

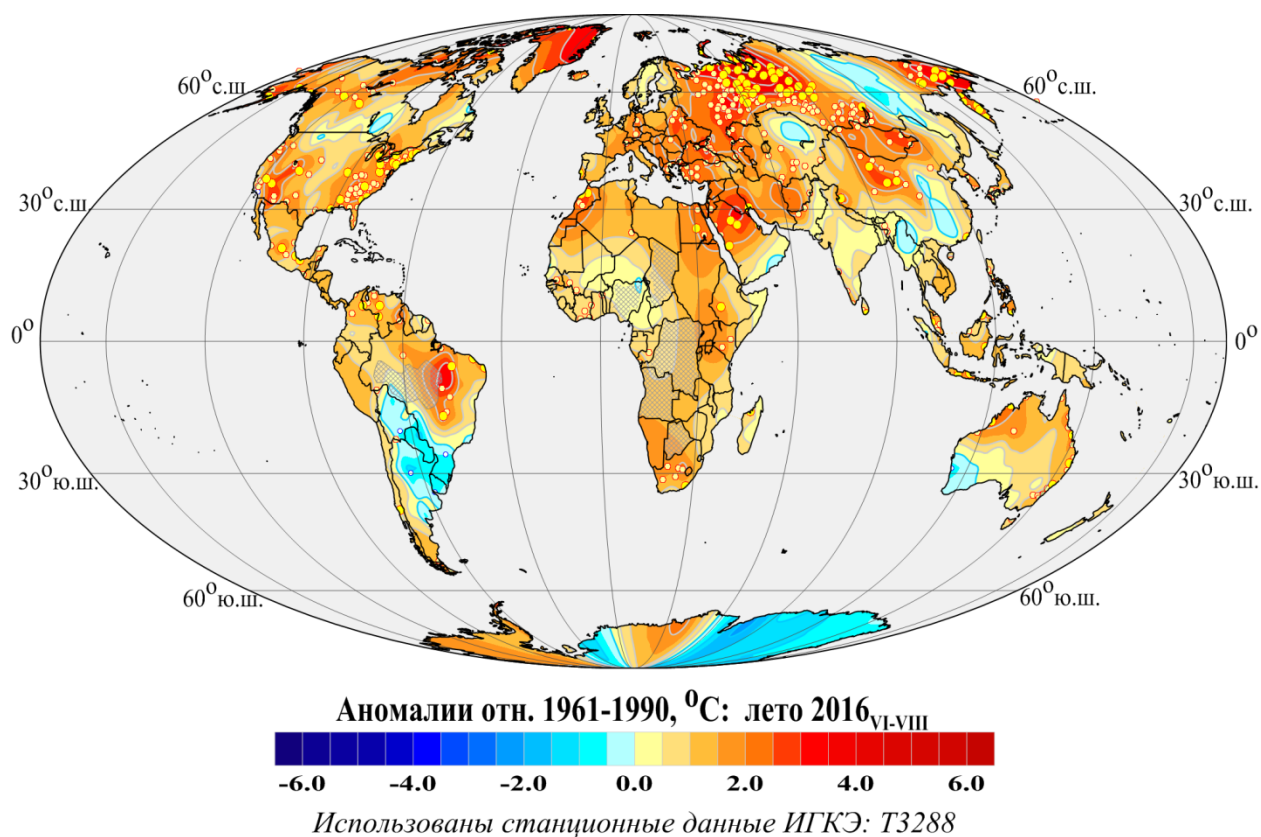
Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды

ФГБУ «Институт глобального климата и экологии
Росгидромета и РАН»

Бюллетень мониторинга изменений климата Земного шара

Приземная температура

Лето 2016



Москва 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ¹

1. ВВЕДЕНИЕ	3
2. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ШАРА ЛЕТОМ 2016 г. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ АНОМАЛИИ	4
3. КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ТЕРРИТОРИИ ЗЕМНОГО ШАРА ЗА ПЕРИОД ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ, 1850-2016 гг. (летний сезон)	9
4. ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ ПРОСТРАНСТВЕННО ОСРЕДНЕННЫХ АНОМАЛИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ, 1911-2016 гг. (летний сезон)	13
5. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА ЗЕМНОГО ШАРА, 1976-2016 гг. (летний сезон)	15
6. ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ	18

¹ На обложке приведено поле сезонных аномалий температуры приземного воздуха над сушей Земного шара: лето 2016 г. Условные обозначения см. на рис. 2.2.

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящем бюллетене представлены данные о климатических аномалиях летнего сезона 2016 г. и обновленные (с учетом этих данных) оценки тенденций в изменении температурного режима летних сезонов на территории Земного шара в течение 1976–2016 гг. (по разделу «приземная температура»). Оценки приведены для сезона в целом и каждого из месяцев (июнь, июль, август).

Комментарий к представленным ниже материалам с более подробным описанием используемых источников, сети станций и элементов методики размещен на web-сайте ИГКЭ.² Здесь отметим лишь, что бюллетень подготовлен в ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» средствами технологии оперативного мониторинга климата, разработанной в ИГКЭ и базирующейся на использовании данных станционных наблюдений о средней месячной температуре приземного воздуха на суше земного шара. Данные текущих наблюдений формируются в Гидрометцентре РФ и ВНИИГМИ-МЦД (на основе сводок «КЛИМАТ», поступающих по каналам связи в оперативном потоке) и в установленные сроки передаются в ИГКЭ. В качестве базового массива исторических наблюдений используется массив T3288 (создан и поддерживается в ИГКЭ), который содержит искомые данные о температуре на глобальной сети 3288 станций за период с 1901 по 2016 гг.³ Технологический цикл включает извлечение необходимых данных, их контроль и обработку, сопряжение с историческими рядами и расчет всех материалов мониторинга.

Параллельно в бюллетене приводятся оценки по данным метеослужбы Великобритании⁴ – они упоминаются в бюллетене как «данные Hadley/CRU». Глобальные оценки и глобальные временные ряды (для Земного шара и полушарий) по данным Hadley/CRU приводятся только по оригинальным данным Hadley/CRU. Это значит, что глобальные и полушарные временные ряды рассчитаны по методике ИГКЭ только по массиву T3288; в остальных случаях (по данным CRUTEM4, HadSST3 и HadCRUT4) ряды скачиваются с сайта производителя и корректировке не подлежат. Пространственно осредненные временные ряды для регионов рассчитаны по методике ИГКЭ по данным HadCRUT4 (для океанов и широтных поясов) и по данным T3288 (для континентов).

На наш взгляд, станционные данные более точно описывают ситуацию над континентами (особенно локализацию экстремальных аномалий), а объединенные поля HadCRUT4 дают более полную и цельную глобальную картину распределения «приповерхностной» температуры над континентами и океанами. Термины

² О бюллетене мониторинга изменений климата Земного шара (read me). – <http://climatechange.su>; <http://climatechange.igce.ru>

³ Более подробные данные можно найти в статье Груза Г.В. и др. «Географические и сезонные особенности современного глобального потепления» (Фундаментальная и прикладная климатология, 2015, №2, с. 41-62)

⁴ Массивы CRUTEM4 (температура воздуха над сушей), HadSST3 (температура воды на поверхности океанов) и HadCRUT4 (объединенные данные над сушей и океанами) созданы и поддерживаются совместно двумя коллективами Великобритании – Хэдли-центр (Met Office Hadley Centre) и Университет 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.4.5.0.0, CRUTEM.4.5.0.0, HadSST.3.1.1.0 от 30.10.2016 (13.09.2016 г. версия 4.4.0.0 первых двух массивов была заменена обновленной версией 4.5.0.0)

«приповерхностная температура» и «приземная температура» используются в бюллетене как синонимы.

Таким образом, в используемой технологии массив T3288 служит базовым массивом для оценки состояния температурных условий *на суше земного шара*, а массив HadCRUT4 используется для создания полной *глобальной картины над сушей и океанами*. Глобальные временные ряды CRUTEM4 и оценки по ним приводятся в бюллетене для сравнения с одноименными данными ИГКЭ с целью лучшего понимания меры их неопределенности.

Все Бюллетени мониторинга климата, сезонные и годовые, выпускаемые в ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН», размещаются на сайтах <http://climatechange.su/>, <http://climatechange.igce.ru/>. Сезоны соответствуют их календарным срокам в Северном полушарии.

2. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ НА ТЕРРИТОРИИ ЗЕМНОГО ШАРА ЛЕТОМ 2016 г. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ АНОМАЛИИ

Глобальные временные ряды (рис.2.1), рассчитанные по станционным данным T3288 (ИГКЭ) и CRUTEM4 (Hadley/CRU) за 1901-2016 гг., показали тесное соответствие, по крайней мере, с конца 1940-х гг.

