

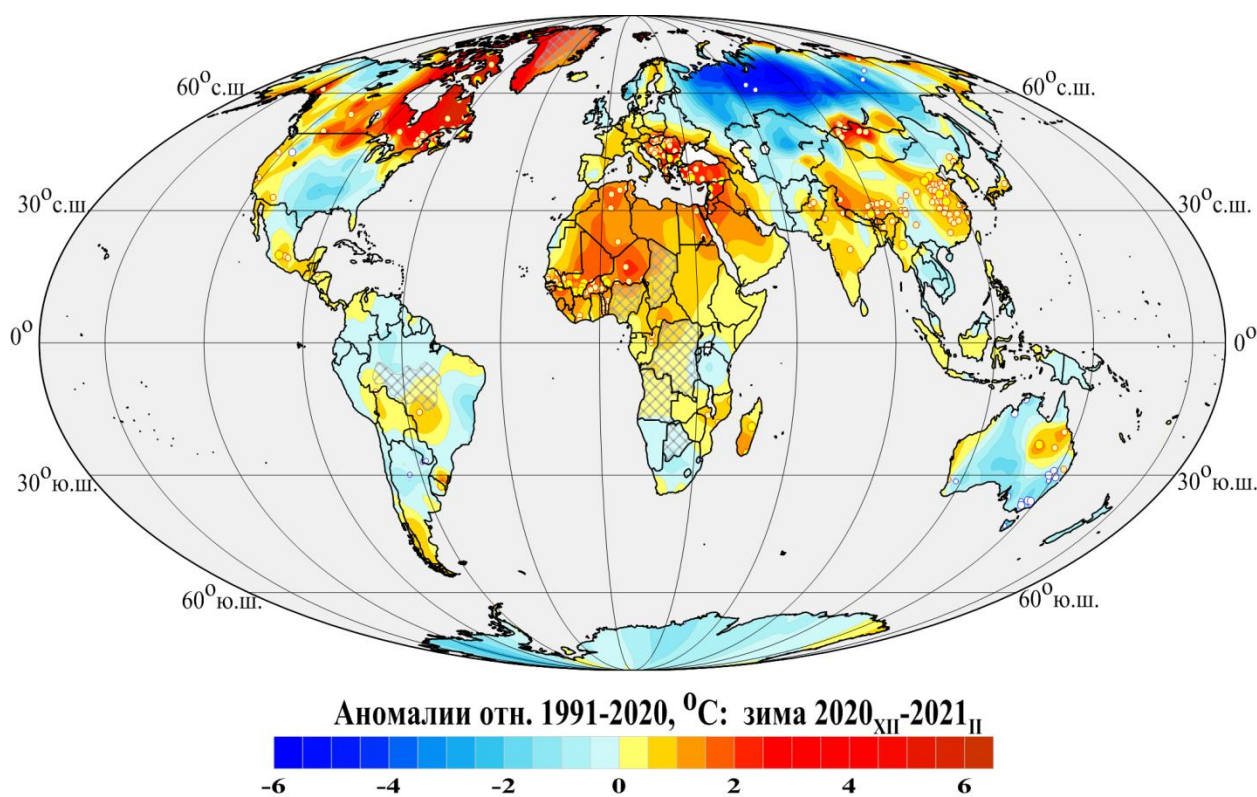
Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды

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

Бюллетень мониторинга изменений климата Земного шара

Приземная температура

Зима 2020_{ХІІ}-2021_{ІІ}



Москва 2021

СОДЕРЖАНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ	3
2. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ НАД СУШЕЙ ЗЕМНОГО ШАРА ЗИМОЙ 2020/21 гг. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ АНОМАЛИИ	4
3. ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ АНОМАЛИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ, ОСРЕДНЕННЫХ ПО КРУПНЫМ ТЕРРИТОРИЯМ НА СУШЕ ЗЕМНОГО ШАРА, (1911-2021 гг., зимний сезон)	9
4. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА СУШЕ ЗЕМНОГО ШАРА (1976-2021 гг., зимний сезон)	12
5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	15

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящем бюллетене представлены данные о климатических аномалиях температурного режима зимнего сезона 2020-2021 годов у поверхности суши земного шара и обновленные (с учетом этих данных) оценки тенденций в его изменении в течение 2076–2021 гг. Оценки приведены для сезона в целом и каждого из месяцев (декабрь, январь, февраль). Бюллетень подготовлен в рамках оперативного мониторинга климата GCCM (Global Climate Change Monitoring) в ФГБУ «ИГКЭ»¹ с использованием данных метеорологических наблюдений о среднемесячной температуре приземного воздуха на 3288 наземных станциях земного шара (массив Т3288, данные ИГКЭ; массив сформирован и ежемесячно пополняется в процессе оперативного мониторинга на основе сводок КЛИМАТ, СИНОП).

Бюллетень выпускается с 2016 года. В данном бюллетене впервые все основные оценки приводятся в аномалиях температуры относительно базового периода 1991–2020 гг. Кроме того, в текущем выпуске отсутствует анализ данных Великобритании (HadCRUT.4.6.0.0 (суша+море), CRUTEM.4.6.0.0 (только суша) и HadSST.3.1.1.0 (только море)), поскольку эти данные за февраль 2021 г. не опубликованы изготовителем. Таким образом, все представленные в бюллетене оценки получены только по данным массива Т3288 и *относятся только к суше Земного шара*.

О базовом периоде 1991-2020 гг. На рисунке 1.1 приведен ход аномалий

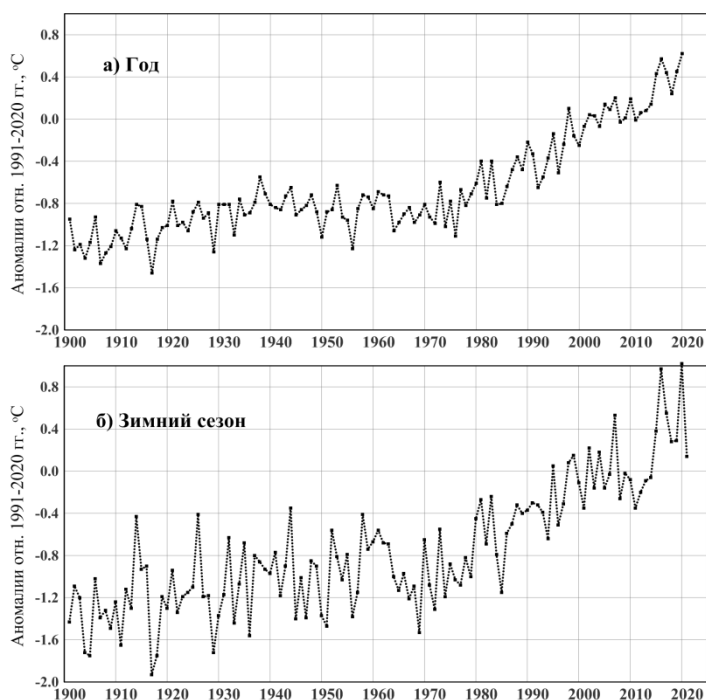


Рисунок 1.1 – Аномалии температуры приземного воздуха над сушей Земного шара, в среднем за год (а) и за зимний сезон (б). Базовый период: 1991-2020 гг.

