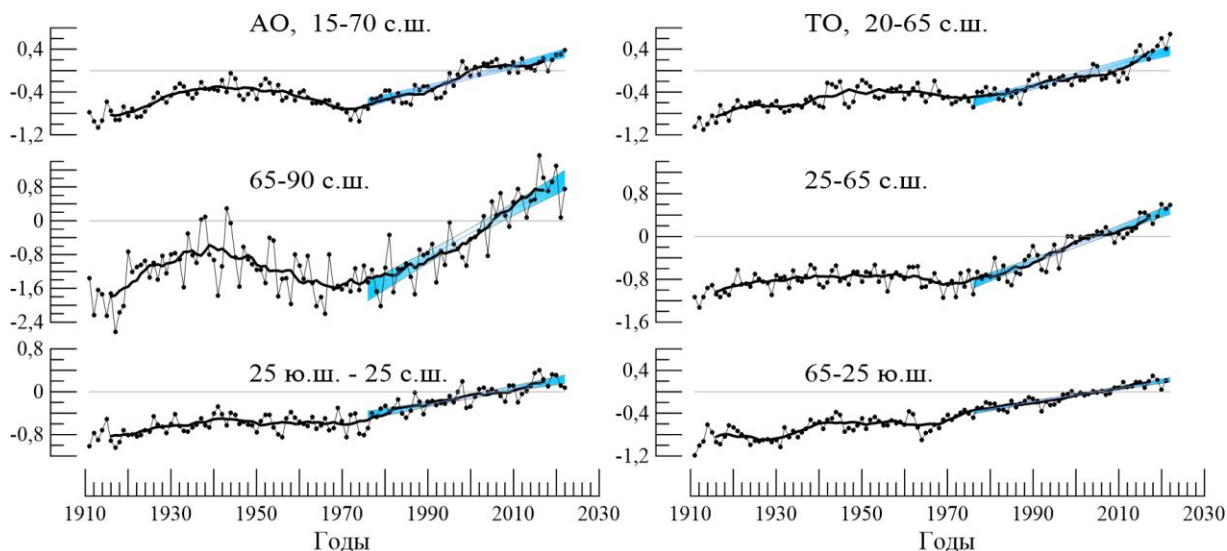


Рисунок 4.1 – Временные ряды пространственно-осредненных среднегодовых аномалий приземной температуры для континентов (а), северных частей Атлантического и Тихого океанов и основных широтных поясов земного шара (б).

Аномалии приведены в отклонениях от средних за 1991–2020 гг. Сглаженные кривые (жирная линия) получены 11-летним скользящим осреднением. Показан линейный тренд за 1976–2022 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).

