

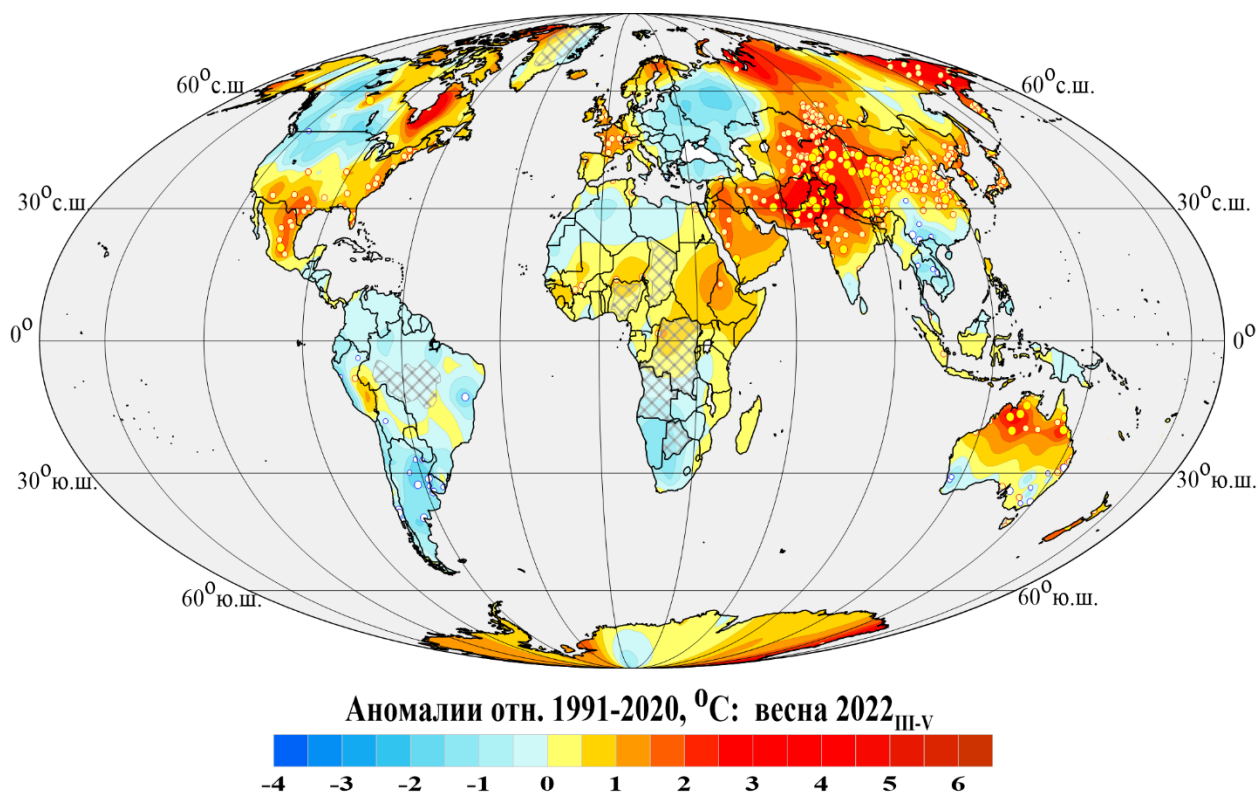
Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды

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

Бюллетень мониторинга изменений климата Земного шара

Приземная температура

Весна 2022



Москва 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ^{1,2}

1. ВВЕДЕНИЕ	3
2. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ШАРА ВЕСНОЙ 2022 года. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ АНОМАЛИИ	6
3. КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗЕМНОГО ШАРА ЗА ПЕРИОД ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ 1850-2022 гг. (весенний сезон)	12
4. ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ РЕГИОНАЛЬНО ОСРЕДНЕННЫХ АНОМАЛИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ, 1911-2022 гг. (весенний сезон)	16
5. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА, 1976-2022 гг. (весенний сезон)	19
6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	24

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://climatechange.igce.ru/>

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

² На обложке приведено поле сезонных аномалий температуры приземного воздуха над сушей Земного шара: весна 2022 года. Использованы станционные данные ИГКЭ: Т3288.

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящем бюллетене представлены данные о климатических аномалиях температурного режима весеннего сезона 2022 г. у поверхности Земного шара и обновленные (с учетом этих данных) оценки тенденций в его изменении в течение 1976–2022 гг. Оценки приведены для весеннего сезона в целом и каждого из месяцев (март, апрель, май).

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 в процессе оперативного мониторинга на основе сводок КЛИМАТ, СИНОП).

Параллельно в бюллетене приводятся оценки по данным о приповерхностной температуре (температура приземного воздуха над сушей и поверхностного слоя воды на акваториях океанов) на глобальной сети 5-градусных боксов, охватывающей всю территорию земного шара, включая континенты и океаны (массив HadCRUT5, объединяющий данные массивов CRUTEM5 и HadSST4 – данные Великобритании)⁴.

Из данных Великобритании, кроме сеточных данных, в бюллетене используются глобальные временные ряды HadCRUT5, CRUTEM5, HadSST4, которые, как и сеточные данные, ежемесячно скачиваются с сайта производителя и анализируются как дополнительная информация из альтернативного источника. Все данные Великобритании используются без какой-либо корректировки; в бюллетене упоминаются как «данные Hadley/CRU».

Таким образом, базовым массивом для оценки температурных условий на суше Земного шара служит массив T3288, а массив HadCRUT5 используется для создания полной картины над сушей и океанами. В соответствии с рекомендацией WMO-No.1203 и Распоряжением Росгидромета № 197-р от 29.06.2022 «О переходе на климатические нормы периода 1991-2020 гг.», все основные оценки приводятся в аномалиях относительно базового периода 1991-2020 гг. Термины «приземная температура» и «приповерхностная температура» используются в бюллетене как синонимы.

Развернутый комментарий к материалам бюллетеня с описанием используемых источников, сети станций и элементов методики мониторинга размещен на сайте ИГКЭ (см. файл «О бюллетене GCCM (read me)»).

Сравнение глобальных временных рядов сезонных (весна) аномалий температуры приземного воздуха T3288 (ИГКЭ) и CRUTEM5 (Hadley/CRU). Цель предлагаемого сравнения - с одной стороны, убедиться в репрезентативности массива

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

⁴ Массивы CRUTEM5 (температура воздуха над сушей), HadSST4 (температура воды на поверхности океанов и морей) и HadCRUT5 (объединенные данные над континентами и океанами) 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 11.07.2022.

T3288, а с другой – оценить меру неопределенности оценок, полученных с использованием единой системы наблюдений, но разных методов и технологий сбора данных, их обработки и анализа.

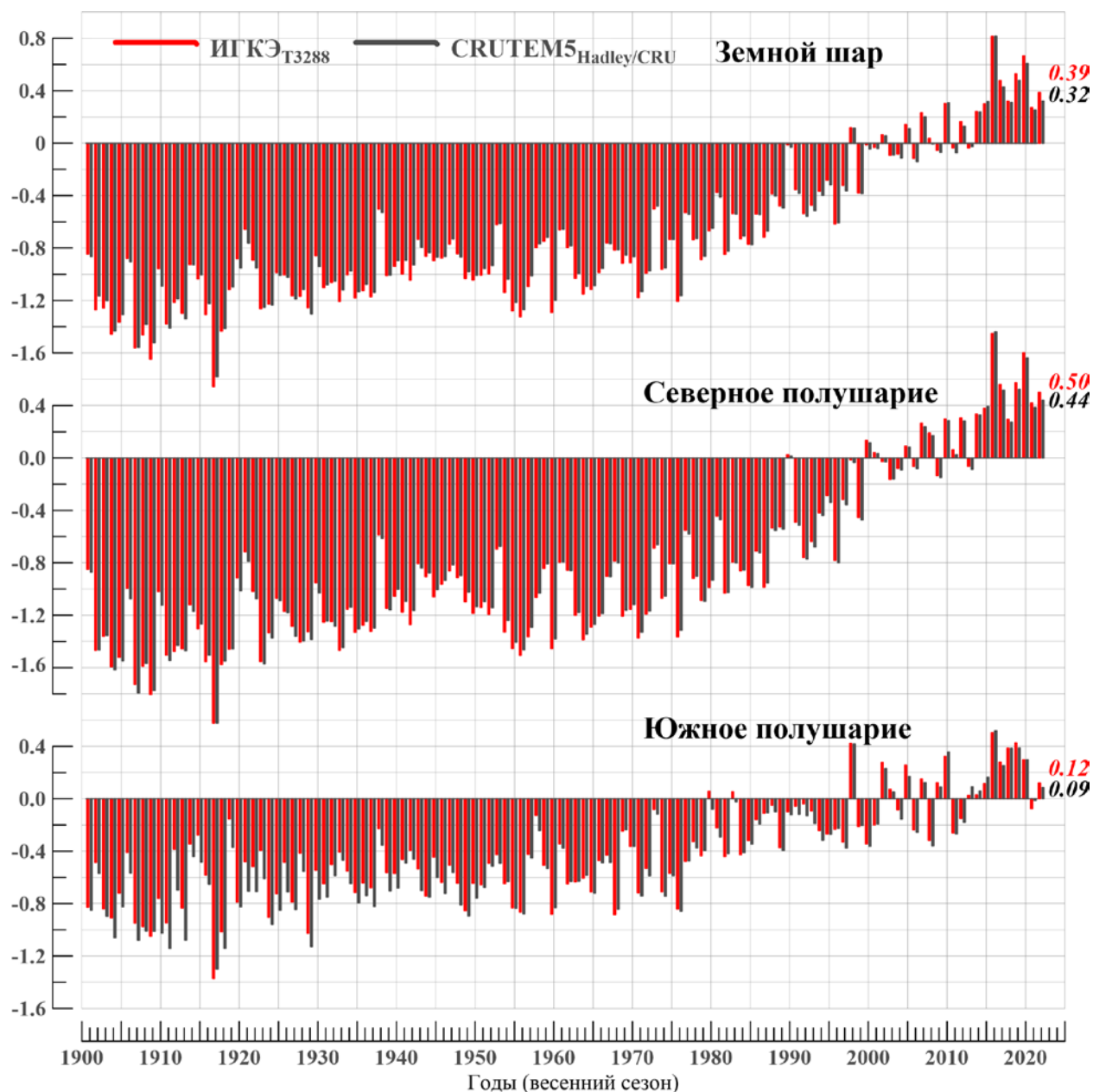


Рисунок 1.1 – Временные ряды пространственно осредненных сезонных аномалий температуры приземного воздуха над сушей Земного шара, Северного и Южного полушарий (1901-2022 гг., весна, °C).

Использованы временные ряды, рассчитанные по данным массива T3288 (ИГКЭ) и глобальные временные ряды CRUTEM5 (Hadley/CRU), приведенные к базовому периоду 1991-2020 гг.

Количественные результаты сравнения этих рядов (статистические характеристики попарных разностей) приведены в таблице 1.1 за период современного глобального потепления для двух версий данных Hadley/CRU: CRUTEM5 (действующая версия) и CRUTEM4 (предыдущая версия, поддержка которой прекратилась в декабре 2021 г.). Для удобства сравнения оценки приведены за единый период – 1976-2021 гг.

Можно видеть, что оценки близости рядов ИГКЭ и Hadley/CRU на интервале 1976-2021 гг. в обеих версиях данных (CRUTEM5 и CRUTEM4) очень близки: они незначительно ухудшились для суши Южного полушария, но улучшились для суши Северного полушария

и Земного шара. В целом, оценки указывают на достаточно тесное соответствие данных T3288 и CRUTEM: среднее различие на уровне 0.01-0.02°C, среднее абсолютное различие 0.02-0.04 °C, максимальное различие – до 0.06-0.07 °C в Северном полушарии и до 0.12-0.14 °C в Южном), а оценки трендов совпадают до 0.01°C/10лет.

