

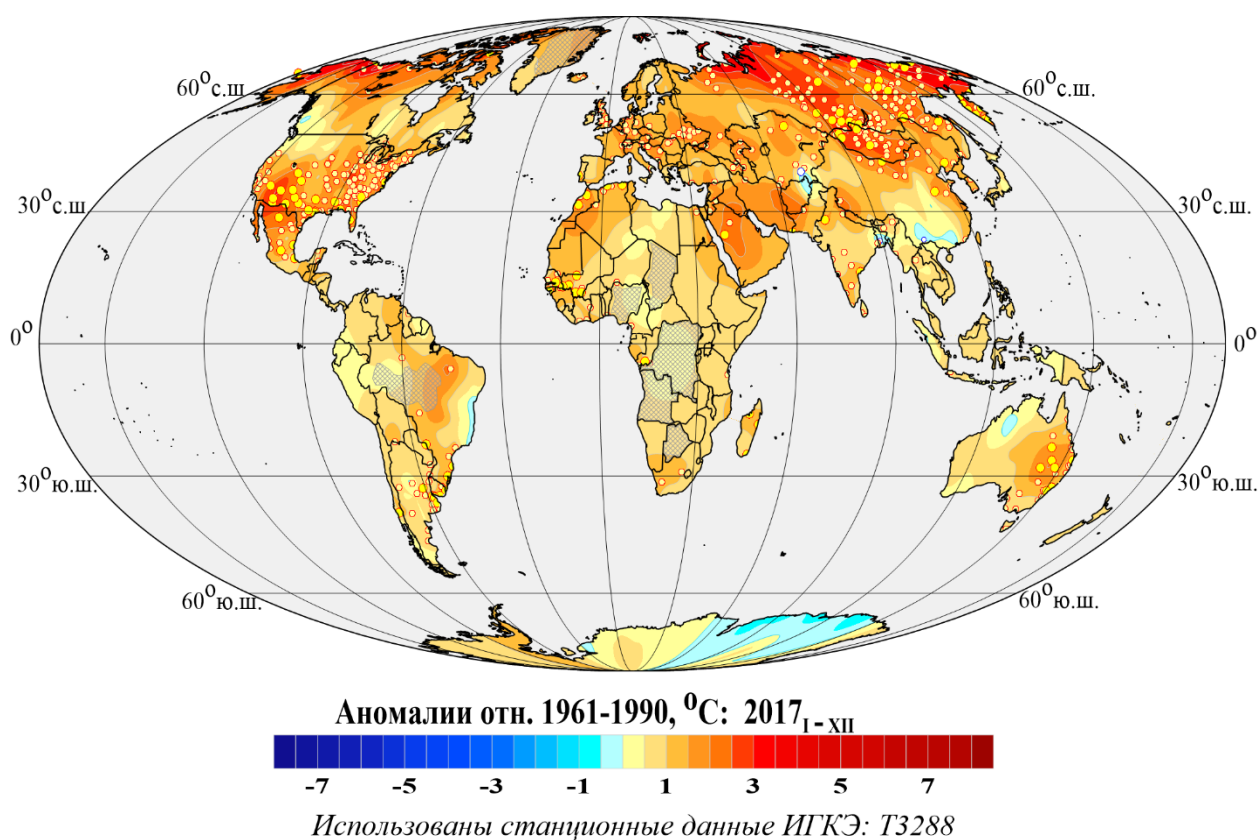
Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды

ФГБУ «Институт глобального климата и экологии
Росгидромета и РАН»

Бюллетень мониторинга изменений климата Земного шара

Приземная температура - 2017

Годовой обзор



Москва 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ^{1,2}

1. ВВЕДЕНИЕ	3
2. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ШАРА В 2017 г. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ АНОМАЛИИ	5
3. КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗЕМНОГО ШАРА ЗА ПЕРИОД ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ 1850-2017 гг.....	16
4. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ ПРОСТРАНСТВЕННО ОСРЕДНЕННЫХ АНОМАЛИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ, 1911-2017 гг.....	20
5. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА, 1976-2017 гг.....	23
6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	27