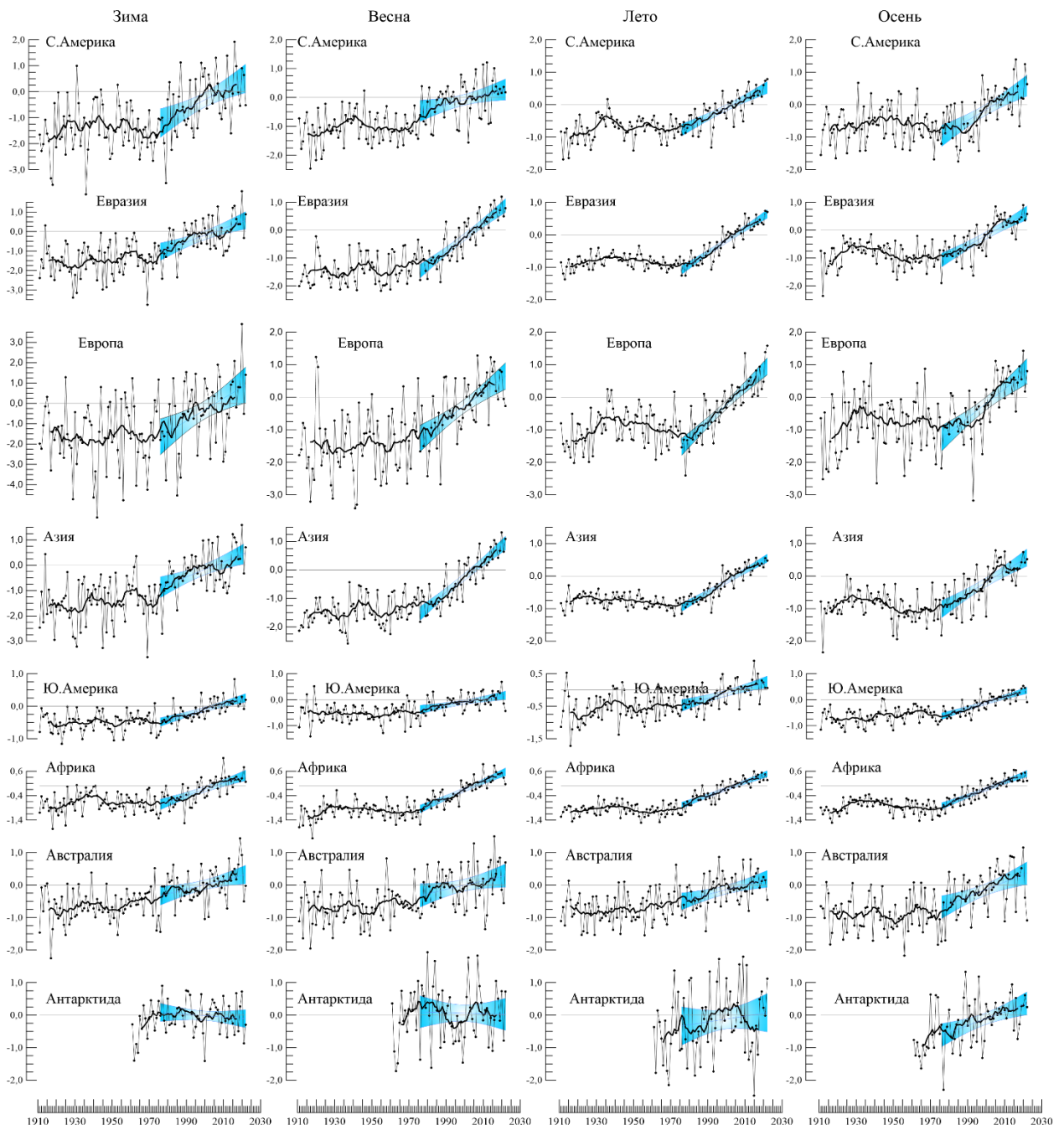


Рисунок 4.2 – См. рис. 4.1, но для сезонных аномалий и только для континентов (Т3288)

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: 0,175–0,256 в северных частях Тихого и Атлантического океанов и 0,160–0,512 в Евразии и Северной Америке, а от месяца к месяцу: 0,147–0,272 и 0,107–0,650, 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 лишь 8%. Аналогично, в среднем по территории Антарктиды осенний тренд статистически значим на 1%-м уровне, в октябре-ноябре – на 5%-м, а в сентябре – только на 16%-м.

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 ($^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$) регионально осредненных среднемесячных аномалий приземной температуры, 1976-2022

Регион	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<i>HadCRUT5 (суша+море)</i>												
АО, 15-70 N	0,203 ₀	0,194 ₀	0,165 ₀	0,185 ₀	0,179 ₀	0,181 ₀	0,191 ₀	0,242 ₀	0,234 ₀	0,244 ₀	0,207 ₀	0,209 ₀
ТО, 40-60 N	0,147 ₀	0,156 ₀	0,152 ₀	0,166 ₀	0,206 ₀	0,227 ₀	0,271 ₀	0,272 ₀	0,255 ₀	0,238 ₀	0,222 ₀	0,189 ₀
65-90 N	0,456 ₀	0,572 ₀	0,690 ₀	0,728 ₀	0,503 ₀	0,493 ₀	0,385 ₀	0,418 ₀	0,420 ₀	0,726 ₀	0,702 ₀	0,635 ₀
25-65 N	0,278 ₀	0,281 ₀	0,352 ₀	0,279 ₀	0,272 ₀	0,306 ₀	0,323 ₀	0,345 ₀	0,324 ₀	0,319 ₀	0,284 ₀	0,252 ₀
25 S-25 N	0,140 ₀	0,140 ₀	0,145 ₀	0,156 ₀	0,144 ₀	0,148 ₀	0,147 ₀	0,151 ₀	0,147 ₀	0,145 ₀	0,138 ₀	0,134 ₀
65-25 S	0,111 ₀	0,109 ₀	0,121 ₀	0,129 ₀	0,114 ₀	0,116 ₀	0,110 ₀	0,111 ₀	0,098 ₀	0,114 ₀	0,107 ₀	0,105 ₀
90-65 S	**0,069 ₈	-0,049 ₁₃	-0,033 ₄₅	-0,081 ₄₃	0,134 ₄₀	0,026 ₉₆	0,153 ₄₀	*0,354 ₄	**0,303 ₈	0,399 ₀	0,186 ₀	-0,061 ₁₄
<i>T3288 (суша)</i>												
С. Америка	0,530 ₀	0,107 ₆₀	0,232 ₅	0,072 ₄₄	*0,170 ₁	0,300 ₀	0,274 ₀	0,278 ₀	0,350 ₀	0,327 ₀	0,333 ₁	0,463 ₀
Евразия	0,317 ₁	0,489 ₀	0,650 ₀	0,502 ₀	0,382 ₀	0,392 ₀	0,351 ₀	0,381 ₀	0,333 ₀	0,416 ₀	0,358 ₀	*0,223 ₄
Ю. Америка	0,180 ₀	0,142 ₀	*0,123 ₁	0,165 ₀	0,064 ₁₉	0,170 ₀	*0,129 ₄	0,169 ₀	0,289 ₀	0,188 ₀	0,179 ₀	0,158 ₀
Африка	0,221 ₀	0,260 ₀	0,324 ₀	0,314 ₀	0,327 ₀	0,312 ₀	0,288 ₀	0,229 ₀	0,252 ₀	0,292 ₀	0,316 ₀	0,295 ₀
Австралия	0,237 ₀	0,047 ₅₂	0,145 ₁₀	0,210 ₂	0,037 ₈₀	0,105 ₂₃	0,232 ₀	0,105 ₁₈	0,280 ₀	0,290 ₀	0,123 ₂₃	0,103 ₂₁
Антарктида	-0,074 ₃₂	0,002 ₁₀₀	0,018 ₉₇	-0,117 ₄₁	0,070 ₇₈	-0,142 ₃₂	0,165 ₄₃	**0,261 ₈	0,219 ₁₆	0,258 ₀	*0,153 ₄	-0,074 ₃₇
Европа	*0,511 ₃	*0,664 ₂	*0,416 ₃	0,479 ₀	0,350 ₀	0,467 ₀	0,525 ₀	0,612 ₀	0,398 ₀	0,460 ₀	0,487 ₀	*0,517 ₁
Азия	*0,263 ₂	0,438 ₀	0,708 ₀	0,515 ₀	0,389 ₀	0,367 ₀	0,303 ₀	0,315 ₀	0,313 ₀	0,401 ₀	0,324 ₀	0,146 ₁₇
Арктика, суша	0,537 ₀	0,575 ₀	0,817 ₀	0,881 ₀	0,589 ₀	0,566 ₀	0,349 ₀	0,407 ₀	0,448 ₀	1,008 ₀	0,892 ₀	0,721 ₀

