

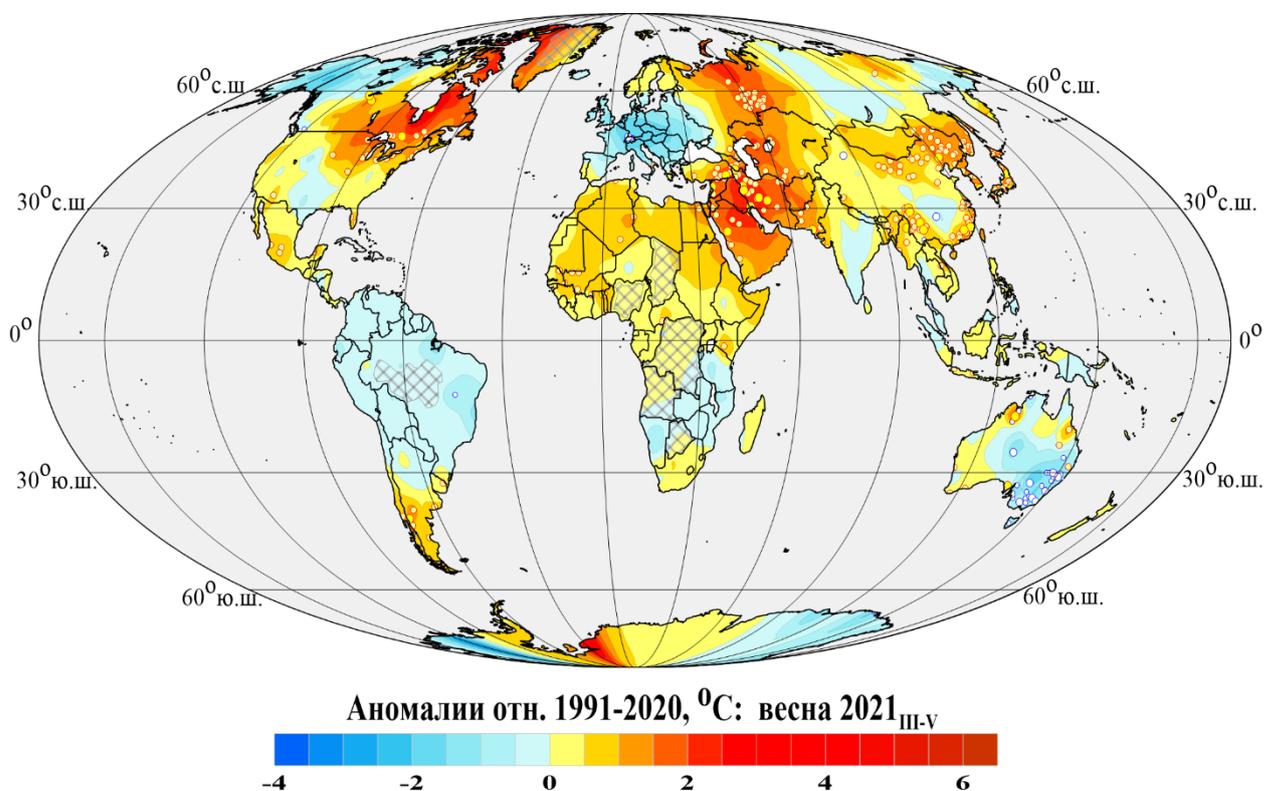
Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

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

Бюллетень мониторинга изменений климата Земного шара

Приземная температура

Весна 2021



Москва 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ^{1,2}

1. ВВЕДЕНИЕ	3
2. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ НАД СУШЕЙ ЗЕМНОГО ШАРА ВЕСНОЙ 2021 года. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ АНОМАЛИИ	7
3. КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗЕМНОГО ШАРА ЗА ПЕРИОД ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ 1850-2021 гг. (весенний сезон)	13
4. ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ РЕГИОНАЛЬНО ОСРЕДНЕННЫХ АНОМАЛИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ, 1911-2021 гг. (весенний сезон)	18
5. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА, 1976-2021 гг. (весенний сезон)	21
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/>

² На обложке приведено поле сезонных аномалий температуры приземного воздуха над сушей Земного шара: весна 2021 года. Используются стационарные данные ИГКЭ: Т3288.

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящем бюллетене представлены данные о климатических аномалиях температурного режима весеннего сезона 2021 года у поверхности земного шара и обновленные (с учетом этих данных) оценки тенденций в их изменении в течение 1976–2021 гг. Оценки приведены для сезона в целом и каждого месяца. Полный комплект оценок (суша, море, суша+море) приведен только для трех глобальных территорий: Земной шар (ЗШ), Северное (СП) и Южное (ЮП) полушария. Локальные и региональные оценки приведены только для континентов.

Бюллетень подготовлен в рамках оперативного мониторинга климата по разделу «приземная температура» в ФГБУ «ИГКЭ»³(система GCCM – Global Climate Change Monitoring). Информационную основу составляют данные метеорологических наблюдений о среднемесячной температуре приземного воздуха на 3288 наземных станциях земного шара (массив T3288 - данные ИГКЭ, ежемесячно пополняются средствами технологии мониторинга на основе сводок КЛИМАТ, СИНОП оперативного потока).

В соответствии с принятым регламентом⁴, параллельно в бюллетене приводятся оценки по данным о приповерхностной температуре на всей территории земного шара, включая континенты и океаны (до сих пор - по регулярно публикуемым данным метеослужбы Великобритании: массивы CRUTEM4 (только суша), HadSST3 (только море) и HadCRUT4 (суша+море)). В данном случае к моменту выпуска бюллетеня на сайтах метеослужбы Великобритании оказались опубликованы лишь данные по март 2021 года (данные за апрель и май 2021 г. отсутствовали), в связи с чем пришлось использовать аналогичные доступные данные Национального центра экологической информации США (NCEI.NOAA, USA)⁵.

В результате, данные о крупномасштабных особенностях глобального температурного режима над континентами и океанами представлены в данном выпуске глобально осредненными временными рядами для трех территорий (ЗШ, СП, ЮП) и трех категорий данных:

- температура приземного воздуха SAT (только суша – данные ИГКЭ и NCEI),
- температура поверхностного слоя воды SST (только море - данные NCEI) и
- комбинированная приповерхностная температура ST (суша+море – данные NCEI).

Отметим дополнительно, что данные NCEI охватывают период с января 1880 года по май 2021 г и используются без какой-либо корректировки. Сеточные данные NCEI в центрах 5-градусных боксов не используются. В бюллетене данные NCEI упоминаются как «данные NCEI/NOAA» или «данные NCEI».

В соответствии с рекомендацией WMO-No.1203 (2017 edition), все основные оценки приводятся в аномалиях относительно обновленного базового периода 1991-2020 гг.

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

⁴ О бюллетене GCCM (read me). URL: http://climatechange.igce.ru /index.php?option=com_docman &task=doc_download&gid=220 &Itemid=76&lang=ru.

⁵ <https://www.ncei.noaa.gov/data/noaa-global-surface-temperature/v5/access/timeseries/>

Сравнение глобальных временных рядов сезонных аномалий температуры приземного воздуха по данным ИГКЭ и NCEI/NOAA (только суша, весна). Близость рядов можно оценить визуально (рис. 1.1) и по количественным оценкам в таблице 1.1, где представлены статистики попарных разностей сравниваемых рядов за 1976-2021 гг. (период, условно принятый за период современного глобального потепления) для Земного шара, Северного и Южного полушарий. В левой части таблицы приведены статистики разности рядов ИГКЭ и NCEI ($\Delta = T_{3288} - NCEI$), а в правой, для сравнения, те же статистики для разности рядов ИГКЭ и Hadley/CRU ($\Delta = T_{3288} - CRUTEM4$) из весеннего бюллетеня 2020 г.

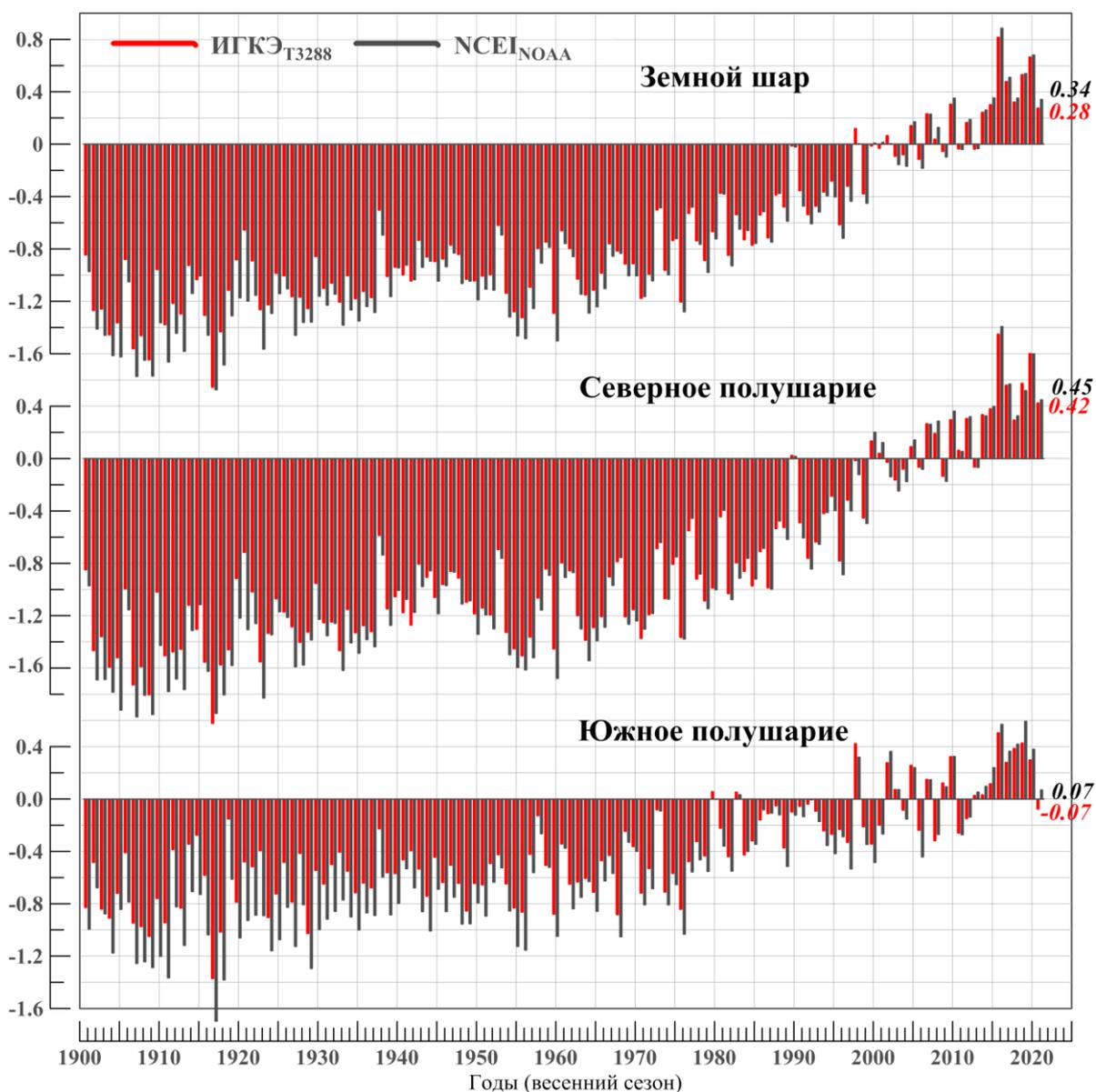


Рисунок 1.1 – Временные ряды пространственно осредненных сезонных аномалий температуры приземного воздуха над сушей Земного шара, Северного и Южного полушарий, весна, 1901-2021. *Использованы временные ряды, рассчитанные по данным массива T3288, и глобальные временные ряды NCEI.NOAA. Справа приведены числовые значения сравниваемых рядов в последней точке*

Значительные различия между данными ИГКЭ и NCEI, особенно в первой половине периода, видны уже визуально (рис. 1.1). В последние десятилетия различия между этими рядами заметно снизились. Однако, и в этот период глобальные ряды,

рассчитанные по данным ИГКЭ (Т3288), согласуются с данными NCEI хуже, чем с CRUTEM (особенно в Южном полушарии) – см. таблицу 1.2, где приведены результаты сравнения рядов температуры приземного воздуха (над сушей) по данным обоих источников (NCEI и CRUTEM4) на одном периоде. Здесь приведены: среднее квадратическое различие рядов и разность коэффициентов тренда для каждого календарного месяца и года в целом.