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»

² На обложке приведено поле среднегодовых аномалий температуры приземного воздуха над сушей Земного шара в 2017 г. Все Бюллетени мониторинга климата, сезонные и годовые, выпускаемые в ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН», размещаются на сайте <http://climatechange.igce.ru/>

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящем бюллетене представлены данные о климатических аномалиях 2017 г. и обновленные (с учетом этих данных) оценки тенденций в изменении температурного режима на территории земного шара в течение 1976–2017 гг. (по разделу «приземная температура»). Оценки приведены для года в целом, а также каждого из сезонов и месяцев года.

Бюллетень подготовлен в ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» в рамках оперативного мониторинга климата³ с использованием данных метеорологических наблюдений о среднемесячной температуре приземного воздуха на 3288 наземных станциях земного шара (массив Т3288, данные ИГКЭ; формируются на основе телеграмм КЛИМАТ, СИНОП). Параллельно в бюллетене приводятся оценки по данным о приповерхностной температуре на глобальной сети 5-градусных боксов, охватывающих всю территорию земного шара, включая континенты и океаны (массивы HadCRUT4, CRUTEM4, HadSST3, данные метеослужбы Великобритании⁴; в бюллетене упоминаются как «данные Hadley/CRU»). В соответствии с задачей, массив Т3288 используется как базовый, для оценки состояния температурных условий на суше Земного шара, а массив HadCRUT4 - для создания полной картины над сушей и океанами. Глобальные временные ряды CRUTEM4, HadSST3 приводятся как дополнительная информация из альтернативного источника (в частности, для сравнения с одноименными данными ИГКЭ с целью лучшего понимания меры неопределенности результирующих оценок).

Развернутый комментарий к материалам бюллетеня с описанием используемых источников, сети станций и элементов методики размещен на web-сайте ИГКЭ⁵.

Сравнение глобальных временных рядов аномалий температуры приземного воздуха по данным Т3288 (ИГКЭ) и CRUTEM4 (Hadley/CRU). В таблице 1.1 приводятся статистические характеристики попарных разностей глобальных временных рядов сравниваемых источников на временном интервале 1976-2017 гг. Сравнение выполнено в целом для Земного шара и отдельно для Северного и Южного полушарий. Дополнительно в таблице 1.2 сравниваются значения межгодовых изменений среднегодовой температуры за три последних года, включающие скачкообразное повышение температуры от 2014 к 2015 и чуть менее резкое повышение от 2015 к 2016. Переход от 2016 к 2017 году сопряжен лишь с небольшим понижением температуры в Северном полушарии, тогда как в Южном полушарии изменение температуры было и вовсе незначительным (+0.02°C по данным ИГКЭ и -0.04°C по данным Hadley/CRU-).

³ Решение Центральной методической комиссии по гидрометеорологическим и геологофизическим 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 22.01.2018.

⁵ О бюллетене мониторинга изменений климата Земного шара. – <http://climatechange.igce.ru>