Примечание. Условные обозначения см. таблицу 4.1

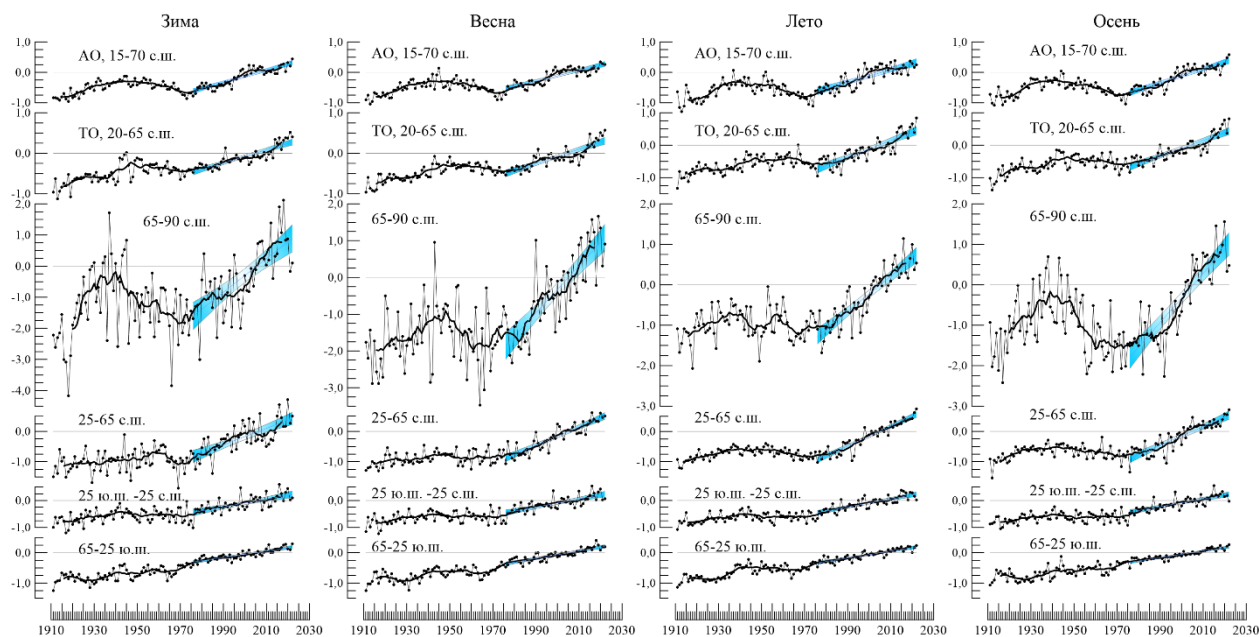


Рисунок 4.3 – См. Рис. 4.1., но для сезонных аномалий и только для океанов и широтных поясов земного шара (HadCRUT5)

5. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА, 1976-2022 гг.

Географическое распределение локальных коэффициентов тренда (рис. 5.1) получены по данным наблюдений за 1976-2022 гг. на 2426 станциях (массив Т3288) и в центрах 1430 боксов (массив HadCRUT5), для которых временные ряды охватывают не менее 35 лет наблюдений, включая последний.