Отметим дополнительно, что наборы данных T3288 и CRUTEM5 также примерно одинаково воспроизводят наблюдаемые в последние годы резкие колебания глобальной температуры – в таблице 1.2 они приведены для весеннего сезона, начиная с экстремальной весны 2016 г. (знаки всех межгодовых разностей, характеризующие направленность изменений от года к году, для обоих наборов данных одинаковы).

В заключение напомним, что приведенные оценки по существу характеризуют степень неопределенности доступных данных о глобальной приземной температуре и, следовательно, точность базирующихся на них результирующих оценок и выводов.

Таблица 1.1 – Оценки близости/различия глобальных временных рядов T3288 (ИГКЭ) и CRUTEM5, CRUTEM4 (Hadley/CRU), в среднем за весенний сезон 1976-2021 гг. и по территории суши Земного шара (ЗШ), Северного (СП) и Южного (ЮП) полушарий

Оценка	(T3288, CRUTEM5)			(T3288, CRUTEM4)		
	ЗШ	СП	ЮП	ЗШ	СП	ЮП
Корреляция рядов	0.999	0.999	0.989	0.999	0.999	0.992
Среднее различие, °C	0.012	0.013	0.022	0.012	0.013	0.019
СКО (сигма) различий, °C	0.024	0.022	0.042	0.024	0.023	0.037
Среднее абсолютное различие, °C	0.022	0.022	0.037	0.022	0.021	0.034
Макс. абсолютное различие, °C	0.055	0.056	0.136	0.068	0.070	0.118
Разность коэфф. тренда, °C/10лет	0.008	0.007	-0.011	0.012	0.009	-0.003
СКО T3288, °C	0.444	0.547	0.283	0.444	0.547	0.283
СКО CRUTEM, °C	0.432	0.538	0.284	0.427	0.536	0.277

Таблица 1.2 – Межгодовые изменения глобальной приземной температуры весеннего сезона от момента абсолютного максимума в 2016 г.

Межгодовые разности	Данные T3288, °C (ИГКЭ)			Данные CRUTEM5, °C (Hadley/CRU)		
	ЗШ	СП	ЮП	ЗШ	СП	ЮП
2016	0.815	0.950	0.505	0.816	0.964	0.519
2017-2016	-0.338	-0.390	-0.225	-0.386	-0.446	-0.265
2018-2017	-0.156	-0.266	0.106	-0.119	-0.245	0.131
2019-2018	0.209	0.280	0.041	0.168	0.251	0.003
2020-2019	0.134	0.228	-0.128	0.130	0.239	-0.089
2021-2020	-0.392	-0.383	-0.374	-0.356	-0.378	-0.311
2022-2021	0.116	0.083	0.195	0.069	0.056	0.097
2022-2016	-0.427	-0.448	-0.385	-0.494	-0.523	-0.434
2022	0.388	0.502	0.120	0.322	0.441	0.085

2. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ШАРА ВЕСНОЙ 2022 ГОДА. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ АНОМАЛИИ

В среднем по территории Земного шара и Северного полушария, по данным HadCRUT5 (суша+море) и T3288/CRUTEM5 (только суша), весенняя аномалия 2022 г. оказалась на пятом месте среди самых теплых весенних сезонов (табл. 2.1). По тем же данным в Южном полушарии эта весна была прохладней (соответствующие ранги – 9 и 12/14). По данным HadSST (только море) весна 2022 г. заняла седьмую строку в списке наиболее теплых весенних сезонов на акваториях Северного полушария и шестую – на акваториях Южного полушария и Мирового океана в целом.

Таблица 2.1 – Самые теплые весенние сезоны по данным разных источников для Земного шара, Северного и Южного полушарий за весь период наблюдений: средняя за сезон аномалия температуры VT и год наблюдения

Ранг	Земной шар		Северное полушарие		Южное полушарие	
	VT, °C	Год (весна)	VT, °C	Год (весна)	VT, °C	Год (весна)
HadCRUT5 (Hadley/CRU, суша+море)						
1	0.474	2016	0.650	2016	0.305	2020
2	0.465	2020	0.626	2020	0.302	2019
3	0.374	2019	0.447	2019	0.299	2016
4	0.340	2017	0.419	2017	0.262	2017
5	0.251	2022	0.378	2022	0.223	2018
					0.123 (9)	2022
T3288 (ИГКЭ, суша)						
1	0.815	2016	0.950	2016	0.505	2016
2	0.664	2020	0.802	2020	0.427	2019
3	0.530	2019	0.574	2019	0.423	1998
4	0.477	2017	0.560	2017	0.386	2018
5	0.388	2022	0.502	2022	0.324	2010
					0.120 (12)	2022
CRUTEM5 (Hadley/CRU, суша)						
1	0.816	2016	0.964	2016	0.519	2016
2	0.609	2020	0.763	2020	0.418	1998
3	0.479	2019	0.524	2019	0.388	2019
4	0.430	2017	0.518	2017	0.385	2018
5	0.322	2022	0.441	2022	0.356	2010
					0.085 (14)	2022
HadSST4 (Hadley/CRU, море)						
1	0.319	2020	0.414	2020	0.297	2016
2	0.318	2016	0.343	2016	0.258	2019
3	0.248	2019	0.259	2017	0.235	2020
4	0.243	2017	0.246	2015	0.230	2017
5	0.194	2015	0.244	2021	0.201	1998
	0.193 (6)	2022	0.236 (7)	2022	0.154 (6)	2022

Примечание: Значения сезонной аномалии 2022 г., не попавшее в число первых пяти экстремумов, приведены в шестой строке соответствующего варианта данных.

Пространственно-осредненные аномалии в крупных регионах мира (табл. 2.2)

Основная особенность сезона, как и в 2021 г., – наличие значительных региональных отрицательных аномалий (масштаба континентов!), наряду с положительными. Абсолютные максимумы регионально осредненных аномалий (вероятность непревышения

F=100%) отмечены этой весной в северной части Тихого океана (март, апрель, сезон в целом до +0.57°C) и Атлантики (май, +0.42°C), в Азии (апрель, +1.38°C) и северном Умеренном поясе (май, +0.55°C). Средняя по региону температура ниже климатической нормы наблюдалась в течение всего месяца в Европе (до -0.50°C в мае, F=57%) и Южной Америке (до -0.74°C в мае, F=20%). Оценки для всех регионов см. в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Пространственно-осредненные значения аномалии приземной температуры (vT , °C) и их вероятности неперевышения (F, %) в регионах Земного шара (в среднем за весенний сезон 2022 г. и в каждом из месяцев)

Регион		Весна		Март		Апрель		Май	
		vT	F%	vT	F%	vT	F%	vT	F%
HadCRUT5 (суша+море)									
Земной шар		0.25	96.4	0.30	96.4	0.20	94.6	0.25	96.4
Северное полушарие		0.38	96.4	0.48	96.4	0.31	93.7	0.35	96.4
Южное полушарие		0.12	92.8	0.12	92.8	0.09	93.7нет	0.16	91.9
Атлантика (15-70N)		0.26	99.1	0.19	98.2	0.18	95.5	0.42	100
Тихий океан (20-65N)		0.57	100	0.54	100	0.53	100	0.66	99.1
Широтные пояса	90-65N	0.91	91.8	1.42	95.5	0.39	82.7	0.92	97.3
	65-25N	0.50	98.2	0.44	94.5	0.51	98.2	0.55	100
	25S-25N	0.07	91.8	0.14	92.7	0.09	92.7	-0.01	87.3
	25-65S	0.20	98.2	0.22	96.4	0.23	98.2	0.20	96.4
	65-90S	0.61	82.1	0.75	96.5	-0.28	41.8	1.28	79.2
IGCE-T3288 (суша)									
Земной шар		0.39	96.4	0.50	96.4	0.39	97.3	0.26	91.9
Северное полушарие		0.50	96.4	0.65	95.5	0.48	95.5	0.36	94.6
Южное полушарие		0.12	90.1	0.15	91	0.17	90.1	0.03	83.8
Северная Америка		0.20	83.6	0.58	85.5	-0.51	54.5	0.45	92.7
Евразия		0.78	96.4	0.80	92.7	1.09	99.1	0.45	93.6
Европа		-0.28	74.5	-0.28	71.8	-0.05	73.6	-0.50	57.3
Азия		1.09	99.1	1.14	92.7	1.38	100	0.76	98.2
Южная Америка		-0.43	40.9	-0.49	40	-0.08	70	-0.74	20
Африка		0.07	87.3	-0.21	79.1	0.16	90.9	0.26	92.7
Австралия		0.70	90.9	0.96	95.5	0.84	94.5	0.22	77.3
Антарктида		0.73	83.1	0.85	85.7	0.01	50.6	1.32	79.2
CRUTEM5 (суша)									
Земной шар		0.32	96.4	0.39	95.5	0.33	95.5	0.25	91.9
Северное полушарие		0.44	96.4	0.53	94.6	0.43	95.5	0.36	95.5
Южное полушарие		0.09	88.3	0.10	91.9	0.14	91	0.02	86.5
HadSST4 (только море)									
Земной шар		0.19	95.5	0.20	96.4	0.18	95.5	0.20	95.5
Северное полушарие		0.24	94.6	0.22	97.3	0.21	94.6	0.27	96.4
Южное полушарие		0.15	95.5	0.17	95.5	0.15	94.6	0.13	94.6

Условные обозначения.

1. vT , °C – наблюдаемая аномалия в 2022 году (весна, 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 неперевышения)
3. Красным шрифтом выделены абсолютные максимумы (наибольшие из всех значений ряда за 1911-2022 гг.), синим - отрицательные аномалии.

Географическое распределение локальных аномалий (рис. 2.1, 2.2, табл. 2.3, 2.4)

Как уже отмечалось выше, особенностью минувшей весны, как и предыдущей, было осуществление крупных (по охвату территории и интенсивности) аномалий обоих знаков (рис. 2.1). Данные таблицы 2.3 уточняют этот вывод количественно.