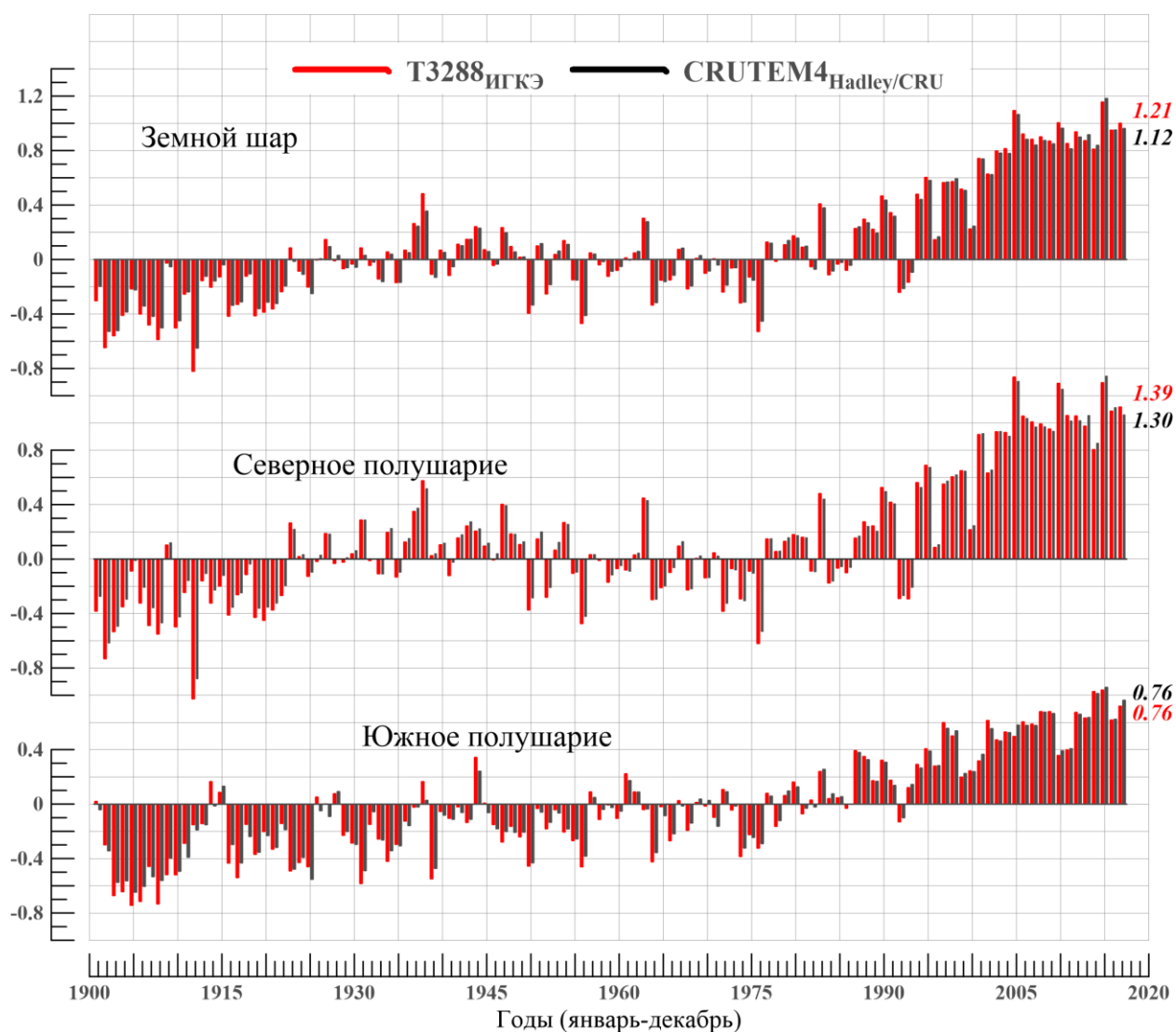


Рисунок 1.1 – Временные ряды пространственно осредненных среднегодовых аномалий температуры приземного воздуха над сушей Земного шара, Северного и Южного полушарий (°C, 1901-2017 гг., январь-декабрь). *Использованы временные ряды, рассчитанные по данным массива T3288 (ИГКЭ Росгидромета и РАН) и глобальные временные ряды CRUTEM4 (Hadley/CRU).*