глобальной средней годовой и сезонной (зима) температуры приземного воздуха над сушей Земного шара. Аномалии рассчитаны как отклонения от климатической нормы последнего 30-летия (1991–2020 гг.). Это значит, что они будут отражать отличие текущего климата (приземной температуры) от климата начала XXI столетия.

Отметим (рис. 1.1), что последнее 30-летие (1991–2020 гг.) – самое теплое с 1901 г. Поэтому все значения рассматриваемого ряда (рис.1), в сравнении с аномалиями относительно любого другого 30-летия, уменьшились по величине аномалий, и все значения до 1991 г. стали отрицательными. В будущем, после 2020 г., осуществление

отрицательных аномалий можно будет рассматривать как определенный сигнал возможного ослабления глобального потепления.

¹ Решение Центральной методической комиссии по гидрометеорологическим и геологофизическим прогнозам от 21 декабря 2016 г. – <http://method.meteorf.ru>

В ходе зимних температур базового 30-летия выделяется 7-летний период между двумя температурными рекордами: $+0.53^{\circ}\text{C}$ в 2007 г. и $+0.97^{\circ}\text{C}$ в 2015-2016 г. В 2008 г. сезонная аномалия температуры упала до -0.26°C и вплоть до 2015 г. колебалась между -0.35 и -0.02°C . Этот период вызвал бурную дискуссию в мировом научном сообществе о «паузе» и даже окончании глобального потепления, которая утихла после 2015 г., но не прекратилась до сих пор. Дальнейшая динамика потепления оказалась не менее драматичной (табл. 1.1): за рекордом $+0.97^{\circ}\text{C}$ (2016 г.) последовало снижение температуры до $+0.28^{\circ}\text{C}$ (2018 г.), через год – резкий скачок к новому рекорду 1.02°C (2020 г.), завершившийся еще более резким откатом к отметке $+0.14^{\circ}\text{C}$ (2021 г.). В результате, нынешний зимний сезон стал самым холодным за последние семь лет, а самым теплым сезоном за период наблюдений для Земного шара в целом стала зима 2019/20. Для суши Северного полушария рекордные годы те же (они и обеспечили соответствующие рекорды по Земному шару), а в Южном полушарии самой теплой зимой осталась зима 2015/16.

Таблица 1.1 – Динамика изменения приземной температуры зимнего сезона, в среднем по территории суши Земного шара и полушарий, 2014-2021 гг.

Год (зимний сезон)	Аномалия температуры, $^{\circ}\text{C}$ (Т32886 ИГКЭ)			Изменение относительно прошлого года, $^{\circ}\text{C}$		
	ЗШ	СП	ЮП	ЗШ	СП	ЮП
2014	-0.063	-0.109	0.041	0.030	0.129	-0.202
2015	0.381	0.487	0.124	0.444	0.596	0.083
2016	0.966	1.142	0.563	0.585	0.655	0.439
2017	0.551	0.662	0.290	-0.415	-0.480	-0.273
2018	0.276	0.316	0.183	-0.275	-0.346	-0.107
2019	0.288	0.224	0.445	0.012	-0.092	0.262
2020	1.021	1.269	0.425	0.733	1.045	-0.020
2021	0.140	0.241	-0.102	-0.881	-1.028	-0.527

Представляется, что, учитывая колебательный характер наблюдаемых изменений температуры, полезно напомнить вывод из экспериментов 2013 г. (ОД2, 2014): *«10-летние паузы возникают, по крайней мере, дважды за столетие только вследствие внутренних флуктуаций, тогда как возникновение пауз длительностью 20 и более лет без каких-либо изменений внешних «форсингов» (за счет только естественной, внутренней изменчивости) маловероятно».*

2. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ НАД СУШЕЙ ЗЕМНОГО ШАРА ЗИМОЙ 2020/21 гг. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ АНОМАЛИИ

Зимний сезон 2020/21 стал одиннадцатым теплым сезоном в целом для территории суши Земного шара, восьмым – для суши Северного полушария и лишь 24-м – для суши Южного полушария. Самым теплым зимним сезоном в целом по Земному шару и в Северном полушарии осталась зима 2020 г., в Южном полушарии – зима 2016 г. (подробнее – см. табл. 2.1)

Таблица 2.1 – Пять самых теплых зимних сезонов для Земного шара и полушарий по данным массива T3288: сезонная аномалия VT и год наблюдения

ЗШ			СП			ЮП		
Ранг	VT, °C (зима)	Год	Ранг	VT, °C (зима)	Год	Ранг	VT, °C (зима)	Год
1	1.021	2020	1	1.269	2020	1	0.563	2016
2	0.966	2016	2	1.142	2016	2	0.445	2019
3	0.551	2017	3	0.696	2007	3	0.425	2020
4	0.526	2007	4	0.662	2017	4	0.348	1998
5	0.381	2015	5	0.487	2015	5	0.290	2017
11	0.140	2021	8	0.241	2021	24	-0.102	2021

Примечание. В последней строке приведены оценки текущего зимнего сезона 2020/21 гг.

Сезонные аномалии. Самое общее представление о температурных условиях на суше Земного шара дают оценки аномалий, осредненных по крупным территориям: Земной шар, полушария и каждый из континентов (табл. 2.2). В частности, в таблице 2.2 приведены регионально осредненные значения аномалий (в абсолютной и вероятностной шкале), а в таблице 2.3 обобщены локальные оценки сезонных аномалий в виде их частотных распределений по регионам и степени экстремальности. Дополнительно на рисунке 2.1 приведено географическое распределение локальных аномалий в виде поля изолиний, на фоне которых показано местоположение локальных экстремумов, положительных и отрицательных, абсолютных (рекордно высокие/низкие значения) и 5%-х (значения не больше 5-го или не меньше 95-го перцентилей).

Таблица 2.2 – Аномалии температуры приземного воздуха, осредненные по территории суши Земного шара, полушарий и каждого континента зима 2020/21 гг. (в среднем за сезон и в каждом из месяцев)

Регион	Зима		Декабрь		Январь		Февраль	
	vT	F%	vT	F%	vT	F%	vT	F%
IGCE-T3288 (суша)								
Земной шар	0.14	91	0.26	93	0.23	94	-0.08	84
Северное полушарие	0.24	94	0.34	92	0.38	94	0.00	86
Южное полушарие	-0.10	79	0.05	86	-0.13	76	-0.27	62
Северная Америка	0.64	91	1.51	96	2.7	99	-2.25	19
Евразия	-0.33	76	-0.49	63	-0.78	56	0.27	86
Южная Америка	-0.08	76	0.12	89	-0.2	66	-0.23	56
Африка	0.77	99	0.89	100	0.93	99	0.36	92
Австралия	-0.50	41	-0.24	54	-0.47	56	-0.88	21
Антарктида	-0.87	14	-0.71	20	-0.98	13	-0.91	23
Европа	-0.52	61	0.59	78	-0.19	63	-1.95	38
Азия	-0.32	76	-0.78	46	-1.01	44	0.82	91

Условные обозначения.