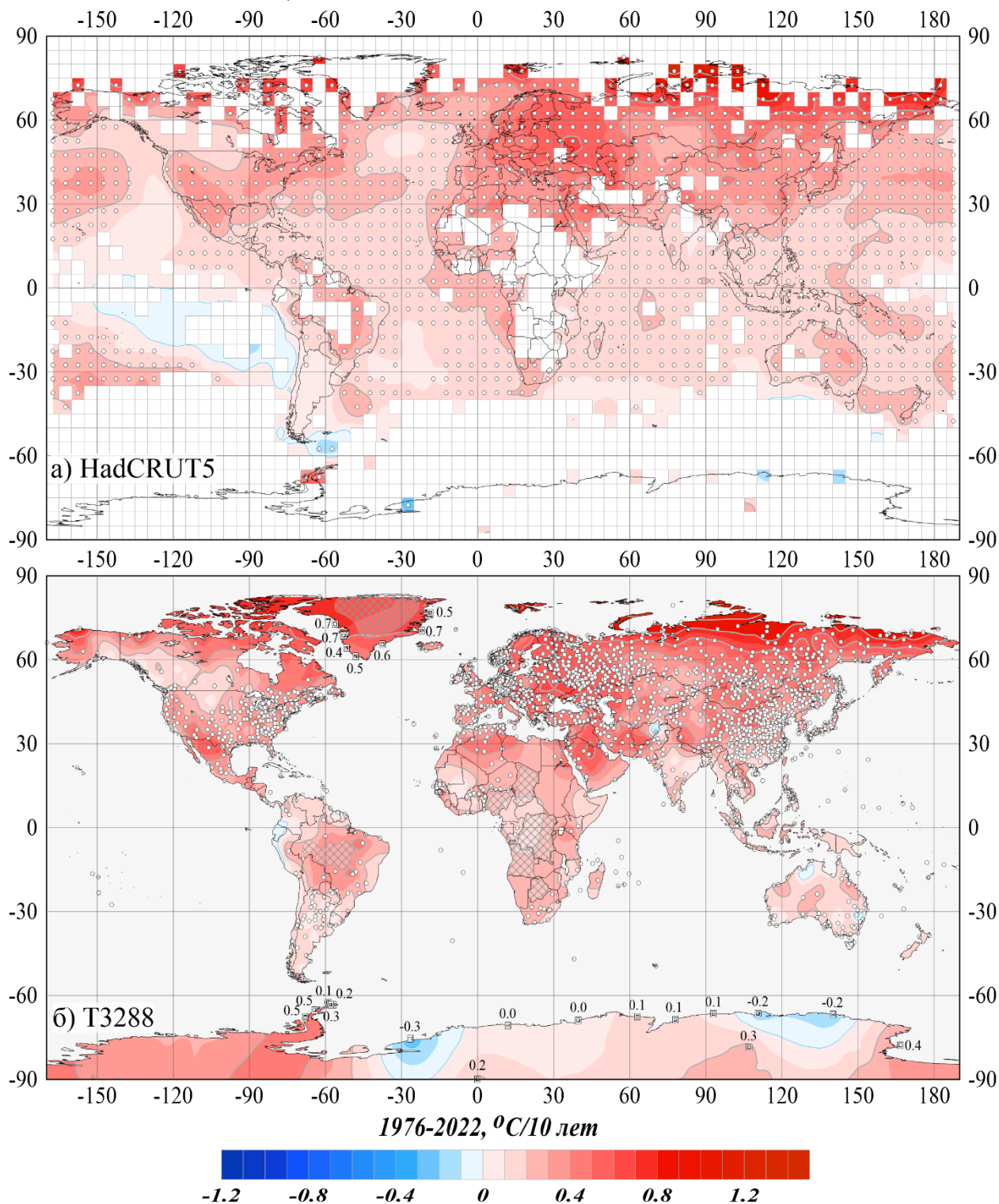


Рисунок 5.1 - Пространственное распределение локальных коэффициентов линейного тренда среднегодовой температуры у поверхности Земного шара, 1976-2022 гг. (°C/10 лет).

Использованы данные: а) HadCRUT5 – сеточные данные Hadley/CRU, UK (суша+море); б) Т3288 – 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). Белыми кружками выделены боксы/станции, в которых тренд статистически значим на 1%-м уровне.

В таблице 5.1 приведено частотное распределение годовых коэффициентов тренда по крупным регионам Земного шара в зависимости от направленности тренда и его статистической значимости, а в таблице 5.2 – для сезонов года. 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 (данные T3288) океанов.

Таблица 5.1 – Частотное распределение локальных оценок тренда по регионам в зависимости от знака коэффициента тренда b и уровня значимости α , 1976-2022 гг. (значения в ячейках таблицы представлены в процентах от NN)

Регион	NN	$b < 0$			$b = 0$	$b > 0$			
		всего	$\alpha \leq 0,05$	$\alpha > 0,1$		всего	$\alpha \leq 0,05$	$\alpha > 0,1$	
HadCRUT5 (суша+море)									
Земной шар	1430	3,1	0,4	2,4	0,5	96,4	86,2	8,1	
Северное полушарие	897	0,2	-	0,2	0,1	99,7	91,8	5,9	
Южное полушарие	533	7,9	1,1	6,0	1,1	91,0	76,7	11,8	
Атлантика, 15-70N	130	-	-	-	-	100,0	95,4	3,1	
Тихий океан, 20-65N	146	-	-	-	-	100,0	100,0	-	
Широтные пояса	65-90N	80	-	-	-	100,0	97,5	1,3	
	25-65N	520	-	-	-	100,0	93,7	4,6	
	25S-25N	578	4,5	0,3	4,0	0,3	95,2	84,9	8,5
	65-25S	240	6,3	0,8	4,6	1,7	92,1	71,3	16,3
	90-65S	12	25,0	16,7	-	8,3	66,7	41,7	25,0
T3288 (только суша)									
Земной шар	2426	2,9	0,7	2,1	0,3	96,7	86,8	7,4	
Северное полушарие	2070	1,3	0,3	1,0	0,2	98,6	90,5	5,7	
Южное полушарие	357	12,6	2,8	9,0	1,1	86,3	65,3	17,1	
С. Америка	418	2,2	0,5	1,7	0,5	97,4	72,2	17,9	
Евразия	1458	0,7	0,1	0,5	0,1	99,2	96,1	2,3	
Ю. Америка	126	15,1	3,2	11,9	0,8	84,1	64,3	15,9	
Африка	104	1,9	1,0	1,0	1,0	97,1	89,4	6,7	
Австралия	129	16,3	3,1	11,6	1,6	82,2	55,8	21,7	
Антарктида	17	17,6	11,8	-	-	82,4	47,1	23,5	
Европа	523	-	-	-	0,2	99,8	99,6	-	
Азия	944	1,1	0,2	0,8	0,1	98,8	94,2	3,5	
Арктика (суша)	147	-	-	-	-	100,0	98,6	0,7	

Примечание. NN – общее количество боксов/станций в регионе

Область наиболее интенсивного потепления – Арктика: все оценки тренда положительны (на суше и акватории океанов), 98,7% 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 оценок с $\alpha \leq 5\%$ боксов/станций в регионах для сезонов года.