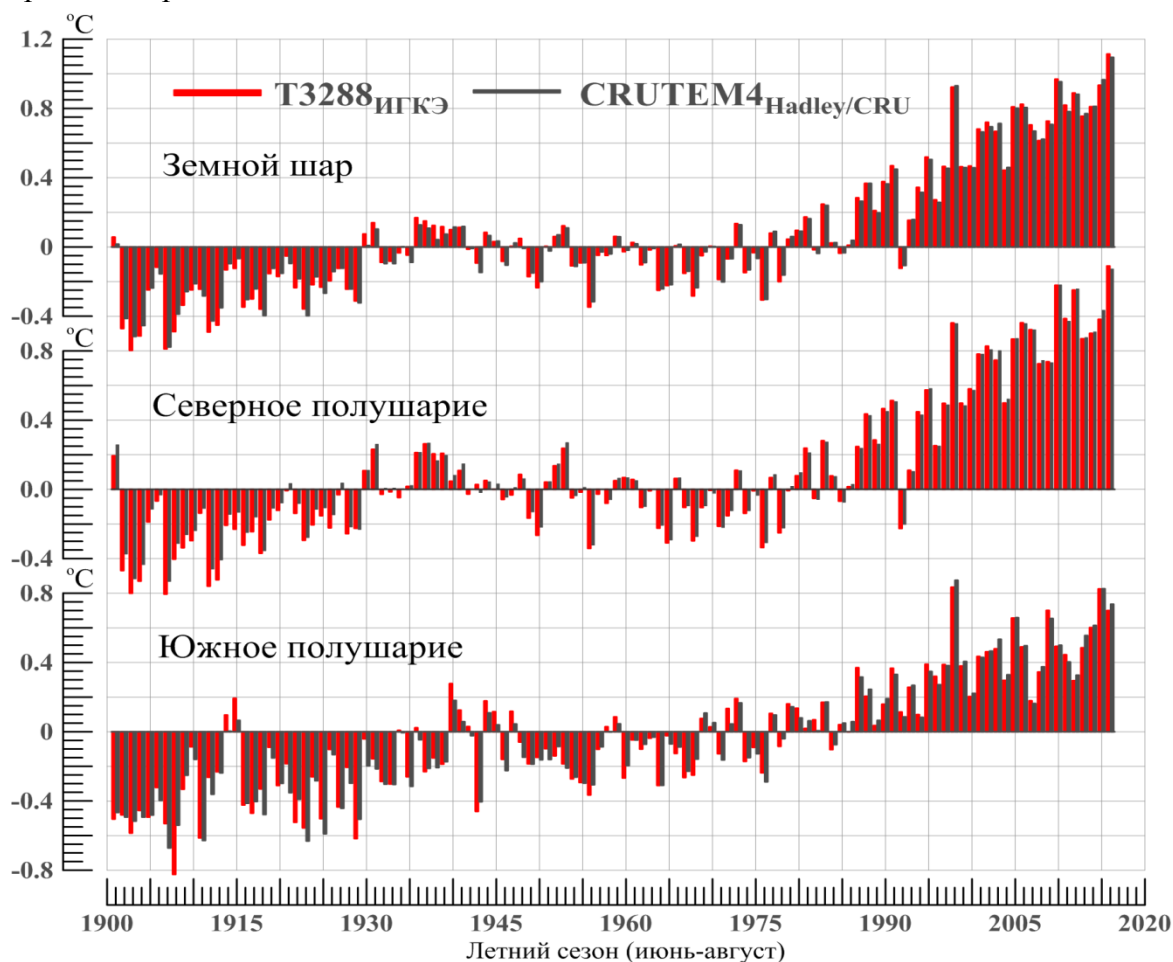


Рисунок 2.1 – Временные ряды сезонных аномалий температуры приземного воздуха (°C, 1901-2016 гг., лето), пространственно-осредненных по территории Земного шара, Северного и Южного полушарий. Аномалии приведены в отклонениях от нормы 1961-1990 гг.

Напомним, что в прошлом сезоне (весна), в среднем по территории суши Земного шара и Северного полушария, отмечалось скачкообразное повышение весенней температуры от 2015 года к 2016-му сразу на $\sim 0.5^{\circ}\text{C}$. В текущем сезоне (лето) повышение средней температуры от 2015 г. к 2016 г. не было столь значительным. По стационарным данным в среднем по территории суши Земного шара и Северного полушария оно составило 0.18 и 0.31°C соответственно, а для Южного полушария отмечалось даже понижение средней температуры на 0.12°C . Тем не менее, в среднем по Земному шару и Северному полушарию, лето 2016 г., как и весна, по данным всех четырех массивов HadCRUT4, T3288, CRUTEM4 и HadSST3 оказалось самым теплым с начала 20-столетия (табл.2.1).

Таблица 2.1 – Пять самых теплых летних сезонов для Земного шара (ЗШ) Северного (СП) и Южного (ЮП) полушарий по данным разных источников: средняя за сезон аномалия температуры VT и год наблюдения

№	ЗШ		СП		ЮП	
	VT, $^{\circ}\text{C}$	Год	VT, $^{\circ}\text{C}$	Год	VT, $^{\circ}\text{C}$	Год
HadCRUT4 (Hadley/CRU, суша+море)						
1	0.747	2016	1.002	2016	0.540	1998
2	0.725	2015	0.930	2015	0.519	2015
3	0.622	1998	0.843	2014	0.495	2016
4	0.614	2014	0.813	2010	0.467	2009
5	0.582	2010	0.758	2012	0.390	2002
T3288 (ИГКЭ, суша)						
1	1.114	2016	1.291	2016	0.835	1998
2	0.969	2010	1.180	2010	0.825	2015
3	0.934	2015	1.152	2012	0.701	2009
4	0.923	1998	0.987	2011	0.700	2016
5	0.889	2012	0.983	2015	0.657	2005
CRUTEM4 (Hadley/CRU, суша)						
1	1.095	2016	1.274	2016	0.875	1998
2	0.966	2015	1.182	2010	0.826	2015
3	0.954	2010	1.159	2012	0.737	2016
4	0.931	1998	1.036	2015	0.659	2005
5	0.882	2012	0.972	2011	0.654	2009
HadSST3 (Hadley/CRU, море)						
1	0.651	2016	0.898	2016	0.459	1998
2	0.626	2015	0.827	2014	0.442	2016
3	0.586	2014	0.822	2015	0.411	2015
4	0.514	2009	0.631	2005	0.391	2009
5	0.494	1998	0.631	2009	0.346	2010

Вклад отдельных регионов в аномалию глобальных температур можно оценить по данным табл. 2.2 (рассчитывается как аномалия, осредненная по территории региона и взвешенная пропорционально его площади; выражается в % от глобальной аномалии). В целом по Земному шару (над сушей и океанами). Максимальный вклад принадлежит умеренным широтам северного полушария (34.1%), за ними – тропики (30.3%) и

арктический пояс (24.2%). В умеренном поясе, в среднем по территории, прежние абсолютные максимумы перекрыты в каждом из трех летних месяцев, в арктическом поясе – в июле и августе. Для суши Земного шара максимальным оказался вклад Евразии – 46.7%. Ниже климатической нормы летние температуры были лишь в Южной Америке и в Антарктиде в июне и в Антарктическом поясе.

Таблица 2.2 - Пространственно осредненные значения аномалии приземной температуры на территории Земного шара летом 2016 г., в среднем за сезон и по месяцам

Регион	Лето		Июнь		Июль		Август	
	vT_{2016}	$F\%$	vT_{2016}	$F\%$	vT_{2016}	$F\%$	vT_{2016}	$F\%$
<i>HadCRUT4 (суша+море, Hadley/CRU)</i>								
Земной шар*	0.75	100	0.73	99	0.73	100	0.78	100
Северное полушарие*	1.00	100	1.02	100	0.96	100	1.03	100
Южное полушарие*	0.50	98	0.45	97	0.51	98	0.52	99
Атлантика (15-70N)	0.82	97	0.83	99	0.77	95	0.85	94
Тихий океан (20-65N)	0.78	97	0.71	98	0.85	97	0.77	97
Арктический пояс (65-90N)	2.19	100	2.38	99	2.04	100	2.01	100
Умеренный пояс СП (25-65N)	1.13	100	1.10	100	1.07	100	1.20	100
Тропики (25S-25N)	0.71	99	0.76	100	0.69	99	0.68	99
Умеренный пояс ЮП (65-25S)	0.44	96	0.37	86	0.46	95	0.48	93
Антарктический пояс (90-65S)	-0.17	49	-1.67	17	-0.75	40	2.12	85
<i>T3288 (суша, ИГКЭ)</i>								
Земной шар	1.11	100	1.11	99	1.04	100	1.21	100
Северное полушарие	1.29	100	1.34	100	1.19	100	1.37	100
Южное полушарие	0.70	97	0.54	92	0.71	99	0.84	98
Северная Америка	1.26	99	1.52	100	1.12	97	1.17	94
Евразия	1.40	99	1.38	96	1.24	98	1.60	100
Южная Америка	0.61	91	-0.11	33	0.77	89	1.12	98
Африка	1.03	96	1.30	99	0.88	89	0.97	95
Австралия	0.86	93	1.33	95	0.84	90	0.34	71
Антарктида	0.43	0.68	-1.24	17	0.21	60	2.46	92
<i>CRUTEM4 (суша, Hadley/CRU)</i>								
Земной шар*	1.10	100	1.08	99	1.03	100	1.17	100
Северное полушарие*	1.27	100	1.32	100	1.17	99	1.33	100
Южное полушарие*	0.74	98	0.60	93	0.75	99	0.86	98

Условные обозначения:

1. vT_{2016} , °C – аномалия в 2016 г. (отклонение от среднего за 1961-1990);
2. $F\%$ – значение функции распределения $F = \text{prob}(X \leq vT_{2016})$ по данным за 1911-2015 гг.
3. Звездочкой (*) в боковике таблицы выделены временные ряды Hadley/CRU (для Земного шара и обоих полушарий, скачаны с сайтов источника). Остальные ряды рассчитаны авторами по методике ИГКЭ (по данным на полной сетке HadCRUT4 и станционным данным T3288, как указано в таблице).
4. Жирным шрифтом выделены рекордные значения, осуществившиеся в рассматриваемом сезоне/месяце впервые за период наблюдений (с 1901 г.)