1. vT, °C – наблюдаемая аномалия (базовый период 1991-2020 гг.);
2. F% – значение эмпирической функции распределения $F(vT) = \text{prob}(X \leq vT)$ по данным за 1911-2020 гг. (вероятность не превышения)
3. Красным жирным шрифтом выделены 5%-экстремумы тепла ($F \geq 95\%$), синим - отрицательные аномалии, в т.ч. жирным - значения ниже моды распределения ($F \leq 50\%$)

В соответствии с данными таблицы 2.2, зимой 2020/21 гг. сезонная аномалия температуры составила в среднем по территории, на суше Земного шара, Северного и Южного полушарий +0.14, +0.24 и -0.10 °С, соответственно. При этом на суше Южного полушария аномалия среднемесячной температуры была отрицательной в январе и феврале.

Таблица 2.3 – Частотное распределение локальных сезонных аномалий на крупных территориях Земного шара зимой 2020/21 гг. по данным массива Т3288 (все значения приведены в процентах от N)

Регион	Всего станций N	Аномалии (отн. 2091-2120 гг.)			5%-е экстремумы холода/тепла		Абсолютные экстремумы	
		V < 0	V = 0	V > 0	$V \leq P_{05}$	$V \geq P_{95}$	V = min	V = max
Земной шар	2578	45.1	4.0	50.9	1.0	11.2	0.5	2.2
С. полушарие	2176	42.9	3.4	53.6	0.3	12.3	0.1	2.3
Ю. полушарие	403	56.6	7.2	36.2	4.5	5.7	2.7	1.7
С. Америка	432	33.3	2.8	63.9	0.5	13.7	0.5	3.0
Евразия	1461	51.2	2.9	45.9	0.3	8.8	-	1.2
Ю. Америка	144	53.5	9.7	36.8	2.1	3.5	-	0.7
Африка	134	11.2	0.7	88.1	-	37.3	-	9.7
Австралия	145	71.7	6.9	21.4	9.7	4.1	7.6	0.7
Антарктида	18	61.1	-	38.9	-	5.6	-	-
Европа	523	55.8	3.1	41.1	-	6.3	-	1.1
Азия	947	48.6	2.9	48.6	0.5	10.1	-	1.2

Условные обозначения:

1. $V < 0$, $V = 0$, $V > 0$ – категории среднегодовых аномалий
2. P_{05} , P_{95} – 5-я и 95-я процентиля (рассчитаны по данным 1911-2021 гг.
3. $\min$, $\max$ – наименьшее и наибольшее значения с 1911 г.

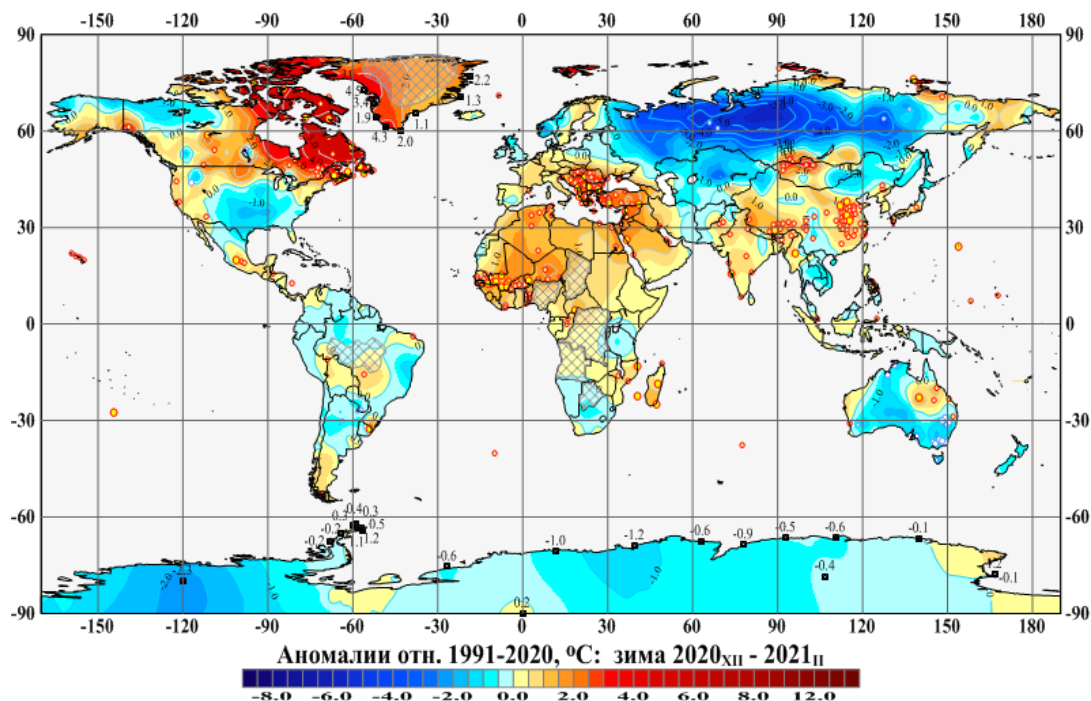


Рисунок 2.1 – Пространственное распределение сезонных аномалий температуры (°С) на суше Земного шара зимой 2020/21 гг. Аномалии приведены в отклонениях от средних за 1991-2020 гг. Кружками белого (желтого) цвета указано положение станций с рекордными значениями аномалий (минимумы/максимумы). Значками меньшего размера указано положение 5%-х экстремумов того же знака. Области отсутствия наблюдений заштрихованы. Показаны числовые значения аномалий на станциях Антарктиды и Гренландии.

Из континентов выделяются Африка и Северная Америка, где сезон был теплее климатической нормы (табл. 2.2, 2.3). При этом в Африке теплыми были все месяцы сезона (первые два месяца – экстремально теплыми), а в Северной Америке первые два месяца также были экстремально теплыми, тогда как февраль – холодным (вероятность непревышения 19%; это самый холодный февраль после 1985 г.). Теплым континентом была также Азия (и, как следствие, в целом Евразия) в феврале. На остальных континентах зима была относительно холодной (табл. 2.2, 2.3, рис. 2.1): в среднем за сезон и практически во все месяцы средняя температура была ниже климатической нормы на всех континентах, кроме февраля в Азии и Евразии.

Локализация аномалий точнее прослеживается на рисунке 2.1. Области наиболее интенсивных положительных аномалий: восток Канады и Гренландия в Северной Америке, северная Африка, южные регионы Евразии (Средиземноморье, Китай, юго-восточная Азия и др.). Особенно обширная область интенсивных отрицательных аномалий охватила всю северную территорию Евразии (Россия, Казахстан: аномалии до -5.5°C , с многочисленными 5%-и экстремумами). Менее интенсивные отрицательные аномалии отмечаются в Северной Америке (на востоке США и на севере Канады) и на всех континентах Южного полушария: в Антарктиде (вся территория, аномалии до -2.6°C в западном секторе); в Австралии (5%-е экстремумы на 10% станций); в Южной Америке (аномалии до -1.5°C), на юге Африки.

