

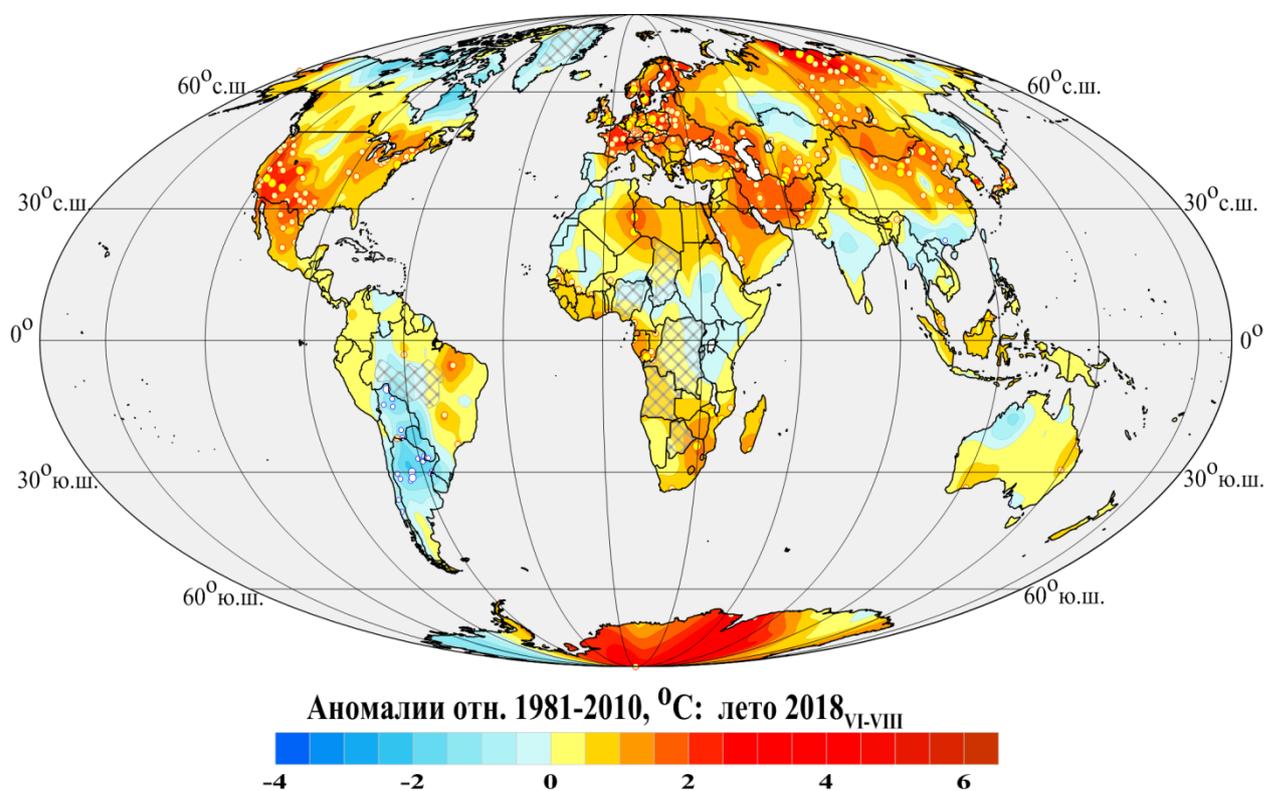
Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды

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

Бюллетень мониторинга изменений климата Земного шара

Приземная температура

Лето 2018



Использованы станционные данные ИГКЭ: Т3288

Москва 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ^{1,2}

1. ВВЕДЕНИЕ	3
2. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ШАРА ЛЕТОМ 2018 года. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ АНОМАЛИИ	6
3. КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗЕМНОГО ШАРА ЗА ПЕРИОД ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ 1850-2018 гг. (летний сезон)	12
4. ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ РЕГИОНАЛЬНО ОСРЕДНЕННЫХ АНОМАЛИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ, 1911-2018 гг. (летний сезон)	17
5. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА, 1976-2018 гг. (летний сезон)	20
6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	23

¹ Бюллетень подготовлен в ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН». 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 Росгидромета и РАН», размещаются на сайте <http://climatechange.igce.ru/>.

² На обложке приведено поле средних сезонных аномалий температуры приземного воздуха над сушей Земного шара: лето 2018 года.

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящем бюллетене представлены данные о климатических аномалиях летнего сезона 2018 года и обновленные (с учетом этих данных) оценки тенденций в изменении температурного режима летних сезонов на территории земного шара в течение 1976–2018 гг. (по разделу «приземная температура»). Оценки приведены для сезона в целом и каждого из месяцев (июнь – июль – август).

Бюллетень подготовлен в рамках оперативного мониторинга климата в ФГБУ «ИГКЭ»³, с использованием данных метеорологических наблюдений о среднемесячной температуре приземного воздуха на 3288 наземных станциях земного шара (массив T3288, данные ИГКЭ; массив сформирован и ежемесячно пополняется средствами технологии мониторинга на основе телеграмм КЛИМАТ, СИНОП).

Параллельно в бюллетене приводятся оценки по данным о приповерхностной температуре на сети 5-градусных боксов, охватывающей всю территорию земного шара, включая континенты и океаны (массивы HadCRUT4, CRUTEM4, HadSST3⁴, данные метеослужбы Великобритании; в бюллетене упоминаются как «данные Hadley/CRU»).

Таким образом, массив T3288 служит базовым массивом для оценки состояния температурных условий на суше земного шара, а массив HadCRUT4 используется для создания полной картины над сушей и океанами. Глобальные временные ряды CRUTEM4, HadSST3 приводятся как дополнительная информация из альтернативного источника (в том числе, для сравнения с одноименными данными ИГКЭ с целью лучшего понимания меры их неопределенности).

В соответствии с рекомендацией ВМО⁵, все основные оценки приводятся в аномалиях температуры относительно базового периода 1981-2010 гг.

Развернутый комментарий к материалам бюллетеня с описанием используемых источников, сети станций и элементов методики размещен на сайте ИГКЭ⁶.

Сравнение глобальных временных рядов сезонных аномалий температуры приземного воздуха (лето) по данным T3288 (ИГКЭ) и CRUTEM4 (Hadley/CRU).

Близость рядов примерно с середины прошлого столетия четко видна уже визуально (рис. 1.1). Количественные результаты их сравнения (статистические

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

⁴ Массивы CRUTEM4 (температура воздуха над сушей), HadSST3 (температура воды на поверхности океанов и морей) и HadCRUT4 (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 глобальных временных рядов (для Земного шара и обоих полушарий). В данном выпуске использованы данные HadCRUT.4.6.0.0, CRUTEM.4.6.0.0, HadSST.3.1.1.0 от 27.09.2018.

⁵ WMO, 2018: Press Release Number: 18-01-2018/WMO confirms 2017 among the three warmest years on record.

⁶ О бюллетене GCCM (read me). URL: http://climatechange.igce.ru /index.php?option=com_docman &task=doc_download&gid=220 &Itemid=76&lang=ru.

характеристики попарных разностей) по данным за 1976-2018 гг. и 1919-2018 гг. приведены в табл. 1.1 для Земного шара, Северного и Южного полушарий.

Среднее различие рядов за 1919-2018 гг. не превышает 0.02°C (табл. 1.1, рис. 1.1), а за период 1976-2018 гг. – отсутствует вовсе. Стандартное отклонение различий за эти периоды ($0.02\text{--}0.06^{\circ}\text{C}$ и $0.02\text{--}0.03^{\circ}\text{C}$ соответственно) на порядок ниже стандартного отклонения самих рядов ($0.3\text{--}0.4^{\circ}\text{C}$). За последние сто лет максимальные различия достигают 0.24°C в южном полушарии (вместо 0.09°C в 1976-2018), а для северного полушария и всего земного шара составляют 0.07°C (вместо $0.04\text{--}0.05^{\circ}\text{C}$ в 1976-2018). При этом во всех случаях ряды характеризуются высокой корреляцией (не ниже 0.98) и предельно низким различием трендов (до $\pm 0.01^{\circ}\text{C}/10$ лет).

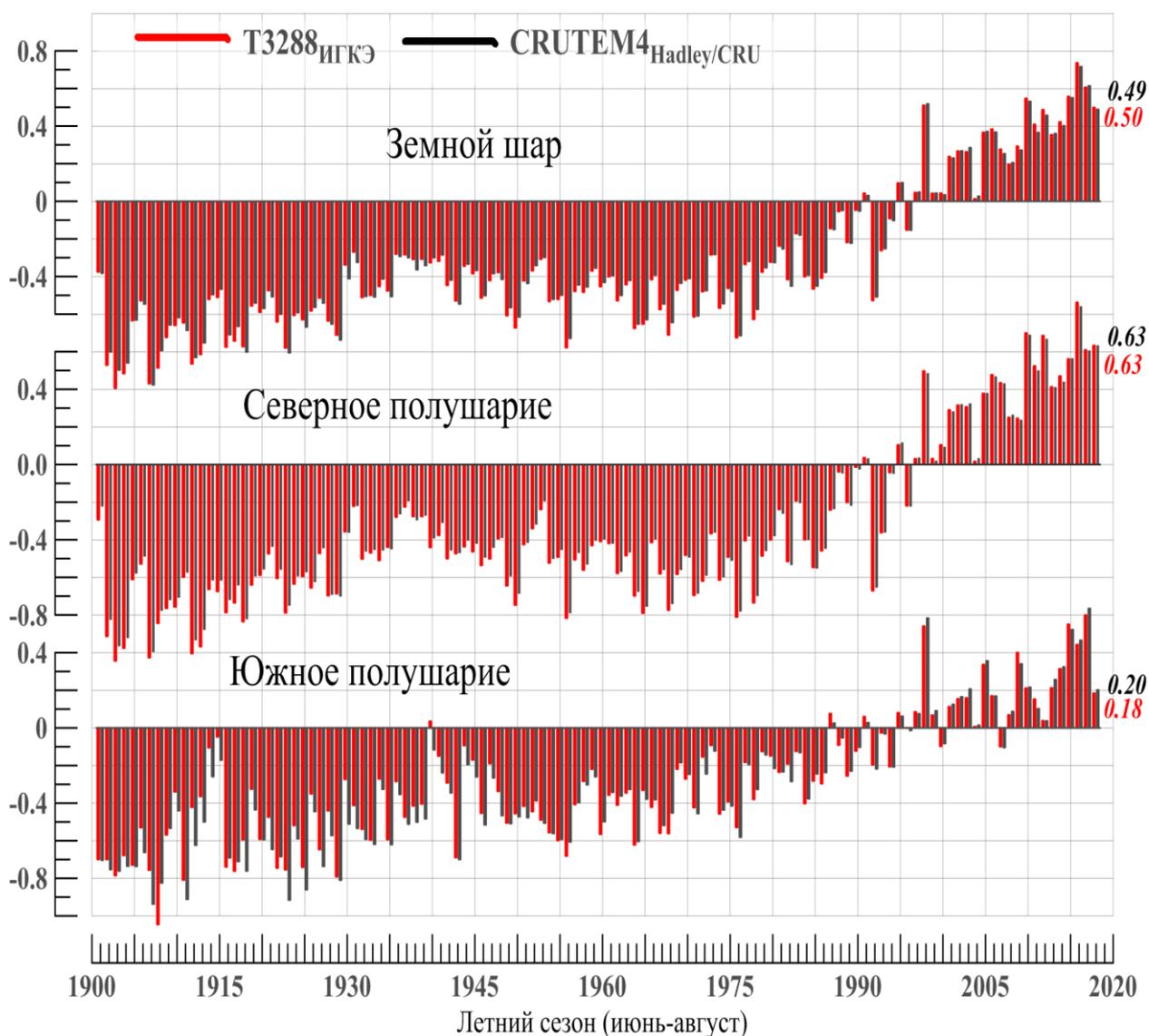


Рисунок 1.1 – Временные ряды пространственно осредненных сезонных аномалий температуры приземного воздуха над сушей Земного шара, Северного и Южного полушарий ($^{\circ}\text{C}$, 1901-2018 гг., лето). Используются временные ряды, рассчитанные по данным массива T3288 (ИГКЭ) и глобальные временные ряды CRUTEM4 (Hadley/CRU).