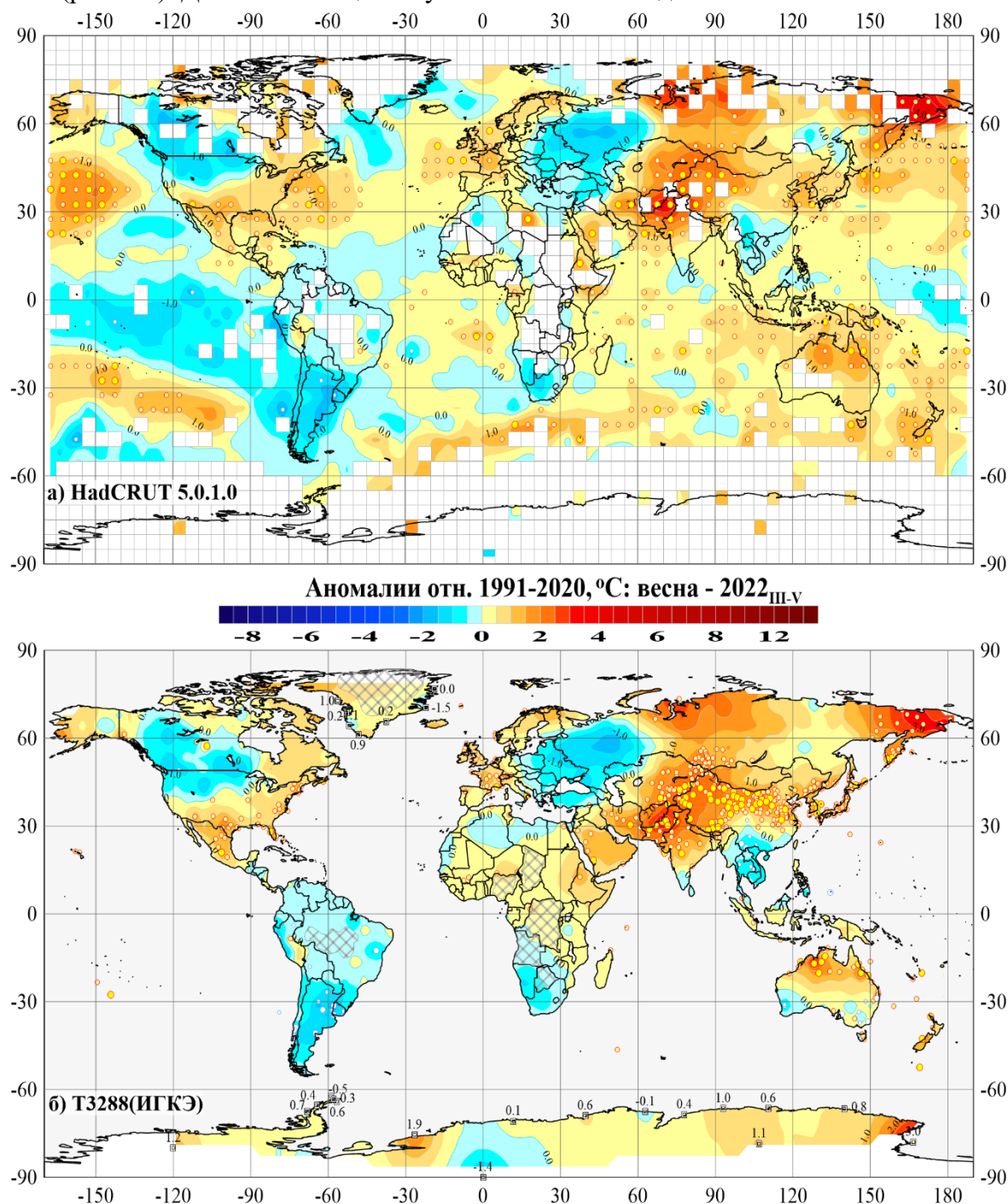


Рисунок 2.1 – Пространственное распределение сезонных аномалий приземной температуры на территории Земного шара весной 2022 г.: а) по сеточным данным Hadley/CRU: HadCRUT5 (суша+море), б) по станционным данным ИГКЭ: Т3288 (только суша).

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. Знаками меньшего размера указано положение 5%-х экстремумов того же знака. Числовые значения аномалий на территории Антарктиды и Гренландии показаны непосредственно в точках расположения станций. Пустыми боксами (а) и штриховкой (б) показаны области отсутствия наблюдений.

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

Таблица 2.3 – Частотное распределение локальных сезонных аномалий в крупных регионах Земного шара весной 2022 г, в зависимости от знака аномалий и их интенсивности

Регион		NN - число боксов/ станций	Число значений в каждой категории (в % от NN)						
			Аномалии (отн. 1991-2020 гг.)			5%-экстремумы холода/тепла		Абсолютные экстремумы	
			$V < 0$	$V = 0$	$V > 0$	$X \leq P_{05}$	$X \geq P_{95}$	$X = \min$	$X = \max$
HadCRUT5 (суша+море)									
Земной шар		1681	30.0	7.0	63.0	0.4	20.3	-	4.3
Северное полушарие		948	27.6	6.9	65.5	0.1	22.4	-	5.4
Южное полушарие		733	33.0	7.2	59.8	0.8	17.7	-	2.9
Атлантика, 15-70N		133	23.3	6.8	69.9	-	24.8	-	4.5
Тихий океан, 20-65N		154	26.6	7.8	65.6	-	29.2	-	7.1
Широтные пояса	90-65N	90	17.8	3.3	78.9	-	7.8	-	-
	65-25N	537	24.2	5.0	70.8	-	29.6	-	8.0
	25S-25N	641	35.4	9.4	55.2	0.5	18.9	-	3.1
	25-65S	400	32.5	6.8	60.8	1.0	13.8	-	2.3
	65-90S	13	7.7	7.7	84.6	-	-	-	-
T3288 (только суша)									
Земной шар		2606	32.2	3.7	64.1	1.4	17.4	0.5	3.6
Северное полушарие		2177	30.2	3.6	66.2	0.6	18.7	0.1	3.5
Южное полушарие		430	42.3	4.0	53.7	5.8	10.9	2.3	4.0
Северная Америка		446	37.4	2.7	59.9	0.2	9.2	-	0.9
Евразия		1508	28.2	3.2	68.5	0.7	21.6	0.1	4.6
Южная Америка		151	80.1	3.3	16.6	10.6	0.7	4.6	-
Африка		138	31.9	10.9	57.2	-	7.2	-	-
Австралия		157	27.4	1.9	70.7	5.1	17.2	1.9	6.4
Антарктида		18	16.7	5.6	77.8	-	-	-	-
Европа		548	46.7	3.1	50.2	0.2	7.5	-	0.4
Азия		969	18.1	3.3	78.6	0.9	29.3	0.2	7.0
Арктика, 65-90N (суша)		157	8.3	1.3	90.4	-	8.9	-	-(

Условные обозначения:

1. $V < 0$, $V = 0$, $V > 0$ – категории аномалий; 2. P_{05} , P_{95} – 5-я и 95-я процентиля
3. $\min$, $\max$ – наименьшее и наибольшее значения с 1911 г.

Наиболее крупная область *положительных аномалий* охватывает большую часть Азии и прилегающие акватории в северной части Тихого океана. К ней относятся 77% от общего числа наблюдений в регионе (NN=1123); среди них 29% выше уровня 95-го перцентиля, в том числе 7% обновили локальные рекорды. Область, расположенная в юго-восточной части Северной Америки и в Северной Атлантике, включает 360 наблюдений (62% от NN=579), из которых 64 – 5% экстремумы тепла и еще 10 – локальные абсолютные максимумы. Следует отметить также область на севере Австралии с прилегающими акваториями Индийского и Тихого океанов. Здесь из 111 австралийских станций с положительными аномалиями на 27 станциях температура превысила уровень 95-го

процентиля и на 10 установлены новые локальные максимумы. Более подробные данные для каждого региона приведены в таблице 2.3.

Крупная область *отрицательных аномалий* наблюдалась в Южной Америке и прилегающих акваториях Тихого океана (из 120 наземных станций с отрицательными аномалиями (80% от 151) на 13 станциях отмечены 5%-экстремумы холода). 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 (рис. 2.4). В основном, менялась площадь распространения и интенсивность аномалий. Основные экстремумы перечислены ниже. Подробнее особенности каждого месяца можно проследить по рисунку 2.2 и таблицам 2.2, 2.4.

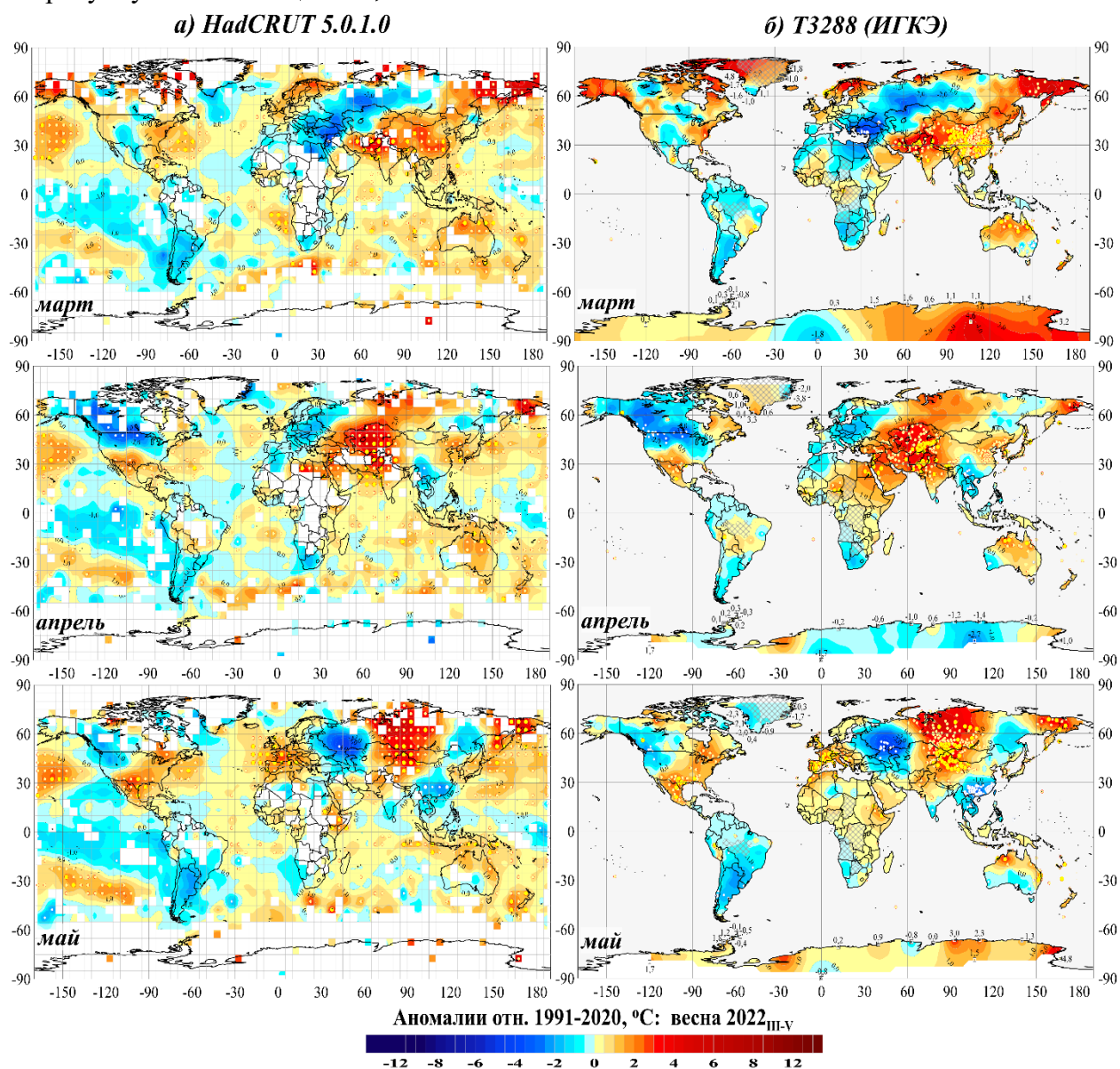


Рисунок 2.2 – Пространственное распределение среднемесячных аномалий приземной температуры весной 2022 г. (март, апрель, май). Условные обозначения см. рисунок 2.1

Основные региональные экстремумы отдельных месяцев (табл. 2.2, 2.4)

Азия: апрель – самый теплый с 1911 г.; май – 7% наблюдений превысили значение 95-го перцентиля, ранг R=3.

Тихий океан (20-65 °с.ш.): март-апрель – самые теплые с 1911 г.; в апреле-мае – треть наблюдений выше 95-го перцентиля.

Атлантика (15-70 °с.ш.): май – самый теплый с 1911 г. (аномалия: +0.42°C; наибольшая площадь охвата и интенсивность положительных аномалий).

Европа: март - наибольшая площадь охвата отрицательных аномалий (Центральная и Восточная Европа, Западная Сибирь, вся Северная Африка); в мае на 14 станциях значения аномалий ниже 5-го перцентиля (5%-е экстремумы холода).

Северная Америка: апрель - наибольшая площадь охвата и интенсивность отрицательных аномалий (область включает всю территорию континента, кроме Мексики и п-ва Лабрадор), на 4% станций отмечены 5%-экстремумы холода.

Южная Америка: в течение всего сезона на 5-6% станций средняя за месяц температура была ниже 5-го перцентиля.