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

Оценка	1976-2017			1918-2017		
	ЗШ	СП	ЮП	ЗШ	СП	ЮП
Корреляция рядов	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	0.99
Среднее различие, °C	0.02	0.01	-0.01	0.00	-0.01	0.00
СКО (сигма) различий, °C	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03
Среднее абсолютное различие, °C	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
Максимальное различие, °C	0.09	0.09	0.07	0.11	0.09	0.12
Разность коэфф. тренда, °C/10лет	0.01	0.00	-0.01	0.01	0.01	0.00
СКО T3288	0.39	0.47	0.24	0.43	0.49	0.31
СКО CRUTEM4	0.38	0.46	0.24	0.41	0.47	0.31

Исключительная близость рядов, особенно с середины прошлого столетия, видна визуально (рис. 1.1) и подтверждается количественными оценками (табл. 1.1). Действительно, среднее различие между значениями двух рядов за 1976-2017 гг. не превышает $\pm 0.02^{\circ}\text{C}$. Стандартное отклонение различий ($0.03\text{-}0.04^{\circ}\text{C}$) на порядок ниже стандартного отклонения самих рядов ($0.24\text{-}0.49^{\circ}\text{C}$), хотя в отдельные годы различие рядов достигало 0.12°C . При этом ряды характеризуются исключительно высокой корреляцией (не ниже 0.99) и предельно низким различием трендов ($\pm 0.01^{\circ}\text{C}/10$ лет). Таким образом, статистические оценки изменчивости глобальной приземной температуры по данным массива T3288 на интервале 1976-2017 гг. очень близки к оценкам по данным всемирно признанного массива CRUTEM4.

Таблица 1.2 – Межгодовые изменения приземной температуры последних трех лет, в среднем по территории суши Земного шара и полушарий

Межгодовые разности	Данные T3288, $^{\circ}\text{C}$ (ИГКЭ)			Данные CRUTEM4, $^{\circ}\text{C}$ (Hadley/CRU)		
	ЗШ	СП	ЮП	ЗШ	СП	ЮП
$T_{2017}-T_{2016}$	-0.064	-0.109	0.020	-0.172	-0.239	-0.041
$T_{2016}-T_{2015}$	0.105	0.138	0.044	0.141	0.176	0.073
$T_{2015}-T_{2014}$	0.302	0.373	0.112	0.285	0.350	0.155
$T_{2017}-T_{2014}$	0.343	0.402	0.176	0.254	0.287	0.187

2. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ШАРА В 2017 г. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ АНОМАЛИИ

В среднем по Земному шару и Северному полушарию, по всем комплектам данных, над сушей (T3288, CRUTEM4), океанами (HadSST3) и по всей территории (HadCRUT4), самым теплым годом в истории инструментальных наблюдений остался год 2016-й, а 2017 и 2015 гг. *оказались на втором или третьем месте* (все детали см. в табл. 2.1).

В Южном полушарии 2017 год лидирует по температуре приземного воздуха над сушей (ранг 1 по данным T3288 и 2 по данным CRUTEM, после 2016 г.), но по температуре поверхности океанов уступает 2016, 2015 и 1998 гг.

В целом, над сушей и океанами, приповерхностная глобальная температура в 2017 г., в сравнении с 2016 г., понизилась, но очень незначительно: на 0.12°C в среднем по Земному шару и на 0.15 и 0.10°C – по Северному и Южному полушариям.

Особенности географического распределения аномалий. В 2017 году, как в целом, так и в отдельные сезоны, на территории земного шара, над сушей и океанами, преобладали положительные аномалии температуры (рис. 2.1-2.2). Доля положительных аномалий составила 98% всех наземных данных (T3288) и 94% данных на всей поверхности, с учетом океанов (HadCRUT4). При этом и на суше, и на поверхности океанов около трети значений оказались выше 95-го перцентиля (5%-е экстремумы тепла), а около 7% всех данных даже перекрыли предыдущие максимумы (табл. 2.2).