Таким образом, статистические оценки изменчивости температуры приземного воздуха летних сезонов, полученные по данным массива T3288, очень близки к оценкам по данным всемирно признанного массива CRUTEM4 (как и для других сезонов, и года в целом⁷). Применительно к оценкам трендов этот вывод особенно убедителен.

Таблица 1.1 – Оценки близости/различия глобальных временных рядов T3288 (ИГКЭ) и CRUTEM4 (Hadley/CRU) в среднем за летний сезон для территории суши Земного шара (ЗШ), Северного (СП) и Южного (ЮП) полушарий

Оценка	1976-2018			1919-2018		
	ЗШ	СП	ЮП	ЗШ	СП	ЮП
Корреляция рядов	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	0.98
Среднее различие, °С	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.02	0.03
СКО (сигма) различий, °С	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.07
Среднее абсолютное различие, °С	0.01	0.01	0.03	0.02	0.03	0.05
Макс. абсолютное различие, °С	0.05	0.04	0.09	0.10	0.09	0.24
Разность коэфф. тренда, °С/10лет	0.01	0.00	-0.01	0.00	0.01	-0.01
СКО T3288, °С	0.37	0.43	0.26	0.39	0.43	0.33
СКО CRUTEM4, °С	0.36	0.43	0.26	0.37	0.41	0.30

⁷ Аналогичные оценки для других сезонов приведены в соответствующих предыдущих выпусках бюллетеня и доступны по адресу <http://climatechange.igce.ru>.

2. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ШАРА ЛЕТОМ 2018 ГОДА. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ АНОМАЛИИ

В целом для Земного шара и Северного полушария, над сушей и океанами, по всем источникам данных, самым теплым летним сезоном в истории наблюдений было лето 2016 года (табл. 2.1).

Летний сезон 2018 года для Северного полушария и всего Земного шара по каждому из показателей входит в семерку самых теплых (табл. 2.1). В частности, лето 2018 г. оказалось на 4 месте среди самых теплых над сушей Северного полушария, и на пятом – над акваториями океанов. За счет преобладания холодных аномалий в этом сезоне в Южном полушарии, здесь летний сезон 2018 г. по данным на полной сетке отступил на 10-е место.

О самых ярких региональных особенностях температурного режима минувшего лета можно судить по данным таблицы 2.2, в которой приведены пространственно осредненные оценки аномалий для крупных регионов мира – материков, океанов и основных широтных поясов земного шара. Согласно таблице 2.2 ни в одном из регионов (в среднем по территории) лето 2018 года не было рекордно теплым, хотя во многих регионах попало в число 5% самых теплых летних сезонов за период наблюдений (с 1911 г.). В умеренном поясе Северного полушария вероятность превышения летней аномалии в этом году составила 99%. Отрицательные аномалии (в среднем по территории континента) были зафиксированы на материках Южного полушария: в Южной Америке на протяжении всего сезона, в Австралии – в августе, и в Антарктиде – в июне и августе.

Особенности географического распределения аномалий. Лето 2018 года характеризуется крупными положительными аномалиями на континентах Северного полушария и отрицательными – в Атлантике, тропическом поясе и Южном полушарии.

Так, из 1491 станций, расположенных в Северном полушарии, положительные аномалии наблюдались на 82%; из них на 20% осуществились 5%-е экстремумы тепла (температура выше 95-го перцентиля) и еще 6% зафиксировали новые абсолютные рекорды летних температур. Другими словами, лето 2018 г. оказалось среди 5% самых теплых летних сезонов (с 1911 г.) сразу на более четверти всех станций Северного полушария. В частности (рис. 2.1), крупные очаги экстремально теплых условий отмечаются в Центральной, Северной Европе и Великобритании (абсолютные экстремумы – аномалии до 2.5°C), на севере Якутии (до 3.8°C) и юго-западе США (до 3°C). Значительные области положительных аномалий с локальными 5%-ми экстремумами и абсолютными максимумами наблюдались также на большей части Зарубежной Европы, Кавказе, в Средней и Передней Азии, в КНР, Корее и Японии, США и Мексике. Положительными аномалиями охвачена большая часть Тихого океана и Западная Атлантика (с 5%-ми максимумами), Восточная Антарктида.

С другой стороны, в Южном полушарии отмечается явно повышенная доля наземных станций с отрицательными аномалиями - 41% (131 станция из 317). При этом на 22 станциях средняя за сезон температура была ниже 5-го перцентиля (5%-е экстремумы холода). Значительные отрицательные аномалии наблюдались в Южной Америке (с тремя абсолютными минимумами - в Аргентине и Боливии, до -3.2°C) и Западной Антарктиде (-1.6°C). Небольшие области холода расположены на Дальнем востоке России, севере Казахстана и юге Западной Сибири, в Индии и Юго-Восточной

Азии, на северо-западе Австралии, в Центральной и Западной Африке, в Северной Канаде. Отрицательными аномалиями охвачены также значительные части Атлантического и Индийского океанов, а также Тихого океана к югу от экватора в Западном полушарии.

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

№	ЗШ		СП		ЮП	
	VT, °C	Год (лето)	VT, °C	Год (лето)	VT, °C	Год (лето)
HadCRUT4 (Hadley/CRU, суша+море)						
1	0.471	2016	0.676	2016	0.313	1998
2	0.439	2015	0.585	2015	0.293	2015
3	0.381	2017	0.537	2017	0.267	2016
4	0.335	1998	0.496	2014	0.242	2009
5	0.327	2014	0.460	2010	0.225	2017
6	0.297	2018	0.450	2018	0.167	2002
7	0.292	2010	0.406	2012	0.162	2005
T3288 (ИГКЭ, суша)						
1	0.736	2016	0.861	2016	0.600	2017
2	0.606	2017	0.698	2010	0.551	2015
3	0.557	2015	0.684	2012	0.541	1998
4	0.547	2010	0.632	2018	0.443	2016
5	0.510	1998	0.608	2017	0.400	2009
6	0.499	2018	0.560	2015	0.337	2005
7	0.487	2012	0.523	2011	0.314	2014
CRUTEM4 (Hadley/CRU, суша)						
1	0.716	2016	0.840	2016	0.635	2017
2	0.614	2017	0.688	2010	0.584	1998
3	0.550	2015	0.667	2012	0.523	2015
4	0.531	2010	0.632	2018	0.466	2016
5	0.518	1998	0.604	2017	0.356	2005
6	0.489	2018	0.563	2015	0.340	2009
7	0.457	2012	0.498	2011	0.324	2014
HadSST3 (Hadley/CRU, море)						
1	0.411	2016	0.617	2016	0.263	1998
2	0.388	2015	0.548	2014	0.243	2016
3	0.348	2014	0.543	2015	0.215	2015
4	0.324	2017	0.509	2017	0.195	2009
5	0.277	2009	0.380	2018	0.157	2017
6	0.256	1998	0.351	2009	0.150	2010
7	0.254	2018	0.351	2005	0.148	2018

Таблица 2.2 - Пространственно осредненные значения аномалии (°С) приземной температуры и их вероятности неперевышения на территории Земного шара летом 2018 г., в среднем за сезон и в каждом из месяцев

Регион	Лето		Июнь		Июль		Август	
	$\nu T_{VI-VIII}$	F%	νT_{VI}	F%	νT_{VII}	F%	νT_{VIII}	F%
HadCRUT4 (суша+море)								
Земной шар*	0.30	95	0.29	94	0.31	95	0.29	95
Северное полушарие*	0.45	95	0.48	97	0.45	96	0.42	95
Южное полушарие*	0.15	92	0.10	88	0.17	95	0.16	92
Атлантика (15-70N)	0.10	78	0.11	83	0.04	74	0.15	81
Тихий океан (20-65N)	0.50	94	0.59	98	0.49	94	0.42	94
Арктический пояс (65-90N)	0.66	94	0.86	94	0.33	83	0.85	96
Умеренный пояс СП (25-65N)	0.65	99	0.71	99	0.72	99	0.55	95
Тропики (25S-25N)	0.14	88	0.11	86	0.14	88	0.16	90
Умеренный пояс ЮП (65-25S)	0.27	98	0.27	98	0.27	95	0.23	94
Антарктический пояс (90-65S)	1.29	93	1.31	93	1.33	88	1.29	85
IGCE-T3288 (суша)								
Земной шар	0.50	95	0.48	94	0.64	98	0.38	91
Северное полушарие	0.63	97	0.64	95	0.75	99	0.52	95
Южное полушарие	0.18	92	0.12	86	0.39	97	0.05	85
Северная Америка	0.71	98	0.84	96	0.96	99	0.36	90
Евразия	0.81	97	0.91	97	0.79	97	0.74	95
Европа	1.35	99	0.56	84	1.90	99	1.54	96
Азия	0.65	96	0.99	98	0.48	94	0.53	94
Южная Америка	-0.25	50	-0.43	33	-0.03	62	-0.29	48
Африка	0.37	92	0.39	92	0.71	97	0.08	81
Австралия	0.13	78	0.05	62	0.84	95	-0.48	42
Антарктида	0.57	84	-0.03	65	1.87	90	-0.12	55
CRUTEM4 (суша)								
Земной шар*	0.49	95	0.45	93	0.62	98	0.39	93
Северное полушарие*	0.63	97	0.63	95	0.74	99	0.53	95
Южное полушарие*	0.20	91	0.11	88	0.38	96	0.12	87

Условные обозначения.

1. νT , °С – наблюдаемая аномалия летом 2018 года (базовый период 1981-2010 гг.);
2. F% – значение эмпирической функции распределения $F = \text{prob}(X \leq \nu T_{2018})$ по данным за 1911-2017 гг. (вероятность неперевышения);
3. Синим шрифтом выделены отрицательные аномалии.