Отметим, что, поскольку оценки аномалий в натуральной шкале зависят от базового периода, более реалистичной оценкой аномальности (относительно всей совокупности данных) является вероятность непревышения F , а более реалистичным критерием «холодного» сезона - $F \leq 50\%$ (в таблице 2.2 такие отрицательные аномалии выделены жирным шрифтом). Этому критерию по сезонным оценкам отвечают лишь континенты Южного полушария – Австралия и Антарктида (отсюда – отрицательная аномалия (-0.10°C) для суши Южного полушария).

Внутрисезонная изменчивость среднемесячной температуры. Изменения температуры внутри сезона, от месяца к месяцу, глобально видны уже из региональных оценок (табл. 2.2, 2.4), но нагляднее и полнее представлены на рисунке 2.2.

Таблица 2.4 - Доля 5%-х экстремумов холода/тепла на континентах Земного шара в отдельные месяцы зимнего сезона 2020/21 гг. по данным массива T3288 (все значения приведены в процентах от N)

Регион	Всего станций N	Декабрь 2120		Январь 2021		Февраль 2021	
		$V < P_{05}$	$V \geq P_{95}$	$V < P_{05}$	$V \geq P_{95}$	$V < P_{05}$	$V \geq P_{95}$
Земной шар	2566	1.4	9.6	1.6	9.9	3.5	14.7
С. полушарие	2174	1.2	9.9	1.3	10.6	3.1	16.7
Ю. полушарие	393	2.3	8.1	3.1	6.1	5.9	4.2
С. Америка	428	0.5	13.6	0.5	22.0	8.4	2.6
Евразия	1463	1.7	6.1	1.8	4.2	2.1	19.8
Ю. Америка	146	-	3.4	-	2.3	2.9	3.6
Африка	131	-	33.6	0.7	38.7	0.0	21.6
Австралия	135	6.7	9.6	7.0	6.3	11.5	2.6
Антарктида	17	-	5.9	5.6	-	5.6	-
Европа	525	0.4	13.5	1.0	1.3	4.8	3.6
Азия	947	2.6	1.9	2.3	5.9	0.6	28.5

Условные обозначения: См. табл. 2.3

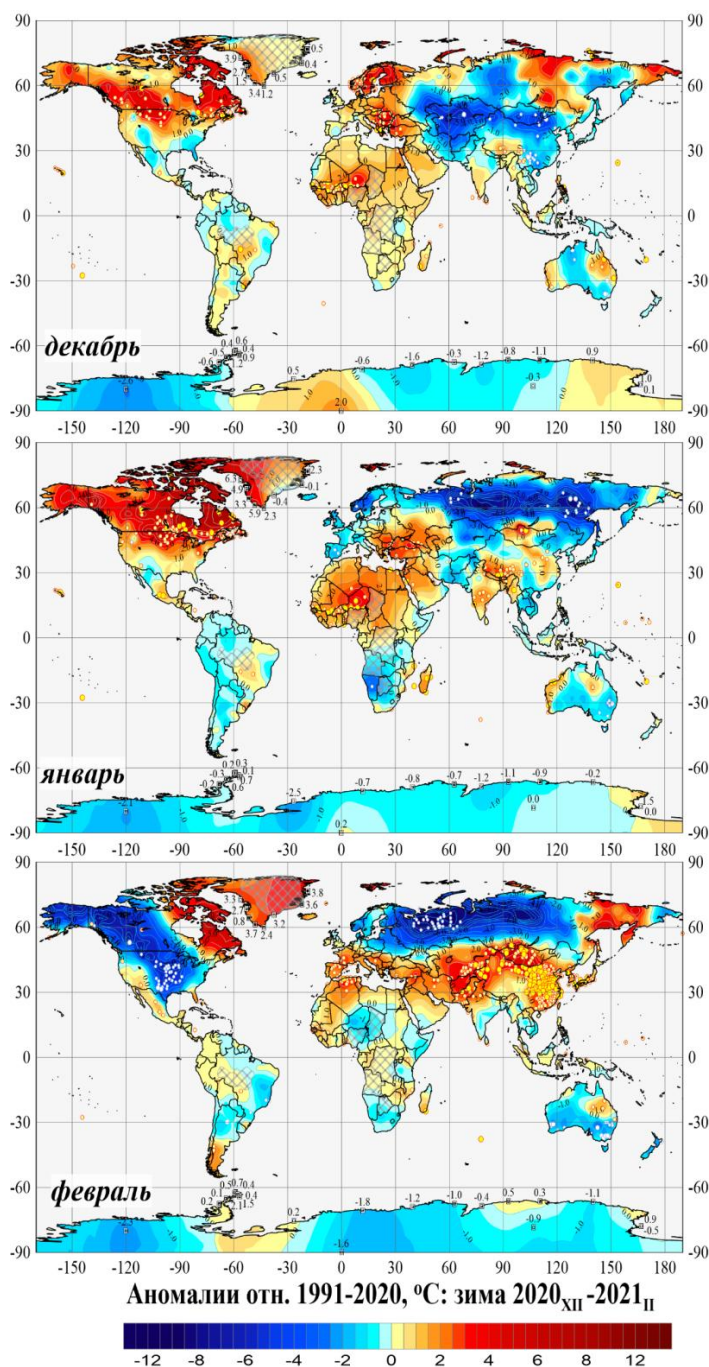


Рисунок 2.2 –См. рис. 2.1, но для средних месячных аномалий, декабрь 2020-февраль 2021

отрицательными аномалиями.

Таким образом, региональные особенности температурного режима истекшей зимы хорошо прослеживаются на рисунке 2.1, уточняются оценками в таблице 2.3 и существенно дополняются особенностями отдельных месяцев по рис.2.2 и табл.2.4.

По глобальным оценкам (табл. 2.2), самый теплый месяц – декабрь, самый холодный – февраль.

Распределение аномалий в январе очень похоже на декабрьское, но в январе (в сравнении с декабрем) отмечается усиление аномалий на всех северных континентах (положительных – в Северной Америке и Африке, отрицательных – в Евразии) и их продвижение на север. В Южном полушарии в январе на всех континентах – отрицательные аномалии, более интенсивные – в Африке.

Февраль – месяц еще более сильных контрастов: оба северных континента заняты (каждый!) двумя крупными областями противоположных аномалий с многочисленными экстремумами. В Северной Америке они вытянуты с северо-запада на юго-восток; в Евразии – зонально. В Америке: интенсивные отрицательные аномалии (на западе) охватывают Аляску, почти всю материковую часть Канады и почти всю территорию США (кроме небольшой области на юго-западном побережье Тихого океана); остальная территория Канады и Гренландия (на востоке) – в области положительных аномалий. В Евразии граница проходит примерно вдоль параллели 45-50 °с.ш.: севернее - отрицательные аномалии (до ~140 °в.д.), южнее – положительные. В Австралии и Антарктиде почти вся территория занята

3. ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ АНОМАЛИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ, ОСРЕДНЕННЫХ ПО КРУПНЫМ ТЕРРИТОРИЯМ НА СУШЕ ЗЕМНОГО ШАРА, 1911-2021 гг.