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	1430	1,1	70,5	0,2	79,7	0,6	83,8	0,6	81,3	
Северное полушарие	897	0,1	71,1	-	83,5	-	92,4	-	88,9	
Южное полушарие	533	2,8	69,4	0,6	73,2	1,5	69,2	1,5	68,5	
Атлантика, 15-70N	130	-	91,5	-	78,5	-	90,8	-	101,5	
Тихий океан, 20-65N	146	-	93,2	-	102,7	-	102,1	-	101,4	
Широтные пояса	65-90N	80	-	81,3	-	97,5	-	117,5	-	112,5
	25-65N	520	-	63,7	-	82,3	-	91,9	-	86,9
	25S-25N	578	1,2	79,2	-	80,3	0,3	82,7	0,7	80,1
	65-25S	240	2,5	63,3	1,3	69,6	1,7	60,8	1,7	62,1
	90-65S	12	25,0	16,7	-	16,7	16,7	16,7	-	66,7
T3288 (только суша)										
Земной шар	2426	0,7	58,7	1,0	76,0	0,8	81,2	0,5	80,1	
Северное полушарие	2070	0,4	60,4	0,3	81,8	0,3	85,9	0,4	81,7	
Южное полушарие	357	2,5	49,0	5,3	42,0	3,6	54,1	1,1	70,9	
С. Америка	418	0,5	54,5	0,7	33,0	1,0	75,1	0,5	72,0	
Евразия	1458	0,3	58,5	0,1	95,3	0,1	88,0	0,3	82,3	
Ю. Америка	126	3,2	55,6	5,6	31,7	5,6	34,1	4,0	69,8	
Африка	104	-	91,3	1,0	101,0	1,0	108,7	1,0	110,6	
Австралия	129	2,3	30,2	7,8	33,3	3,1	52,7	-	65,9	
Антарктида	17	17,6	11,8	-	17,6	17,6	29,4	-	47,1	
Европа	523	-	80,7	-	97,5	-	98,9	-	98,9	
Азия	944	0,5	46,2	0,2	94,2	0,1	82,1	0,4	73,1	
Арктика (суша)	147	-	76,2	-	98,6	-	93,9	-	100,7	

Примечание. NN – общее количество боксов/станций в регионе

Из континентов (табл. 4.1, 4.2) выделяется Европа, где 99,8% данных указывают на потепление и практически все они статистически значимы хотя бы 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 0,49°C/10 лет. Близкая ситуация в Азии (0,37°C/10 лет) и, как результат, в Евразии в целом (0,40°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).