Таблица 1.1 – Оценки близости/различия глобальных временных рядов сезонных аномалий температуры приземного воздуха (SAT, весна) по данным ИГКЭ и NCEI (слева) и ИГКЭ и Hadley/CRU (справа), для суши Земного шара (ЗШ), Северного (СП) и Южного (ЮП) полушарий

Оценка	Т3288~NCEI, 1976-2021			Т3288~CRUTEM, 1976-2020		
	ЗШ	СП	ЮП	ЗШ	СП	ЮП
Корреляция рядов	0.99	0.99	0.98	1.00	1.00	0.99
Среднее различие, °C	0.02	0.01	0.03	0.01	0.01	0.00
СКО (сигма) различий, °C	0.06	0.06	0.09	0.03	0.02	0.03
Среднее абсолютное различие, °C	0.05	0.05	0.08	0.02	0.02	0.03
Макс. абсолютное различие, °C	0.12	0.12	0.20	0.09	0.08	0.10
Разность коэфф. тренда, °C/10лет	-0.02	-0.00	-0.04	0.01	0.01	0.00
СКО ИГКЭ (Т3288), °C	0.44	0.55	0.28	0.45	0.55	0.29
СКО NCEI/CRUTEM, °C	0.47	0.56	0.35	0.43	0.53	0.28

Таблица 1.2 – Сравнение глобальных временных рядов температуры приземного воздуха SAT (только суша): $\Delta = \text{NCEI} - \text{CRUTEM}$, 1976-2020 гг.

Месяц	Среднее квадратическое различие рядов, °C			Различие трендов, °C/10 лет		
	ЗШ	СП	ЮП	ЗШ	СП	ЮП
Январь	0.121	0.144	0.093	0.012	-0.008	0.032
Февраль	0.145	0.180	0.125	0.004	-0.028	0.042
Март	0.125	0.133	0.110	0.044	0.024	0.043
Апрель	0.094	0.111	0.104	0.022	0.002	0.038
Май	0.077	0.073	0.147	0.024	0.007	0.033
Июнь	0.063	0.064	0.098	0.021	0.011	0.024
Июль	0.065	0.071	0.111	0.027	0.023	0.017
Август	0.064	0.063	0.116	0.024	0.014	0.024
Сентябрь	0.073	0.063	0.143	0.030	0.012	0.062
Октябрь	0.095	0.097	0.140	0.035	0.014	0.064
Ноябрь	0.136	0.161	0.115	0.027	0.005	0.053
Декабрь	0.129	0.164	0.100	0.000	-0.024	0.030
Год	0.103	0.118	0.118	0.023	0.004	0.039

Отметим, что приведенные оценки (табл. 1.1, 1.2) по существу характеризуют степень неопределенности доступных данных о глобальной приземной температуре и, следовательно, точность базирующихся на них результирующих оценок и выводов.

Интересно проследить за динамикой приземной температуры весеннего сезона последних лет - от момента абсолютного максимума в 2016 г. В таблице 1.3 она

представлена в виде хода межгодовых разностей сезонных аномалий за шесть последних лет, в среднем по территории суши Земного шара и полушарий, по каждому из доступных массивов.

Таблица 1.3 – Межгодовые изменения приземной температуры весеннего сезона относительно весны экстремального 2016 года (в среднем по территории суши Земного шара и полушарий, °С)

Межгодовые разности	Данные T3288, °С (ИГКЭ)			Данные NCEI, °С		
	ЗШ	СП	ЮП	ЗШ	СП	ЮП
2016	0.815	0.950	0.505	0.884	1.008	0.570
2017-2016	-0.338	-0.390	-0.225	-0.374	-0.439	-0.205
2018-2017	-0.156	-0.266	0.106	-0.158	-0.243	0.053
2019-2018	0.209	0.280	0.041	0.187	0.193	0.175
2020-2019	0.134	0.228	-0.128	0.140	0.280	-0.213
2021-2020	-0.389	-0.378	-0.374	-0.338	-0.350	-0.310
2021-2016	-0.543	-0.559	-0.500	-0.540	-0.526	-0.580
2021	0.341	0.449	0.070	0.275	0.424	-0.075

Можно видеть, что в целом, происходящие в последние годы колебания глобальной температуры воспроизводятся двумя наборами данных примерно одинаково (табл. 1.3). В Северном полушарии (суша) двухлетнее «похолодание» 2017-2018 гг. сначала было, в значительной мере, скомпенсировано двухлетним «потеплением» 2019-2020 гг., но нынешняя более холодная весна 2021 г. полностью аннулировала резкое повышение температуры в 2016 и вернула температуру к уровню 2015 года. В Южном полушарии (суша) в 2017 г. наблюдалось «похолодание», затем два года (2018 и 2019) – слабое «потепление» и в 2020 и 2021 гг. – опять «похолодание», откатившее температуру к уровню нормы 1991-2020 гг. (пространственно осредненная температура над сушей Южного полушария, казалось, устойчиво пересекла эту отметку в 2013 г.).

2. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ШАРА ВЕСНОЙ 2021 ГОДА. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ АНОМАЛИИ

Весна 2021 года была *восьмым самым теплым весенним сезоном* по Земному шару в целом (т.е. в среднем по территории обоих полушарий), по всем четырем наборам данных: NCEI (суша+море), T3288 (только суша), NCEI (только суша) и NCEI (только море). Нынешней весне, по тем же наборам данных, в Северном полушарии соответствуют ранги: 6, 5, 5, 7, а в Южном – 11, 21, 15, и 11. Более детально все оценки (ранги и значения аномалий относительно 1991-2020 гг.) приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Самые теплые весенние сезоны по данным разных источников для Земного шара, Северного и Южного полушарий: 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)
NCEI (суша+море)						
1	0.477	2016	0.625	2016	0.327	2016
2	0.412	2020	0.582	2020	0.257	2019
3	0.331	2019	0.407	2019	0.239	2020
4	0.314	2017	0.395	2017	0.233	2017
5	0.231	2015	0.319	2015	0.153	1998
8, 6, 11	0.172₈	2021	0.302₆	2021	0.040₁₁	2021
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	0.321	2018	0.424	2021	0.324	2010
8, 5, 21	0.275₈	2021			-0.075₂₁	2021
NCEI суша)						
1	0.884	2016	1.008	2016	0.593	2019
2	0.679	2020	0.799	2020	0.57	2016
3	0.539	2019	0.569	2017	0.418	2018
4	0.51	2017	0.519	2019	0.38	2020
5	0.353	2015	0.449	2021	0.365	2017
8, 5, 15	0.341₈	2021			0.070₁₅	2021
NCEI (море)						
1	0.329	2016	0.447	2020	0.283	2016
2	0.313	2020	0.39	2016	0.214	2020
3	0.255	2019	0.338	2019	0.21	2017
4	0.243	2017	0.288	2017	0.195	2019
5	0.186	2015	0.271	2015	0.122	2015
8, 7, 11	0.110₈	2021	0.211₇	2021	0.034₁₁	2021

Особенности температурного режима на континентах Земного шара. Ниже, для крупных регионов Земного шара (континенты, полушария и Земной шар в целом) приведены значения регионально осредненных аномалий (табл. 2.2) и соответствующие частотные распределения точечных значений по знаку аномалий и степени экстремальности (табл. 2.3, 2.4). Аномалии рассчитаны в натуральной и вероятностной

шкалах, в том числе: отклонения от средней за 1991-2020 гг. и вероятности непревышения в ряду за 1911-2020 гг.

Особо отметим, что аномалии рассчитаны относительно самого теплого периода в ходе приземной температуры, в силу чего их распределение заведомо асимметрично. Условимся считать «*существенно отрицательными аномалиями*» лишь те из них, для которых вероятность непревышения не больше 50%.

Таблица 2.2 - Регионально осредненные значения аномалий приземной температуры (°C) на территории суши Земного шара и их вероятности непревышения весной 2021 г. (в среднем за сезон и в каждом из месяцев)

Регион	Весна		Март		Апрель		Май	
	<i>vT</i>	F%	<i>vT</i>	F%	<i>vT</i>	F%	<i>vT</i>	F%
ИГКЭ-Т3288 (суша)								
Земной шар	0.275	94	0.303	93	0.233	90	0.285	93
Северное полушарие	0.424	96	0.515	95	0.333	93	0.423	96
Южное полушарие	-0.075	82	-0.199	71	-0.001	84	-0.039	81
Северная Америка	0.367	91	1.118	93	0.205	79	-0.210	66
Евразия	0.502	94	0.512	91	0.241	91	0.755	98
Южная Америка	-0.142	74	-0.349	50	0.209	87	-0.273	50
Африка	0.347	93	0.022	84	0.532	97	0.521	96
Австралия	-0.553	47	-0.801	25	-0.793	44	-0.205	57
Антарктида	-0.782	29	-0.299	42	-1.554	18	-0.498	57
Европа	-0.048	78	-0.348	71	-0.160	70	0.391	82
Азия	0.651	95	0.789	92	0.335	88	0.824	99

Условные обозначения.

1. *vT*, °C – наблюдаемая аномалия весной 2021 года (базовый период 1991-2020 гг.);
2. F% – значение эмпирической функции распределения $F = \text{prob}(X \leq vT_{2021})$ по данным за 1911-2020 гг. (вероятность непревышения)
3. Синим шрифтом выделены *существенно* отрицательные аномалии ($F \leq 50\%$), красным шрифтом – значения, выше 95-перцентиля ($F \geq 95\%$)

По данным ИГКЭ (Т3288, табл. 2.3), весна 2021 г., в целом по территории суши Земного шара, была достаточно теплой (аномалия +0.28, вероятность непревышения 94%). При этом, в сравнении с предыдущей весной, температура понизилась на 0.38 °C (на 0.54 °C относительно экстремально теплого 2016 г.). Доля сезонных положительных аномалий в целом по Земному шару составила около 61% всех данных.

Основной вклад принадлежит континентам Северного полушария – Евразии (в основном, за счет Азии) и Африке, где температурные условия были близки к экстремально теплым: температура в апреле-мае превысила уровень 95-го перцентиля (5%-е экстремумы тепла) даже в среднем по территории континента. В Азии май – второй самый теплый после мая 2020 года. В целом по Северному полушарию, текущая весна отмечена как пятый самый теплый весенний сезон за период инструментальных наблюдений: доля положительных аномалий 65%, средняя по территории аномалия +0.423 °C, вероятность непревышения 96.4%.