Глобально осредненные временные ряды для суши Земного шара, Северного и Южного полушарий (рис. 3.1) получены по стационарным данным T3288, по методике пространственно осреднения ИГКЭ. По всем трем рядам можно видеть резкое уменьшение температуры от 2020 года к 2021 (на 0.881, 1.028 и 0.527°C, соответственно – см. табл. 1.1), которое привело к уменьшению коэффициента тренда сразу на 0.01-0.02 °C/10лет.

Из сравнения интенсивности (средней скорости) потепления 1976-2021 гг. с потеплением за последние 100 лет (табл. 3.1) видно, что современное потепление зимних сезонов, в сравнении со столетним, ускорилось почти вдвое (1.80-1.95 раз).

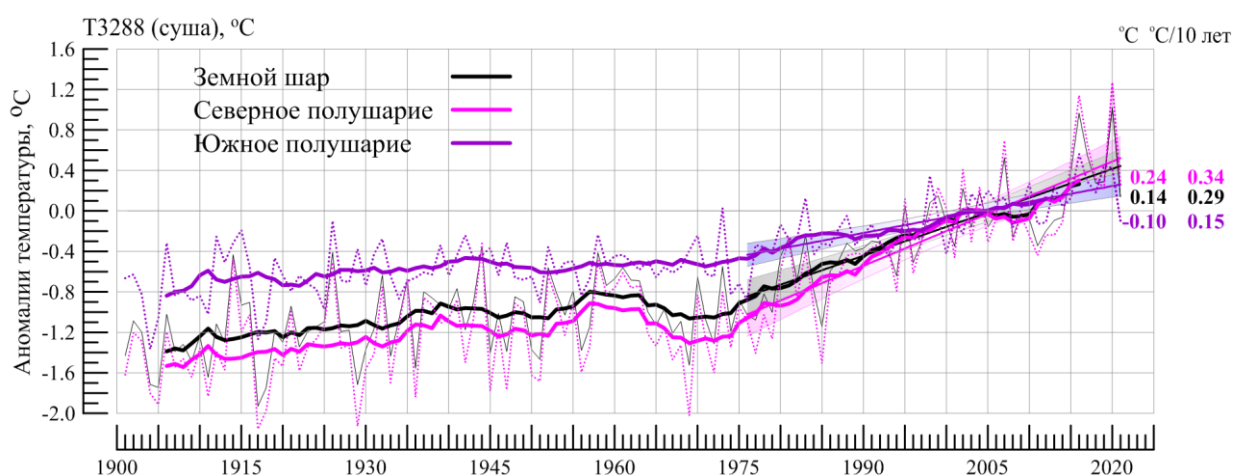


Рисунок 3.1 – Временные ряды сезонных аномалий приземной температуры (зима), осредненных по территории Земного шара, Северного и Южного полушарий: по данным ИГКЭ, 2001-2121: T3288, суша.

Для всех рядов показан ход 11-летних скользящих средних и линейный тренд за 2076-2121 гг. с 95% доверительным интервалом. Справа приведены числовые значения сезонных аномалий в 2121 г. и значения коэффициентов линейного тренда за 2076-2121 гг. (°C/10лет, зима).

Таблица 3.1 - Коэффициенты линейного тренда (°C/10 лет) глобальных временных рядов приземной температуры за 2076-2121 гг. и 1922-2021 гг., зимний сезон

Регион	1976-2021				1922-2021			
	Зима	XII	I	II	Зима	XII	I	II
<i>T3288-ИГКЭ (суша)</i>								
Земной шар	0.286	0.279	0.291	0.290	0.154	0.137	0.156	0.169
Северное полушарие	0.344	0.329	0.345	0.359	0.176	0.153	0.176	0.200
Южное полушарие	0.155	0.167	0.167	0.135	0.086	0.087	0.098	0.077

Временные ряды для континентов Земного шара (рис. 3.2, 3.3, 3.4) рассчитаны по методике ИГКЭ по данным стационарных наблюдений T3288 (для шести континентов и для Европы и Азии отдельно). Данные до 1911 г. не приводятся, т.к. представляются недостаточно полными и надежными. На всех временных рядах показаны тренды за

период 1976-2021 гг., условно принятый за период современного глобального потепления.

Числовые оценки трендов для всех регионов приведены в табл. 3.2

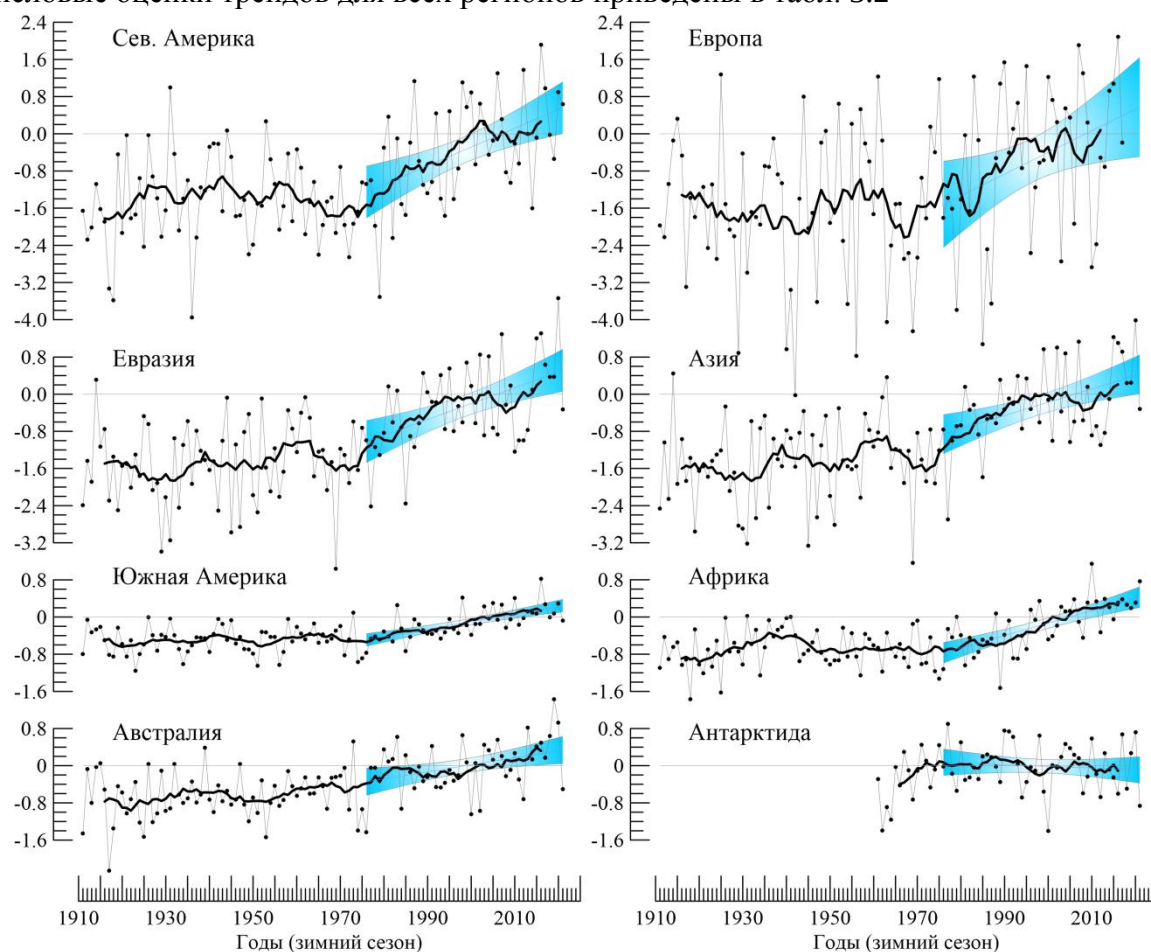


Рисунок 3.2 – Временные ряды пространственно осредненных аномалий приземной температуры зимнего сезона для континентов Земного шара.. Аномалии приведены в отклонениях от средних за 1991–2020 гг. Сглаженные кривые (жирная линия) получены 11-летним скользящим осреднением. Показан линейный тренд за 1976-2021 гг. с 95%-м доверительным интервалом (голубая заливка).