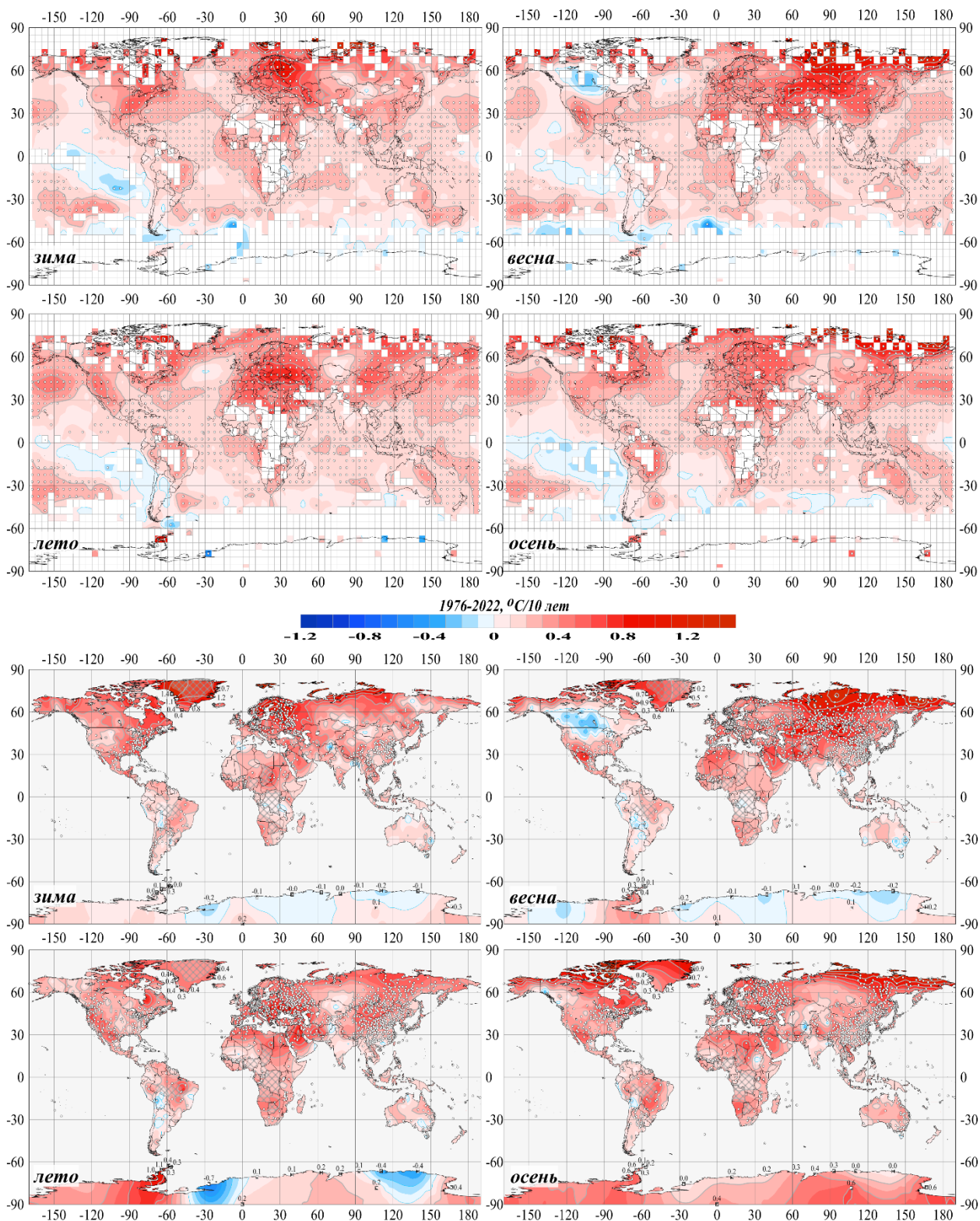


Рисунок 5.2 – См. рис. 5.1, но для коэффициентов тренда сезонных аномалий температуры

Тенденция к похолоданию на территории Земного шара отмечена на 3,1% боксов (2,9% станций), в том числе статистически значимых на 5%-м уровне всего 0,4% (0,7%). В

полярном и умеренном широтных поясах, не обнаружено ни одной станции с тенденцией к похолоданию. Согласно станционным данным (Т3288, только суша) на территории континентов таких станций 16 (табл. 5.1), из них шесть в Северном полушарии (станции горных районов Центральной Азии) и десять в Южном (станции востока Австралии, Антарктиды). Практически все остальные станционные оценки, указывающие на тенденцию к похолоданию, не достигают и $-0,1^{\circ}\text{C}/10$ лет и статистически не значимы.