Холоднее, чем в среднем, весна была на континентах Южного полушария – Южная Америка (март, май), Австралия и Антарктида (март-апрель). В целом по Южному полушарию (на суше), температура была ниже средней за последние 30 лет, как в среднем за сезон, так и в каждом из весенних месяцев.

Таблица 2.3 – Количество локальных экстремумов на территории
Земного шара весной 2021 г. по данным массивов T3288 и HadCRUT4
(все значения приведены в процентах от NN)

Регион	NN - число станций	Число значений в каждой категории (в % от NN)						
		Аномалии			5%-е экстремумы холода/тепла		Абсолютные экстремумы	
		$V < 0$	$V = 0$	$V > 0$	$X \leq P_{05}$	$X \geq P_{95}$	$X = \min$	$X = \max$
T3288 (суша)								
Земной шар	2623	33.7	5.5	60.8	1.4	11.8	0.6	1.8
С. полушарие	2198	30.2	4.9	65.0	0.3	13.0	0.1	2.0
Ю. полушарие	426	52.1	8.9	39.0	7.3	5.6	2.8	0.9
С. Америка	433	26.1	4.6	69.3	0.2	6.9	-	0.9
Евразия	1481	33.1	4.7	62.3	0.4	13.0	0.2	2.0
Ю. Америка	147	51.7	10.9	37.4	0.7	5.4	-	0.7
Африка	132	15.9	6.8	77.3	-	12.1	-	0.8
Австралия	170	72.4	4.1	23.5	17.1	4.7	7.1	1.8
Антарктида	18	33.3	5.6	61.1	5.6	5.6	-	-
Европа	537	49.5	3.0	47.5	0.4	1.9	0.2	-
Азия	953	23.9	5.6	70.5	0.4	19.3	0.2	3.0

Данные таблицы 2.3 уточняют приведенную характеристику сезона, в основном, в отношении экстремальности локальных условий на территории каждого континента. Так, локальные экстремумы холода сосредоточены на австралийском континенте, где из 170 станций на 7.1% установлены новые рекордные минимумы весенней температуры и еще на 10% станций наблюдалась температура ниже 5-го перцентиля. Экстремумы тепла, напротив, преимущественно отмечены в Азии (19.3% станций, из которых 3% - абсолютные максимумы) и Африке (12.1% и 0.8%, соответственно), а также, в меньшей мере, - на всем американском континенте и в Европе. Выделяется Австралия, где, наряду с экстремумами холода (17.1% станций) около 5% станций зафиксировали 5%-е экстремумы тепла. В Европе, Антарктиде и Южной Америке также представлены аномалии обоих знаков.

Географические распределения аномалий (рис. 2.1, 2.2) дают более детальную информацию о пространственных особенностях температурного режима минувшей весны.

На сезонной карте (рис. 2.1), прежде всего, выделяется обширная меридионально вытянутая область тепла в Евразии, протянувшаяся от Аравийского полуострова через Иран и Среднюю Азию до Новой Земли, с многочисленными локальными экстремумами на юге Западной Азии и в районе Урала. Выделяются также области локализации экстремумов тепла в Юго-Восточной и Восточной Азии и обширная область положительных аномалий в Северной Америке – восточная территория Канады, включая Канадский Архипелаг и Гренландию.

Отрицательные аномалии с множеством локальных экстремумов (температуры ниже 5%-о перцентиля) наблюдались практически только в Австралии, где под отрицательными аномалиями находится почти вся территория континента. Слабые отрицательные аномалии занимают почти всю территорию Южной Америки, значительные области на юге Африки и в Антарктиде. В Северном полушарии области отрицательных аномалий отмечались в Европе (с единичными локальными экстремумами), в Средней Сибири, на Аляске и северо-западе Канады.

Таким образом, локализация положительных и отрицательных областей в поле сезонных аномалий хорошо согласуется с представленными выше пространственно осредненными оценками и дополняет их.

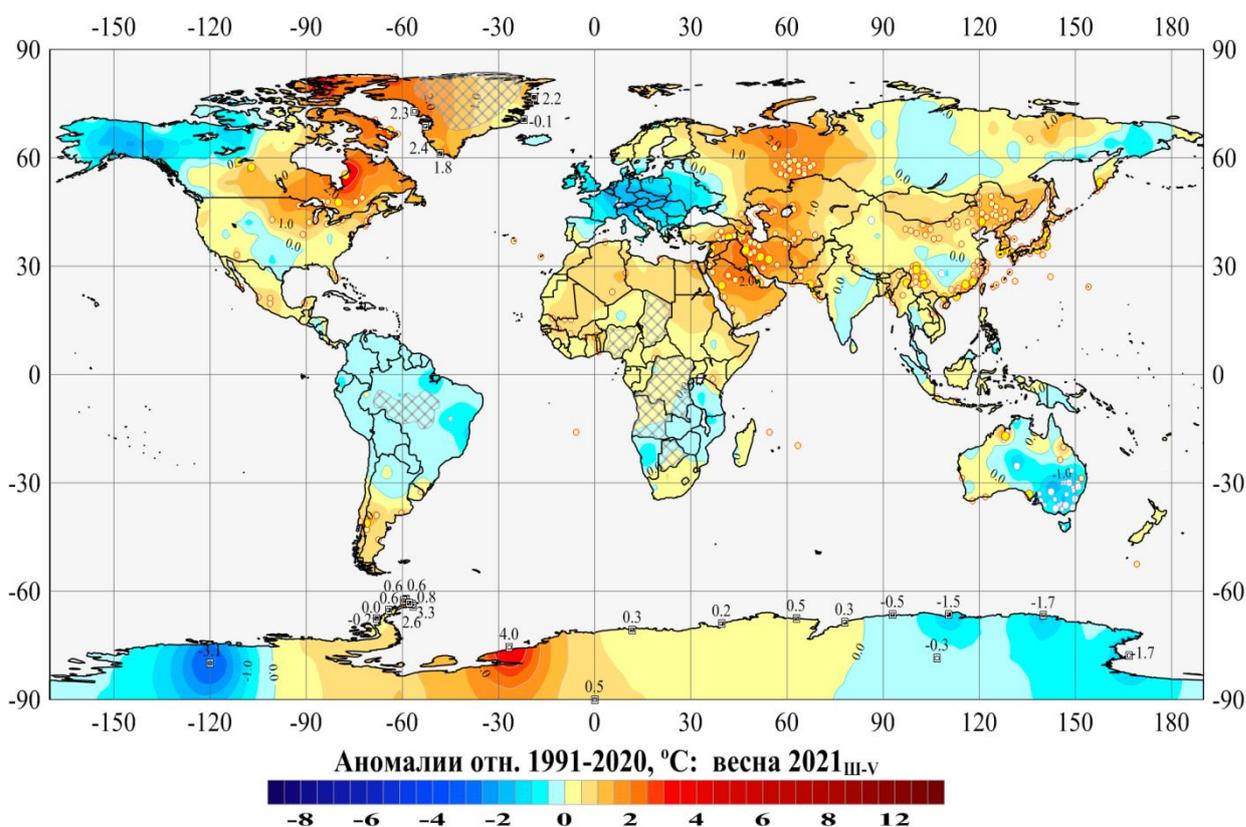


Рисунок 2.1 – Пространственное распределение сезонных аномалий температуры приземного воздуха на территории суши Земного шара весной 2021 г.

Аномалии приведены в отклонениях от средних за 1991-2020 гг. Кружками белого (минимумы) и желтого (максимумы) цвета указано положение станций с рекордными значениями аномалий. Значками меньшего размера указано положение 5%-х экстремумов того же знака. Для станций Антарктиды и Гренландии непосредственно в точках расположения станций приведены числовые значения наблюдаемых аномалий. Штриховкой показаны области отсутствия наблюдений

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

Регион	Всего станций N	Март 2121		Апрель 2021		Май 2021	
		$V < P_{05}$	$V \geq P_{95}$	$V < P_{05}$	$V \geq P_{95}$	$V < P_{05}$	$V \geq P_{95}$
Земной шар	2623	1.0	13.3	1.5	9.9	1.2	14.6
С. полушарие	2198	0.1	15.0	1.1	9.5	0.8	16.3
Ю. полушарие	426	5.5	4.1	4.1	11.5	3.5	5.5
С. Америка	433	0.2	10.8	0.2	8.9	0.7	2.1
Евразия	1481	-	15.9	1.4	8.6	0.9	20.2
Ю. Америка	147	2.7	2.0	-	21.7	0.7	2.0
Африка	132	-	1.5	-	16.2	0.7	21.5
Австралия	170	12.1	4.5	9.7	3.6	7.4	4.0
Антарктида	18	-	11.1	-	-	5.6	11.1
Европа	537	-	0.4	1.3	6.3	0.4	13.6
Азия	953	-	24.3	1.5	10.1	1.3	24.2

Условные обозначения: См. табл. 2.3

Географические распределения среднемесячных аномалий указывают на существенные изменения их от месяца к месяцу (рис. 2.2). Наиболее общее представление об этих изменениях дает таблица 2.4, где для каждого месяца и каждого региона (континента) приведено количество осуществившихся на его территории в данном месяце 5%-х локальных экстремумов тепла и холода (в % от общего числа станций с данными наблюдений по этому региону).

Так, можно видеть, что континентами, где изменения от месяца к месяцу были минимальны (табл. 2.4), являются Австралия (все 3 месяца сохранялось преобладание экстремумов холода) и Азия (все 3 месяца сохранялось преобладание экстремумов тепла). В Северной Америке из месяца в месяц уменьшалось количество экстремумов тепла, в Европе и Африке – увеличивалось. Поля изолиний (рис. 2.2) позволяют расширить и уточнить эту информацию.

В **марте** выделяются три обширные области положительных аномалий, с многочисленными локальными экстремумами, выходящие за границы одного континента. Одна из них занимает всю восточную территорию Северной Америки, включая Канадский архипелаг и Гренландию (аномалии до $+5^{\circ}\text{C}$ на юге Канады), а также Скандинавию (включая Кольский п-ов и Карелию), атлантическое побережье Европы и Британские о-ва. (Можно предположить, что, вместе с разделяющей их акваторией Атлантики, они образуют единую область тепла, связавшую территорию двух континентов.) Еще одна область положительных аномалий включает северные тропики Африки, Южную, Юго-восточную и Восточную Азию, юг Сибири, Якутию (до $+5^{\circ}\text{C}$ в центре Монголии). Наконец, в области положительных аномалий находилась почти вся территория Антарктиды (кроме Земли Мэри Берд). На остальной территории наблюдались отрицательные аномалии. Наиболее значительные из них отмечены на Аляске (аномалии около -3°C), Таймыре (до -7.4°C), на юго-востоке Австралии (до -5.6°C) и в западном секторе Антарктиды.