Карты на рисунках 2.2, 2.3 построены по всем доступным к настоящему времени данным наблюдений, станционным (ИГКЭ) и в центрах боксов (Hadley/CRU). Из общего числа поступивших станционных данных ($N=1839$, массив T3288), сезонные аномалии оказались выше 95-го перцентиля на 35.4% станций ($n=551$, 5%-е экстремумы тепла). Из них 148 станций (8% от общего числа) зафиксировали осуществление новых рекордов –

столь высокие сезонные аномалии наблюдались впервые с 1901 г. По данным в центрах 5-градусных боксов (N=1590, HadCRUT4) оценки очень близки: 32.6% всех значений выше 95-го перцентиля и 8.6% (n=137) – абсолютные максимумы.

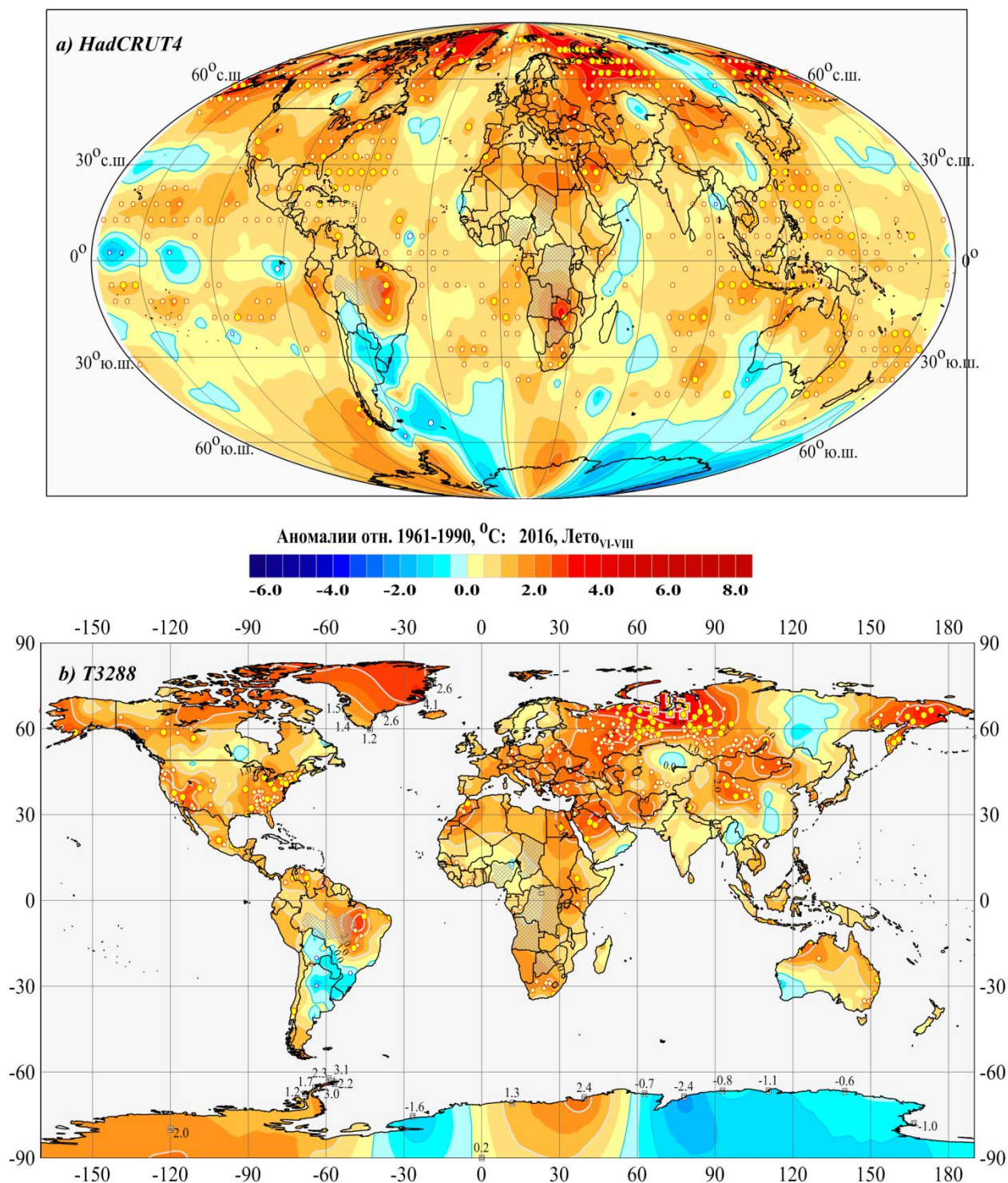


Рисунок 2.2 – Пространственное распределение сезонных аномалий приземной температуры (°C) на территории Земного шара летом 2016 г. а) по сеточным данным Hadley/CRU (HadCRUT4, суша+море) и б) по станционным данным ИГКЭ (Т3288, суша). Желтыми и белыми кружками указано положение станций с 5%-ми экстремумами (теплыми и холодными, соответственно). Рекордные экстремумы показаны теми же значками большего размера. Аномалии приведены в отклонениях от средних за 1961-1990 гг.

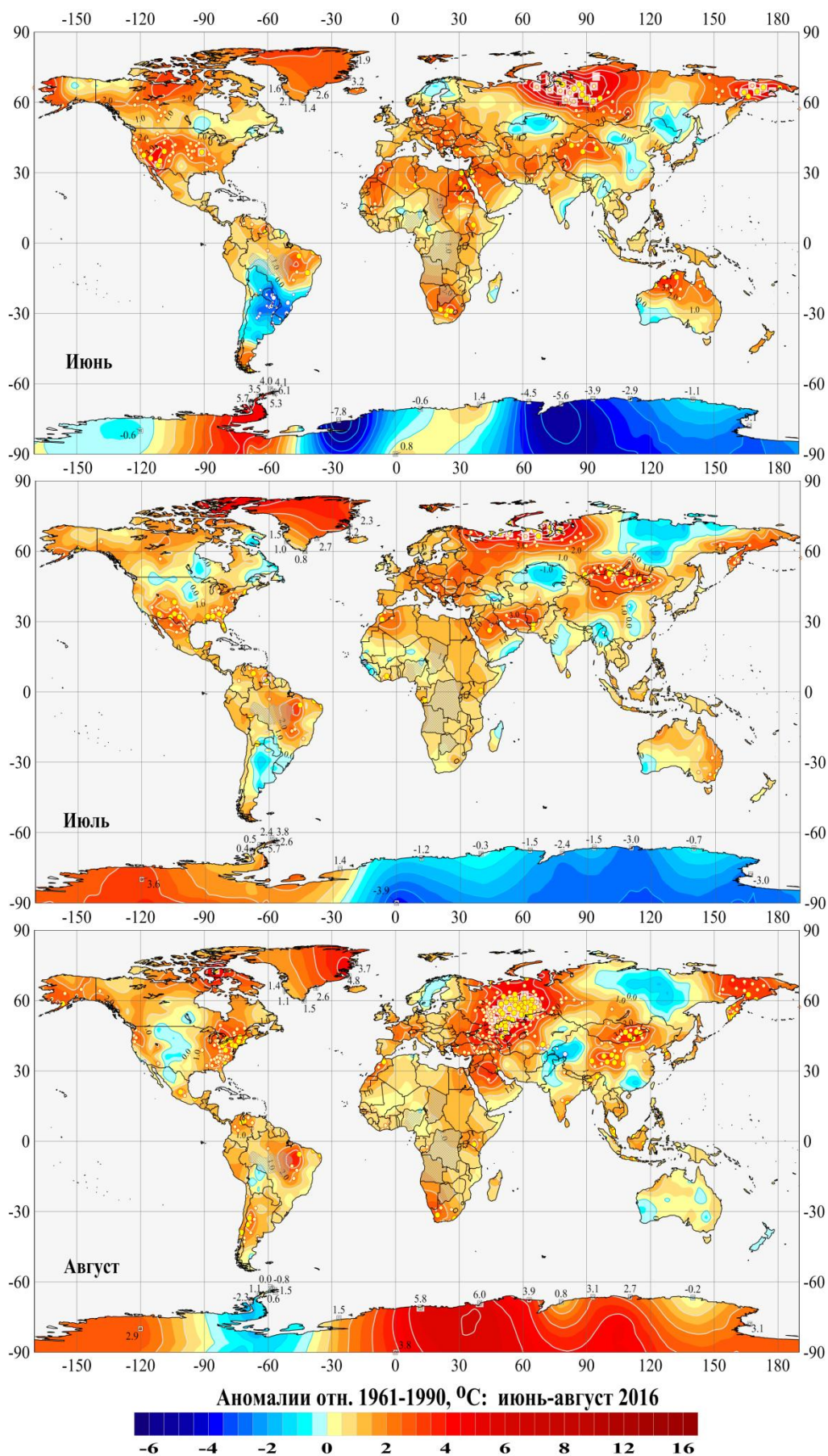


Рисунок 2.3 – См. рис. 2.2б, но для средних месячных аномалий летнего сезона 2016 г. (июнь, июль, август) над сушей Земного шара. Данные T3288, ИГКЭ.