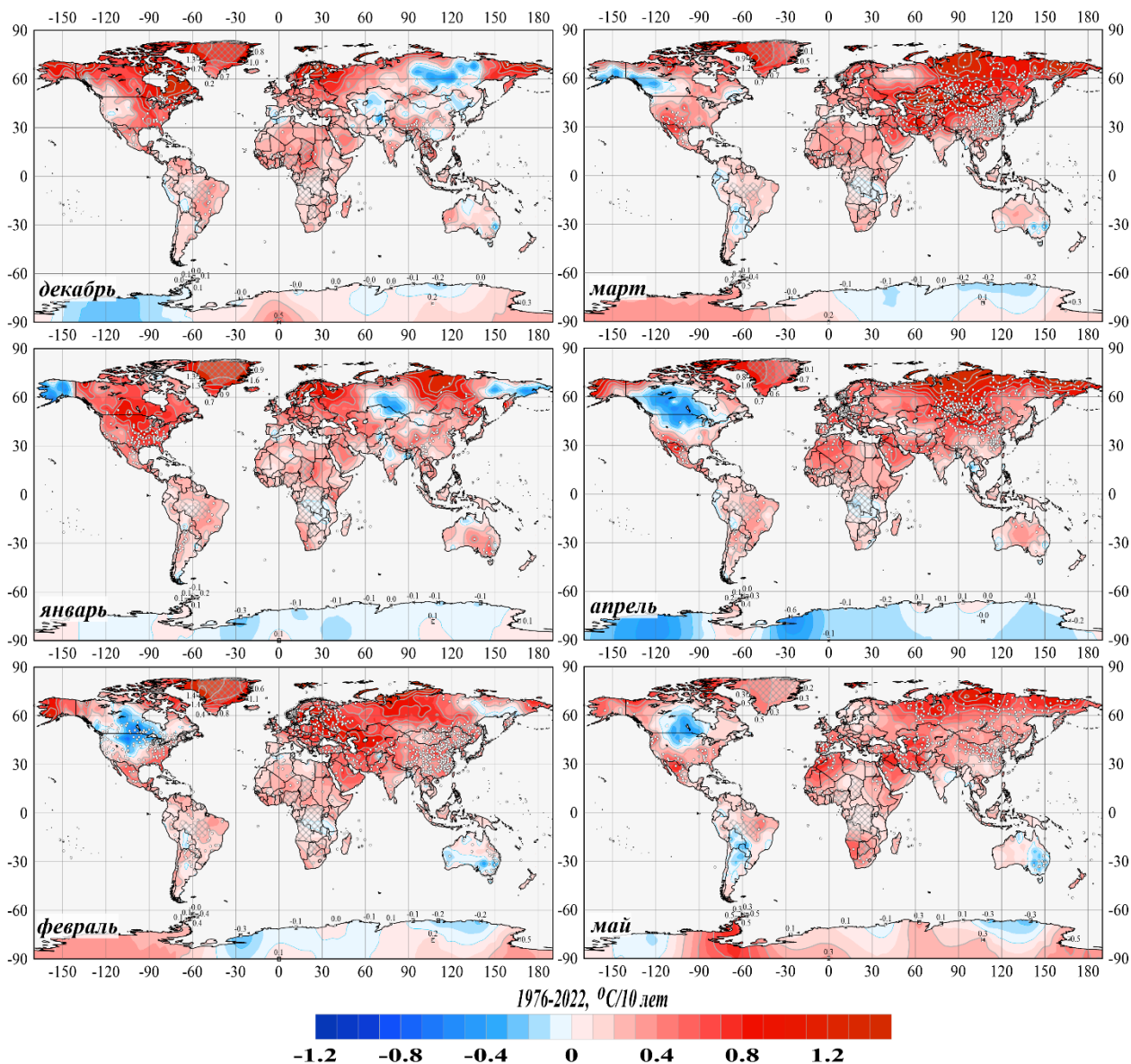


Рисунок 5.3а – См. рис. 5.2, но для трендов среднемесячной температуры зимнего (слева) и весеннего (справа) сезонов и только на континентах (Т3288, ИГКЭ)

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 $-0,3^{\circ}\text{C}/10$ лет у берегов Огненной Земли, среди них статистически значимых лишь пять боксов.

Зима (рис.5.2, 5.3а). В географическом распределении трендов, в среднем для зимнего сезона и для каждого зимнего месяца, преобладает тенденция к потеплению. Наиболее интенсивное потепление (более $1,0^{\circ}\text{C}/10$ лет, $\alpha = 1\%$) – в Гренландии, на западе США, в Скандинавии, в Восточной Европе, в Юго-Восточной Азии. 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.

Тренд к похолоданию просматривается на сезонной карте только в небольших областях Антарктиды, в центре Евразии и в восточной части Тихого океана (у побережья Южной Америки). В распределениях месячных оценок области отрицательного тренда выделяются 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). Положительные статистически значимые тренды отмечаются практически на всей территории Евразии за исключением севера Восточно-Европейской равнины и Индии (до $+1,6^{\circ}\text{C}/10$ лет на севере Красноярского края).

Обширные области статистически незначимого отрицательного тренда наблюдаются на протяжении сезона в Северной Америке, Боливии, Аргентине, Антарктиде, Австралии. Максимального охвата они достигают в апреле, в Северной Америке и Антарктиде, но статистически незначимы даже на 10%-м уровне значимости.