В **апреле**, в Австралии и на американском континенте картина в целом сохранилась; лишь уменьшилась интенсивность и площадь положительных аномалий на востоке Канады (до $+4.5^{\circ}\text{C}$ на п-ве Лабрадор) и усилилась на тихоокеанском побережье (до $+3.9^{\circ}\text{C}$) и на юге Южной Америки (до $+3.1^{\circ}\text{C}$). Еще одна область положительных аномалий сформировалась в восточном полушарии: практически вся Африка, Центральная и Средняя Азия и значительная территория России - от западных границ до Среднесибирского плоскогорья (аномалии до $+4^{\circ}\text{C}$ на Памире и до $+6^{\circ}\text{C}$ на побережье Карского моря). Дополнительно следует отметить две области с более слабыми положительными аномалиями вдоль восточного побережья Евразии (от Чукотки до Китая) и в районе Антарктического полуострова (экстремумы до $+2.7^{\circ}\text{C}$ только на островных и береговых станциях). Локализация отрицательных аномалий существенно изменилась (в сравнении с мартом) лишь на территории Евразии, где область отрицательных аномалий охватила почти всю Европу (кроме Португалии и большей части ЕЧР) и центральную часть Азии.

В **мае** сформировалась одна огромная многоцентровая область тепла, охватившая северную часть Африки, Средиземноморье (включая Аравийский п-ов), Среднюю Азию и практически всю территорию России (кроме области восточнее 90° в.д. и южнее 60° с.ш.). Изолированные локальные экстремумы тепла наблюдались в Юго-восточной Азии. Кроме

того, области тепла сохранились в Северной Америке на востоке Канадского архипелага (в стадии ослабления) и вдоль тихоокеанского побережья

На остальной территории аномалии отрицательные. Из них 5%-е экстремумы холода (значения ниже 5-го перцентиля) сохранились на юго-востоке Австралии, в Индии, Западной Европе и на границе стран Россия-Монголия-Китай.

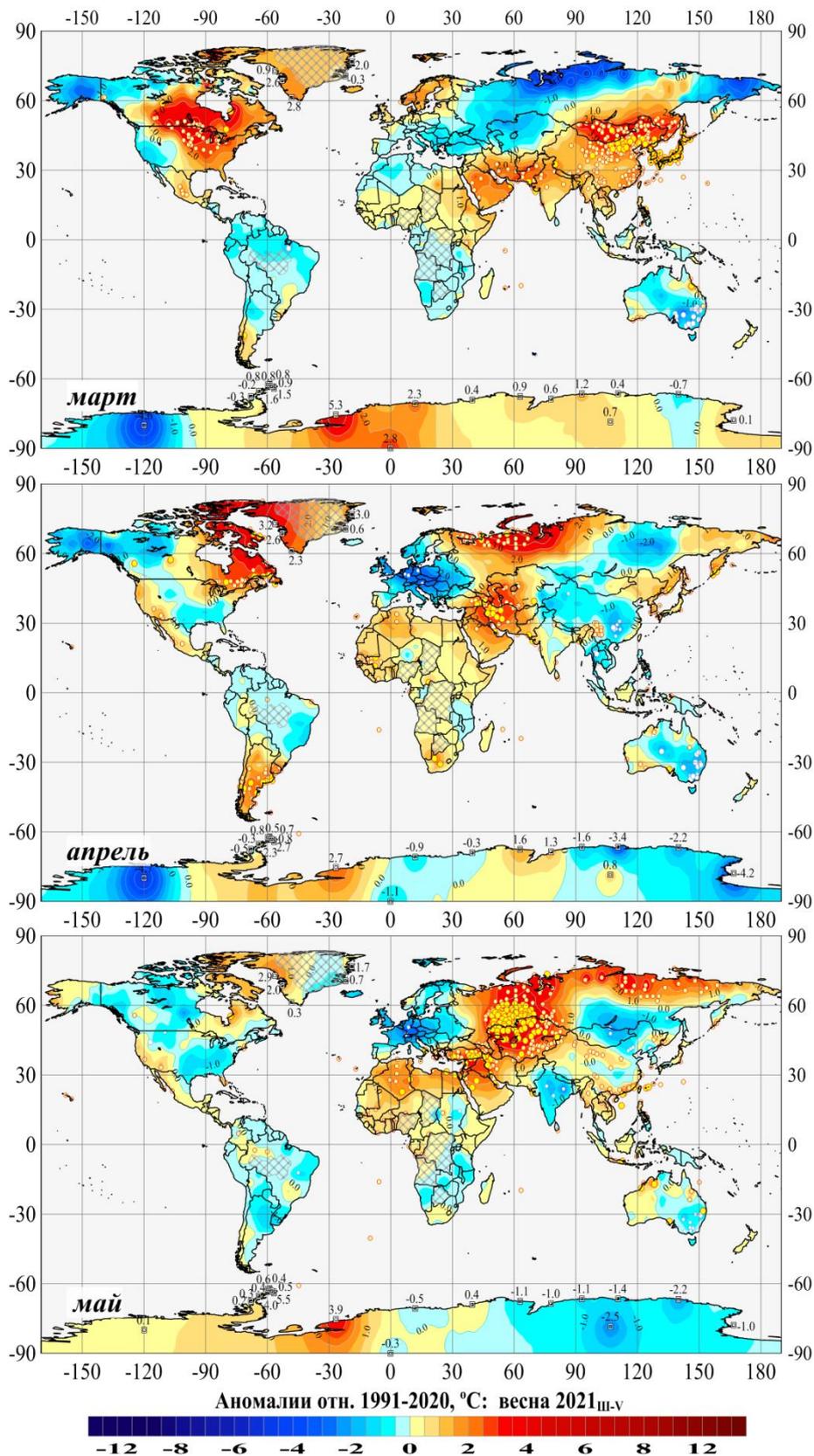


Рисунок 2.2 – См. рис. 2.1, но для весенних месяцев: март-апрель-май 2021 г.

3. КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИПОВЕРХНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗЕМНОГО ШАРА, 1880-2021 (весенний сезон)

Многолетние 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 по данным NCEI.NOAA (с 1880 г.). Аномалии рассчитаны относительно среднего за весь период наблюдений (1880-2021 гг.).

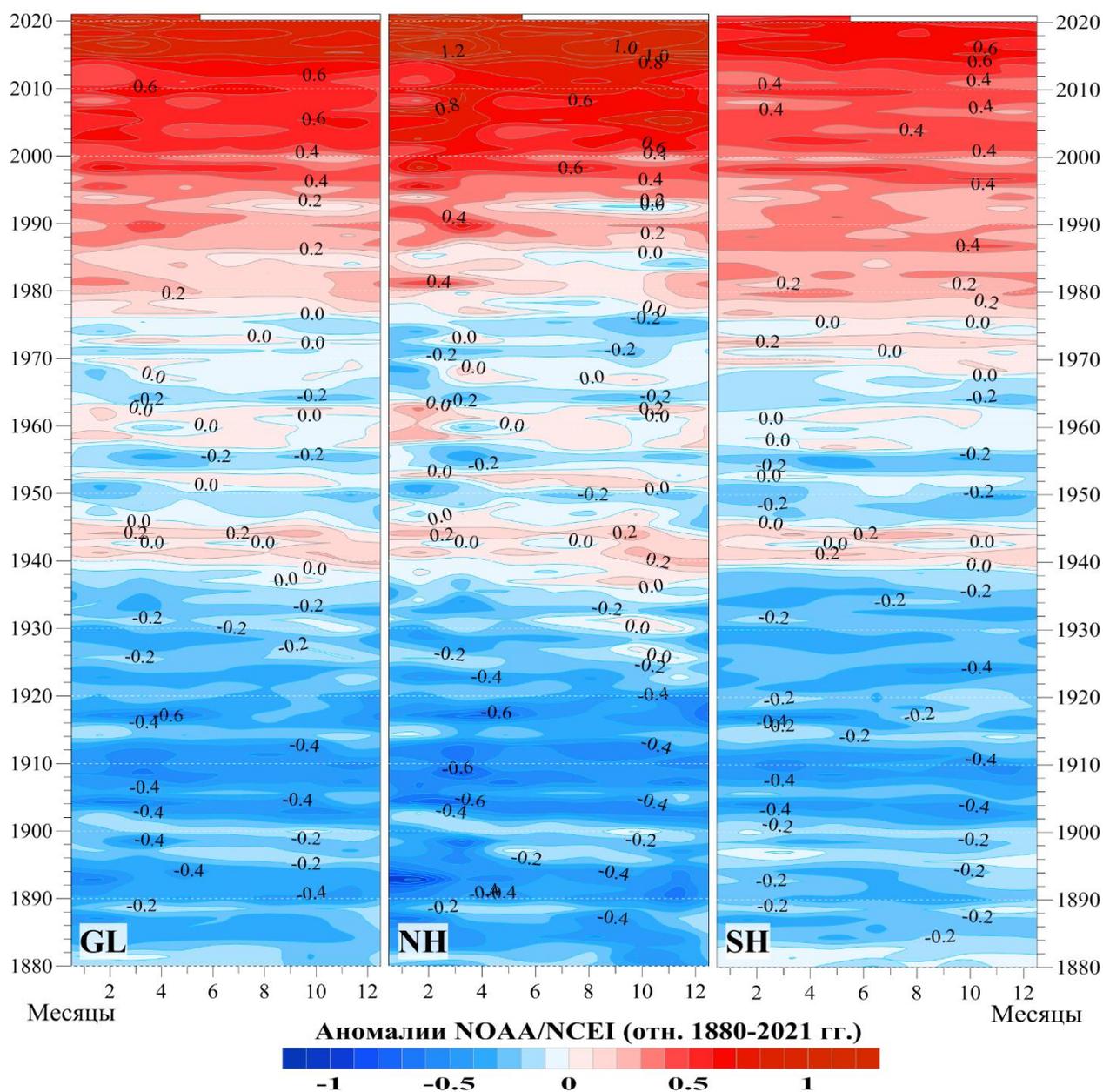


Рисунок 3.1 – Изменение аномалий средней месячной приповерхностной температуры (суша+море), осредненной по территории Земного шара (GL), Северного (NH) и Южного (SH) полушарий в течение периода с января 1880 по май 2021 гг. (по данным NOAA.NCEI). Аномалии выражены как отклонения от средней за 1880-2021 гг.

На рис. 3.1 хорошо прослеживаются и похолодание в начале 20-го столетия, и арктическое потепление 1940-х, и современное глобальное потепление с середины 1970-х,

ставшее особенно активным с середины 1990-х. Наиболее ярко оно проявляется в Северном полушарии и заметно усилилось в последнем десятилетии (примерно с начала 2010-х). На рис. 3.2 период современного потепления (1970-2021) представлен более детально. Здесь можно проследить особенности потепления каждой из компонент глобальной приповерхностной температуры: отдельно суши и моря, Северного и Южного полушарий.