Таблица 3.2 – Коэффициенты линейного тренда аномалий приземной температуры, осредненных по территории континентов Земного шара, 1976-2021 гг., °C/10 лет (в среднем за зимний сезон и по месяцам)

Регион	Зима	Декабрь	Январь	Февраль
<i>T3288 (только суша)</i>				
Северная Америка	0.404	0.509	0.578	0.142 ₄₅
Евразия	0.341	0.246	0.295	0.482
Южная Америка	0.164	0.159	0.178	0.149
Африка	0.266	0.287	0.234	0.274
Австралия	0.152	0.153 ₇	0.249	0.068 ₃₆
Антарктида	-0.037 ₅₁	-0.058 ₄₉	-0.048 ₅₃	-0.008 ₉₉
Европа	0.541	0.527	0.497	0.594
Азия	0.286	0.174 ₁₂	0.239	0.448

Примечание. Оценки, приведенные без дополнительных отметок, статически значимы на 1%-уровне, отмеченные звездочкой – на 5%. Остальные оценки ($\alpha > 5\%$) затенены, а их уровень значимости указан в той же ячейке нижним индексом. Синим шрифтом выделены отрицательные значения (тенденция к похолоданию).

Как следует из табл. 3.2, Антарктида – единственный регион с отрицательным трендом (по модулю менее $0.06^{\circ}\text{C}/10$ лет). Вероятность ложного тренда выше 50%, т.е. обнаруженный отрицательный тренд – ложный, и гипотеза о наличии в Антарктиде тенденции к похолоданию зимних сезонов должна быть отвергнута. Однако, учитывая динамику оценок в последние годы, по-видимому, можно предположить, что такая тенденция намечается.

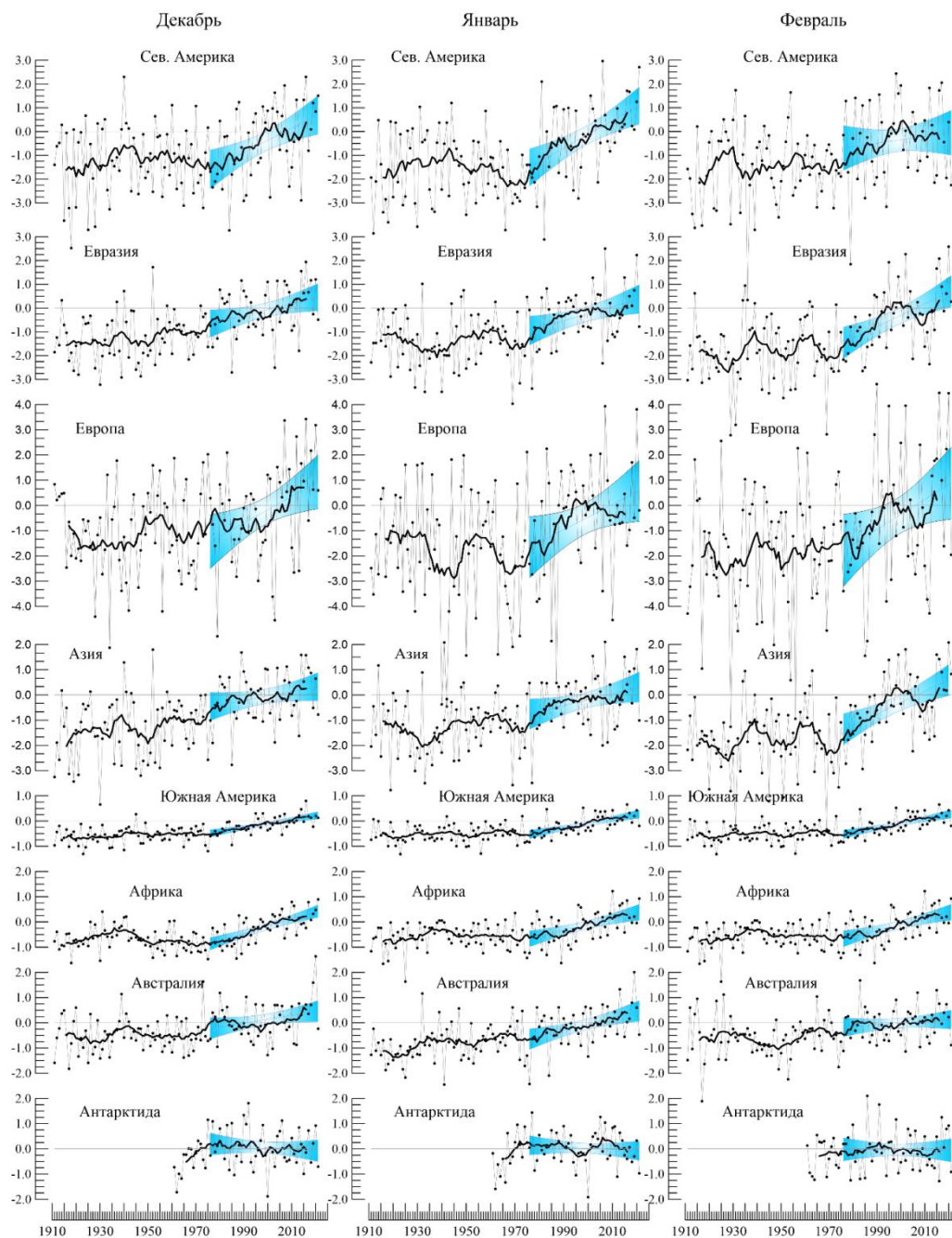


Рисунок 3.3 – См. рис. 3.2. но для аномалий зимних месяцев.

Во всех остальных регионах, в среднем по территории и за сезон, сохраняется тенденция к потеплению, статистически значимая на 1%-м уровне (притом, что месячные оценки для Северной Америки, Австралии, Азии менее надежны). Регион наиболее интенсивного потепления на суше – Европа ($0.54^{\circ}\text{C}/10$ лет в среднем за сезон). Более детально проследить многолетний ход приземной температуры в каждом регионе можно на рисунках 3.2, 3.3.

4. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА СУШЕ ЗЕМНОГО ШАРА (1976-2021 гг., зимний сезон)

Ниже представлены географические распределения коэффициентов линейного тренда приземной температуры на суше земного шара для зимнего сезона 1976-2021 гг. (рис. 4.1.) и отдельно для каждого месяца (рис. 4.2). Использованы данные наблюдений на 2551 станциях массива T3288. В таблице 4.1 приведено количественное распределение коэффициентов тренда в зависимости от географического региона, направленности тренда и уровня значимости. В ячейках таблицы для каждого региона указано число реально учтенных данных (станций) в регионе и их доля в каждой анализируемой выборке.

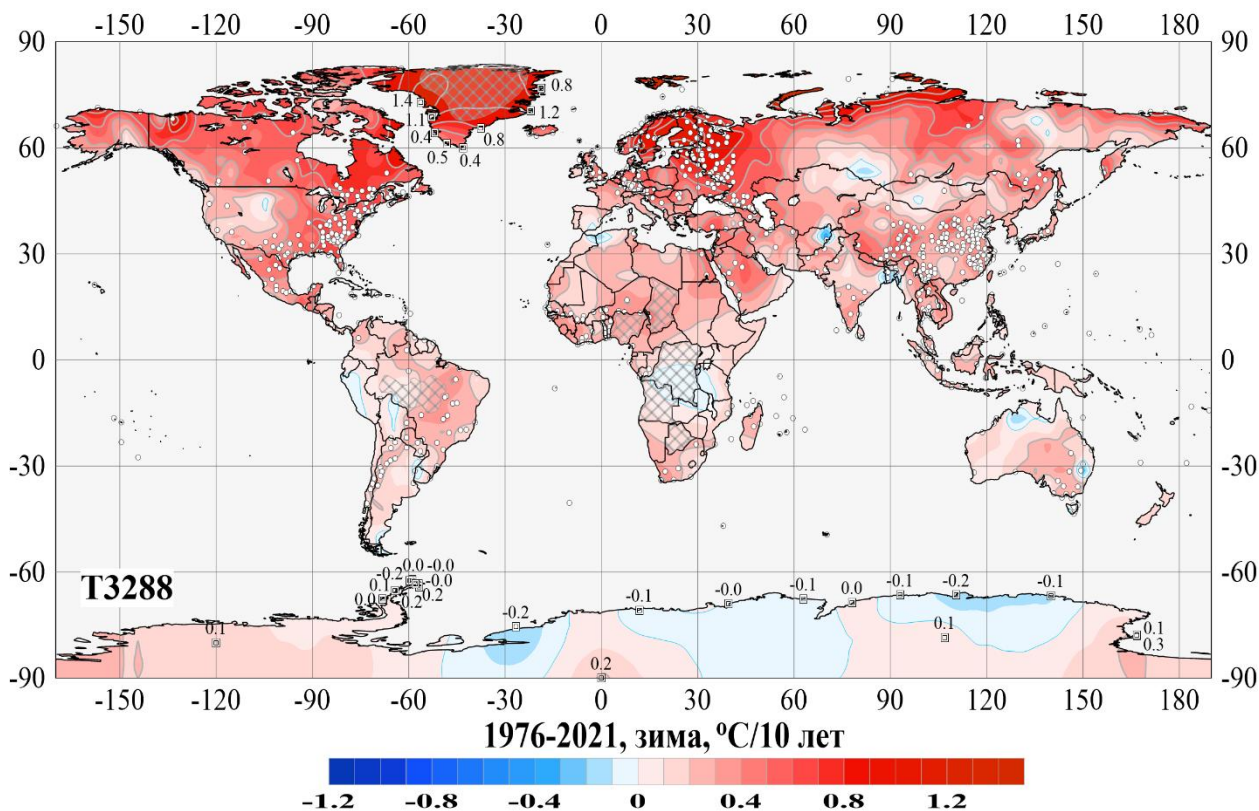


Рисунок 4.1 – Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда сезонных аномалий температуры над сушей Земного шара, 1976-2021 (зима, °C/10 лет)

Использованы станционные данные ИГКЭ: T3288. Штриховкой показаны области отсутствия наблюдений. Для станций Антарктиды и Гренландии приведены числовые значения коэффициентов тренда. Белыми кружками выделены станции, на которых тренд статистически значим на 1%-м уровне (с черной обводкой) или на 5%-м уровне (без обводки).

Потепление зимних сезонов наблюдается на большей части Земного шара: локальные положительные тренды составляют 93.5% (отрицательные - 6.1%) всех данных; из них статистически значимыми на 1%-м уровне оказались 34.6 и 0.2 %, соответственно (табл. 4.1).

Область наиболее интенсивных трендов охватывает Центральную и Восточную Европу, восточное побережье американских континентов, Китай, восточное побережье Австралии (рис. 4.1). В то же время на всех континентах отмечаются области статистически незначимого положительного тренда (наиболее обширные из них расположены в центре Евразии, в США, Южной Америке и на севере Австралии).