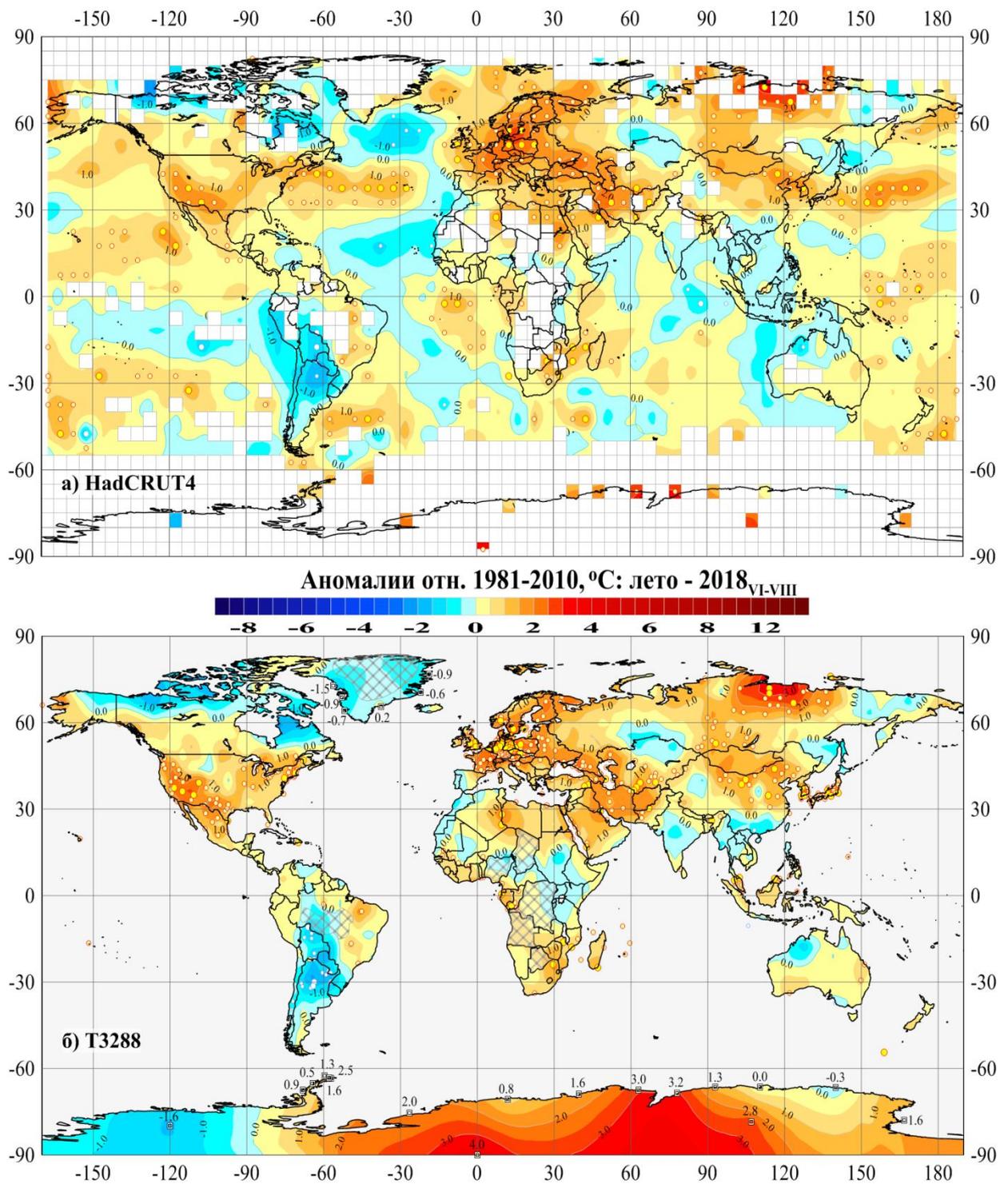


Рисунок 2.1 – Пространственное распределение аномалий приземной температуры (°C) на территории Земного шара летом 2018 г.: а) по сеточным данным HadCRUT4 (Hadley/CRU, UK); б) по станционным данным T3288 (ИГКЭ).

Аномалии приведены в отклонениях от средних за 1981-2010 гг. Кружками белого (минимумы) и желтого (максимумы) цвета указано положение боксов/станций с рекордными значениями аномалий. Значками меньшего размера указано положение 5%-х экстремумов того же знака. Для станций Антарктиды и Гренландии непосредственно в точках расположения станций показаны числовые значения наблюдаемых аномалий. Пустыми боксами (а) и штриховкой (б) показаны области отсутствия наблюдений.

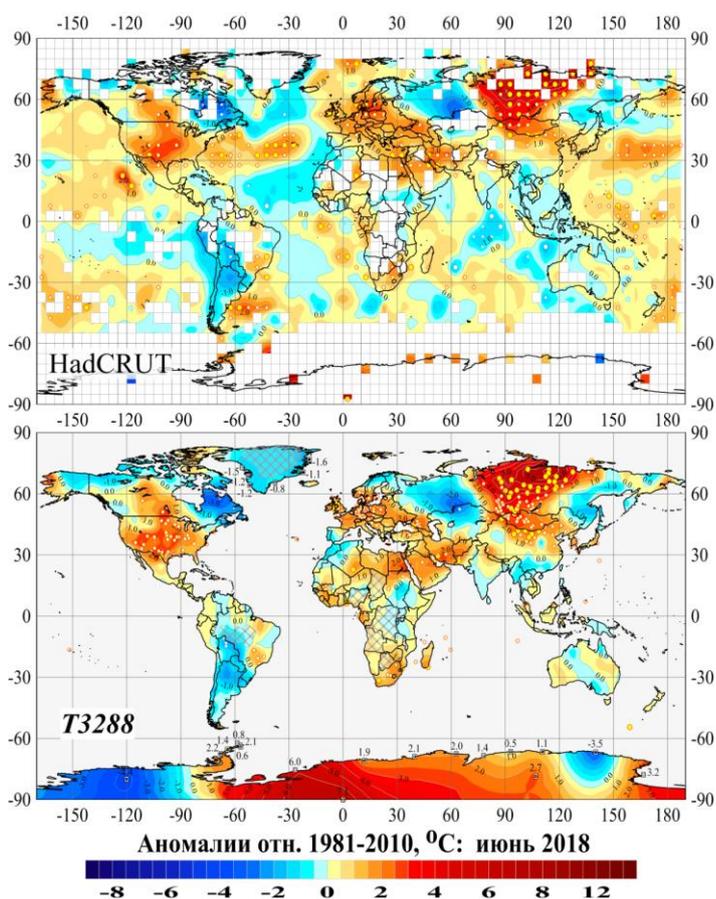
Таблица 2.3 – Количество локальных экстремумов на территории
Земного шара летом 2018 г. по данным массивов T3288 и HadCRUT4
(все значения приведены в процентах от NN)

Регион	NN - число станций/ боксов	Аномалии		5%-е экстремумы холода/тепла		Абсолютные экстремумы	
		N (V<0) %	N (V≥0) %	N (X≤P ₀₅) %	N (X≥P ₉₅) %	N (X=min) %	N (X=max) %
HadCRUT4 (суша+море)							
ЗШ	1700	25.1	74.9	1.1	16.1	0.3	3.2
СП	992	21.8	78.2	0.7	20.2		3.9
ЮП	708	29.8	70.2	1.6	10.5	0.7	2.1
90-65S	15	13.3	86.7		2		
65-25S	370	24.6	75.4	0.8	10.3	0.3	2.2
25S-25N	650	32.0	68.0	1.7	11.4	0.6	2.0
25-65N	549	17.1	82.9	0.7	24.6		5.6
65-90N	116	27.6	72.4		20.7		1.7
T3288 (только суша)							
ЗШ	1807	22.0	78.0	1.4	23.1	0.2	5.4
СП	1491	17.8	82.2	0.2	25.8		6.0
ЮП	317	41.3	58.7	6.9	10.4	1.3	2.2
90-65S	14	14.3	85.7		21.4		
65-25S	164	47.6	52.4	9.1	3.7	1.2	1.2
25S-25N	372	34.1	65.9	2.4	16.4	0.5	4.3
25-65N	1151	13.9	86.1		28.2		6.6
65-90N	111	28.8	71.2	0.9	22.5		3.6

Внутрисезонные особенности распределения аномалий.

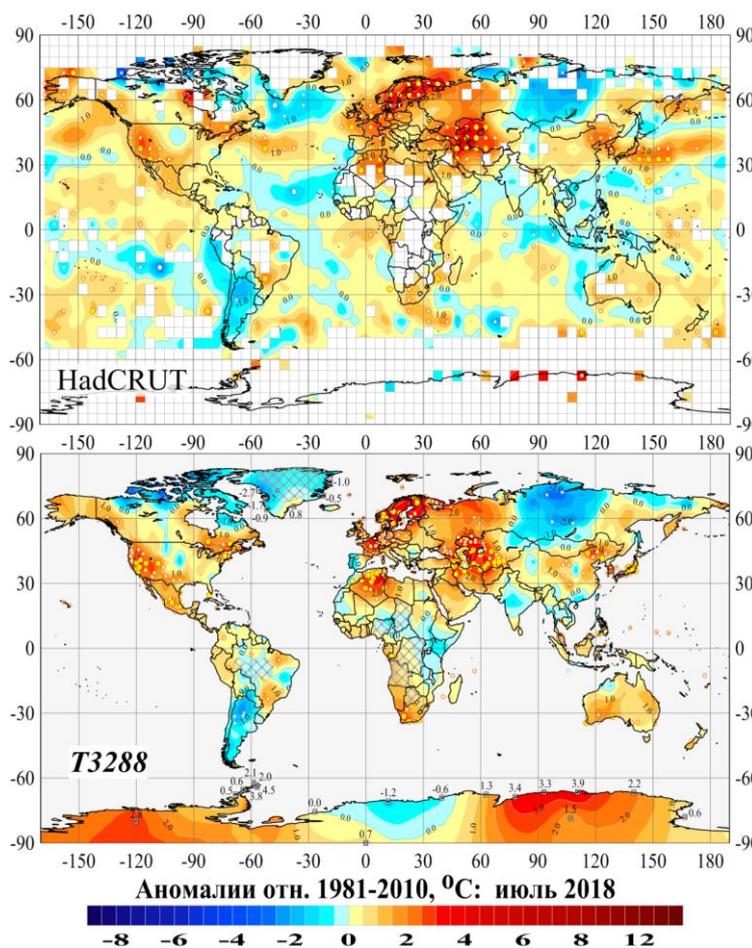
Яркой особенностью **июня** является наличие обширной положительной аномалии с многочисленными абсолютными максимумами (35 случаев, аномалия до +8.7°C), охватывающей большую часть Сибири, Монголию и север Китая. Еще две крупные, с многочисленными 5%-ми локальными экстремумами, положительные аномалии занимают практически всю Европу и Ближний восток, а также большую часть Северной Америки.

Рисунок 2.2а – См. рис. 2.1, но для средних месячных аномалий в июне 2018 г.



Отрицательные аномалии наблюдаются на ЕЧР и севере Казахстана (до -3.4°C), Дальнем Востоке, Аляске и на севере Канады (до -3.9°C на п-ве Лабрадор) и в Гренландии, в Южной Америке и прилегающих районах Тихого океана, в Юго-Восточной Азии и Индийском океане. В экваториальном поясе в июне отрицательные аномалии по данным HadCRUT составили 37%.