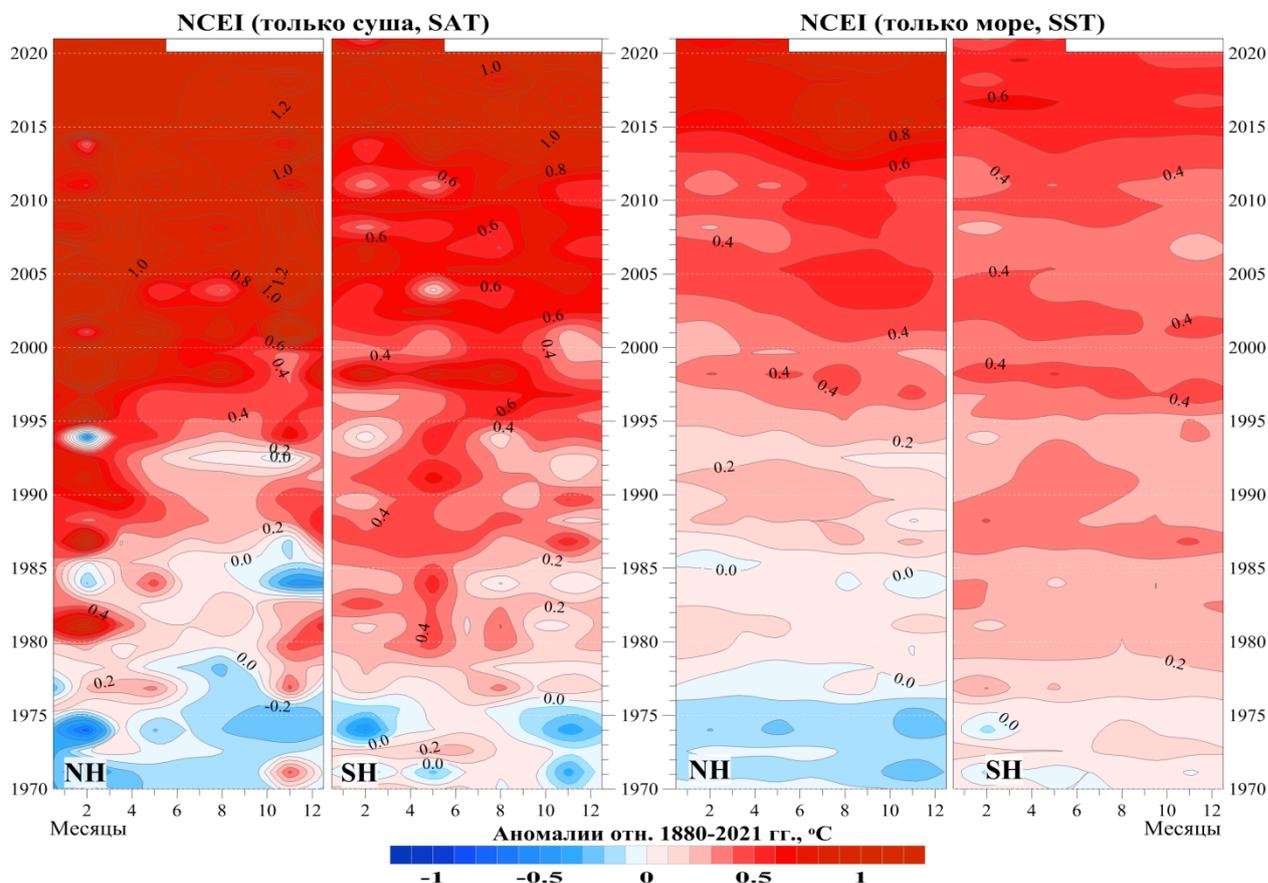


Рисунок 3.2 – См. рис. 3.1, но для температуры приземного воздуха над сушей (слева) и температуры поверхностного слоя воды на акваториях океанов (справа), 1970-2021 гг. Использованы глобальные временные ряды NCEI месячного разрешения; аномалии рассчитаны относительно средних всего периода наблюдений 1880-2021 гг.

Можно видеть, что в 1970-х гг. потепление началось с океанов Южного полушария и примерно до 1996 года, как в океанах, так и на суше развивалось активнее в Южном полушарии. С конца 1990-х резко ускоряется потепление на континентах, особенно в Северном полушарии. При этом в Южном полушарии в течение длительного периода (практически до 2015 г.) скорость потепления остается меньше, чем в Северном, и потепление теплых сезонов протекает менее интенсивно, чем холодных (в Северном полушарии это различие после 2005 г. уже не так заметно). В океанах потепление в целом более однородно: сезонный ход практически отсутствует, и к концу 1990-х сгладились различия между полушариями. Однако после 2010 г., и особенно после 2014-2015 гг. резко ускорилось потепление северных океанов, в основном, в осенне-зимние месяцы.

На рисунке 3.3 последнее десятилетие (январь 2011 - май 2021) дополнительно представлено временным рядом месячного разрешения в вероятностной шкале (ход вероятностей непревышения, оцененных по данным ряда за 1911-2020 гг.). В этой шкале полностью исключен сезонный ход (данные каждого месяца приведены к единой шкале [0, 1]), благодаря чему текущие многолетние тенденции изменения температуры на каждом участке ряда становятся более наглядными. В частности, четко видно, что в этом

десятилетия тенденция к продолжающемуся потеплению присутствует во всех рядах, но в большей мере выражена на акваториях океанов (на суше оно протекает на фоне заметно более существенных межгодовых колебаний). С 2016 г. оно находится на некотором плато (с кратковременными флуктуациями и отступлениями от достигнутого рекорда). С середины 2020 г. намечилось очередное ослабление потепления, и первое полугодие 2021 года в обоих полушариях, в среднем по территории, оказалось холоднее прошлогоднего (кроме температуры приземного воздуха Северного полушария в мае).

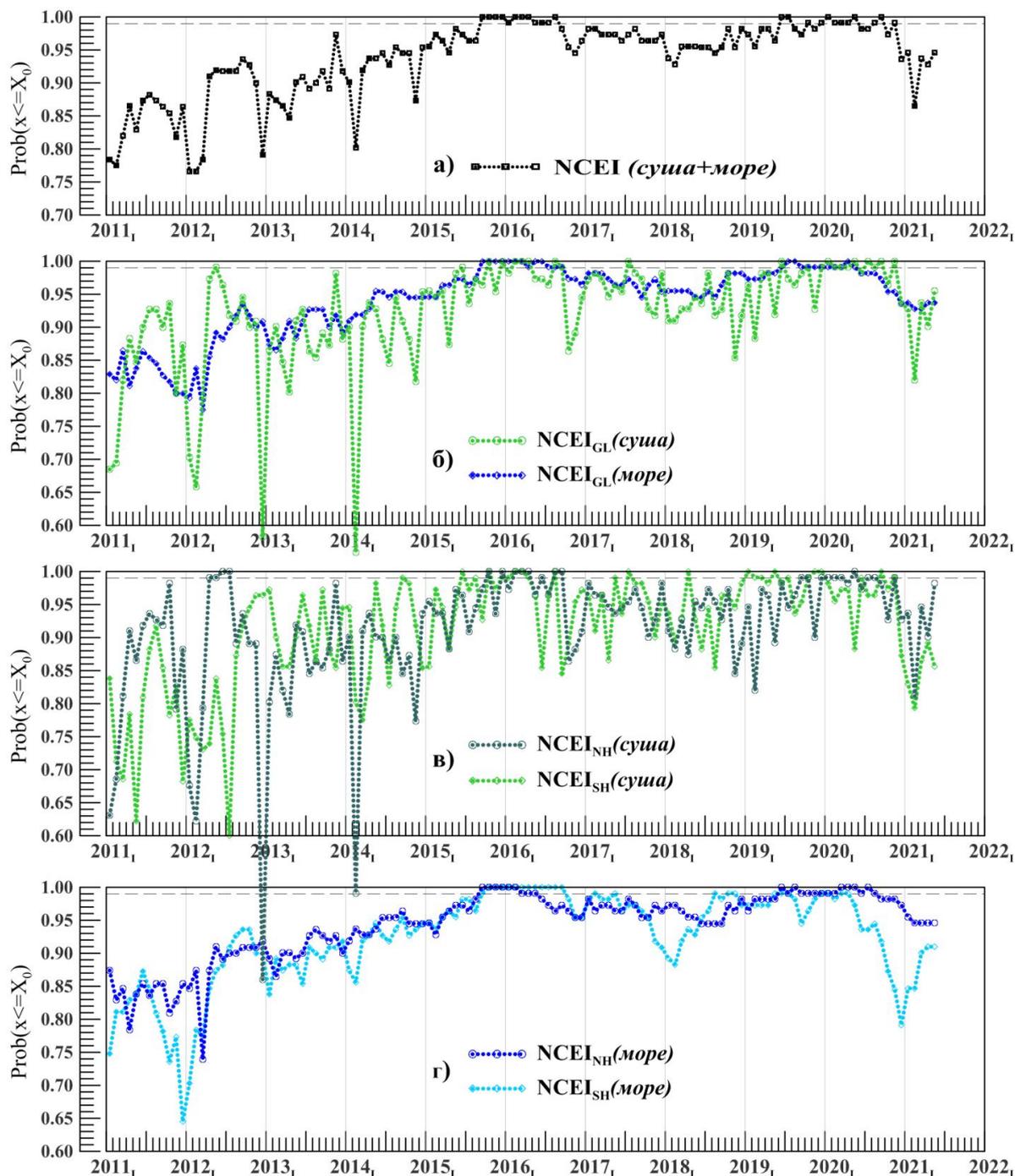


Рисунок 3.3 - Ход вероятностей непревышения среднемесячных аномалий температуры приземного воздуха SAT и поверхностного слоя воды SST, осредненных по территории Земного шара (GL) и полушарий (NH, SH), по данным NCEI с января 2011 по май 2021:

а) $(SAT+SST)_{GL}$; б) SAT_{GL} и SST_{GL} ; в) SAT_{NH} и SAT_{SH} ; г) SST_{NH} и SST_{SH} .

Использованные данные: глобальные временные ряды с сайта NOAA/NCEI

<https://www.ncei.noaa.gov/data/noaa-global-surface-temperature/v5/access/timeseries/>

Временные ряды глобально осредненной приповерхностной температуры приведены на рис. 3.3 для территории Земного шара и обоих полушарий и для всех массивов данных: а) NCEI (суша, море и суша+море) и б) ИГКЭ(суша)