Австралия и прилегающие акватории Индийского и Тихого океанов: в каждом из месяцев сезона более 10% всех наблюдений в Умеренном широтном поясе южного полушария (25-65 °ю.ш.) были выше 95-го перцентиля, как и осредненные по всему поясу среднемесячные аномалии (табл. 2.2, 2.4).

Таблица 2.4 - Количество (%) локальных 5%-экстремумов холода ($X \leq P_{05}$) и тепла ($X \geq P_{95}$) в крупных регионах Земного шара в весенние месяцы 2022 г.

Регион		Всего станций NN	Март		Апрель		Май	
			X<P ₀₅	X>=P ₉₅	X<P ₀₅	X>=P ₉₅	X<P ₀₅	X>=P ₉₅
HadCRUT5 (суша+море)								
Земной шар		1681	0.4	15.3	1.0	16.1	1.1	20.1
Северное полушарие		948	0.2	17.1	0.9	17.6	0.9	24.2
Южное полушарие		733	0.7	13.0	1.0	14.2	1.2	14.9
Атлантика, 15-70N		133	0.8	19.5	-	16.5	-	30.1
Тихий океан, 20-65N		154	1.0	15.6	-	29.9	1	33.1
Широтные пояса	90-65N	90	-	10.0	-	3.3	-	18.9
	65-25N	537	0.4	18.6	0.9	22.7	0.9	31.3
	25S-25N	641	0.5	16.4	1.4	16.5	1.2	16.1
	25-65S	400	1.0	10.5	0.5	10.0	1.3	12.3
	65-90S	13	-	7.7	-	-	-	8
T3288 (только суша)								
Земной шар		2606	1.4	16.4	1.8	12.7	3.9	17.7
Северное полушарие		2177	0.6	17.6	1.5	13.2	4.0	19.0
Южное полушарие		430	5.8	10.2	3.0	10.0	3.5	10.9
Северная Америка		446	-	2.9	3.8	5.6	1.6	13.9
Евразия		1508	0.7	21.8	0.9	14.6	5.1	21.8
Южная Америка		151	6.0	2.0	4.6	2.0	5.3	3.3
Африка		138	0.7	8.0	-	13.8	-	10.9
Австралия		157	8.3	13.4	3.8	14.6	4.5	15.3
Антарктида		18	-	5.6	-	-	-	-
Европа		548	0.4	6.2	-	1.8	2.6	18.8
Азия		969	0.9	30.4	1.4	22.0	6.6	23.3
Арктика, 65-90N (суша)		157	-	15.9	-	1.3	-	17.8

Примечание. Процентное содержание экстремумов рассчитано по всем доступным станционным и сеточным данным соответствующего месяца/сезона в рассматриваемом регионе (см. NN). Значения 5-го и 95-го перцентилей (P_{05} , P_{95}) рассчитаны для каждого календарного месяца и каждой станции по данным за 1911-2022 гг., а их частота представлена в таблице в процентах от NN

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

Межгодовые и межмесячные изменения глобальной температуры

Рисунок 3.1 иллюстрирует изменение глобальной температуры от года к году (по вертикали) и от месяца к месяцу (по горизонтали).

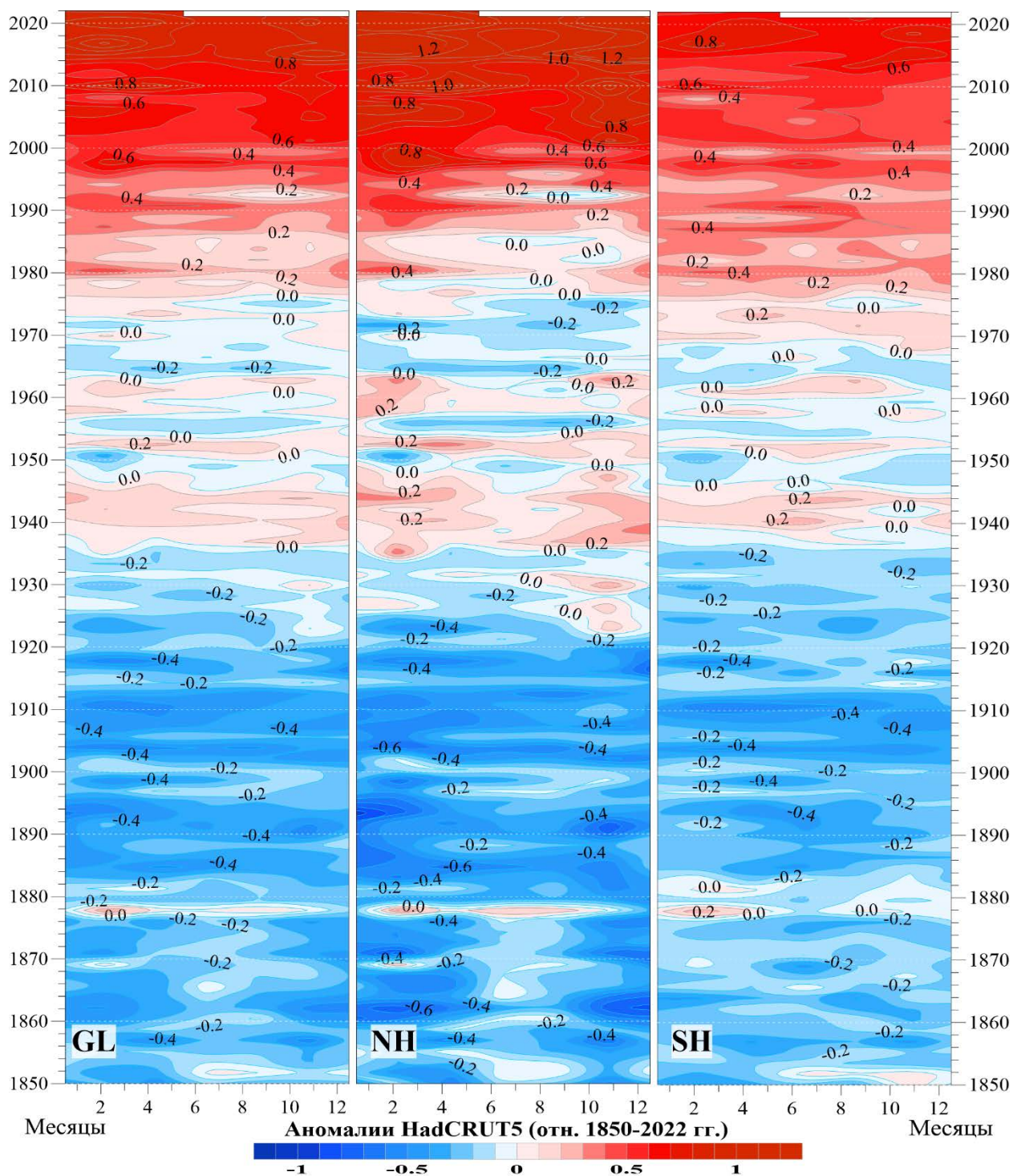


Рисунок 3.1 – Изменение аномалий среднемесячной приповерхностной температуры (°C), осредненных по территории Земного шара (GL), Северного (NH) и Южного (SH) полушарий, в течение периода с января 1850 по май 2022 гг. Использованы глобальные временные ряды HadCRUT5 (данные Hadley/CRU, суша+море), приведенные к базовому периоду 1850-2022 гг.

На рисунке 3.1 хорошо прослеживается динамика глобальных изменений температурного режима у поверхности Земного шара за период инструментальных наблюдений (с 1850 г.): похолодание в конце 19-го - начале 20-го столетия, арктическое потепление 1940-х, современное глобальное потепление, начавшееся в середине 1980-х и заметно усилившееся в 21-м столетии. Наиболее ярко оно проявляется в Северном полушарии после 2010 г. В последние годы аномалии температуры относительно средней всего периода наблюдений колеблются в интервале 1.0-1.4°C в Северном полушарии и 0.6-0.9°C в Южном. По-видимому, динамика потепления в течение последних 10-15 лет заслуживает повышенного внимания.

Широтно-долготные разрезы. Меридиональный профиль (рис. 3.2) 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 сектора Тихого океана, затем – территория США, далее – Северная Атлантика, Евразия и западный сектор Тихого океана. На рисунке представлен современный период от момента экстремального 2016 года.

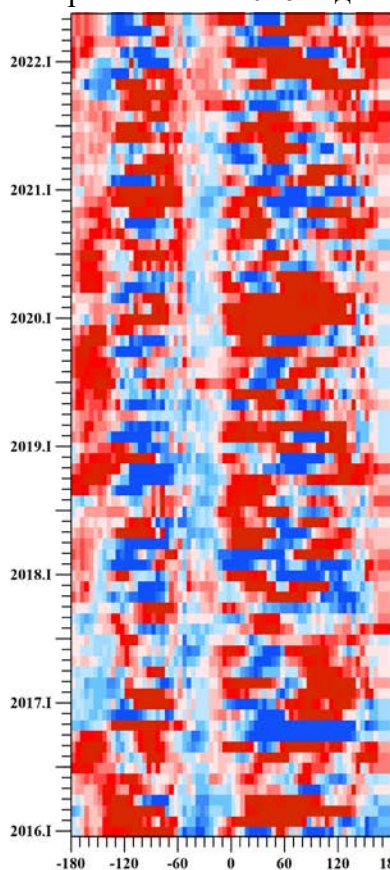
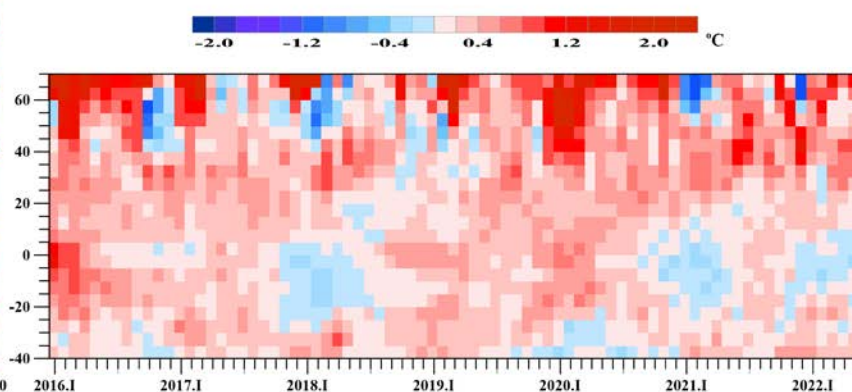


Рисунок 3.2 – Изменение во времени меридиональных (а, слева) и зональных (б, внизу) профилей аномалии приповерхностной температуры с января 2015 г. по май 2022 г.

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



Представленный период отличался холодными аномалиями в Атлантике вплоть до июля 2021 и теплыми – в Тихом океане (за исключением двух интервалов: 2016_{VI} - 2017_{VIII} и 2021_{IX} – 2022_I, когда в восточном секторе Тихого океана преобладали отрицательные аномалии).

В текущем сезоне, в умеренных широтах Северного полушария (рис. 3.2а), положительные аномалии просматриваются в обоих океанических секторах в течение всего сезона (в большей мере, в Тихом океане). На континентах положительные аномалии наблюдались на азиатской территории Евразии во все месяцы сезона (кроме мая в секторе 120-150E). Отрицательные аномалии в этом сезоне наблюдались во все месяцы в Северной

Америке и в Европе, но меняли локализацию: в марте – в секторах 70-90W и 20-90E, в апреле – 60-120W и 10-30E, в мае – 80-120W и 30-70E.

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 2020 г. (особенно в северных широтах) и некоторое понижение температуры в тропическом поясе, начиная с конца 2020 г. до настоящего времени (исключая лето 2021 г.)

Временные ряды глобально осредненной температуры (рис. 3.3).