В июле (рис. 2.2б) произошло значительное усиление положительной аномалии над Европой, с большим количеством абсолютных максимумов на севере региона, в среднем по региону аномалия составила 1.90°C (вероятность неперевышения 99%, табл. 2.2) и ее распространение на ЕЧР, Прикаспий и соседние страны (здесь было зарегистрировано 29 абсолютных максимумов), а также Алжир и Марокко. Всего на суше умеренного пояса СП на 24% станций наблюдались 5%-е экстремумы, в т.ч. на 7% - абсолютные максимумы. Для примера отметим, что в Японии температура днем повышалась до 33.9°C



(станция Маевashi, индекс по каталогу ВМО 47624), в Туркмении – до 39.9°C (станция Чарджоу, АМСГ, индекс 38687), в Алжире – до 44.6°C (станция Ghardaia, индекс 60566).

На территории Сибири, напротив, установилась область отрицательных аномалий. В США выраженный очаг тепла сохранился только на западе. Менее интенсивные области тепла находятся в Южной Африке, в Северо-Восточной Азии, на востоке Канады и США. В Южной Америке, на севере Канады и в Юго-Восточной Азии по-прежнему сохраняются отрицательные аномалии.

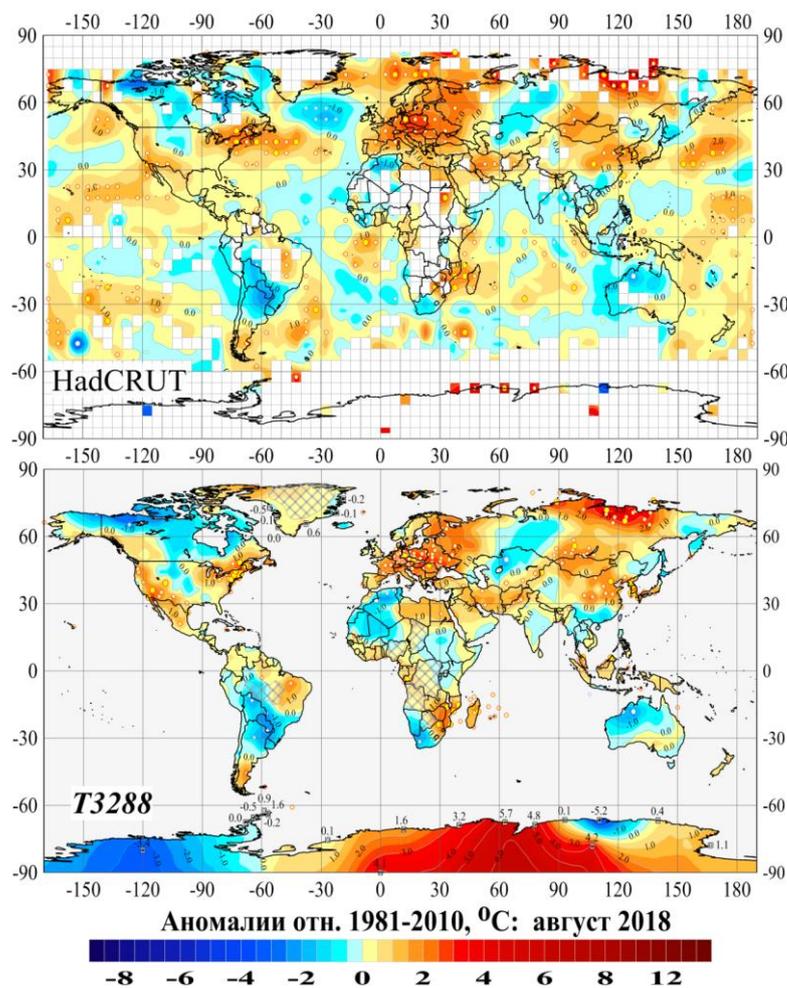
Рисунок 2.2а – См. рис. 2.1, но для средних месячных аномалий в июле 2018 г.

В августе (рис. 2.2в) положительные аномалии в Европе, Средней Азии и Северной Америке ослабли, количественные региональные характеристики (абсолютные значения аномалий и их вероятности неперевышения) существенно снизились по сравнению с июлем (табл. 2.2). На севере Якутии образовалась новая интенсивная положительная аномалия (до 4.2°C на Новосибирских островах).

Положительные аномалии температуры в Южной и Западной Африке сменились отрицательными. Обширная отрицательная аномалия охватила почти всю территорию Канады (до -3.2°C), сохраняются холодные аномалии в Южной Америке, Юго-Восточной Азии и тропической океанической области обоих полушарий.

Области холода наблюдались также в Западной Сибири и Казахстане, в Австралии (средняя аномалия по континенту -0.48°C , табл. 2.2). По всем регионам в этом месяце доля отрицательных аномалий, по сравнению со средней за сезон, увеличилась. В Южном полушарии и экваториальном поясе она составила, соответственно 52% и 39% на суше, и по 34% по данным на полной сетке с учетом океанов.

Рисунок 2.2в – См. рис. 2.1, но для средних месячных аномалий в августе 2018 г.



3. КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗЕМНОГО ШАРА ЗА ПЕРИОД ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ, 1850-2018 гг. (летний 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 (с 1850 г.). Аномалии рассчитаны относительно среднего за весь период наблюдений (1850-2018 гг.).

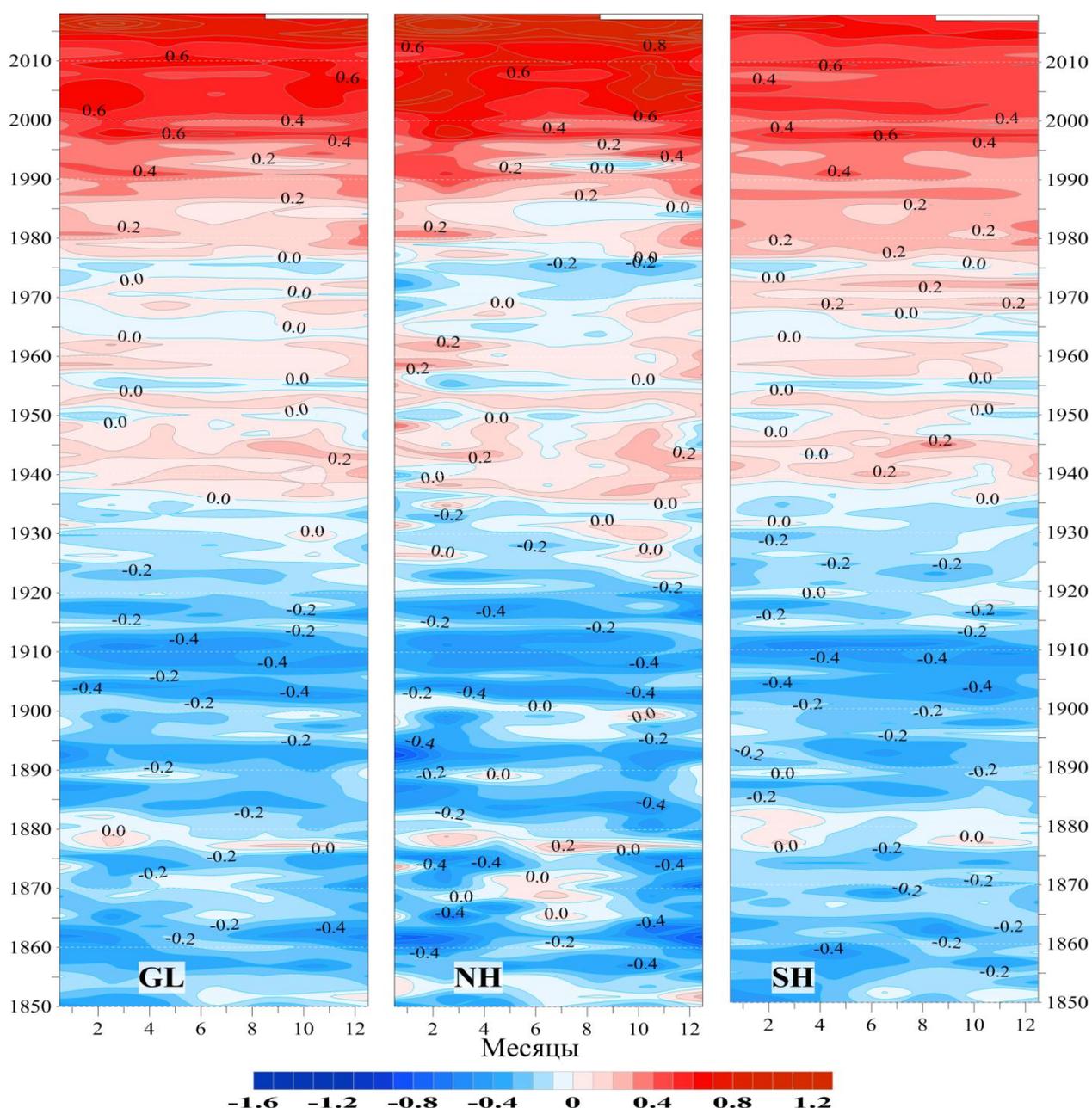


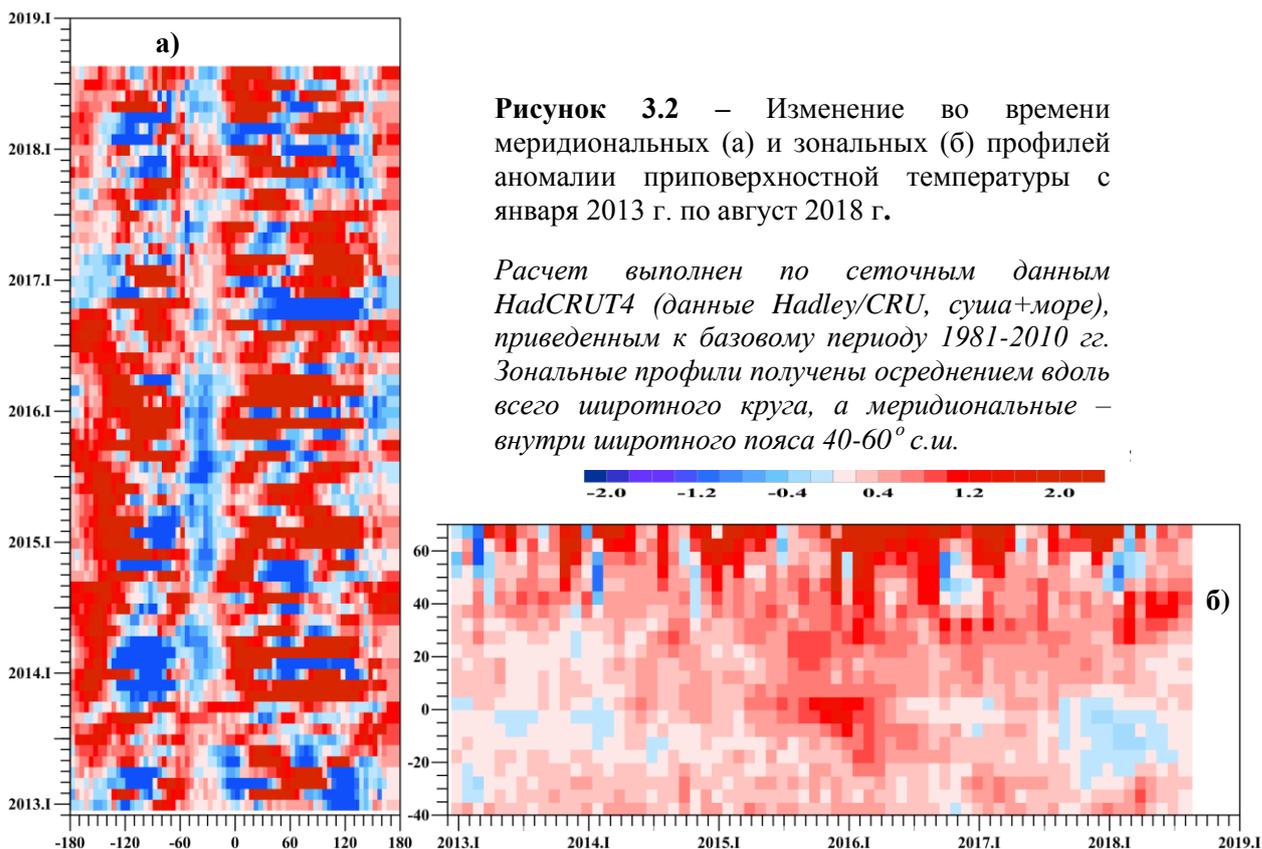
Рисунок 3.1 – Изменение аномалий средней месячной приповерхностной температуры, осредненной по территории Земного шара (GL), Северного (NH) и Южного (SH) полушарий в течение периода с января 1850 по август 2018 гг. (по данным HadCRUT4, Hadley/CRU, UK). Аномалии выражены как отклонения от средней за 1850-2018 гг.