Пространственные распределения аномалий (рис. 2.2, 2.3) уточняют ареалы крупных аномалий, их локализацию и интенсивность. В частности, во все три летние месяца максимальные аномалии зафиксированы на территории Евразии (Западная Сибирь и Чукотка, районы в Европейской части России и на севере Казахстана). Здесь месячные аномалии достигали 8-9°C, тогда как *на всей остальной территории Земного шара* область аномалий выше +5°C практически наблюдалась только в Антарктиде (на рисунках станции с аномалиями выше 5 °C выделены белыми квадратами). Очаг аномалий выше 5°C достиг наибольшей площади в августе, когда из 150 станций, попавших в его ареал, на 104 станциях значения температуры оказались выше 95-го процентиля (с максимальными дневными температурами вплоть до 38 °C), а 36 из них побили ранее установленные августовские рекорды. На станции Калмыково (35406, Казахстан) в течение всего месяца максимальная температура не опускалась ниже 30°C, а 24 дня она была выше 35°C (абсолютный максимум месяца 43.3°C). Дневные температуры выше 42-45°C отмечены этим летом в Китае, Монголии, Египте и на юго-западе США

3. КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ТЕРРИТОРИИ ЗЕМНОГО ШАРА ЗА ПЕРИОД ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ, 1850-2016 гг. (летний сезон)

Летом 2016 г. сохраняется тенденция к глобальному потеплению, причем в среднем для Земного шара скорость современного потепления (после 1976 г.) в два-три раза превышает среднюю скорость потепления последнего столетия (табл. 1, рис. 3.1).

Таблица 3.1 – Коэффициенты линейного тренда (°C/10 лет) пространственно осредненных аномалий приземной температуры по данным разных источников (в среднем за летний сезон и по месяцам)

Регион	1976-2016				1917-2016			
	лето	июнь	июль	август	лето	июнь	июль	август
HadCRUT4 (Hadley/CRU, суша+море)								
Земной шар	0.186	0.184	0.181	0.192	0.075	0.077	0.074	0.075
Северное полушарие	0.255	0.246	0.251	0.266	0.080	0.085	0.078	0.077
Южное полушарие	0.117	0.122	0.112	0.117	0.070	0.068	0.07	0.073
T3288 (ИГКЭ, суша)								
Земной шар	0.273	0.284	0.258	0.279	0.096	0.109	0.089	0.09
Северное полушарие	0.320	0.329	0.306	0.328	0.102	0.121	0.094	0.091
Южное полушарие	0.165	0.178	0.147	0.160	0.087	0.082	0.083	0.096
CRUTEM4 (Hadley/CRU, суша)								
Земной шар	0.270	0.277	0.260	0.275	0.096	0.105	0.091	0.092
Северное полушарие	0.320	0.325	0.309	0.326	0.098	0.114	0.091	0.088
Южное полушарие	0.171	0.182	0.160	0.171	0.093	0.087	0.091	0.101
HadSST3 (Hadley/CRU, море)								
Земной шар	0.158	0.148	0.159	0.169	0.068	0.066	0.068	0.069
Северное полушарие	0.219	0.195	0.224	0.239	0.071	0.068	0.072	0.073
Южное полушарие	0.100	0.102	0.096	0.103	0.066	0.066	0.066	0.067

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

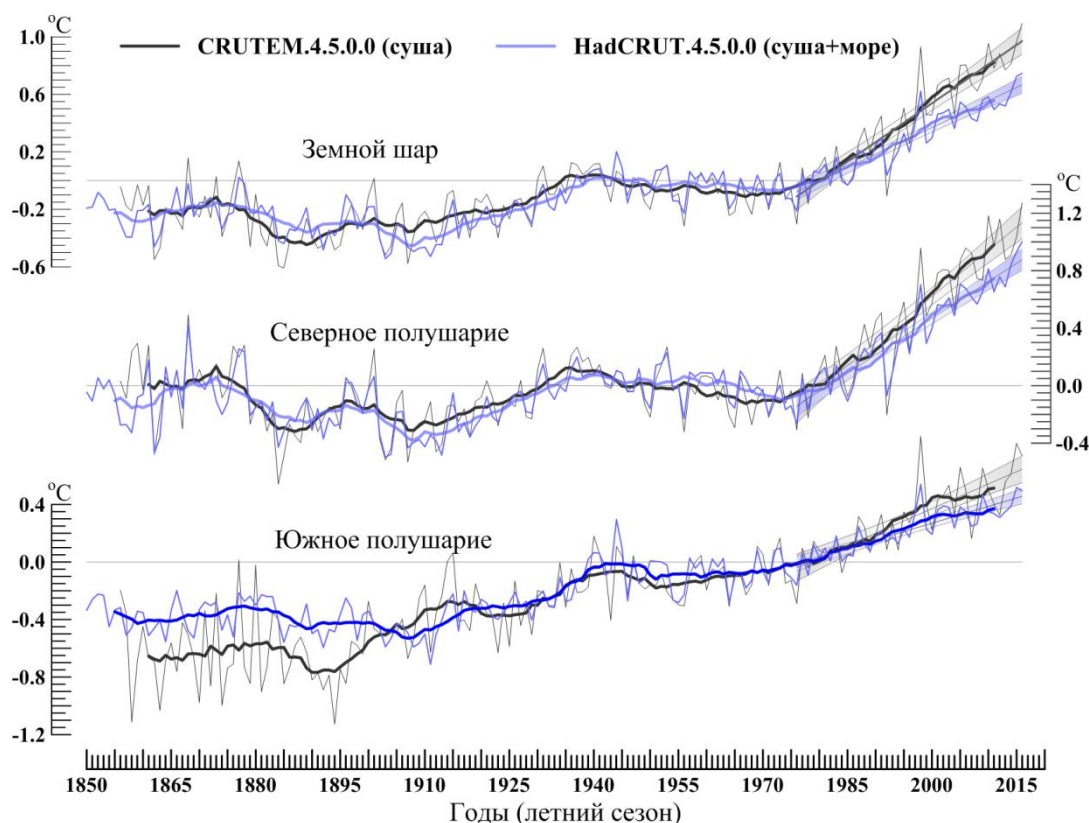


Рисунок 3.1 – Изменение пространственно осредненных сезонных аномалий (лето) приземной температуры в течение 1850–2016 гг. для Земного шара, Северного и Южного полушарий по данным CRUTEM4 (Hadley/CRU, суша) и HadCRUT4 (Hadley/CRU, суша+море). Показаны: 11-летние скользящие средние и линейный тренд с 95%-м доверительным интервалом за 1976–2016 гг.

На рис. 3.1 временные ряды для суши приведены по данным Hadley/CRU (а не по данным T3288, ИГКЭ), чтобы исключить влияние различных методик обработки и более четко показать различие между оценками с учетом (HadCRUT) и без учета (CRUTEM) океанов.

Таблица 3.2 – Сравнение скорости потепления летних сезонов в зависимости от факторов: $k_1 = b_{SAT}/b_{SST}$, $k_2 = b_{СП}/b_{ЮП}$, $k_3 = b_{1976-2016}/b_{1917-2016}$

k_1	ЗШ	СП	ЮП
	1.7	1.5	1.7
	HadCRU (суша+море)	T3288 (суша)	CRUTEM (суша)
k_2	2.2	1.9	2.2
k_3 , СП	3.2	3.1	3.3
k_3 , ЮП	1.7	1.9	1.8

Примечание. k_1 – сравнивает скорость потепления над сушей и океанами, k_2 – в Северном и Южном полушариях, k_3 – «современный» период (с 1976 г.) и последние 100 лет

Сравнение оценок сезонных трендов с помощью коэффициентов k_1 – k_3 (табл. 3.2) наглядно показывает, что:

- скорость потепления летних сезонов у поверхности суши примерно в 1.5 раза выше, чем на поверхности океанов (показатель k_1);
- в Северном полушарии современное потепление протекает вдвое интенсивнее, чем в Южном (показатель k_2), причем этот разрыв над сушей несколько мягче;
- потепление летних сезонов в последние 40–50 лет, в среднем, вдвое ускорилось в сравнении со столетием (показатель k_3); в Северном полушарии оно ускорилось в 3 раза, в Южном – 1.5–2 раза.

В отличие от временных рядов (рис. 3.1), относящихся к конкретному сезону, на рис. 3.2 можно проследить полный (за весь год) сезонный ход многолетних флуктуаций за весь период наблюдений. Особо отметим, что в среднем по территории Земного шара последние 9 месяцев (с декабря 2015) были экстремально теплыми (май и июнь – вторыми, остальные – самыми теплыми в истории наблюдений) – на рис. 3.2 они показаны в верхней строке диаграммы. В Северном полушарии рекордно теплыми были все месяцы кроме мая. Повышение температуры летнего сезона от 2015 г. к 2016 г. составляет в целом для Северного полушария и Земного шара 0.07 и 0.02°C, соответственно.