На рисунке видно незначительное повышение глобальной весенней температуры от 2021 г. к 2022 для всех рядов (не более 0.1°C), кроме температуры поверхности океанов (SST) Северного полушария, после предшествующего скачкообразного понижения от 2020 к 2021 году.

Коэффициенты линейного тренда глобальной температуры (средняя скорость потепления за последние 47 и 100 лет) представлены в таблице 3.1, а в таблице 3.2 – результаты их сравнения в разных «факторных» подгруппах, учитывающих вид данных и территорию (с помощью показателей k1-k3 – см. боковик табл. 3.2).

Таблица 3.1 – Коэффициенты линейного тренда (°C/10 лет)
глобальных временных рядов приземной температуры
за 1976-2022 гг. и 1921-2022 гг., в среднем за весенний сезон и по месяцам

Регион	1976-2022				1921-2022			
	Весна	март	апрель	май	Весна	март	апрель	май
HadCRUT5 (суша+море)								
Земной шар	0.197	0.211	0.198	0.181	0.142	0.134	0.147	0.147
Северное полушарие	0.284	0.310	0.288	0.254	0.169	0.148	0.173	0.186
Южное полушарие	0.109	0.112	0.108	0.107	0.118	0.121	0.123	0.110
T3288-ИГКЭ (суша)								
Земной шар	0.299	0.349	0.294	0.248	0.158	0.189	0.154	0.131
Северное полушарие	0.370	0.438	0.358	0.308	0.181	0.228	0.172	0.143
Южное полушарие	0.135	0.142	0.150	0.111	0.092	0.077	0.102	0.096
CRUTEM5 (суша)								
Земной шар	0.290	0.337	0.288	0.245	0.152	0.178	0.151	0.128
Северное полушарие	0.362	0.432	0.350	0.305	0.177	0.220	0.172	0.138
Южное полушарие	0.144	0.145	0.164	0.124	0.104	0.095	0.109	0.107
HadSST4 (море)								
Земной шар	0.142	0.134	0.147	0.147	0.086	0.088	0.085	0.086
Северное полушарие	0.169	0.148	0.173	0.186	0.081	0.077	0.082	0.085
Южное полушарие	0.118	0.121	0.123	0.110	0.093	0.100	0.089	0.091

Примечание. Все оценки в таблице статистически значимы на 1%-м уровне

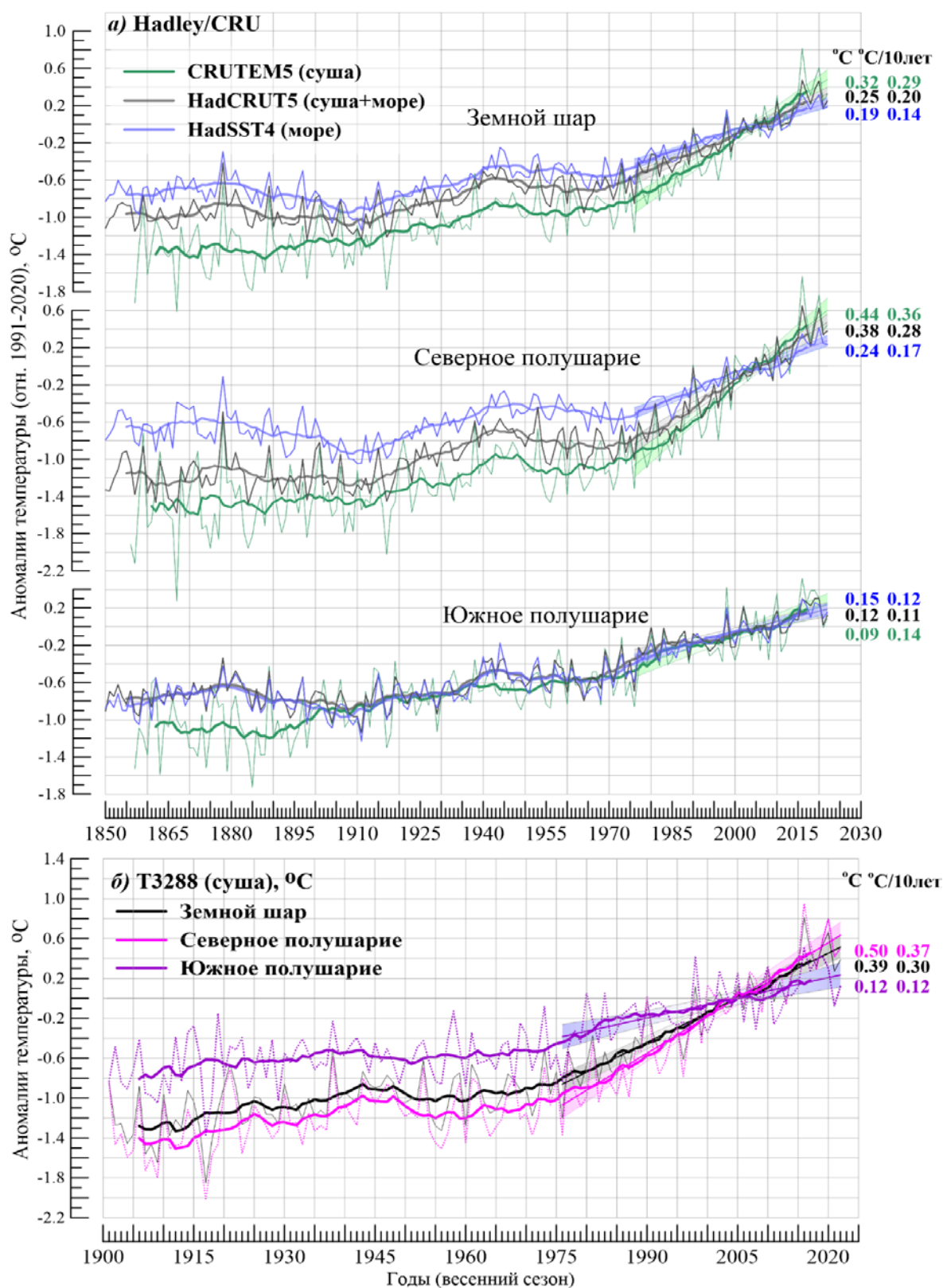


Рисунок 3.3 – Временные ряды сезонных аномалий приземной температуры (весна), осредненных по территории Земного шара, Северного и Южного полушарий: а) по данным Hadley/CRU, 1850-2022 гг.: HadCRUT5 (суша+море), CRUTEM5 (суша), HadSST4 (море); б) по данным ИГКЭ, 1901-2022 гг.: T3288 (суша).

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

Таблица 3.2 – Сравнение оценок скорости глобального потепления (у поверхности), полученных по данным разных источников и категорий (в среднем за весенний сезон)

<i>Показатель</i>		1976-2022			1923-2022		
		ЗШ	СП	ЮП	ЗШ	СП	ЮП
k ₁	b_{T3288} / b_{HadSST}	2.11	2.19	1.14	1.84	2.23	0.99
	b_{CRUTEM} / b_{HadSST}	2.04	2.14	1.22	1.77	2.19	1.12
k ₂	$b_{СП} / b_{ЮП}$	1976-2022			1923-2022		
		T3288	CRUTEM	HadSST	T3288	CRUTEM	HadSST
		2.74	2.51	1.43	1.97	1.70	0.87
k ₃	$b_{1976-2022} / b_{1923-2022}$	СП			ЮП		
		T3288	CRUTEM	HadSST	T3288	CRUTEM	HadSST
		2.04	2.05	2.09	1.47	1.38	1.27

Из оценок таблицы 3.2 можно сделать следующие выводы.

- Во всех рассмотренных случаях оценки всех трех показателей k₁-k₃ больше 1 (кроме k₂=0.87 в случае HadSST4, 1923-2022). Это значит, что, как правило, глобальное потепление *над сушей протекает быстрее*, чем над океанами, *в Северном полушарии активнее*, чем в Южном и *в последние 40-50 лет ускорилось* в сравнении с минувшим столетием в целом.
- Отмеченное выше исключение: k₂=0.87 в случае HadSST4, 1923-2022 указывает на существенную деталь: в течение 1923-2022 гг. *потепление весенних (как и зимних - k₂=0.83) сезонов на поверхности океанов протекало заметно активнее не в Северном полушарии, а в Южном! И эта особенность относится не ко всему столетию, а к его первой половине, точнее 1923-1975 гг., то есть потепление зимне-весенних сезонов действительно началось в Южном полушарии!*
- В рамках одного полушария коэффициент ускорения современного потепления весенних сезонов относительно 100-летнего (k₃) *примерно одинаков для континентов и океанов, но в Северном полушарии он примерно в полтора раза выше*, чем в Южном.

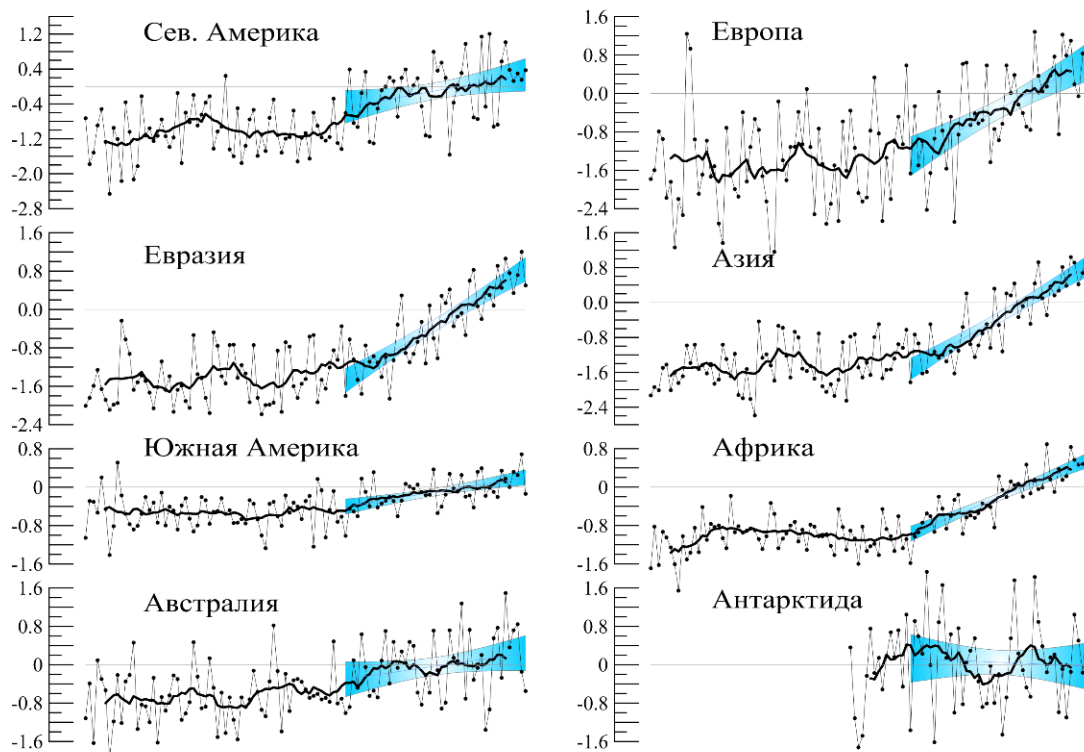
4. ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ РЕГИОНАЛЬНО ОСРЕДНЕННЫХ АНОМАЛИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ, 1911-2022 гг. (весенний сезон)

Представленные ниже временные ряды (рис. 4.1, 4.2, 4.3) рассчитаны по методике ИГКЭ для всех рассматриваемых крупных регионов. По сеточным данным HadCRUT5 они приведены для пяти основных широтных поясов и северных частей Атлантического и Тихого океанов, по данным станционных наблюдений T3288 – для шести континентов и для Европы и Азии порознь. Данные до 1911 г. не приводятся, т.к. представляются недостаточно полными надежными. На всех временных рядах показаны тренды за период 1976-2022 гг., а их числовые оценки приведены в таблице 4.1.