На рис. 3.1 хорошо прослеживаются и похолодание в начале 20-го столетия, и арктическое потепление 1940-х, и современное особенно активное потепление, ставшее действительно глобальным к середине 1990-х. Наиболее ярко оно проявляется в Северном полушарии с максимумом в осенне-зимний период и особенно усилилось в последние годы – примерно с середины 2014 года. В Южном полушарии потепление наиболее интенсивно в первые месяцы 2016-2017 гг. (лето Южного полушария)

Широтно-долготные разрезы. Значительные отрицательные аномалии, наблюдавшиеся летом 2018 года, проявляются и в широтно-долготных профилях приповерхностной температуры (рис. 3.2).

На рис. 3.2а видно, что с конца весны 2018 года на континентах умеренного пояса СП сменился знак аномалий. Над Северной Америкой и Евразией (особенно – Европой) стали наблюдаться выраженные положительные аномалии и, соответственно, площадь и интенсивность отрицательных аномалий над континентами существенно сократилась. В Атлантике (0-60° з.д.) с начала 2018 года теплый период сменился холодным. Таким образом, меридиональный профиль в поясе умеренных широт СП в первой половине 2018 г. сходен с периодом конца 2015 - середины 2016 гг.

На рис. 3.2б видно, что летом 2018 года температура в тропических широтах Южного полушария установилась примерно на уровне климатической нормы (с осени 2017 г. здесь наблюдалась отрицательная аномалия). Также несколько ослабла положительная аномалия в поясе 20-40° с.ш., наблюдавшаяся здесь с начала года.



Временные ряды глобально осредненной температуры. Интегральную характеристику и оценку интенсивности наблюдаемых крупномасштабных изменений приземной температуры дают глобально осредненные временные ряды для территории Земного шара и обоих полушарий (рис. 3.3)

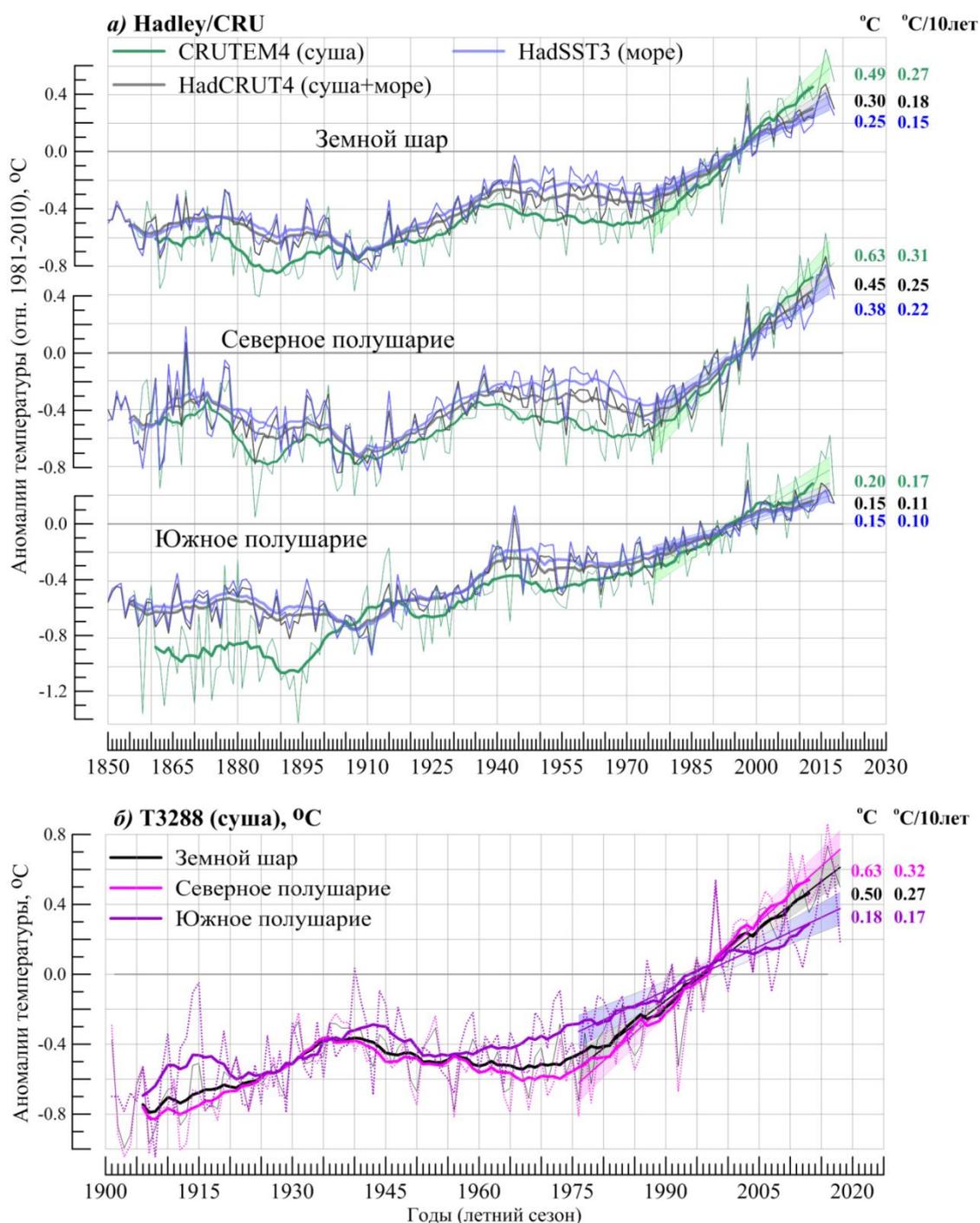


Рисунок 3.3 – Временные ряды сезонных аномалий приземной температуры (лето), осредненных по территории Земного шара, Северного и Южного полушарий: а) по данным Hadley/CRU, 1850-2018 гг.: HadCRUT4 (суша+море), CRUTEM4 (суша), HadSST3 (море); б) по данным ИГКЭ, 1901-2018 гг.: T3288 (суша).

Для всех рядов показан ход 11-летних скользящих средних и линейный тренд за 1976-2018 гг. с 95% доверительным интервалом. Справа приведены числовые значения сезонных аномалий в 2018 г. и значения коэффициентов линейного тренда за 1976-2018 гг. (°C/10 лет, лето).

В таблице 3.1 приведены коэффициенты линейного тренда всех рядов, а в таблице 3.2 – показатели k_1 - k_3 , количественно уточняющие соотношение оценок в разных факторных подгруппах (суша/море, СП/ЮП, современное потепление/столетие, T3288/CRUTEM). Эти показатели рассчитаны как отношение соответствующих коэффициентов тренда (см. первый столбец табл. 3.1). Приведенные оценки показывают, что потепление летних сезонов (и современное, и в целом за 100 лет) над сушей протекает быстрее, чем над океанами ($k_1=1.3-1.8$) и в Северном полушарии быстрее, чем в Южном ($k_2>1$). При этом в период современного потепления разрыв между интенсивностью потепления в Северном и Южном полушариях (k_2) на поверхности океанов ($k_2=2.23$) оказался существенно выше, чем над сушей ($k_2=1.81-1.90$) и существенно усилился в сравнении с последним 100-летием ($k_2=1.07$ и $1.06-1.25$, соответственно), особенно над океанами.

Таблица 3.1 – Коэффициенты линейного тренда ($^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$) глобальных временных рядов приземной температуры за 1976-2018 гг. и 1919-2018 гг., в среднем за летний сезон и по месяцам

Регион	1976-2018				1919-2018			
	Лето	июнь	июль	август	Лето	июнь	июль	август
HadCRUT4 (суша+море)								
Земной шар	0.182	0.179	0.178	0.188	0.078	0.078	0.077	0.077
Северное полушарие	0.251	0.243	0.247	0.261	0.083	0.088	0.080	0.080
Южное полушарие	0.113	0.115	0.109	0.115	0.072	0.069	0.074	0.075
T3288-ИГКЭ (суша)								
Земной шар	0.273	0.276	0.267	0.274	0.100	0.110	0.094	0.096
Северное полушарие	0.318	0.320	0.312	0.322	0.106	0.122	0.099	0.098
Южное полушарие	0.167	0.175	0.162	0.163	0.085	0.079	0.083	0.093
CRUTEM4 (суша)								
Земной шар	0.266	0.268	0.263	0.269	0.100	0.107	0.096	0.096
Северное полушарие	0.313	0.314	0.308	0.318	0.102	0.116	0.096	0.093
Южное полушарие	0.173	0.175	0.172	0.170	0.096	0.089	0.096	0.103
HadSST3 (море)								
Земной шар	0.155	0.145	0.153	0.165	0.069	0.067	0.069	0.070
Северное полушарие	0.216	0.196	0.219	0.234	0.073	0.070	0.073	0.074
Южное полушарие	0.097	0.098	0.091	0.102	0.068	0.065	0.069	0.069

Таблица 3.2 – Сравнение скорости глобального потепления (у поверхности) в разных факторных подгруппах, в среднем за летний сезон 2018 года

k_1	Показатель	1976-2018			1919-2018		
		ЗШ	СП	ЮП	ЗШ	СП	ЮП
k_1	$b_{T3288}/b_{HadSST3}$	1.76	1.47	1.72	1.45	1.45	1.25
	$b_{CRUTEM4}/b_{HadSST3}$	1.72	1.45	1.78	1.45	1.40	1.41
k_2	$b_{СП}/b_{ЮП}$	1976-2018			1919-2018		
		T3288	CRUTEM	HadSST	T3288	CRUTEM	HadSST
		1.90	1.81	2.23	1.25	1.06	1.07
k_3	$b_{1976-2018}/b_{1919-2018}$	СП			ЮП		
		T3288	CRUTEM	HadSST	T3288	CRUTEM	HadSST
		3.00	3.07	2.96	1.96	1.80	1.43

4. ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ РЕГИОНАЛЬНО ОСРЕДНЕННЫХ АНОМАЛИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ, 1911-2018 гг. (летний сезон)

Временные ряды (рис. 4.1, 4.2, 4.3) рассчитаны по методике ИГКЭ, по сеточным данным HadCRUT4 (для пяти широтных поясов и северных частей Атлантического и Тихого океанов) и по данным станционных наблюдений T3288 (для всех шести континентов, а также для Европы и Азии отдельно). Данные до 1911 г. не приводятся, т.к. представляются недостаточно полными и надежными (особенно над океанами). На всех временных рядах показаны тренды за период 1976-2018 гг., условно принятый за период современного глобального потепления. Числовые оценки трендов приведены в табл. 4.1.