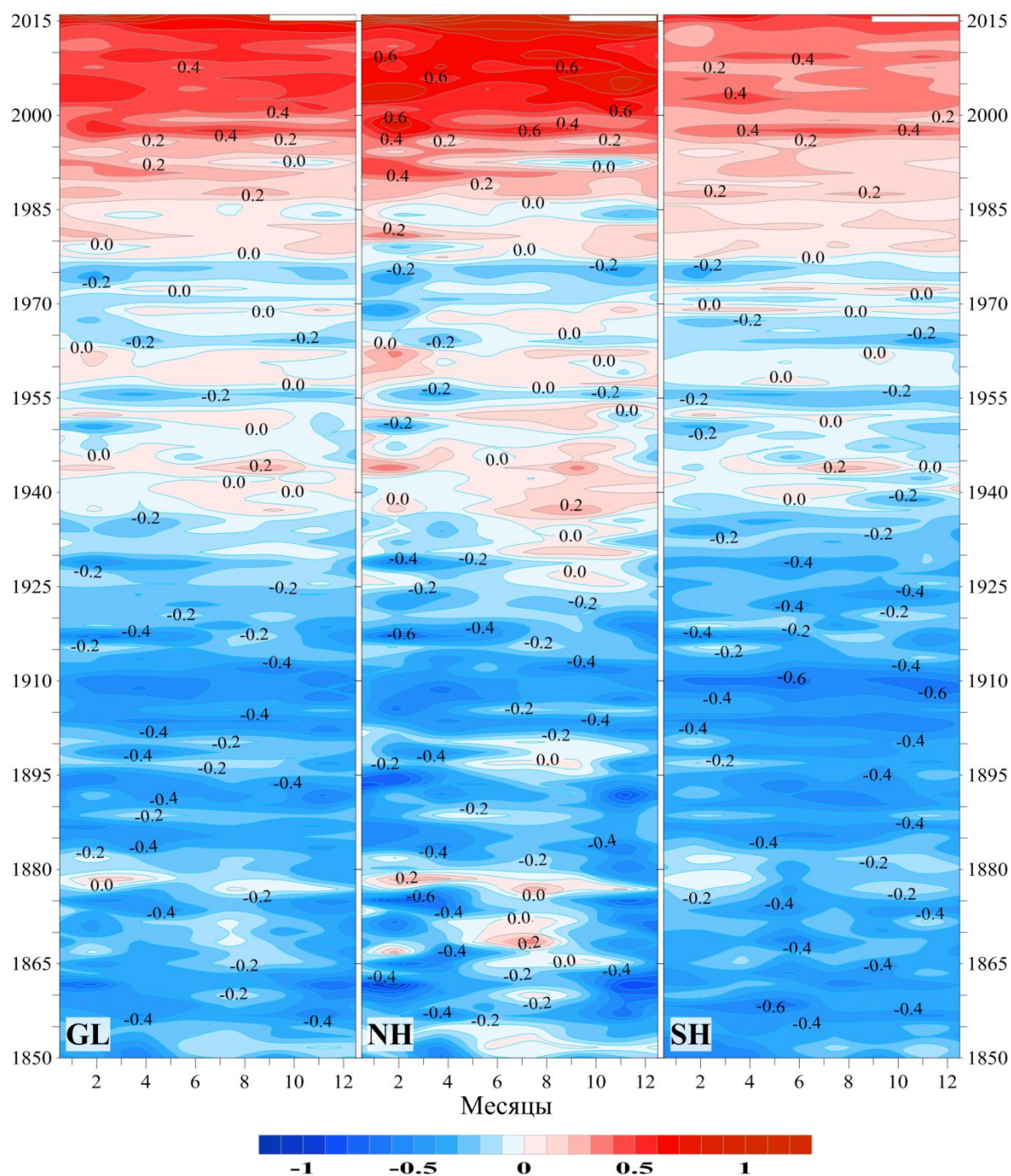
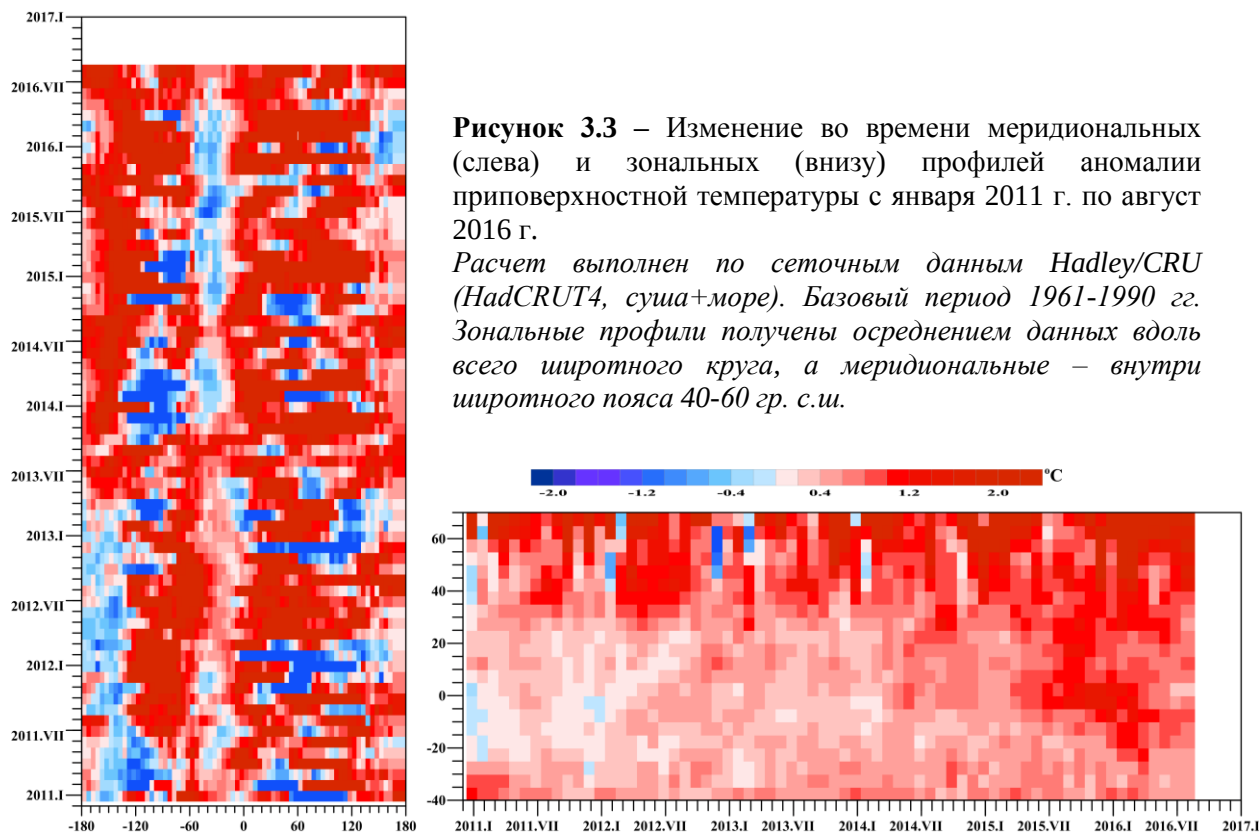


Рисунок 3.2 – Изменение средней месячной приповерхностной температуры, осредненной по территории Земного шара (GL), Северного (NH) и Южного (SH) полушарий в течение периода с января 1850 г. по август 2016 г. : ось ОХ – месяцы, ось ОУ – годы.
Использованы глобальные временные ряды с сайтов Hadley/CRU (HadCRUT4, суша+море).
2016 г. – верхняя строка диаграммы (первые 8 месяцев)

Еще более полное представление о характере и широтно-долготной структуре многолетних изменений температуры дают двумерные изоплеты, показывающие изменение аномалий одновременно во времени и в пространстве. Многолетний ход зональных и меридиональных профилей среднегодовых аномалий за период 1911-2015 гг. приводился в годовом обзоре за 2015 г.⁵ и будет обновлен в итоговом выпуске 2016 года. На рис. 3.3 более детально (с шагом месяц) рассматривается последние 6 лет, с января 2011 г. по август 2016 г. Диапазон широт ограничен поясом (40°ю.ш. – 70°с.ш.) ввиду плохой освещенности полярных поясов данными наблюдений.



Можно видеть, что в течение последнего пятилетия потепление наиболее выражено в северном полушарии, а в последний год еще и в экваториальной зоне (возможно, в связи с Эль-Ниньо). В северных умеренных широтах четко видны холодные периоды, более интенсивные над континентами, но более устойчивые (до 2-3 лет) – над океанами. В 2011-2012 гг. холодным был Тихий океан (у берегов Америки), а с 2014 г. – Атлантика. В июне-июле наметился теплый период во всем широтном поясе.

⁵ Бюллетень мониторинга изменений климата Земного шара. Приземная температура – 2015. Годовой обзор. – <http://climatechange.su>; <http://climatechange.igce.ru>

4. ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ ПРОСТРАНСТВЕННО ОСРЕДНЕННЫХ АНОМАЛИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ, 1911-2016 гг. (летний сезон)

Во всех рассматриваемых регионах (континенты, океаны, широтные пояса), в среднем по территории региона, по-прежнему наблюдается потепление летних сезонов, которое почти всюду, кроме Антарктиды и Антарктического пояса, статистически значимо на 1%-м уровне (рис. 4.1, табл. 4.1). В южном полушарии практически на всей территории, кроме приэкваториальных широт и Африки, потепление летних сезонов определенно ослабло, а в Антарктической области наметилась тенденция к похолоданию.