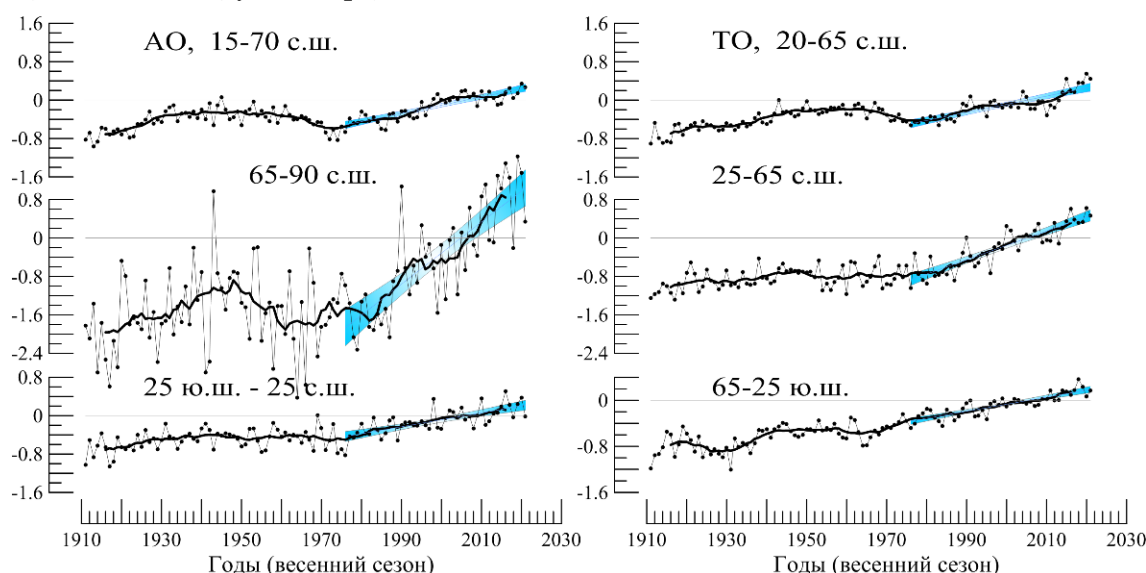
По данным HadCRUT5 (табл. 4.1, суша+море) во всех регионах, кроме Антарктического, оценки указывают на потепление весенних сезонов в течение 1976-2022 гг., статистически значимое на 1%-м уровне. Наиболее интенсивно потепление происходит в Арктическом поясе (сезонный тренд +0.640°C/10 лет, в марте +0.728°C/10 лет). В Антарктике и Антарктиде ненулевой линейный тренд практически отсутствует (гипотеза о

наличии ненулевого сезонного тренда отвергается с доверительной вероятностью 99.9% и 96.5%, соответственно.). Отрицательные тренды (тенденция к похолоданию) получены только для Антарктического пояса и Антарктиды – все статистически не значимы (во всех случаях критический уровень значимости α выше 40% (от 40.7 до 99.9%).

а) T3288 (только суша)



б) HadCRUT4 (суша+море)



от 00

Рисунок 4.1 – Временные ряды пространственно осредненных аномалий приземной температуры весеннего сезона для крупных регионов Земного шара: а) континенты (по станционным данным ИГКЭ: T3288) б) северные части Атлантического и Тихого океанов и основные широтные пояса земного шара (по сеточным данным HadCRUT5, Hadley/CRU)

Расчеты выполнены по методике ИГКЭ. 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).

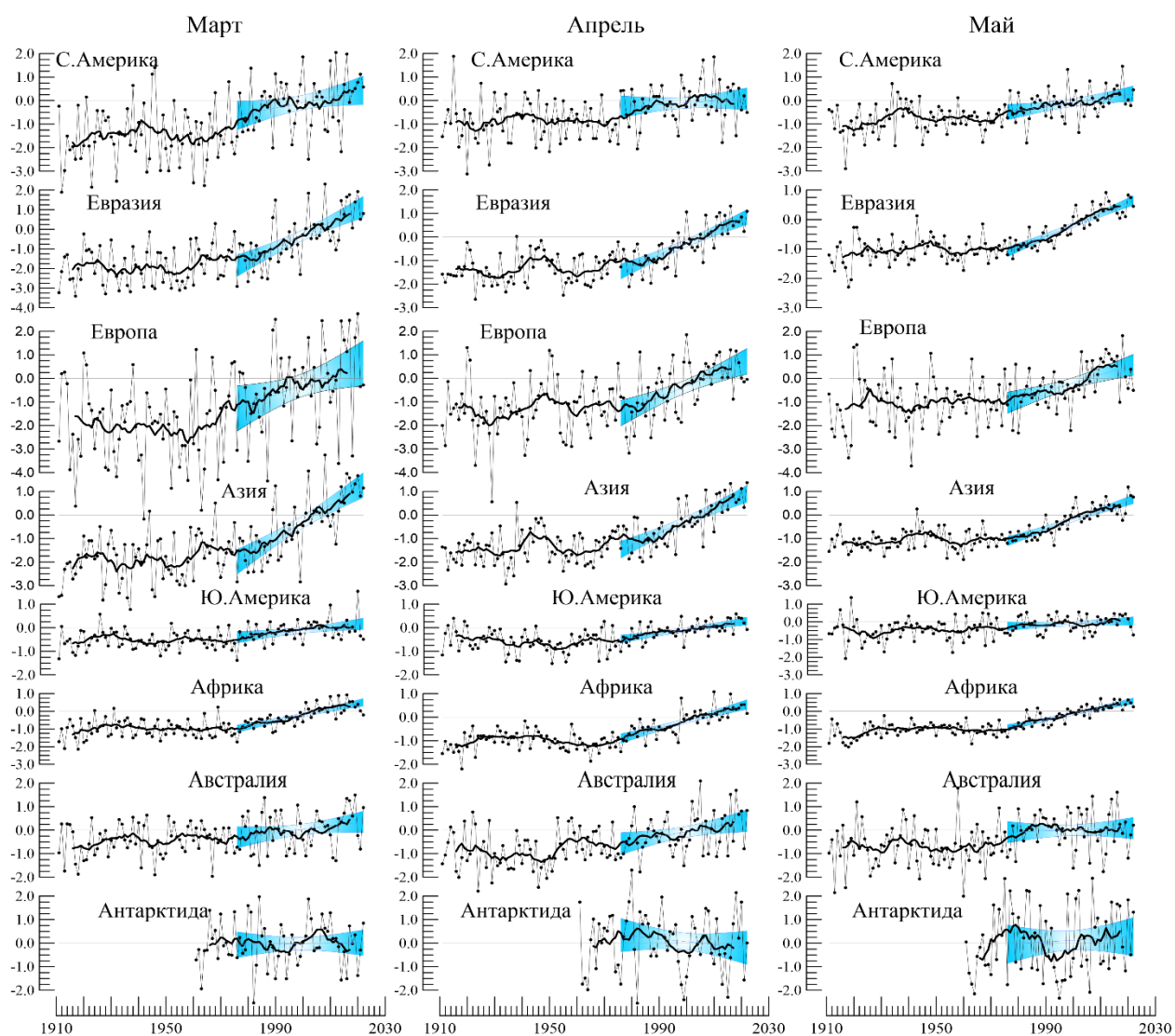


Рисунок 4.2 – См. рис. 4.1, но для аномалий весенних месяцев и только для континентов.

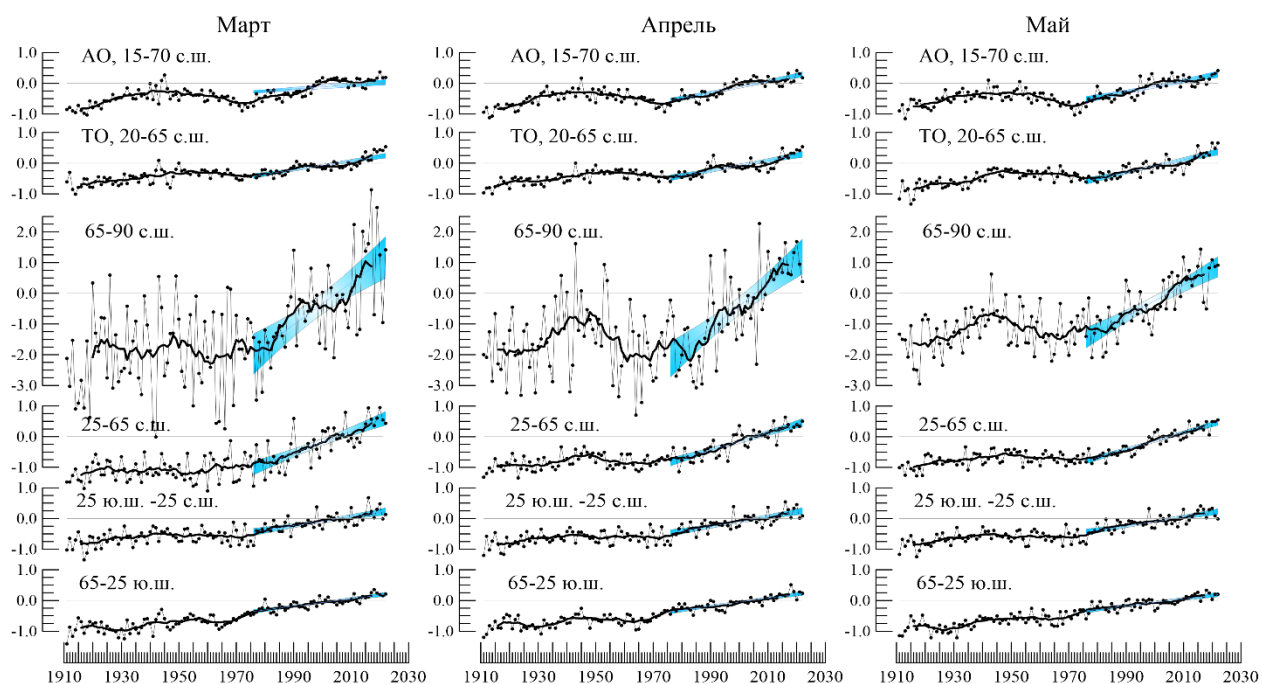


Рисунок 4.3 – См. рис. 4.2, но для океанов и широтных поясов земного шара.

Судя по остальным оценкам, тенденция к потеплению, в среднем по территории региона, подтверждается на 1%-уровне значимости для континентов: Африка (+0.331°C/10 лет), Евразия (+0.512°C/10 лет), Южная Америка (+0.118°C/10 лет). При этом в Азии тренд значим на 1%-уровне также и во все месяцы сезона, в Европе - в апреле-мае, в Южной Америке - в апреле, но в мае здесь тренд не значим даже на 15%-уровне ($\alpha=18.5\%$). На 5%-уровне значимости сезонные тренды к потеплению подтверждаются для Северной Америки и Австралии.

Более детально проследить особенности многолетнего хода приземной температуры в каждом регионе и оценить современные тенденции их изменений можно по временным рядам на рис. 4.1-4.3 и таблицам 3.1, 4.1.