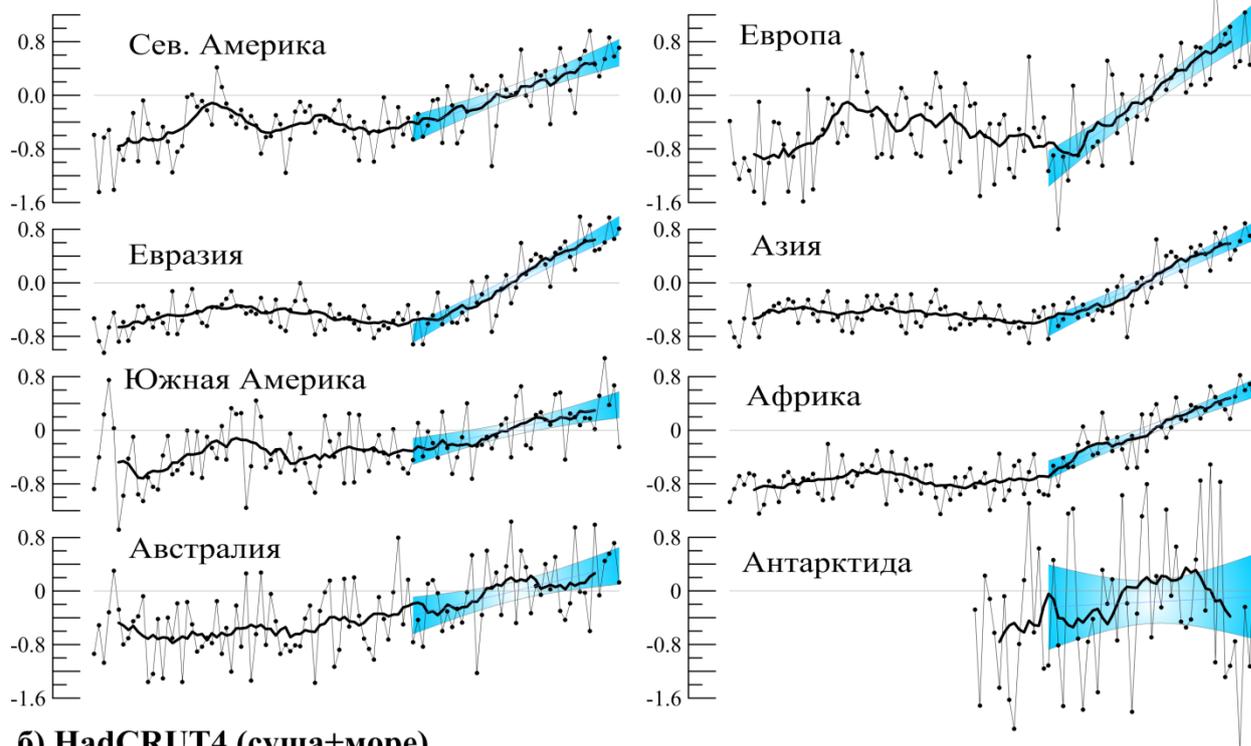
Таблица 4.1. – Коэффициенты линейного тренда ($^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$) регионально осредненных аномалий приземной температуры летнего сезона за 1976-2018 гг. (в целом за сезон и по месяцам)

Регион	Лето	Июнь	Июль	Август
HadCRUT4 (суша+море)				
Атлантика (15-70N)	0.201	0.180	0.188	0.234
Тихий океан (20-65N)	0.224	0.198	0.239	0.236
Арктический пояс (65-90N)	0.425	0.487	0.393	0.417
Умеренный пояс СП (25-65N)	0.309	0.289	0.307	0.330
Тропики (25S-25N)	0.147	0.152	0.141	0.147
Умеренный пояс ЮП (65-25S)	0.114	0.120	0.110	0.110
Антарктический пояс (90-65S)	0.103	0.007	0.036	0.279
T3288 (суша)				
Северная Америка	0.270	0.296	0.255	0.259
Евразия	0.383	0.386	0.361	0.403
Европа	0.526	0.377	0.567	0.626
Азия	0.341	0.385	0.303	0.337
Южная Америка	0.165	0.195	0.111	0.185
Африка	0.291	0.319	0.306	0.241
Австралия	0.177	0.148	0.277	0.101
Антарктида	0.037	-0.208	0.055	**0.290

Усл. обозначения: * $\alpha \leq 5\%$; ** $\alpha \leq 10\%$; серая заливка - $\alpha > 10\%$. где α – уровень значимости. Оценки, статистически значимые на 1%-уровне, приведены без выделения.

По региональным оценкам наиболее интенсивное потепление летних сезонов происходит в Европе (в среднем за сезон $0.53^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$, максимум – в августе) и Арктическом поясе (в среднем за сезон $0.43^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$, максимум – в июне) (табл. 4.1. рис. 4.1-4.3), наиболее медленное – в умеренном поясе ЮП и в Антарктическом поясе ($0.1^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$). В Южной Америке и Австралии потепление статистически незначимо даже на 10%-м уровне в отдельные месяцы, в Антарктическом регионе – в течение всего сезона (табл. 4.1, рис. 4.2-4.3).

а) T3288 (только суша)



б) HadCRUT4 (суша+море)

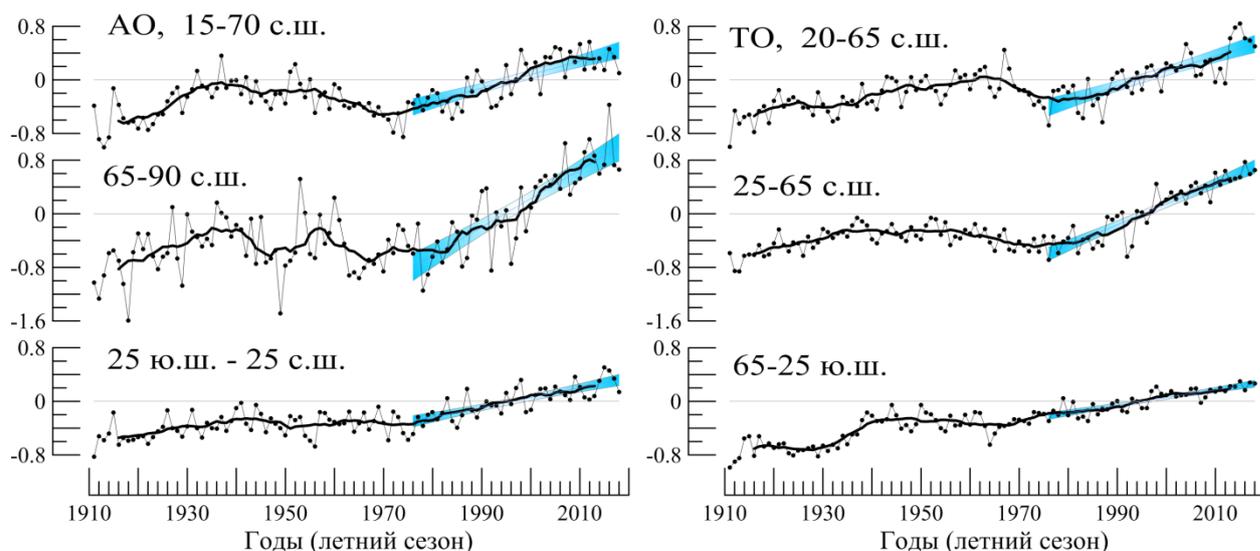


Рисунок 4.1 – Временные ряды пространственно осредненных аномалий летнего сезона приземной температуры для континентов (а), северных частей Атлантического и Тихого океанов (б, сверху) и основных широтных поясов земного шара (б, внизу).

Расчеты выполнены по методике и данным ИГКЭ, массив T3288 (см. а, континенты) и по данным HadCRUT4 (см. б, океаны и широтные пояса). Аномалии приведены в отклонениях от средних за 1981–2010 гг. Сглаженные кривые (жирная линия) получены 11-летним скользящим осреднением. Показан линейный тренд за 1976-2018 гг. с 95%-м доверительным интервалом (голубая заливка).