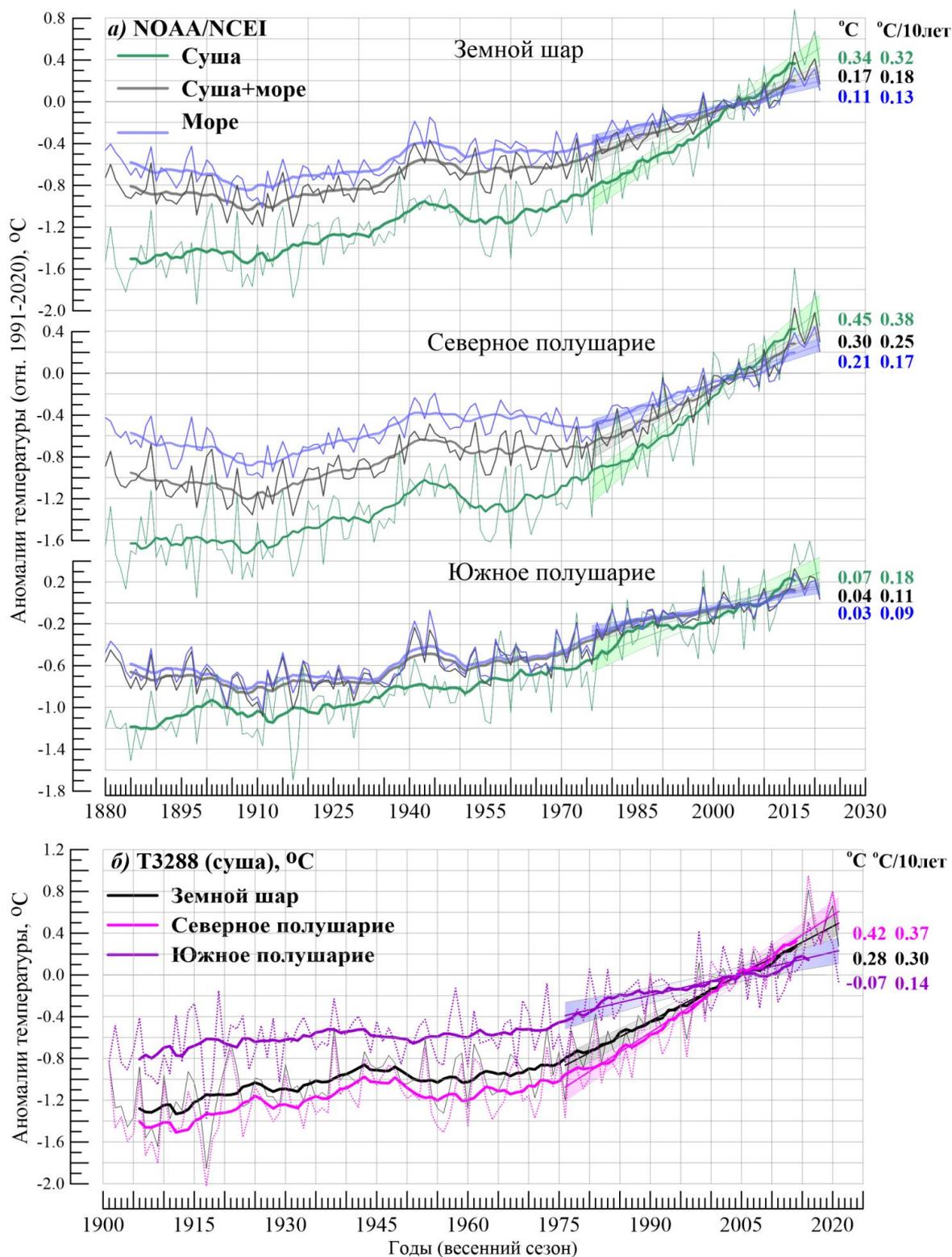


Рисунок 3.4 – Временные ряды сезонных аномалий приземной температуры (весна), осредненных по территории Земного шара и обоих полушарий по данным NCEI и ИГКЭ, 1901-2021 гг. Для всех рядов показан ход 11-летних скользящих средних и линейный тренд за 1976-2021 гг. с 95% доверительным интервалом. Справа приведены числовые значения сезонных аномалий в 2021 г. и значения коэффициентов линейного тренда за 1976-2021 гг. (°C/10лет).

Коэффициенты линейного тренда для всех рядов приведены в таблице 3.1 за 1976-2021 гг. (период современного глобального потепления) и 1922-2021 гг. (последнее 100-летие).

Таблица 3.1 – Коэффициенты линейного тренда ($^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$) глобальных временных рядов приповерхностной температуры за 1976-2021 гг. и 1922-2021 гг., в среднем за весенний сезон и по месяцам

Регион	1976-2021				1921-2021			
	Весна	март	апрель	май	Весна	март	апрель	май
<i>NCEI (суша+море)</i>								
Земной шар	0.179	0.191	0.179	0.168	0.109	0.116	0.107	0.102
Северное полушарие	0.252	0.276	0.245	0.233	0.121	0.136	0.119	0.107
Южное полушарие	0.105	0.104	0.111	0.100	0.098	0.097	0.098	0.099
<i>T3288-ИГКЭ (суша)</i>								
Земной шар	0.302	0.352	0.298	0.252	0.154	0.184	0.149	0.128
Северное полушарие	0.374	0.441	0.361	0.313	0.176	0.221	0.167	0.138
Южное полушарие	0.138	0.144	0.153	0.115	0.090	0.076	0.097	0.096
<i>NCEI (суша)</i>								
Земной шар	0.321	0.383	0.309	0.271	0.174	0.202	0.173	0.148
Северное полушарие	0.377	0.461	0.354	0.317	0.191	0.233	0.188	0.154
Южное полушарие	0.179	0.186	0.196	0.156	0.131	0.122	0.136	0.135
<i>NCEI (море)</i>								
Земной шар	0.127	0.12	0.131	0.130	0.084	0.084	0.082	0.084
Северное полушарие	0.174	0.162	0.178	0.182	0.077	0.076	0.076	0.079
Южное полушарие	0.091	0.089	0.095	0.090	0.091	0.092	0.09	0.092

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

В таблице 3.2 приведены показатели $k_1 - k_3$, сравнивающие оценки коэффициентов тренда в разных подгруппах данных (см. расшифровку в столбце «показатель»). Эти показатели количественно уточняют выводы, основанные на визуальном сопоставлении глобальных временных рядов (рис. 3.3) и соответствующих им оценок трендов (табл. 3.1).

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

k_1	Показатель	1976-2021			1922-2021		
		ЗШ	СП	ЮП	ЗШ	СП	ЮП
k_1	b_{T3288} / b_{SST}	2.38	2.15	1.52	1.83	2.29	0.99
	b_{NCEI} / b_{SST}	2.53	2.17	1.97	2.07	2.48	1.44
k_2	$b_{СП} / b_{ЮП}$	1976-2021			1921-2021		
		T3288	NCEI _{SAT}	NCEI _{SST}	T3288	NCEI _{SAT}	NCEI _{SST}
		2.71	2.11	1.91	1.96	1.46	0.85
k_3	$b_{1976-2021} / b_{1922-2021}$	СП			ЮП		
		T3288	NCEI _{SAT}	NCEI _{SST}	T3288	NCEI _{SAT}	NCEI _{SST}
		2.13	1.97	2.26	1.53	1.37	1.00

Из приведенных оценок (табл. 3.1, 3.2) можно сделать следующие выводы.

1. Почти во всех рассмотренных случаях оценки всех трех показателей k_1 - k_3 больше единицы. Это означает, что, как правило, потепление над сушей протекает быстрее, чем над океанами ($k_1 > 1$), в Северном полушарии активнее, чем в Южном ($k_2 > 1$) и в последние 40-50 лет ускорилось в сравнении со столетием ($k_3 > 1$).

2. Однако есть исключение: 100-летнее потепление океанов в Южном полушарии протекает интенсивнее, чем в Северном ($k_2 = 0.85$), и примерно с той же интенсивностью, что и потепление южных континентов ($k_1 = 0.99$ по данным $SAT_{ИГКЭ}$ и SST_{NCEI}).

3. В рамках одного полушария коэффициент ускорения современного потепления относительно 100-летнего (k_3) примерно одинаков для континентов и океанов, но в Северном полушарии он примерно в полтора раза выше, чем в Южном.

4. В заключение уточним, что в Северном полушарии средняя скорость потепления весенних сезонов более чем в 2 раза выше, чем в Южном, и что современное потепление ускорилось по сравнению со 100-летним в Северном полушарии более чем вдвое, а в Южном – в 1.5 раза, и только на суше. В океанах Южного полушария ускорение потепления не выявлено ($k_3 = 1$).

Отметим дополнительно, что оценка « $k_1 = 0.99$ » (см. п.2 выше) получена при использовании данных ИГКЭ (суша) и NCEI (море) и только для 100-летнего периода. По полным данным NCEI для суши и моря, значение k_1 равно 1.44, т.е. в Южном полушарии контраст между скоростью потепления весенних сезонов на поверхности океанов и континентов, если и не отсутствует, то существенно меньше, чем в Северном полушарии ($k_1 = 1.44$ против 2.48).

4. ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ РЕГИОНАЛЬНО ОСРЕДНЕННЫХ АНОМАЛИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ, 1911-2021 гг. (весенний сезон)

Ниже представлены временные ряды пространственно осредненных аномалий температуры приземного воздуха (рис. 4.1, 4.2), рассчитанные по методике ИГКЭ по данным стационарных наблюдений T3288 для шести континентов и для Европы и Азии отдельно. 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 таблице 4.1. На рисунках данные до 1911 г. не приводятся (и не используются при расчете вероятностей превышения), т.к. представляются недостаточно полными и надежными в ряде регионов.

Приведенные числовые оценки трендов (табл. 4.1) указывают, что на всех континентах, кроме Антарктиды и Австралии, в течение 1976-2021 гг. отмечается потепление весенних сезонов, статистически значимое на 1%-м уровне. При этом в Австралии тренд также положительный, но незначим даже на 10%-м уровне, а в Антарктиде коэффициент тренда формально отрицательный, но практически отсутствует (гипотеза о наличии ненулевого линейного тренда уверенно отвергается). Уровень значимости оценок для сезона в целом и каждого месяца см. в таблице 4.1.

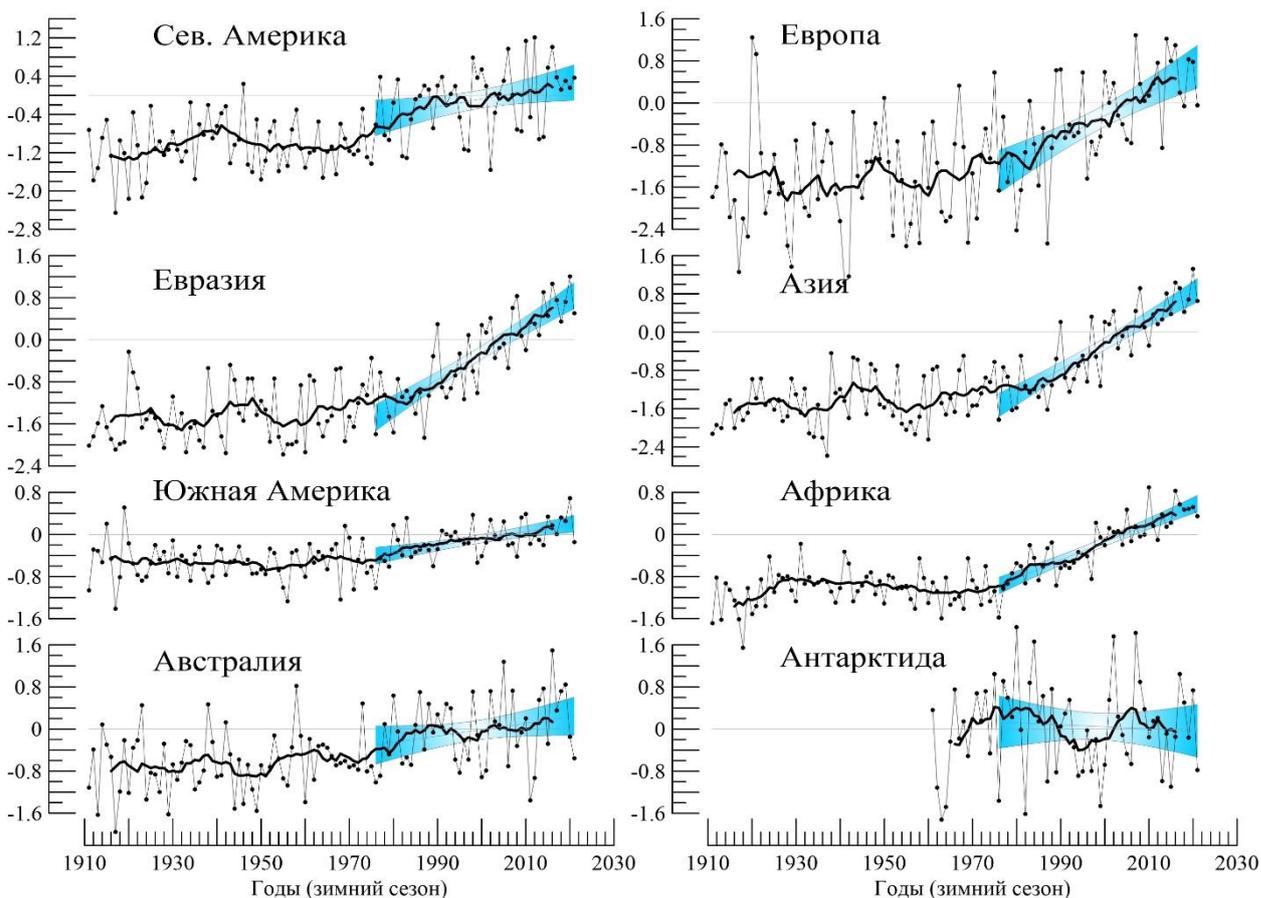


Рисунок 4.1 – Временные ряды пространственно осредненных аномалий приземной температуры весеннего сезона для континентов земного шара (отклонения от средних за 1981–2010 гг.) Сглаженные кривые (жирная линия) получены 11-летним скользящим осреднением. Показан линейный тренд за 1976-2021 гг. с 95%-м доверительным интервалом (голубая заливка).