Таблица 2.1 – Пять самых теплых лет по данным разных источников
для Земного шара, Северного и Южного полушарий:
средняя за год аномалия температуры VT и год наблюдения

№	ЗШ		СП		ЮП	
	VT, °C	Год	VT, °C	Год	VT, °C	Год
HadCRUT4 (Hadley/CRU, суша+море)						
1	0.797	2016	1.064	2016	0.531	2016
2	0.763	2015	1.033	2015	0.497	2015
3	0.675	2017	0.919	2017	0.465	1998
4	0.579	2014	0.779	2014	0.433	2017
5	0.560	2010	0.740	2010	0.413	2009
T3288 (ИГКЭ, суша)						
1	1.269	2016	1.495	2016	0.758	2017
2	1.205	2017	1.386	2017	0.738	2016
3	1.164	2015	1.357	2015	0.723	1998
4	0.952	2007	1.188	2007	0.694	2015
5	0.931	2010	1.120	2010	0.605	2005
CRUTEM4 (Hadley/CRU, суша)						
1	1.292	2016	1.536	2016	0.805	2016
2	1.151	2015	1.360	2015	0.764	2017
3	1.120	2017	1.297	2017	0.736	1998
4	0.914	2010	1.125	2007	0.732	2015
5	0.895	2007	1.101	2010	0.597	2005
HadSST3 (Hadley/CRU, море)						
1	0.613	2016	0.746	2016	0.486	2016
2	0.592	2015	0.737	2015	0.425	2015
3	0.504	2017	0.650	2017	0.394	1998
4	0.477	2014	0.617	2014	0.385	2017
5	0.416	1998	0.484	2005	0.362	2010

Наиболее значительные положительные аномалии сосредоточены на континентах Северного полушария (на территории США и Мексики, в Центральной Азии, в Северной Европе, на Дальнем Востоке и в Центральной Африке), а также на юго-востоке Австралии. Отрицательные аномалии среднегодовой температуры на суше отмечены на западном побережье США и Канады, в Передней Азии и юго-Восточной Европе, в Западной Сибири и в западной части Австралии. На поверхности океанов небольшие области отрицательных аномалий локализованы в приэкваториальных и тропических широтах Тихого и Индийского океанов, а также в южной Атлантике и на севере Тихого океана

Таблица 2.2 – Количество локальных экстремумов на территории
Земного шара в 2017 г. по данным массивов T3288 и HadCRUT4
(все значения приведены в процентах от N)