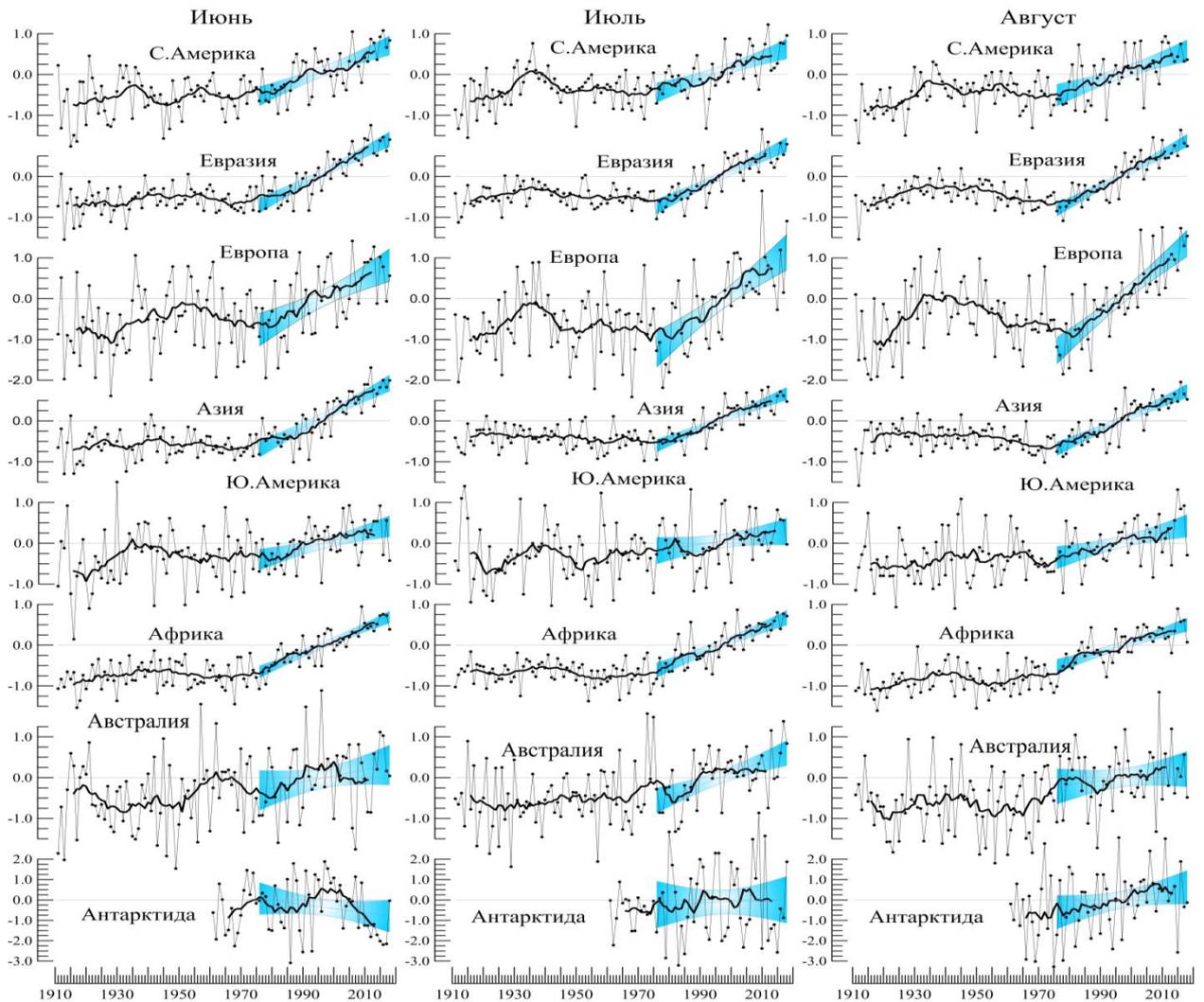


Рисунок 4.2 – См. рис. 4.1. но для аномалий летних месяцев и только для континентов. Расчеты выполнены по методике и данным ИГКЭ (массив T3288).

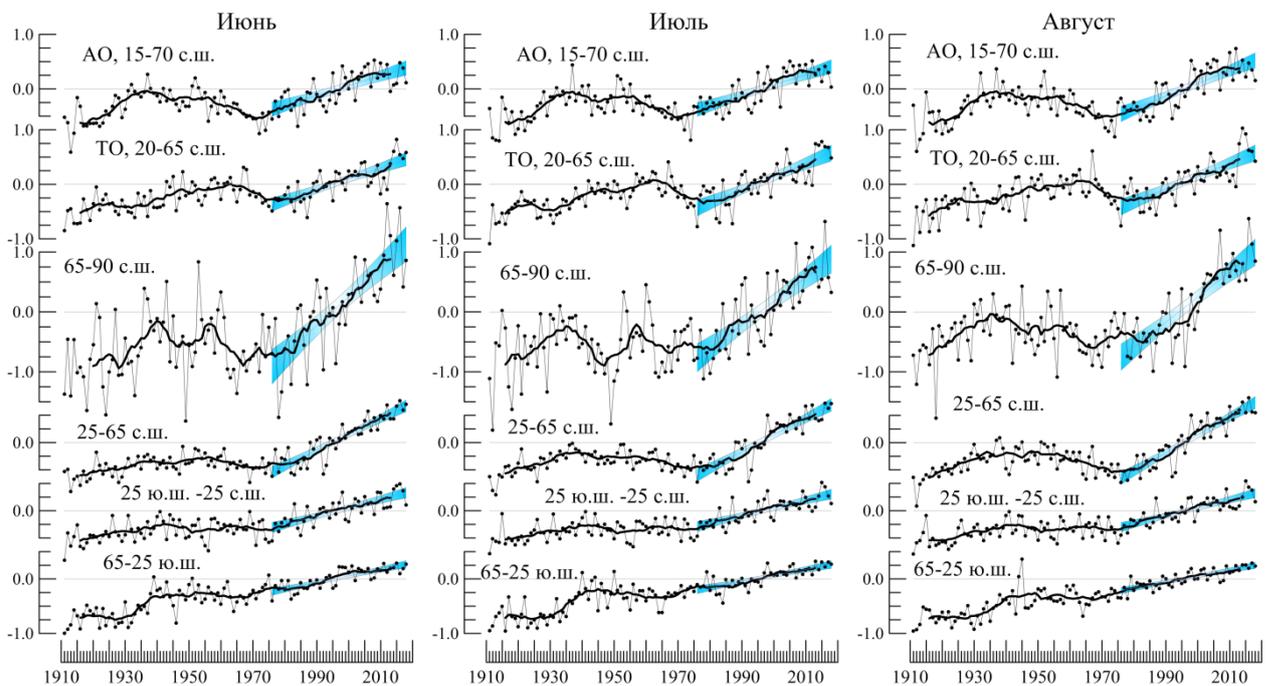


Рисунок 4.3 – См. рис. 4.2., но для океанов и широтных поясов земного шара. Использованы сеточные данные Hadley/CRU (HadCRUT4. суша+море). Расчеты выполнены по методике ИГКЭ.

5. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА, 1976-2018 гг. (летний сезон)

Использованы данные наблюдений на 1772 станциях (массив T3288) и в центрах 1620 боксов (массив HadCRUT4), для которых своевременно поступили оперативные данные за летний сезон 2018 г. и временные ряды охватывают не менее 35 лет.

Ниже приведены: географическое распределение коэффициентов тренда в форме полей изолиний с указанием областей статистически значимых оценок (рис. 5.1.-5.2) и количественное распределение оценок в зависимости от их статистической значимости и направленности тренда (табл. 5.1). В таблице указано реальное число станций/боксов, используемых в расчетах в каждой выборке.

Таблица 5.1 – Распределение локальных оценок тренда за *1976-2018 (летний сезон)* в зависимости от знака коэффициента тренда *b* и уровня значимости *a*

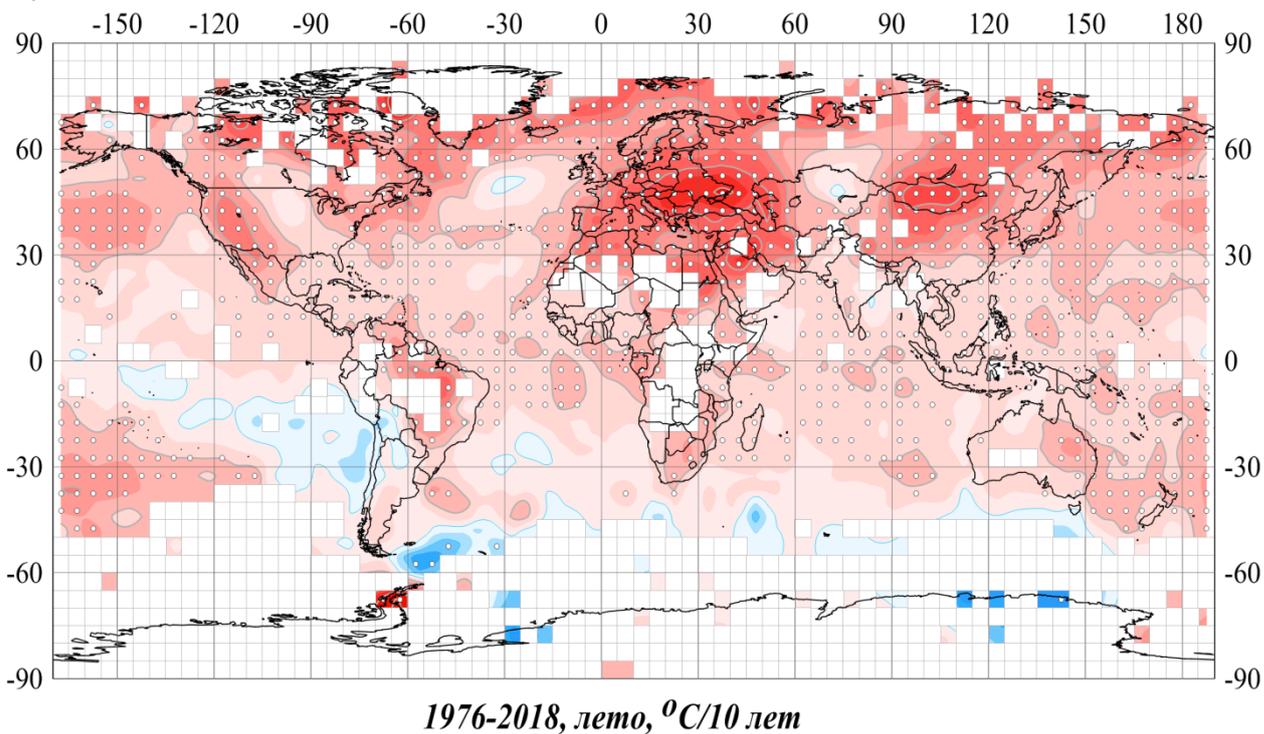
	Данные N		b<0				b>=0			
			Всего	в том числе			Всего	в том числе		
				$\alpha \leq 1$	$\alpha \leq 5$	$\alpha \leq 10$		$\alpha \leq 1$	$\alpha \leq 5$	$\alpha \leq 10$
T3288	ЗШ	1772	103	6	10	12	1669	1038	1235	1327
			5.8%	0.3%	0.6%	0.7%	94.2%	58.6%	69.7%	74.9%
	СП	1473	61	5	6	6	1412	938	1096	1173
			4.1%	0.3%	0.4%	0.4%	95.9%	63.7%	74.4%	79.6%
	ЮП	300	42	1	4	6	258	101	140	155
			14.0%	0.3%	1.3%	2.0%	86.0%	33.7%	46.7%	51.7%
HadCRUT4	ЗШ	1620	89	5	15	17	1531	901	1113	1198
			5.5%	0.3%	0.9%	1.0%	94.5%	55.6%	68.7%	74.0%
	СП	979	10	0	0	0	969	669	787	829
			1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	99.0%	68.3%	80.4%	84.7%
	ЮП	641	79	5	15	17	562	232	326	369
			12.3%	0.8%	2.3%	2.7%	87.7%	36.2%	50.9%	57.6%

Примечание. Таблица обобщает распределение оценок на рис. 5.1. Процентное содержание данных рассчитано относительно N (N - общее количество станций/боксов).

На территории суши приземное потепление летних сезонов наблюдается на большей части земного шара – положительные тренды составляют 94% всех оценок, а из отрицательных (остальные 6% оценок) 0.3% значимы на 1%-м уровне (табл. 5.1). Области наиболее интенсивного потепления (рис. 5.1) находятся на территории Восточной Европы (до +0.9°C/10 лет), вблизи Персидского залива (до +1.0°C/10 лет), в Монголии, на западе США и на Антарктическом полуострове (до +1.1°C/10 лет).

Наиболее существенные тенденции к похолоданию отмечаются в центральной части Южной Америки (до -0.4 °C/10 лет в Боливии, статистически значимы на 1%-м уровне) и в Тихом океане, вблизи ее западного побережья (значимость 10%). Небольшие значимые области отрицательных трендов заметны на севере Мексики, в центре США; отрицательные тренды в Южном океане и некоторых районах Восточной Антарктиды, в основном, незначимы даже на 10%-м уровне, а на северо-востоке Казахстана и юге Западной Сибири, Аляске и Северной Атлантике тренды близки к нулевым.