Таблица 4.1. – Коэффициенты линейного тренда ($^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$) регионально осредненных аномалий приземной температуры весеннего сезона за 1976-2021 гг. (в целом за сезон и по месяцам)

Регион	Весна	Март	Апрель	Май
Северная Америка	0.163 ₀₃	0.228 ₀₇	0.090 ₃₄	0.166 ₀₂
Евразия	0.515	0.659	0.496	0.388
Южная Америка	0.135	0.142	0.175	0.086 ₀₇
Африка	0.346	0.345	0.325	0.338
Австралия	0.121 ₁₀	0.127 ₁₆	0.197 ₀₄	0.033 ₈₅
Антарктида	-0.037 ₈₄	-0.006 ₉₉	-0.123 ₄₀	0.039 ₉₃
Европа	0.444	0.443 ₀₂	0.501	0.381
Азия	0.533	0.712	0.502	0.386

Примечание. Оценки статистической значимости $\alpha > 1\%$ показаны нижними индексами (в %). Оценки с $\alpha > 10\%$ дополнительно выделены серой заливкой

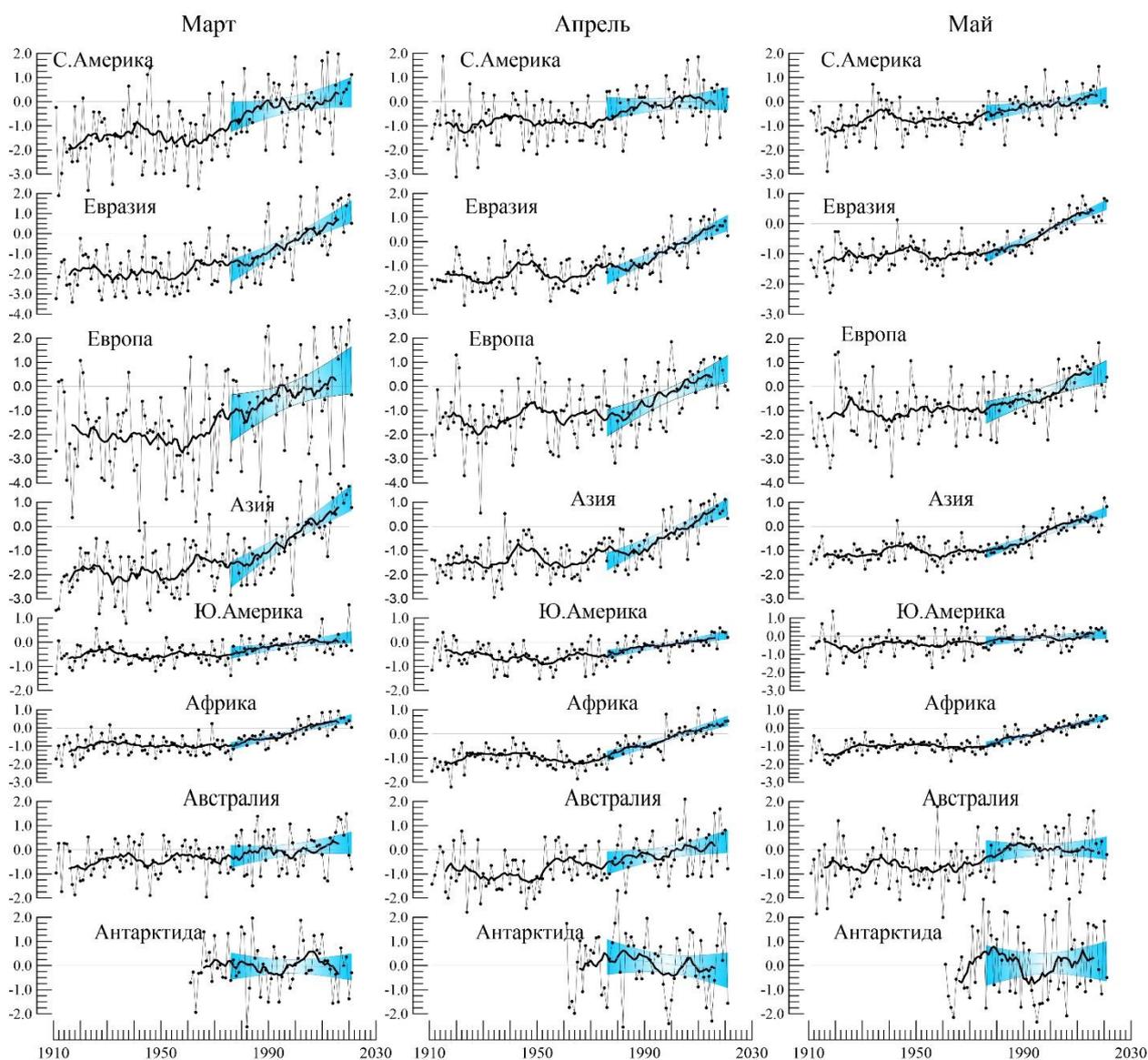


Рисунок 4.2 – См. рисунок 4.1. но для средних месячных аномалий весенних месяцев

5. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА, 1976-2021гг. (весенний сезон)

Ниже приведены географические распределения локальных оценок линейного тренда приземной температуры весеннего сезона над сушей земного шара за 1976-2021 гг. (рис. 5.1, 5.2). Используются данные наблюдений 2264 метеорологических станций (массив Т3288, ИГКЭ), для которых своевременно поступили данные за март-май 2021 года. В таблицах 5.1, 5.2 приведено количественное распределение локальных оценок тренда в зависимости от географического региона, направленности (знака) тренда и его уровня значимости (для сезона в целом и каждого месяца). Условимся считать тренд статистически значимым, если его доверительная вероятность не менее 95% ($\alpha \leq 0.05$), хотя в таблицах приведены оценки и для $\alpha \leq 0.01$ ⁶

В целом, в изменении приземной температуры на суше Земного шара в течение 1976-2021 гг. отмечается потепление весенних сезонов: положительные тренды составляют 90% всех стационарных оценок, в том числе 71% статистически значимых (рис. 5.1, табл. 5.1). Основные области потепления сосредоточены в Евразии и Африке, где положительными трендами занята практически вся территория, причем подавляющее большинство оценок статистически значимы (более 90% в Евразии и 80% в Африке).

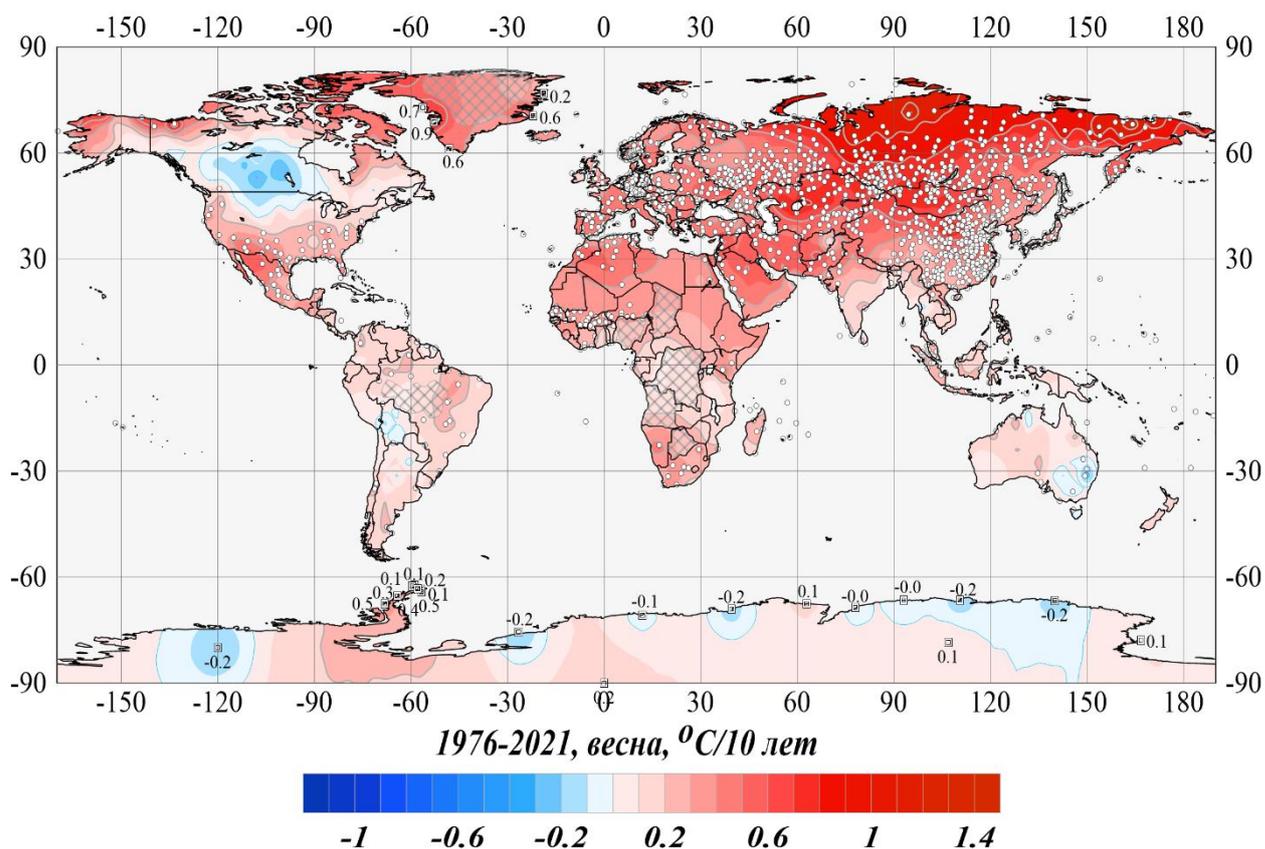


Рисунок 5.1 - Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда температуры весеннего сезона у поверхности Земного шара за период 1976-2021 гг. (°C/10 лет). Штриховкой показаны области отсутствия наблюдений. Для станций Антарктиды и Гренландии приведены числовые значения коэффициентов тренда. Белыми кружками выделены станции, для которых тренд статистически значим на 1%-м уровне.

⁶ В данном тексте вывод о статистической значимости оценок без указания числового значения уровня значимости, будет означать, что уровень значимости не выше 5%, т.е. $\alpha \leq 0.05$

На отрицательные тренды приходится лишь 1.1% оценок в Евразии (на 17 станциях из 1479, из них только на 2 станциях оценки статистически значимы) и 4.1% - в Африке (5 оценок из 121, статистически значимых - 1).