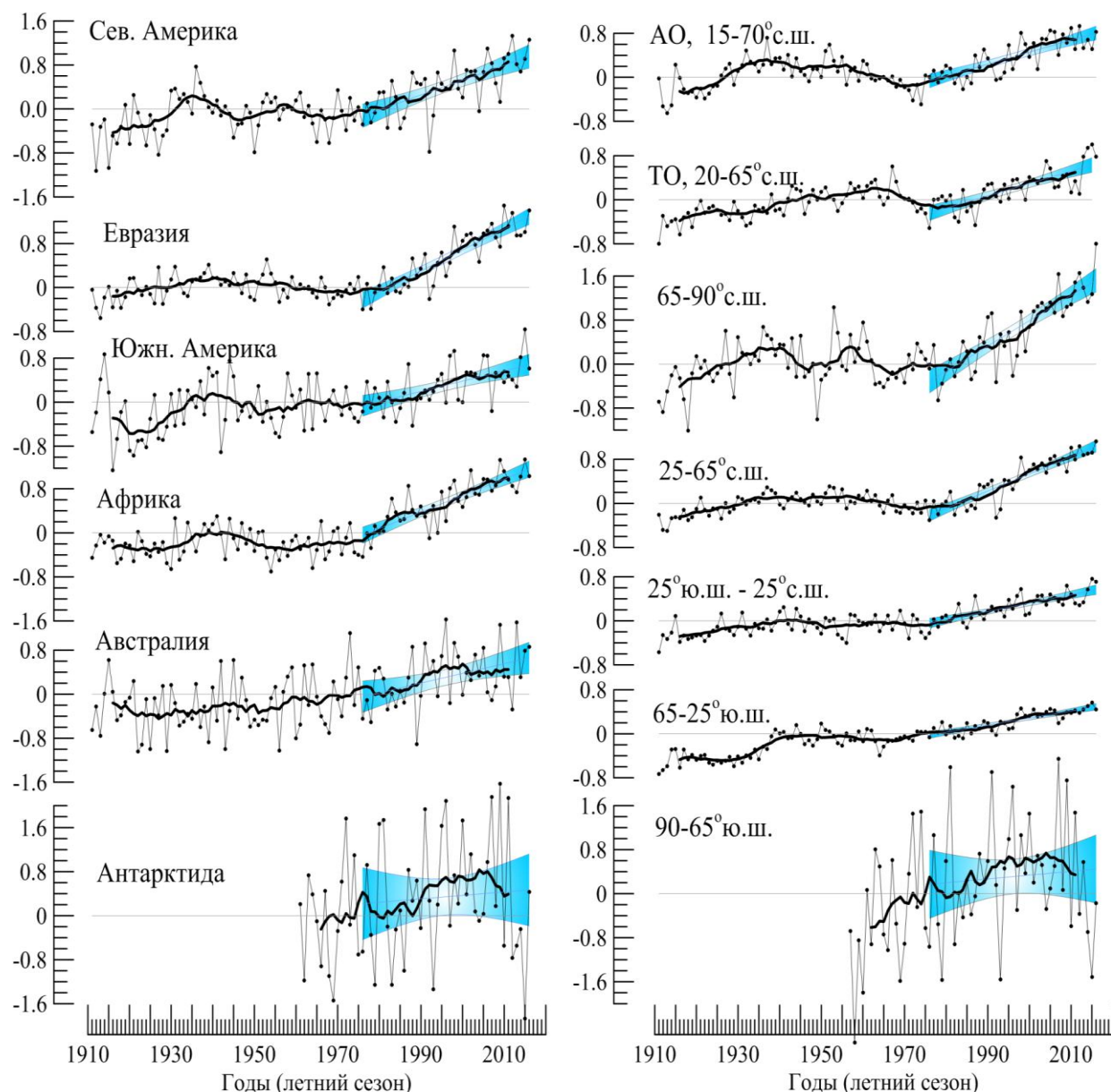


Рисунок 4.1 – Временные ряды пространственно осредненных сезонных (лето) аномалий приземной температуры для континентов (слева), северных частей Атлантического и Тихого океанов (справа сверху) и основных широтных поясов земного шара (справа внизу).

Аномалии приведены в отклонениях от средних за 1961–1990 гг. Показаны: 11-летние скользящие средние (жирные кривые) и линейный тренд за 1976–2016 гг. с 95%-м доверительным интервалом (голубая заливка). Расчеты выполнены по методике ИГКЭ: слева – по данным T3288 (ИГКЭ), справа – по данным HadCRUT4 (Hadley/CRU).

Таблица 4.1 – Коэффициенты линейного тренда ($^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$) пространственно осредненных аномалий приземной температуры для континентов земного шара, северных частей Атлантического и Тихого океанов и основных широтных поясов, (1976-2016 гг., в среднем за летний сезон и по месяцам)

Регион	Лето	Июнь	Июль	Август
HadCRUT4 (Hadley/CRU, суша+море)				
Атлантика (15-70N)	0.217	0.190	0.205	0.253
Тихий океан (20-65N)	0.223	0.191	0.238	0.240
Арктический пояс (65-90N)	0.460	0.530	0.438	0.422
Умеренный пояс СП (25-65N)	0.313	0.291	0.307	0.340
Тропики (25S-25N)	0.152	0.158	0.148	0.150
Умеренный пояс ЮП (65-25S)	0.128	0.141	0.120	0.123
Антарктический пояс (90-65S)	0.07	0.021	-0.059	0.264
T3288 (ИГКЭ, суша)				
Северная Америка	0.270	0.293	0.237	0.280
Евразия	0.380	0.387	0.356	0.402
Южная Америка	0.186	0.224	0.123	0.205
Африка	0.300	0.336	0.313	0.244
Австралия	0.176	0.172	0.235	0.116
Антарктида	0.063	-0.132	0.005	*0.347

Примечание: Оценки, выделенные серой заливкой, статистически незначимы даже на уровне $\alpha=10\%$; звездочкой отмечено значение с $\alpha=7\%$. В остальных случаях $\alpha < 1\%$.

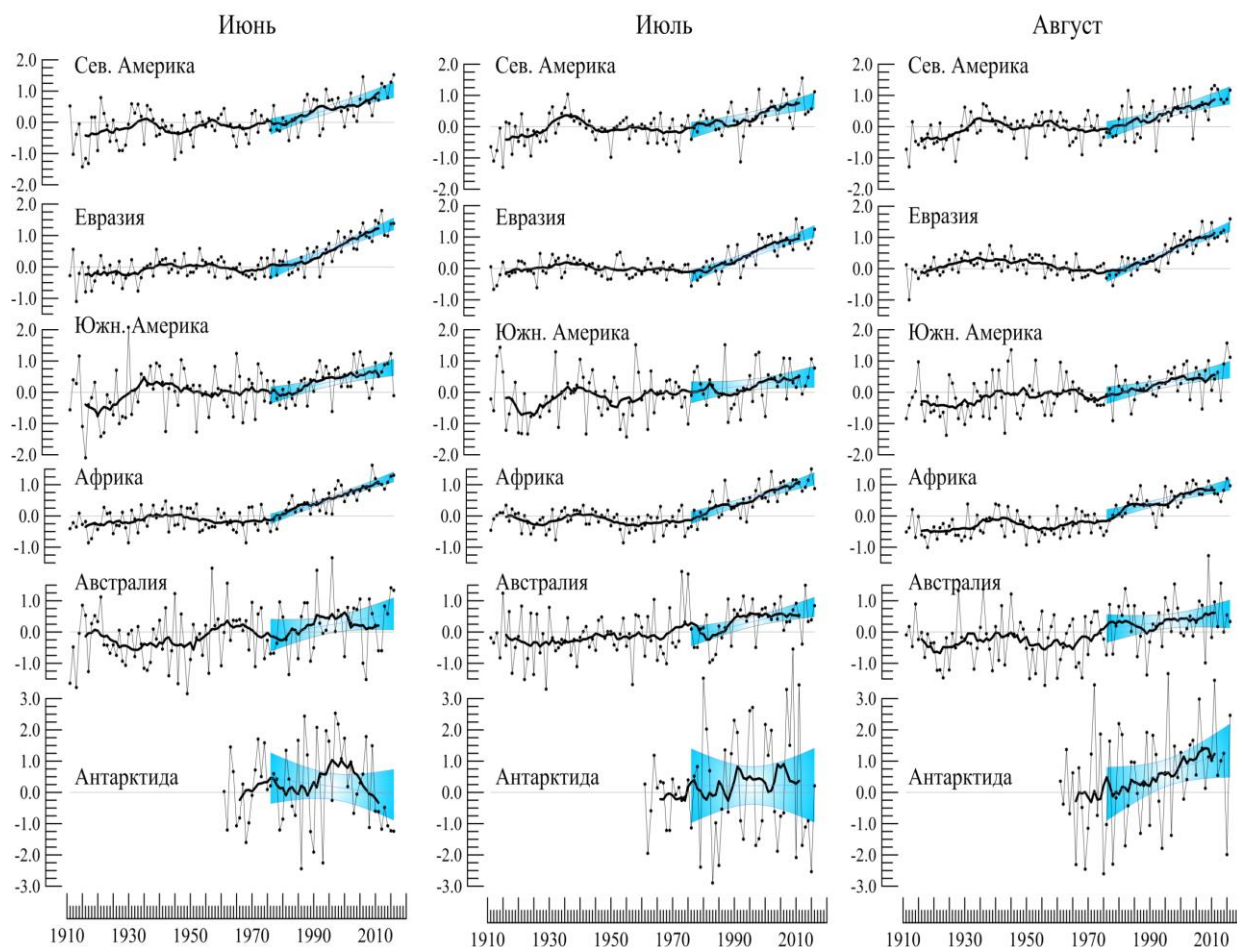


Рисунок 4.2 – См. рис. 4.1, но для средних месячных аномалий (июнь, июль, август) и только для континентов. Расчеты выполнены по методике ИГКЭ в применении к станционным данным T3288 (ИГКЭ).