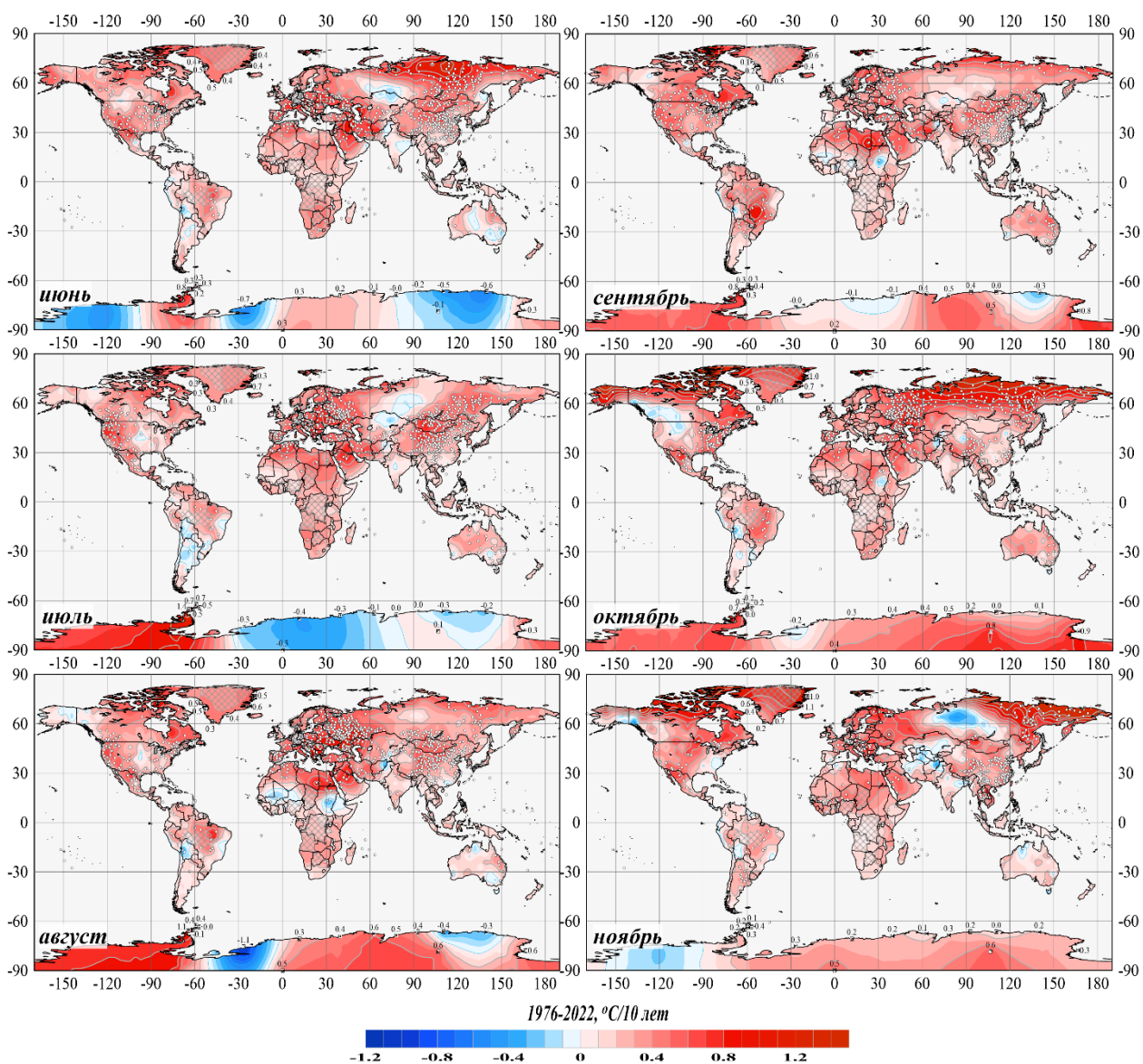


Рисунок 5.3б – См. рис. 5.2, но для трендов среднемесячной температуры летнего (слева) и осеннего (справа) сезонов и только на континентах (Т3288, ИГКЭ)

Лето (рис.5.2, 5.3б). Как и в другие сезоны, летом преобладает тенденция к потеплению. 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 Средне-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).

Осенью (рис.5.2, 5.3б), практически в каждом месяце, интенсивное статистически значимое потепление наблюдается в Арктике и на Дальнем Востоке (в октябре до $+1,9^{\circ}\text{C}/10$ лет на материковой части, до $+2,3^{\circ}\text{C}/10$ лет – на Северной Земле), на территории Европы (до $+0,8^{\circ}\text{C}/10$ лет) и в 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 (до $-0,5^{\circ}\text{C}/10$ лет), как правило, статистически незначимая, отмечена в Антарктиде (в сентябре на Земле Уилкса), 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, также незначимые, отмечены также в океанах Южного полушария.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ⁷⁾

1. В целом по Земному шару (с учетом континентов и океанов, массив HadCRUT5) 2022 год был шестым среди самых теплых лет, шестым/седьмым по данным «суша» (массивы T3288/CRUTEM5) и пятым по данным «море» (массив HadSST4). В Северном полушарии по всем наборам данных 2022 год был также шестым (исключение: данные «море» массива HadSST4 – ранг 5). В Южном полушарии на всей территории (суша+море, массив HadCRUT5) год был седьмым среди самых теплых лет, на «суше» 15-16-м, на «море» - четвертым.

2. Самыми теплыми годами были 2016, 2020 – в целом для Земного шара и Северного полушария, и 2016, 2019 - для Южного полушария.

3. В 2022 году на территории Земного шара, по-прежнему, доминируют положительные аномалии температуры (72%/74% всех наблюдений, с учетом и без учета океанов). Среди них 32%/28% оказались выше 95-го перцентиля (5%-е экстремумы тепла), в том числе 10%/8% стали для своих пунктов рекордными.

4. Наиболее крупные положительные аномалии сосредоточены на акваториях северных океанов: Тихого (59% значений выше 95-го перцентиля, из них 25% -- абсолютные максимумы) и Атлантического (соответственно, 47% и 15%). Тихий океан (20-65N) был экстремально теплым в течение всех сезонов и отдельных месяцев года, Атлантический – зимой и сенью. Из континентов выделяется Евразия (38% и 11%), особенно Европа (55% и 19%) и Антарктида (39% и 11%).

5. Отрицательные аномалии (около 20% всех наблюдений) также наблюдались и на суше, и на акваториях океанов. На суше - это центральные районы Северной Америки (на 29% станций), Юго-Восточная Азия (29% станций), Австралия, значительная часть Южной Америки (50% станций) и Африки (26% станций). В Австралии на 12% станций зафиксированы 5%-е экстремумы холода, в их числе 4% - абсолютные минимумы температуры. На акваториях океанов отрицательные аномалии наблюдались в тропических широтах Тихого и Индийского океанов.

6. Из сезонов выделяется рекордно теплое лето: в целом по Земному шару оно было третьим из самых теплых (+0,30°C), но на суше Северного полушария (по данным массива T3288) – рекордно теплым (+0,57°C), как и в среднем по территории Северной Америки (+0,78°C) и Евразии (+0,70°C).

7. 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 1976-2022 гг. составила, соответственно, 0,569°C/10 лет и 0,490°C/10 лет.

8. В целом по всей территории Земного шара и за год, безотносительно к сезонам, современное приповерхностное потепление 1976-2022 гг. на суше протекает вдвое активнее, чем на поверхности океанов, в Северном полушарии вдвое интенсивнее, чем в Южном.

9. Современное потепление (1976-2022) в Северном полушарии, над сушей и на поверхности океанов, в 2,2-2,4 раза ускорилось в сравнении со 100-летним (1923-2022). В

⁷⁾ Напомним, что для расчета аномалий в бюллетене использован базовый период 1991-2020 гг. (если не указано иное)

Южном полушарии на поверхности океанов ускорения потепления относительно последнего столетия практически не произошло, а над сушей оно значительно слабее (коэффициент ускорения k , соответственно $k = 1,1$ и $k = 1,6-1,7$).

9. В отличие от приповерхностного глобального потепления над сушей, на 100-летнем временном интервале (1923-2022 гг.) потепление зимних и весенних сезонов на поверхности океанов активнее протекало не в Северном полушарии, а в Южном ($k=0,8-0,9$)⁸.

10. Приведенные в бюллетене глобальные оценки приповерхностного температурного режима в 2022 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.

⁸ Напомним, что сезоны указаны по календарю Северного полушария.