Таблица 4.1 Оценки линейного тренда регионально осредненных аномалий приземной температуры за 1976-2022 гг., в среднем за весенний сезон и по месяцам:
b – коэффициенты тренда (°C/10 лет), *a* – критический уровень значимости (%)

Регион		Весна		Март		Апрель		Май	
		<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>
<i>HadCRUT5 (суша+море)</i>									
Атлантика, 15-70N		0.177	0.0	0.165	0.0	0.185	0.0	0.179	0.0
Тихий океан, 20-65N		0.175	0.0	0.152	0.0	0.166	0.0	0.206	0.0
Широтные пояса	90-65N	0.640	0.0	0.690	0.0	0.728	0.0	0.503	0.0
	65-25N	0.301	0.0	0.352	0.0	0.279	0.0	0.272	0.0
	25S-25N	0.149	0.0	0.145	0.0	0.156	0.0	0.144	0.0
	25-65S	0.124	0.0	0.121	0.0	0.129	0.0	0.114	0.0
	65-90S	-0.002	*99.9	-0.033	*45.2	-0.081	*42.8	0.134	*39.5
<i>T3288 (только суша)</i>									
Северная Америка		0.161	2.6	0.232	5.2	0.073	*43.2	0.170	1.1
Евразия		0.512	0.0	0.650	0.0	0.502	0.0	0.382	0.0
Южная Америка		0.118	0.0	0.123	1.2	0.165	0.0	0.064	*18.5
Африка		0.331	0.0	0.324	0.0	0.314	0.0	0.327	0.0
Австралия		0.133	5.9	0.145	*10.1	0.210	2.3	0.037	*80.2
Антарктида		-0.017	*96.5	0.018	*96.7	-0.117	*40.7	0.070	*78.2
Европа		0.417	0.0	0.416	2.8	0.479	0.0	0.350	0.0
Азия		0.537	0.0	0.708	0.0	0.515	0.0	0.389	0.0

Примечание. Подавляющее большинство оценок статистически значимы на 1%-м уровне ($\alpha \leq 1.0\%$) – они приведены без выделения (из них большая часть, судя по таблице, значима даже на уровне 0.1%). Курсивом показаны оценки, статистически значимые на 5%-м уровне ($1\% < \alpha \leq 5\%$). Остальные оценки выделены серой заливкой, причем оценки с уровнем значимости выше 10% (статистически незначимые) дополнительно отмечены звездочкой (*). Синим шрифтом показаны ячейки с отрицательным трендом (тенденция к похолоданию).

5. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА, 1976-2022 гг. (весенний сезон)

Факт продолжающегося глобального потепления (рис. 5.1) обсуждался выше (гл. 3-4), с привлечением региональных оценок для Земного шара, Северного и Южного полушарий, основных широтных поясов, континентов и океанов. В данном разделе анализируются локальные оценки трендов и региональные особенности текущего состояния глобального потепления весенних сезонов (рис. 5.1).

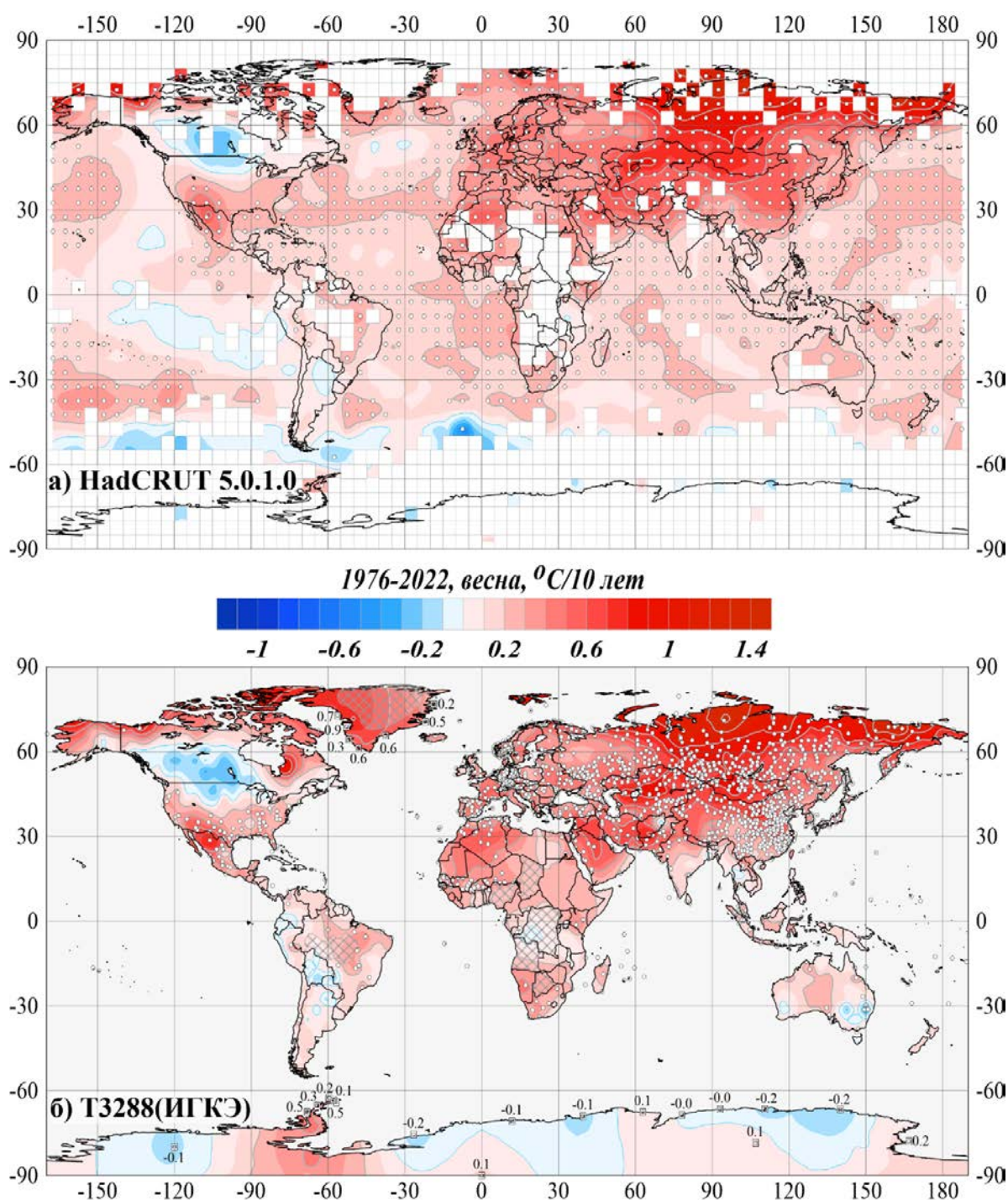


Рисунок 5.1 – Пространственное распределение сезонных (весна) оценок локальных коэффициентов линейного тренда приземной температуры за период 1976-2022 гг. ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) *Использованы данные: а) HadCRUT5 - сеточные данные Hadley/CRU, UK (суша+море); б) T3288 – станционные данные ИГКЭ (только суша). Пустыми боксами (а) и штриховкой (б) показаны области отсутствия наблюдений. Для станций Антарктиды и Гренландии приведены числовые значения коэффициентов тренда. Белыми кружками выделены боксы/станции, для которых тренд статистически значим на 1%-м уровне.*

Использованы данные наблюдений на 2583 станциях (массив T3288) и в центрах 1639 боксов (массив HadCRUT5), для которых своевременно поступили данные за весенние месяцы 2022 г. В таблице 5.1 приведено их количественное распределение по регионам в зависимости от направленности тренда и его уровня значимости. В таблице указано реальное число станций/боксов, учтенных в расчетах в каждой конкретной выборке.

Таблица 5.1 – – Частотное распределение локальных оценок тренда (в % от NN) в крупных регионах земного шара, в зависимости от знака коэффициента тренда **b** и его статистической значимости **α** (1976-2022, весенний сезон)

		NN	b<0	b=0	b>0	b<0		b>0	
						α<=5%	α>=10%	α<=5%	α>=10%
HadCRUT5 (суша+море)									
Земной шар		1639	7.6	0.5	91.9	0.2	7.1	69.5	17.3
Северное полушарие		940	3.3	0.1	96.6	-	3.3	79.7	12.8
Южное полушарие		699	13.3	1.0	85.7	0.4	12.2	55.8	23.3
АО, 15-70N		132	2.3	-	97.7	-	2.3	77.3	12.9
ТО, 20-65N		153	-	-	100.0	-	-	98.0	0.7
Широтные пояса	90-65N	86	-	-	100.0	-	-	90.7	9.3
	65-25N	534	4.1	0.2	95.7	-	4.1	80.1	12.5
	25S-25N	639	5.5	0.3	94.2	-	5.5	72.6	16.4
	25-65S	367	16.1	1.4	82.6	0.8	14.2	45.5	27.2
	65-90S	13	61.5	-	38.5	-	53.8	15.4	23.1
T3288 (только суша)									
Земной шар		2583	9.9	0.6	89.4	1.0	8.3	71.4	14.2
Северное полушарие		2163	6.9	0.4	92.6	0.3	6.4	78.4	11.1
Южное полушарие		421	25.4	1.7	72.9	4.5	18.1	35.6	30.4
Северная Америка		443	27.1	1.6	71.3	0.7	25.1	31.4	35.7
Евразия		1505	1.2	0.1	98.7	0.1	1.1	92.4	3.5
Южная Америка		150	24.0	-	76.0	4.7	18.7	26.7	43.3
Африка		131	4.6	0.8	94.7	0.8	3.8	80.2	11.5
Австралия		152	34.9	3.3	61.8	6.6	21.7	28.3	27.0
Антарктида		18	38.9	-	61.1	-	33.3	16.7	33.3
Европа		548	0.2	0.2	99.6	-	0.2	93.1	3.1
Азия		966	1.8	0.1	98.1	0.2	1.6	92.0	3.7
Арктика, 65-90N (суша)		157	-	-	100.0	-	-	92.4	4.5

Примечание. Таблица обобщает распределение оценок на рисунке 5.1. NN – общее количество учтенных станций/боксов в регионе

В соответствии с оценками в таблице 5.1, потепление весенних сезонов подтверждается данными более 90% всех наземных наблюдений (89.4% станций / 91.9% боксов).

Значительна и доля наблюдений с тенденцией к похолоданию (9.9% станций / 7.6% боксов), но даже на 5%-м уровне статистически значимы лишь менее 1% этих оценок (1.0%/0.2%). Оценок с тенденцией к похолоданию в Северном полушарии более, чем в 3.5 раза меньше, чем в Южном (соответственно, 6.9% против 25.4% и 3.3 % против 13.3%).

Наиболее активное потепление весенних сезонов наблюдается в Евразии (рис. 1, табл. 5.1): положительный тренд охватывает всю территорию Евразии и часть северной территории Африки (до +1.4, +1.5 °C/10лет вдоль побережья Восточно-сибирского моря и на Таймыре). При этом за сезон в целом в Евразии (кроме севера ЕЧР и Индии) тенденция к потеплению достоверна на 1%-м уровне значимости.

В Африке, в Центральной и Южной Америке, в Австралии и на акваториях всех океанов (кроме Южного) тенденция к потеплению выражена слабее (до +0.6 – в Африке, до +0.9 – в Центральной Америке, до +0.3 – в Австралии).

Пространственные распределения коэффициентов тренда для каждого из весенних месяцев представлены на рисунке 5.2 и обобщены в таблице 5.2.