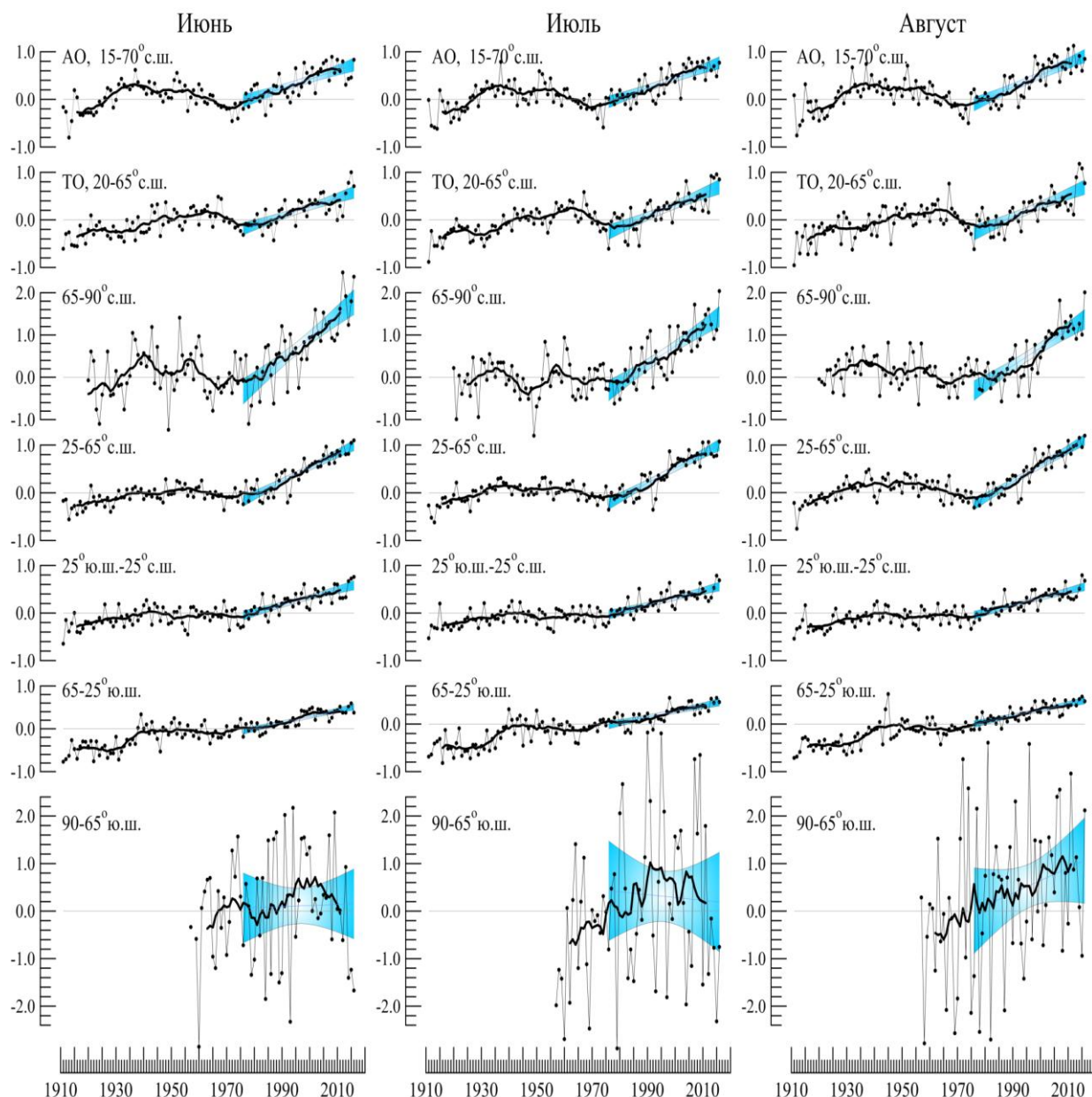


Рисунок 4.3 – См. рис. 4.2, но для океанов и широтных поясов земного шара. Расчеты выполнены по методике ИГКЭ по данным в центрах 5-градусных боксов HadCRUT4 (Hadley/CRU).

5. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА ЗЕМНОГО ШАРА, 1976-2016 гг. (летний сезон)

В соответствии с принятыми критериями, для оценки трендов использовались временные ряды с обязательным наличием данных за последний год (2016) и полнотой наблюдений не менее 80%. По сеточным данным HadCRUT4, Hadley/CRU (суша+море) удалось получить оценки для 1487 боксов, по данным T3288, ИГКЭ критериям удовлетворяли 1633 станции. По тем и другим данным, по-прежнему на большей части земного шара отмечается тенденция к потеплению летних сезонов (95% используемых точечных оценок), причем более половины всех оценок статистически значимы на 1%-м уровне.

В то же время в южной полярной области, в Северной Америке и в восточных районах Тихого океана сохраняется тенденция к слабому похолоданию. Всего отрицательных коэффициентов линейных трендов получено 85 на станциях (5.1%) и 74 в центрах боксов (5.0%); из них 90 % статистически незначимы на 5%-м уровне, а почти 80% – даже на 20%-м уровне (вероятность ложного тренда более 20%). Таким образом, тенденция к похолоданию летних сезонов всюду, кроме Антарктики, статистически незначима, но в Антарктиде, по-видимому, можно говорить о некотором усилении этой тенденции.

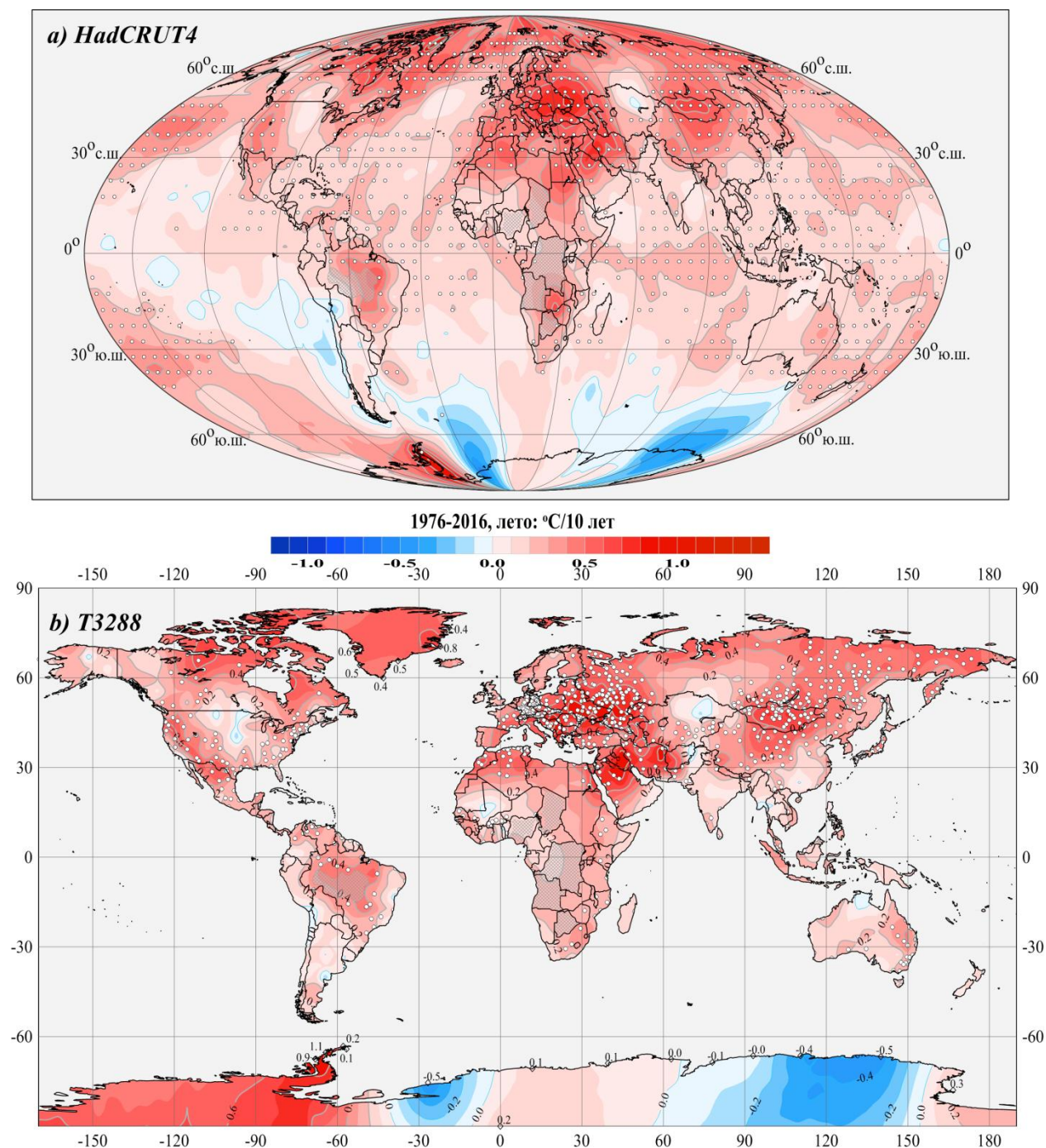


Рисунок 5.1 - Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда средней за летний сезон приземной температуры за период 1976-2016 гг. (в °C/10 лет). Белыми кружками показано положение станций/боксов, на которых тренд статистически значим на 1%-м уровне:

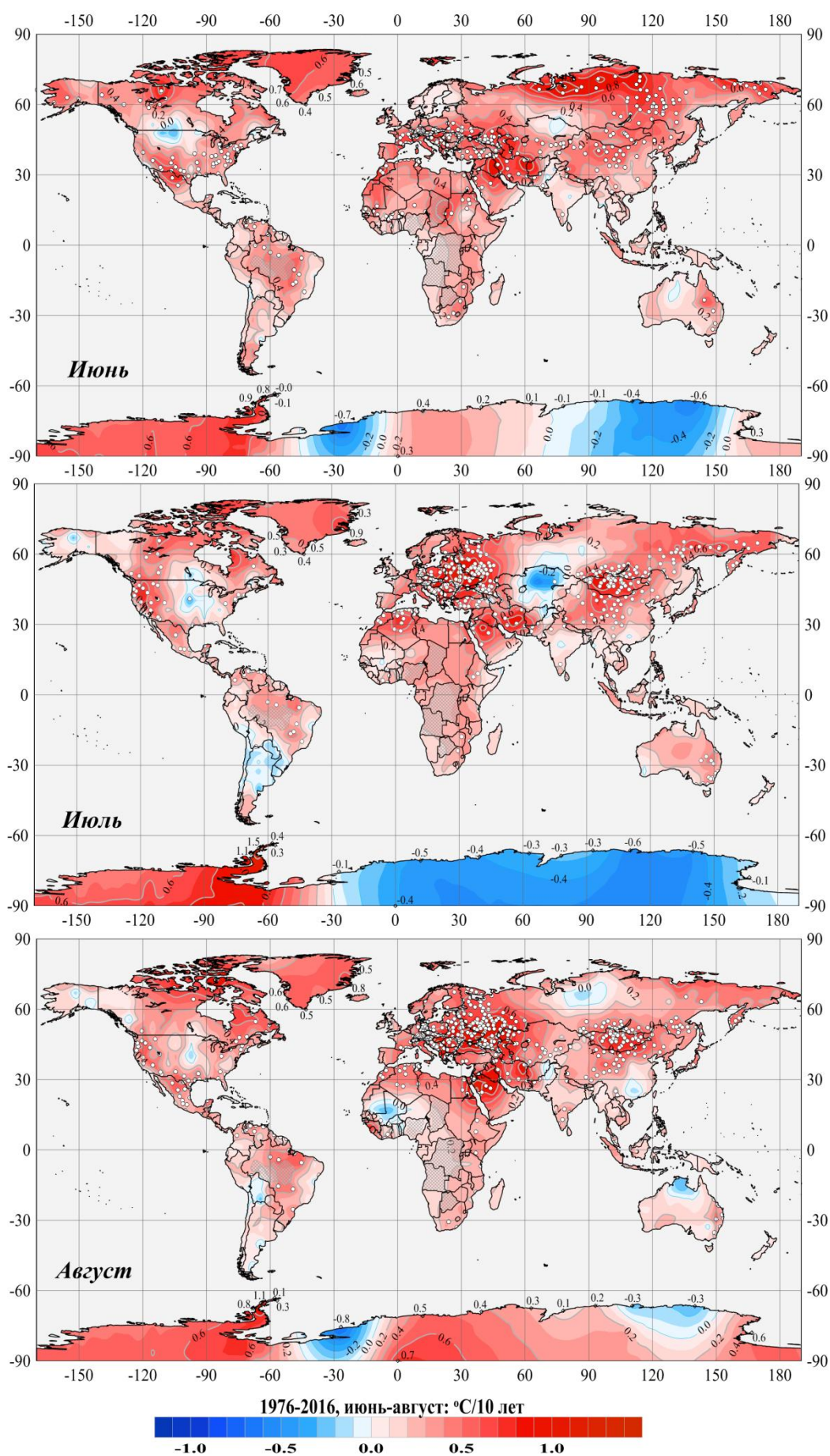


Рисунок 5.2 – См. рис. 5.1, но для коэффициентов линейного тренда средней месячной температуры воздуха (июнь, июль, август) над сушей земного шара. Расчет выполнен по станционным данным Т3288 (ИГКЭ, только суша) за 1976-2016 гг.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Лето 2016 г., в среднем по Земному шару и Северному полушарию, было самым теплым с начала 20-столетия как у поверхности суши, так и на поверхности океанов. Здесь (Земной шар, Северное полушарие), по данным всех трех массивов T3288, CRUTEM4, HadCRUT4, глобальная приповерхностная температура была рекордно высокой в среднем за сезон и практически в каждом из месяцев. Исключение представляют июнь в среднем для Земного шара (по всем массивам) и июль для Северного полушария (по данным CRUTEM4), которые были вторыми самыми теплыми в своих рядах

2. Сезонная аномалия глобальной летней температуры *по данным на полной сетке* (HadCRUT4, суша+море) составила 0.75°C . По данным *только над сушей* (T3288) аномалия средней температуры приземного воздуха в Северном полушарии летом 2016 г. достигла 1.29°C , что на 0.31°C выше летней температуры 2015 г.

3. Максимальный вклад принадлежит умеренным широтам северного полушария (34.1%), за ними – тропики (30.3%) и арктический пояс (24.2%). В умеренном поясе, в среднем по территории, прежние абсолютные максимумы перекрыты в каждом из трех летних месяцев, в арктическом поясе – в июле и августе. Для суши Земного шара максимальным оказался вклад Евразии – 46.7%. Ниже климатической нормы летние температуры были лишь в Антарктическом поясе (в июне - в Южной Америке и в Антарктиде).

4. По данным на суше, из общего числа полученных станционных данных ($N=1839$) 27.4% сезонных значений попали в 5% самых теплых и из них 8.1% стали абсолютными максимумами (наблюдались впервые с 1901 г.). Соответствующие оценки для Земного шара в целом (суша+море, $N=1590$) составили 32.6% и 8.6%.

5. Максимальные локальные аномалии всех трех летних месяцев зафиксированы на территории Евразии (Западная Сибирь и Чукотка, районы в Европейской части России и на севере Казахстана). Здесь аномалии достигали $8-9^{\circ}\text{C}$ (в июле - до 5.8°C), тогда как на всей остальной территории земного шара аномалии были ниже $+5^{\circ}\text{C}$ (за исключением нескольких точек в Антарктиде и изолированных точек в Канадском архипелаге и Бразилии).

Очаг экстремальных положительных аномалий достиг наибольшей площади в августе, когда в его ареале оказались 150 станций, из которых на 104 осуществились 5%-е экстремумы (значения выше 95-го перцентиля) с максимальными температурами вплоть до $+38^{\circ}\text{C}$, из которых 36 были абсолютными максимумами. На станции Калмыково (35406, Казахстан) в течение всего месяца максимальная температура не опускалась ниже 30°C , а 24 дня она была выше 35°C (абсолютный максимум месяца 43.3°C). Дневные температуры выше $42-45^{\circ}\text{C}$ отмечены этим летом в Китае, Монголии, Египте и на юго-западе США

6. Тенденция к потеплению летних сезонов по-прежнему отмечается на большей части земного шара – 95% используемых точечных оценок тренда (на станциях и/или в *центрах боксов*) *положительны, причем более половины всех оценок статистически значимы* на 1%-м уровне. В среднем по территории Земного шара, Северного и Южного полушарий, тренд (средняя скорость) потепления летних сезонов 1976-2016 гг. составляет 0.273 , 0.320 , $0.165^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$ для суши (по данным T3288, ИГКЭ) и 0.186 , 0.255 , $0.117^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$ для суши и моря совместно (по объединенным данным HadCRUT4).

В то же время в южной полярной области, в Северной Америке и в восточных районах Тихого океана сохраняется тенденция к слабому похолоданию. Всего получено отрицательных коэффициентов линейных трендов 85 (на станциях, 5.1%) и 74 (в центрах боксов, 5.0%), 90% из них *статистически незначимы* на 5%-м уровне, а почти 80% – незначимы даже на 20%-м уровне (вероятность ложного тренда более 20%). Таким образом, тенденция к похолоданию летних сезонов всюду, кроме Антарктики, статистически незначима, но в Антарктиде, по-видимому, можно говорить о некотором усилении этой тенденции.

8. Современное глобальное потепление летних сезонов у поверхности Земного шара примерно в 1.5 раза быстрее над сушей, вдвое интенсивнее в Северном полушарии и вдвое ускорилось в сравнении с последним столетием (в Северном полушарии – втрое).