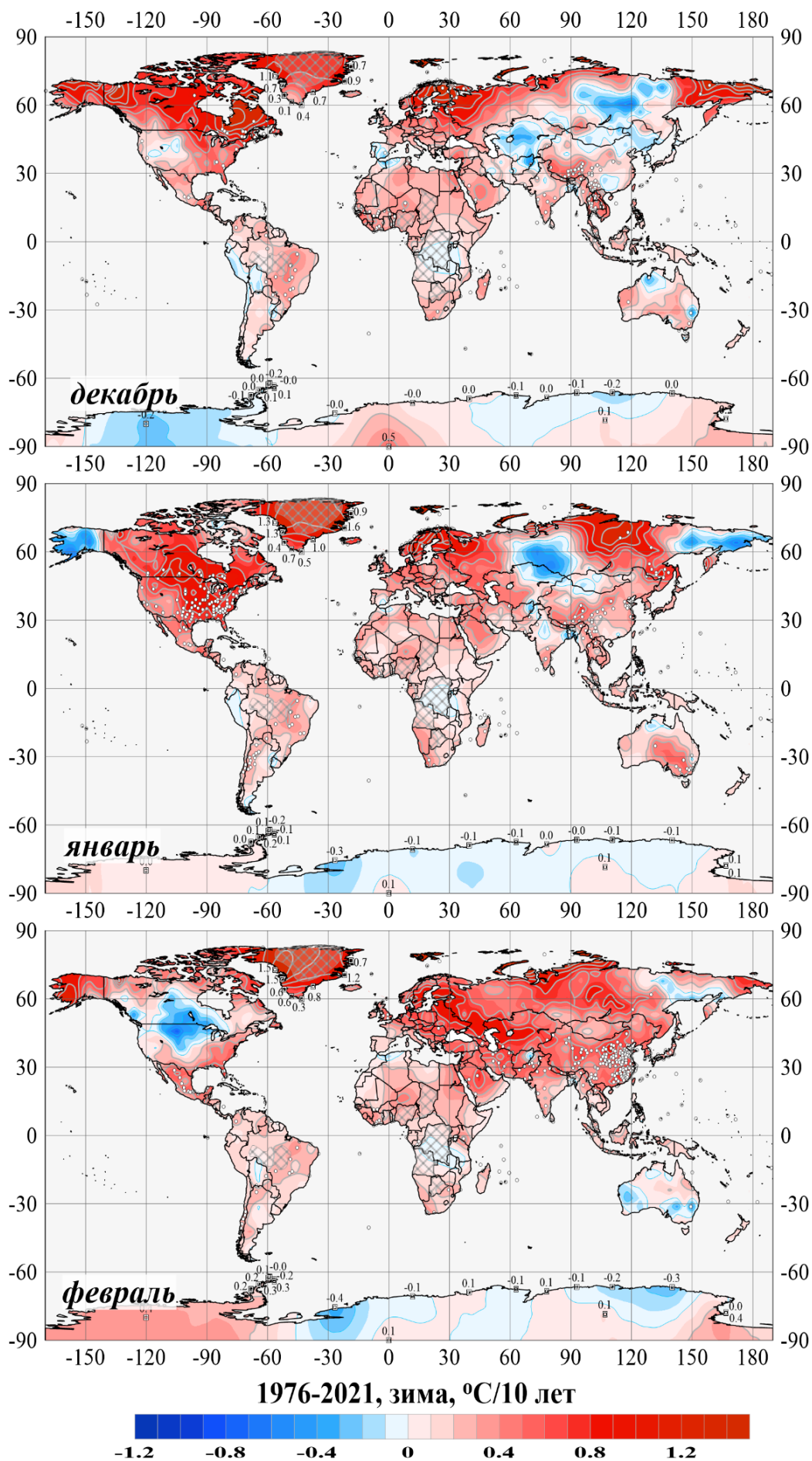


Рисунок 4.2 – См. рис. 4.1, но для среднемесячных аномалий

Таблица 4.1 – Распределение локальных оценок тренда за 1976-2021 гг. в зависимости от знака коэффициента тренда **b** и уровня значимости **a**

Регион	N	<i>b < 0</i>			<i>b = 0</i>	<i>b > 0</i>		
		<i>всего</i>	<i>α<=0.01</i>	<i>α<=0.05</i>		<i>всего</i>	<i>α<=0.01</i>	<i>α<=0.05</i>
Т3288 (только суша)								
Земной шар	2551	6.1	0.2	0.4	0.4	93.5	34.6	53.5
С. полушарие	2163	4.4	0.2	0.4	0.3	95.3	35.1	55.2
Ю. полушарие	389	15.7	-	-	1.0	83.3	31.9	43.7
С. Америка	428	2.6	-	-	-	97.4	38.3	54.2
Евразия	1459	4.7	0.3	0.4	0.2	95.1	30.6	52.6
Ю. Америка	142	14.1	0.7	0.7	0.7	85.2	33.8	47.2
Африка	127	13.4	-	1.6	0.8	85.8	44.1	59.1
Австралия	137	15.3	-	-	1.5	83.2	18.2	29.2
Антарктида	18	50.0	-	-	-	50.0	-	5.6
Европа	523	0.4	-	-	-	99.6	36.7	71.9
Азия	945	7.0	0.4	0.6	0.3	92.7	27.4	41.8

Примечание. Таблица обобщает распределение оценок на рис. 4.1. Процентное содержание рассчитано относительно N (N - общее количество станций/боксов).

Таблица 4.2 – Доля (в %) статистически значимых на 5%-м уровне оценок линейных трендов в крупных регионах *на суше* Земного шара в зимние месяцы 1976-2021 гг. (в зависимости от региона и знака тренда)

Регион	Декабрь 2020		Январь 2021		Февраль 2021	
	b < 0	b > 0	b < 0	b > 0	b < 0	b > 0
Земной шар	0.3	29.6	0.1	36.5	-	33.6
Северное полушарие	0.3	29.1	0.1	35.8	-	35.2
Южное полушарие	0.3	32.4	-	40.2	-	24.7
Северная Америка	-	34.1	-	62.4	-	15.8
Евразия	0.3	22.2	0.1	24.4	-	38.1
Южная Америка	0.7	27.8	0.8	43.1	-	29.6
Африка	0.8	56.6	-	38.3	-	35.5
Австралия	0.8	25.8	-	34.6	-	6.2
Антарктида	-	5.9	-	-	-	11.1
Европа	0.2	32.0	-	22.0	-	32.7
Азия	0.4	16.5	0.1	25.8	-	40.9

Примечание. Таблица обобщает распределение оценок на рис. 4.2. Процентное содержание рассчитано относительно N (N - общее количество станций/боксов в регионе – см. табл. 1).

В пространственном распределении месячных трендов (рис. 4.2), как и сезонных, преобладает тенденция к потеплению. Наиболее интенсивное потепление отмечено в Северной Америке (в январе) и в Евразии (в феврале).

На всех континентах, в течение всего сезона, выделяются также и области отрицательного тренда (как правило, на сезонной карте им соответствуют области статистически незначимых положительных оценок). Наиболее значительные из них (до $-0.6^{\circ}\text{C}/10$ лет) наблюдались в Северной Америке и Сибири. В декабре они отмечены на территории Дальнего Востока и в Средней Азии, в январе – в Сибири, на Аляске и Чукотке, в феврале – в центре Северной Америки. Практически все они статистически не значимы даже на 10%-уровне. Более детально эти данные представлены в таблице 4.2.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Аномалия температуры приземного воздуха зимнего сезона 2020/21 гг., в среднем по территории суши Земного шара, Северного и Южного полушарий, составила +0.14, +0.24 и -0.10 °С, соответственно (11-, 8-, 24-я величины в соответствующих рядах). При этом на суше Южного полушария аномалия среднемесячной температуры была отрицательной в январе и феврале.

В среднем за зимний сезон на территории суши Земного шара доля положительных аномалий температуры составила 50.9%, отрицательных – 45.1%. При этом из континентов теплее климатической нормы сезон был только в Африке (декабрь – рекордно теплым) и в Северной Америке. Области наиболее интенсивных положительных аномалий: восток Канады и Гренландия в Северной Америке, северная Африка, южные регионы Евразии (Средиземноморье, Китай, юго-восточная Азия и др.).

На остальных континентах зима была относительно холодной: в среднем за сезон и практически во все месяцы (кроме февраля в Азии и Евразии). Особенно интенсивные отрицательные аномалии сохранялись в течение всего сезона на севере и в центре Евразии (Россия, Казахстан: аномалии до -5.5°С, с многочисленными 5%-и экстремумами) и в феврале в Северной Америке. Крупные области с отрицательными аномалиями температуры (но меньшей интенсивности) наблюдались в Антарктиде, Австралии и Южной Америке.

На большей части Земного шара продолжается потепление зимних сезонов: положительные тренды составляют 93.5% всех данных, отрицательные – менее 6.1% (из них 0.23% статистически значимы на 1%-м уровне). Область наиболее интенсивных трендов: Европа и Китай в Евразии, США – в Северной Америке, восточное побережье Южной Америки и Австралии. Локальные тренды для зимнего сезона (1976-2021) достигают 1.2-1.5°С/10 лет. Современное потепление зимних сезонов ускорилось по сравнению со 100-летним почти вдвое (1.80-1.95 раз).