На остальных континентах области с тенденцией к похолоданию оказались более значительными. В Северной Америке – это центральная область вдоль всей границы Канада-США, охватывающая бóльшую часть континентальной территории Канады (27.5% всех станций Северной Америки), в Южной Америке - вся территория Боливии, Парагвая и частично Аргентины (16% станций континента). Наконец, в Австралии и Антарктиде станций с отрицательными трендами больше 35%, но во всех этих случаях статистически значимых оценок исключительно мало: в Азии – 2, Антарктиде – ни одной, на остальных континентах - по одной.

Таблица 5.1 – Частотное распределение локальных оценок тренда за 1976-2021 гг. в зависимости от знака коэффициента тренда b и уровня значимости α

Регион	N	$b < 0$			$b = 0$	$b > 0$		
		всего	$\alpha \leq 0.01$	$\alpha \leq 0.05$		всего	$\alpha \leq 0.01$	$\alpha \leq 0.05$
Частота (в % от N)								
Земной шар	2594	9.4	0.2	0.2	0.7	89.9	61.6	71.0
С. полушарие	2184	6.8	0.1	0.2	0.5	92.8	69.1	78.2
Ю. полушарие	411	23.1	0.2	0.5	1.9	74.9	21.7	33.3
С. Америка	432	27.5	0.2	0.2	1.6	70.8	18.1	25.7
Евразия	1479	1.1	0.1	0.1	0.1	98.7	83.6	93.0
Ю. Америка	143	16.1	0.7	0.7	-	83.9	21.7	32.2
Африка	121	4.1	-	0.8	0.8	95.0	71.9	80.2
Австралия	162	35.8	0.6	0.6	3.7	60.5	4.9	20.4
Антарктида	18	38.9	-	-	-	61.1	11.1	16.7
Европа	537	0.2	-	-	-	99.8	82.9	94.6
Азия	951	1.7	0.1	0.2	0.2	98.1	84.1	92.1

Примечание. Таблица обобщает распределение оценок на рис. 5.1. Здесь N - количество станций в регионе, относительно которого рассчитано процентное содержание.

Таблица 5.2 – Доля статистически значимых оценок линейного тренда в крупных регионах Земного шара с тенденцией к потеплению ($b > 0$) и к похолоданию ($b < 0$) в весенние месяцы (Т3288, 1976-2021)

Регион	Всего станций N	Март		Апрель		Май	
		$b < 0$	$b > 0$	$b < 0$	$b > 0$	$b < 0$	$b > 0$
Земной шар	2572	8.4	90.9	11.3	87.9	11.8	87.6
С. полушарие	2173	5.9	93.7	10.1	89.3	7.3	92.3
Ю. полушарие	400	22.3	75.8	17.4	80.8	35.7	62.8
С. Америка	430	22.6	76.5	40.8	58.2	23.6	75.5
Евразия	1468	1.0	98.8	2.2	97.4	3.0	96.7
Ю. Америка	145	19.3	77.2	10.8	86.3	36.1	63.2
Африка	125	8.0	90.4	7.3	89.5	4.5	95.5
Австралия	149	30.2	69.1	24.1	74.7	49.1	47.9
Антарктида	18	44.4	50.0	38.9	61.1	27.8	72.2
Европа	529	0.8	99.2	0.7	99.3	5.0	94.2
Азия	948	1.2	98.5	3.1	96.4	1.8	98.1

Примечание. См. табл. 5.1, но по данным рис. 5.2

Область наиболее интенсивного потепления весенних сезонов (как и других сезонов года) – Арктический пояс (Евразия и Канада севернее 65° с.ш.), где нет ни одной

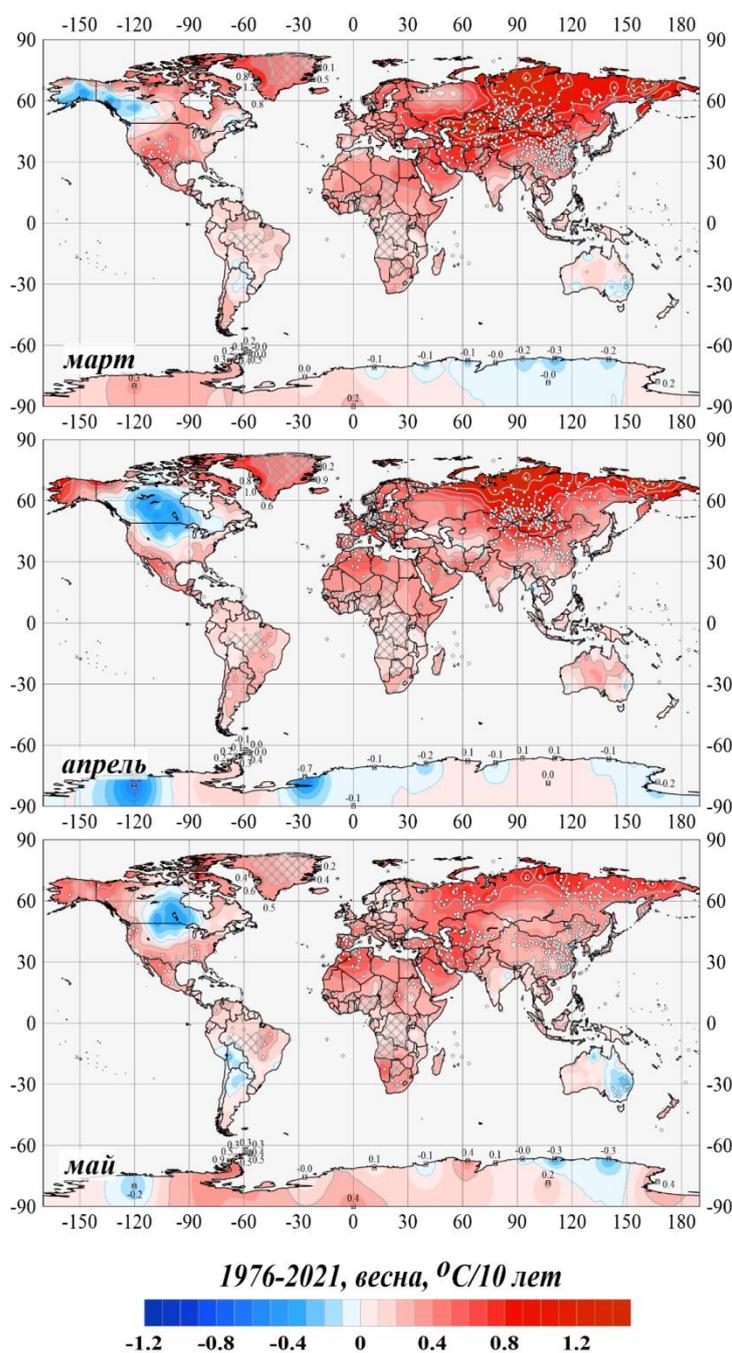


Рисунок 5.2 – См. рис. 5.1, но для среднемесячных аномалий температуры весенних месяцев

станции (из 156) с отрицательным коэффициентом тренда, локальная средняя скорость потепления больше +1.2°C/10 лет и 91% оценок статистически значимы. Максимальные значения сезонного тренда отмечены на Таймыре +1.5, Чукотке +1.4 и в Канаде, на п-ове Лабрадор +1.5°C/10лет.

О внутрисезонных особенностях современных тенденций в изменении климата можно судить по распределениям оценок тренда для отдельных месяцев (рис. 5.2, табл. 5.2).

По-видимому, оценки трендов в течение сезона наиболее устойчивы на территории Евразии (в большей мере, в Азии) и в Африке. Тенденция к похолоданию активнее всего проявляется: в Северной Америке – в апреле (40.8% станций), в Южной Америке и Австралии – в мае (36.1 и 49.1%, соответственно), а в Антарктиде – в марте (44.4%).

В соответствии с оценками для отдельных месяцев, наибольшая локальная скорость потепления выявлена в марте, в Западной и Средней Сибири (до +1.7°C/10 лет). Более подробно проследить оценки трендов для каждого региона, сезона и месяца, можно по таблицам 5.1, 5.2.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Весенний сезон 2021 года, в среднем по территории суши Земного шара, был восьмым самым теплым за период наблюдений, аномалия температуры составила $+0.275^{\circ}\text{C}$ (относительно климата 1991-2020 гг.). На суше Северного полушария (аномалия $+0.424^{\circ}\text{C}$, ранг 5) было значительно теплее, чем Южного (-0.075°C , ранг 21).

2. Основной вклад принадлежит континентам Северного полушария – Евразии (в основном, за счет Азии) и Африке, где температурные условия были близки к экстремально теплым: аномалия $+0.502$, $+0.347^{\circ}\text{C}$; вероятность неперевышения 94, 93%, ранги 6, 5, соответственно.

Сезонные 5%-е экстремумы тепла (значения выше 95-го перцентиля) наблюдались на всей территории Евразии, от Аравийского полуострова до Новой Земли, а также в Африке, Юго-Восточной Азии и на востоке Канады.

3. Холоднее, чем в среднем, весна была на континентах Южного полушария – Южная Америка (март, май), Австралия и Антарктида (март-апрель). В целом по Южному полушарию (на суше), температура была ниже средней за последние 30 лет, как в среднем за сезон, так и в каждом из весенних месяцев.

Локальные экстремумы холода (температура ниже 5-го перцентиля) сосредоточены на австралийском континенте, где из 170 станций на 7.1% установлены новые рекордные минимумы весенней температуры и еще на 10% станций наблюдалась температура ниже 5-го перцентиля.

4. В течение сезона, из месяца в месяц уменьшалась по интенсивности и охвату территории область тепла на востоке Северной Америки и уменьшалась доля 5%-х экстремумов тепла, тогда как в Европе и Африке, напротив, увеличивалось. В то же время в Азии и Австралии все три месяца сохранялось преобладание экстремумов одного знака: в Азии – экстремумов тепла, в Австралии – экстремумов холода.

5. На большей части Земного шара наблюдается потепление весенних сезонов (89.9% всех оценок). Наиболее интенсивное потепление наблюдается в Арктическом поясе (тренд до $+1.5^{\circ}\text{C}/10$ лет на Чукотке и п-ове Лабрадор). Значительные области с тенденцией к похолоданию ((до $-0.3^{\circ}\text{C}/10$ лет) выявлены в Австралии и центральной части Северной Америки, но практически все они статистически незначимы.

6. Тенденция к продолжающемуся потеплению присутствует во всех рядах (суша, море, суша+море), но *в последнее десятилетие* в большей мере выражена на акваториях океанов (на суше оно протекает на фоне заметно более существенных межгодовых колебаний). С 2016 г. оно находится на некотором плато, с кратковременными флуктуациями и отступлениями от достигнутого рекорда. С середины 2020 г. намечилось очередное ослабление потепления, и первое полугодие 2021 года в обоих полушариях, в среднем по территории, оказалось холоднее прошлогоднего (кроме температуры приземного воздуха Северного полушария в мае).

7. В Северном полушарии средняя скорость потепления весенних сезонов более чем в 2 раза выше, чем в Южном; современное потепление ускорилось по сравнению со 100-летним в Северном полушарии более чем вдвое, а в Южном – в 1.5 раза и только на суше. В океанах Южного полушария ускорение потепления весенних сезонов не выявлено.