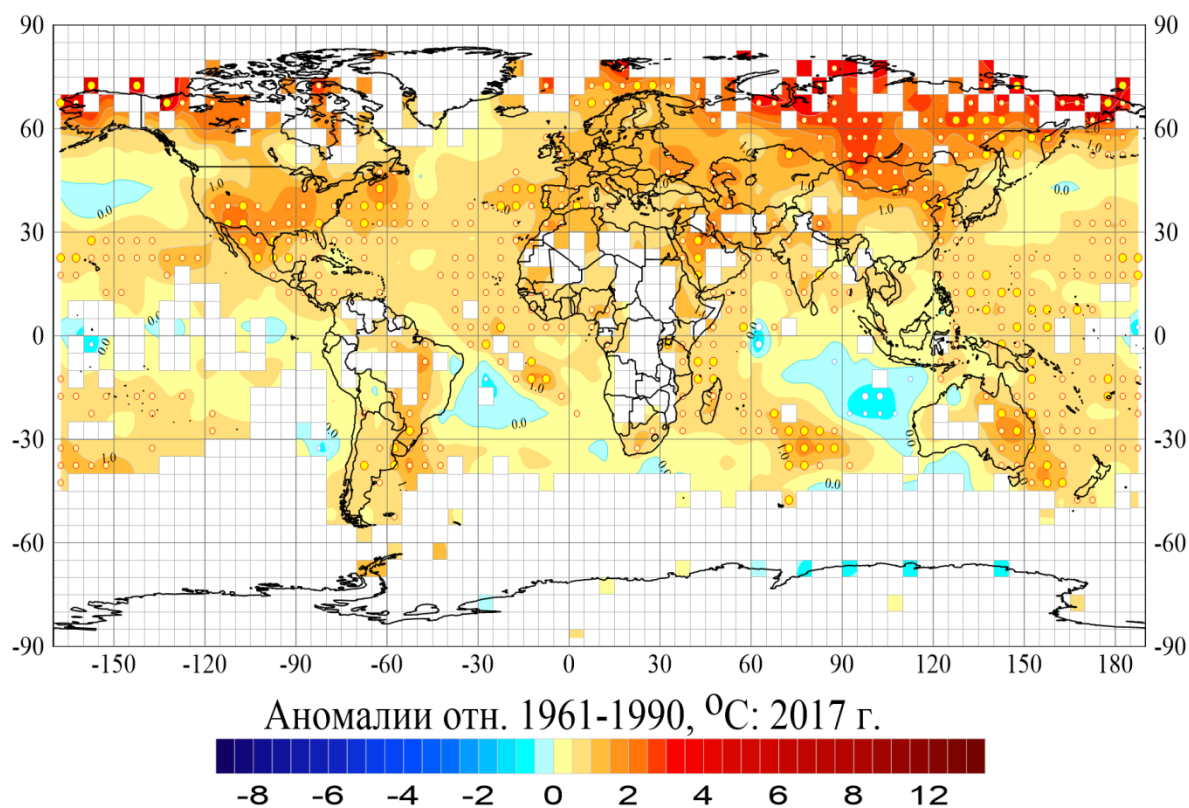
Регион	Всего боксов/ станций N	Аномалии (отн. 1961-90)		5%-е экстремумы холода/тепла		Абсолютные экстремумы	
		V<0	V>=0	X≤P ₀₅	X≥P ₉₅	X=P ₀ (min)	X=P ₁₀₀ (max)
HadCRUT4 (суша+море)							
ЗШ	1454	6.5%	93.5%	1.0%	32.9%	0.3%	7.4%
СП	904	3.1%	96.9%	0.2%	37.1%	0.1%	7.7%
ЮП	550	12.2%	87.8%	2.2%	26.2%	0.7%	6.7%
90-65S	13	46.2%	53.8%				
65-25S	250	6.4%	93.6%	0.4%	27.2%	0.4%	7.6%
25S-25N	582	9.6%	90.4%	2.2%	35.1%	0.7%	7.4%
25-65N	533	3.2%	96.8%		31.9%		6.4%
65-90N	76		100.0%		48.7%		14.5%
T3288 (только суша)							
ЗШ	1729	2.5%	97.5%	0.2%	32.0%	0.1%	6.8%
СП	1442	1.9%	98.1%	0.2%	32.5%	0.1%	6.1%
ЮП	288	5.2%	94.8%		29.5%		10.1%
90-65S	14	42.9%	57.1%				
65-25S	161	1.2%	98.8%		34.2%		11.2%
25S-25N	304	5.9%	94.1%	0.7%	28.0%		8.2%
25-65N	1149	1.6%	98.4%	0.1%	31.8%	0.1%	5.7%
65-90N	106		100.0%		46.2%		8.5%

Усл. обозначения: V - сезонные/месячные аномалии; P₀₅, P₉₅ – 5-й и 95-й процентиля; P₀, P₁₀₀ – наименьшее и наибольшее значения с 1911 г. Таблица обобщает распределения локальных аномалий и экстремумов на рис. 2.1. Отсутствие значения означает 0%.

Как следует из таблицы 2.2, по имеющимся данным о среднегодовой температуре в 2017 г., на всей территории Арктического пояса (76 боксов HadCRUT4 и 106 станций T3288) отрицательных аномалий не зафиксировано вовсе. При этом почти половина всех данных оказались 5%-ми экстремумами тепла, а 8.5% станций (14.5% боксов) зафиксировали новые абсолютные максимумы среднегодовой температуры. В Антарктическом поясе в 2017 г. поступили данные лишь с 14 антарктических станций (13 боксов); на 6 из них отмечены отрицательные аномалии, и не было ни одного случая даже 5%-го экстремума (как положительного, так и отрицательного).