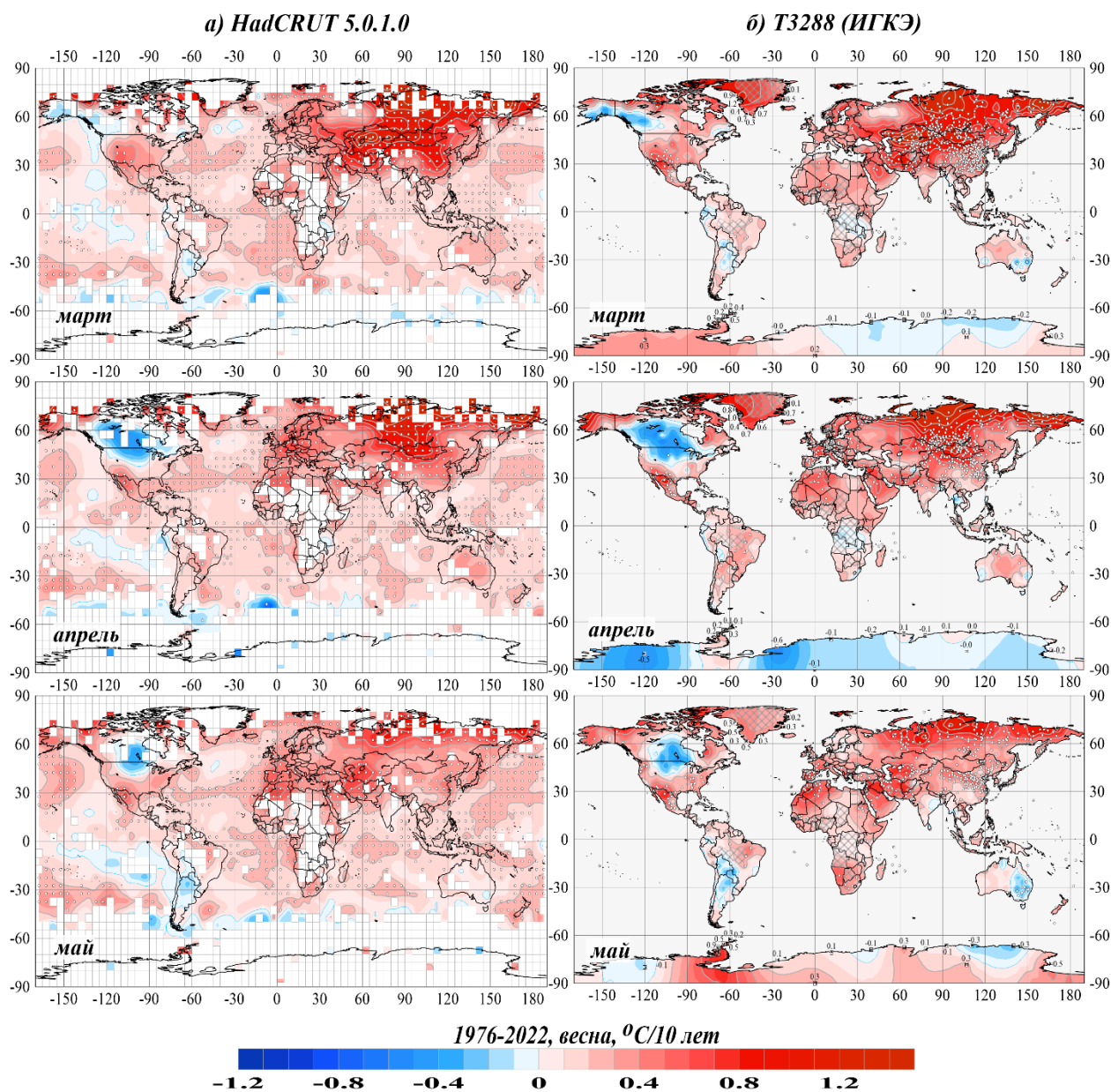


Рисунок 5.2 – См. рис. 5.1., но для среднемесячных аномалий температуры весенних месяцев.

Во все месяцы сезона потепление на континентах интенсивно, значимые (на 5%-м уровне) положительные тренды составили в марте 50.6% всех станционных оценок, в апреле – 51.9%, в мае – 45.3%. Значимая на 1% уровне тенденция к потеплению просматривается во все месяцы сезона на большей части территории Азии, в апреле-мае – в Западной и Центральной Европе. На акваториях северных океанов тенденция к потеплению еще более убедительна: в марте-апреле-мае ее подтверждают более 75% всех оценок в северной части Тихого океана (76.5, 77.1, 84.3%) и более 65% оценок в Северной Атлантике (67.4, 75.0, 73.5%).

Таблица 5.2 – Доля статистически значимых оценок линейных трендов ($\alpha \leq 5\%$) в крупных регионах Земного шара в весенние месяцы 1976-2022 гг.
(в зависимости от региона и знака тренда)

Регион		NN	Март		Апрель		Май	
			b<0	b>0	b<0	b>0	b<0	b>0
HadCRUT5 (суша+море)								
Земной шар		1639	0.4	54.4	0.4	58.5	0.4	58.3
Северное полушарие		940	-	62.1	0.1	67.4	-	70.2
Южное полушарие		699	1.0	44.1	0.7	46.4	1.0	42.3
АО, 15-70N		132	-	67.4	-	75.0	-	73.5
ТО, 20-65N		153	-	76.5	-	77.1	-	84.3
Широтные пояса	90-65N	86	-	68.6	-	84.9	-	81.4
	65-25N	534	-	64.4	0.2	66.9	-	69.7
	25S-25N	639	-	56.5	-	62.0	0.6	61.2
	25-65S	367	1.9	34.6	1.4	36.0	0.8	33.0
	65-90S	13	-	7.7	-	-	-	15.4
T3288 (только суша)								
Земной шар		2583	0.5	50.6	1.2	51.9	1.7	45.3
Северное полушарие		2163	0.2	55.7	1.2	55.6	0.6	50.0
Южное полушарие		421	2.4	24.7	1.0	32.5	7.4	20.7
Северная Америка		443	0.2	16.7	4.3	18.7	2.7	27.3
Евразия		1505	0.1	66.4	0.4	65.6	0.1	54.0
Южная Америка		150	3.3	18.7	0.7	34.7	5.3	14.0
Африка		131	-	58.0	0.8	61.8	-	70.2
Австралия		152	3.3	15.1	2.0	21.7	14.5	4.6
Антарктида		18	-	16.7	-	-	-	11.1
Европа		548	-	39.4	-	68.4	-	34.5
Азия		966	0.1	81.7	0.6	63.8	0.1	65.2
Арктика, 65-90N (суша)		157	-	56.7	-	86.6	-	72.0

Примечание. Таблица обобщает распределение оценок на рисунке 5.2. Процентное содержание рассчитано относительно N (N - общее количество станций в регионе).

Отрицательные тренды 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. Наибольшая доля станций со значимыми (на 5% уровне)-отрицательными трендами-отмечена в Австралии (14.5% в мае), в Южной (5.3% в мае) и Северной (4.3% в апреле) Америке.

Во все месяцы весеннего сезона просматриваются также области локального ослабления потепления (статистически незначимый положительный тренд). Эти области, как и области отрицательного тренда, меняют конфигурацию и интенсивность от месяца к месяцу и могут оказаться предвестником некоторого ослабления (или усиления) глобального потепления в целом.

Еще раз отметим, что из всех регионов потепление наиболее выражено в Арктике. На всех 157 наземных станциях тренд положительный и из них 57, 87 и 72% (в марте-апреле-мае) статистически значимы на 5%-м уровне.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В среднем по территории Земного шара и Северного полушария, по данным HadCRUT5 (суша+море) и T3288/CRUTEM5 (только суша), весна 2022 г. оказалась на пятом месте среди самых теплых весенних сезонов. По тем же данным в Южном полушарии она была лишь на 9 и 12/14 местах, а по температуре поверхности океанов (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.

Самым теплым сезоном, в среднем по Земному шару, по-прежнему остается весна 2016 года (+0.474°C).

2. *Основная особенность сезона, как и в 2021 г., – наличие значительных (по охвату территории и интенсивности) отрицательных аномалий, наряду с положительными.* При этом, практически на всей территории Земного шара, в крупных регионах положительные сезонные аномалии составляют примерно 60-70% всех наблюдений (с некоторыми отклонениями), в полярных областях – до 80-90%. Исключением является Южная Америка, где соотношение обратное (80% - доля отрицательных аномалий).

3. Абсолютные максимумы регионально осредненных аномалий (вероятность непревышения $F=100\%$) отмечены этой весной в регионах: северная часть Тихого океана (март-апрель, сезон в целом – до +0.57°C), северная часть Атлантики (май, +0.42°C), Азия (апрель, +1.38°C) и северный Умеренный пояс (май, +0.55°C).

Средняя по региону температура ниже климатической нормы наблюдалась в течение всего месяца в Европе (аномалия до -0.50°C в мае, $F=57\%$) и Южной Америке (до -0.74°C в мае, $F=20\%$). Следует отметить также Антарктический пояс в апреле (-0.28°C, $F=42\%$).

3. Наиболее крупная из областей *положительных аномалий* охватывает большую часть Азии и прилегающие акватории в северной части Тихого океана (77% из 1123 наблюдений, среди них 22% превысили уровень 5-го перцентиля (5%-экстремумы тепла) и еще 7% обновили локальные рекорды. Область, расположенная в юго-восточной части Северной Америки и в Северной Атлантике, включает 360 наблюдений (из 579), из которых 64 – 5% экстремумы тепла и еще 10 – локальные абсолютные максимумы. Следует отметить также область тепла на севере Австралии с прилегающими акваториями Индийского и Тихого океанов.

4. Крупная область *отрицательных аномалий* наблюдалась в Южной Америке и прилегающих акваториях Тихого океана (из 80% наземных станций с отрицательными сезонными аномалиями 11% отметили 5%-экстремумы холода). Отрицательные аномалии отмечалась также в Центральной и Восточной Европе (40% всех станций Европы), на севере Африки (32%) и в Северной Америке (37%).

5 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. Наибольшая площадь охвата отрицательных аномалий: в Европе - март (Центральная и Восточная Европа, Западная Сибирь, вся Северная Африка); в Северной Америке - апрель (вся территория континента, кроме Мексики и п-ва Лабрадор), в Южной Америке: в течение всего сезона на 5-6% станций средняя за месяц температура ниже 5-го перцентиля (5%-экстремумы холода).

6. Тенденция к потеплению весенних сезонов в течение в 1976-2022 гг. подтверждается данными более 90% всех наземных наблюдений. Значительна и доля наблюдений с тенденцией к похолоданию (около 10%), но даже на 5%-м уровне статистически значимы лишь менее 1% этих оценок. Оценок с тенденцией к похолоданию в Северном полушарии более, чем в 3.5 раза меньше, чем в Южном.

7. Наиболее активное потепление (по площади охвата, и по интенсивности) отмечается в Евразии: положительный тренд охватывает всю территорию Евразии и часть северной территории Африки (до +1.4, +1.5 °C/10лет вдоль побережья Восточно-Сибирского моря и на Таймыре). При этом за сезон в целом в Евразии (кроме севера ЕЧР и Индии) тенденция к потеплению достоверна на 1%-м уровне значимости.

8. Отрицательные тренды 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. Наибольшая доля станций со значимыми (на 5% уровне)-отрицательными трендами-отмечена в Австралии (14.5% в мае), в Южной (5.3% в мае) и Северной (4.3% в апреле) Америке.

9. Из рассматриваемых регионов по-прежнему, потепление наиболее выражено в Арктике. Здесь из 157 наземных станций все 157 указывают на потепление; статистически значимых оценок на 5%-м уровне: в марте – 57%, в апреле – 87%, в мае - 72%.

10. Сравнение оценок глобальных трендов в разных подгруппах и категориях данных позволяет заключить:

- как правило, глобальное потепление *над сушей протекает быстрее*, чем над океанами, *в Северном полушарии активнее*, чем в Южном, и *в последние 40-50 лет ускорилось* в сравнении с минувшим столетием;

- единственное исключение: в течение 1923-2022 гг. потепление весенних (как и зимних) сезонов на поверхности океанов протекало заметно активнее не в Северном полушарии, а в Южном! И эта особенность относится не ко всему столетию, а к его первой половине, точнее 1923-1975 гг., то есть *потепление зимне-весенних сезонов действительно началось в Южном полушарии!*

- В рамках одного полушария коэффициент ускорения современного потепления относительно 100-летнего *примерно одинаков для континентов и океанов*, но в Северном полушарии он примерно в полтора раза выше, чем в Южном.