а) HadCRUT4



б) T3288

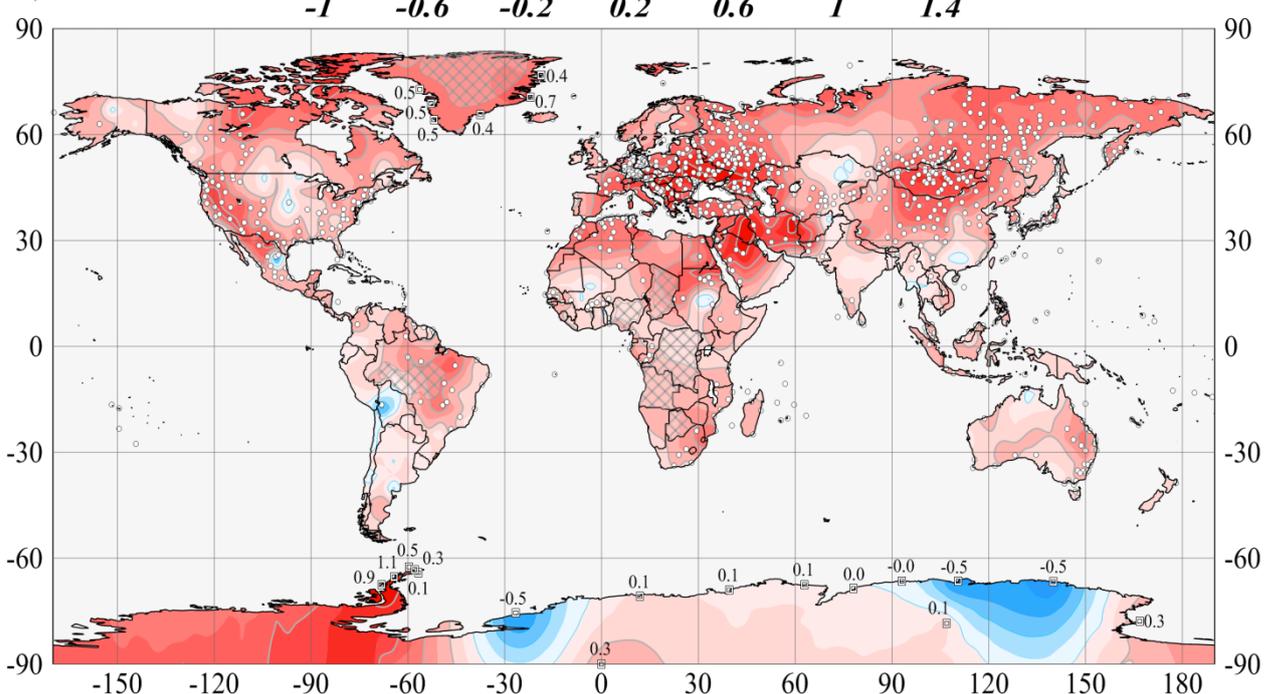


Рисунок 5.1 - Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда температуры летнего сезона у поверхности Земного шара за период 1976-2018 гг. (°C/10 лет).

Использованы данные: а) HadCRUT4 - 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.

Отмеченные тенденции в изменении сезонных температур, практически проявляются в каждом из месяцев (рис. 5.2). В июле области отрицательных трендов в Южной Америке и Тихом океане, северном Казахстане и Западной Сибири, Восточной Антарктиде и Южном океане наиболее обширны и интенсивны.

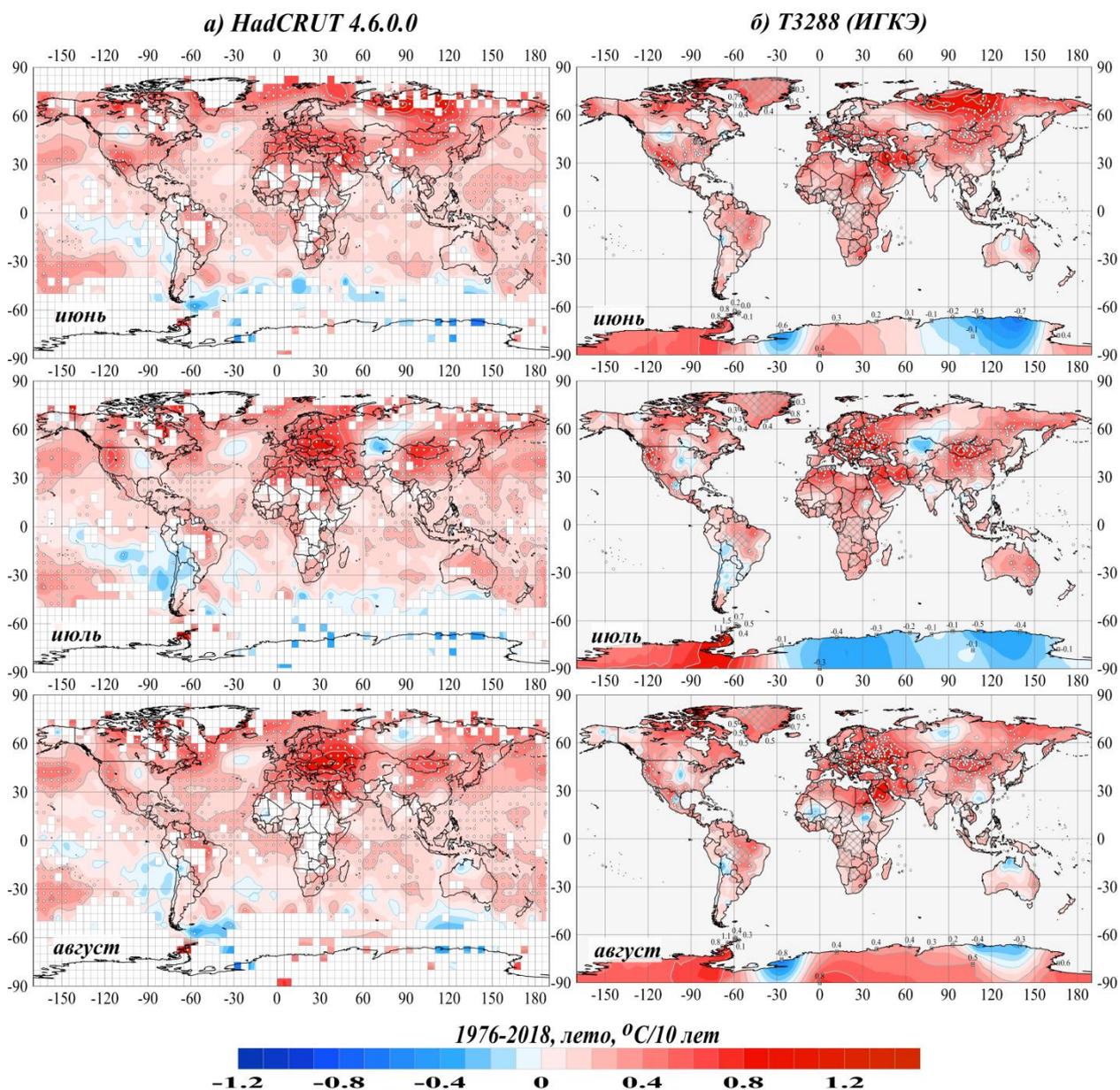


Рисунок 5.2 – См. рис. 5.1., но для коэффициентов тренда среднемесячных аномалий температуры летних месяцев.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Сезонная аномалия приповерхностной температуры, осредненная по территории Земного шара, Северного и Южного полушарий, летом 2018 г. составила по стационарным данным над сушей 0.50, 0.63, 0.18°C (T3288, только суша), а по данным на полной сетке – 0.30, 0.45 и 0.15°C (HadCRUT4, суша+море).

В соответствии с этими данными, лето 2018 года оказалось 4-м среди самых теплых летних сезонов над сушей Северного полушария, 10-м – над сушей Южного полушария и вошло в число семи самых теплых сезонов в каждой из остальных категорий (территория, источник данных). Самым теплым за всю историю наблюдений, по-прежнему, остается лето 2016 года (в Северном полушарии и на Земном шаре в целом).

2. За последние 4 года (2015-2018) средняя по территории суши температура летнего сезона в Северном и Южном полушариях сначала поднялась до максимальных отметок (аномалия 0.861 и 0.600°C, соответственно), но в 2018 г. откатилась к значениям 0.632 и 0.184°C (относительно 2014 г. на 0.16°C выше и на 0.13°C ниже)⁸.

В изменении температуры поверхности океанов основной тенденцией этого периода было понижение температуры, более заметное в Северном полушарии.

По данным на полной сетке (суша+море) глобальная температура летнего сезона полностью вернулась к уровню ниже 2014 года: в среднем по Земному шару – на 0.03°C, в Северном полушарии – на 0.46°C и в Южном – на 0.15°C.

3. Сезонных температурных рекордов (в среднем по территории) этим летом не обнаружено ни в одном из рассматриваемых крупных регионов Земного шара (материки, океаны, широтные пояса), хотя на более четверти всех наземных станций Северного полушария (385 из 1491 станций с доступными наблюдениями) сезон попал в число 5% самых теплых летних сезонов с 1911 г.

Экстремально теплые условия сложились в умеренном поясе Северного полушария, где средняя по региону температура была выше 99-го перцентиля. Здесь на 28% наземных станций зафиксированы 5%-е экстремумы тепла, из которых четверть – абсолютные максимумы. Наиболее интенсивные очаги тепла в июне были расположены в Сибири и США, в июле – в Европе и Средней Азии, в августе – в Европе и на севере Якутии.

4. Наряду с положительными аномалиями, в текущий летний сезон наблюдалась необычно высокая для периода потепления доля наблюдений (станций/боксов) отрицательных аномалий: 22% всех наземных станций и 25% боксов. В Южном полушарии сезонная температура была ниже климатической нормы на 131 из 317 наземных станций (41%), в том числе на 22 станциях она была ниже 5-го перцентиля (5%-е экстремумы холода).

⁸ Значения аномалий приведены относительно базового периода 1981-2010 гг. по данным стационарных наблюдений T3288. По данным CRUTEM им соответствуют: 0.840 и 0.635°C для максимальных значений и 0.632 и 0.201°C для значений в 2018 г.

На протяжении всего сезона отмечались области отрицательных аномалий в Южной Америке (аномалия в среднем по континенту за сезон -0.43°C) и восточной части Тихого океана вблизи ее побережья, на севере Канады, в Юго-Восточной Азии, на большей части Индийского океана и Атлантики. Локализация обширной области холода в Евразии менялась от месяца к месяцу: в июне – на ЕЧР и в Казахстане, в июле – в Восточной Сибири, в августе – в Западной Сибири и Казахстане.

5. На большей части Земного шара продолжается потепление летних сезонов: положительные тренды составляют 94% всех оценок, а из отрицательных (остальные 6% оценок) 0.3% статистически значимы на 1%-м уровне (в Южной Америке и на востоке Тихого океана). Наиболее интенсивно современное потепление происходит в Европе (в среднем по региону $0.53^{\circ}\text{C}/10$ лет) и Арктическом широтном поясе (в среднем по региону $0.43^{\circ}\text{C}/10$ лет).