Регионально осредненные оценки аномалий (табл. 2.3), средние за год и сезонные, соответствуют особенностям географического распределения (рис. 2.1, 2.2). Среднегодовые и сезонные аномалии положительны во всех регионах, кроме Антарктической области летом и осенью. В северной части Атлантики (15-70° с.ш.) как год в целом, так и все сезоны, кроме летнего, оказались рекордно теплыми. Температура, осредненная по всей территории суши Южного полушария, также оказалась рекордно высокой (в среднем за год и летом), хотя, как было сказано ранее, на 6 станциях Антарктиды наблюдались отрицательные аномалии. Самым теплым сезоном 2017 года можно назвать весну, когда положительные аномалии зафиксированы на 24% станций (на 5.3% - абсолютные максимумы), самым холодным – осень (табл. 2.4).

а) HadCRUT4



б) T3288

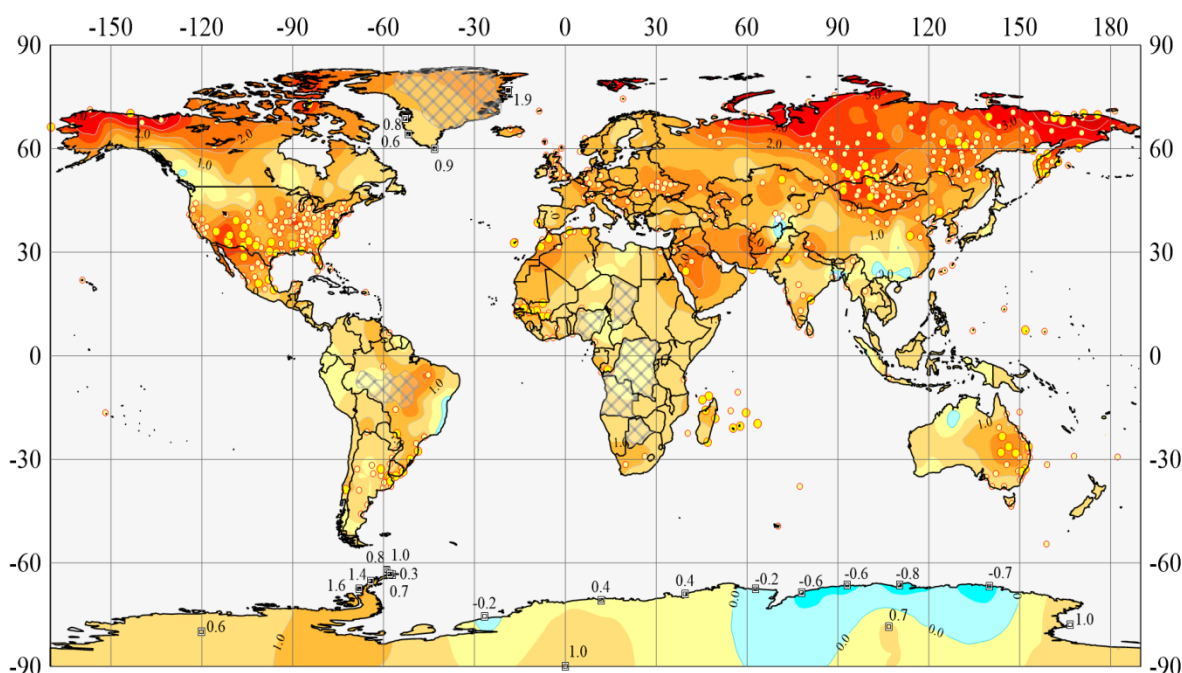
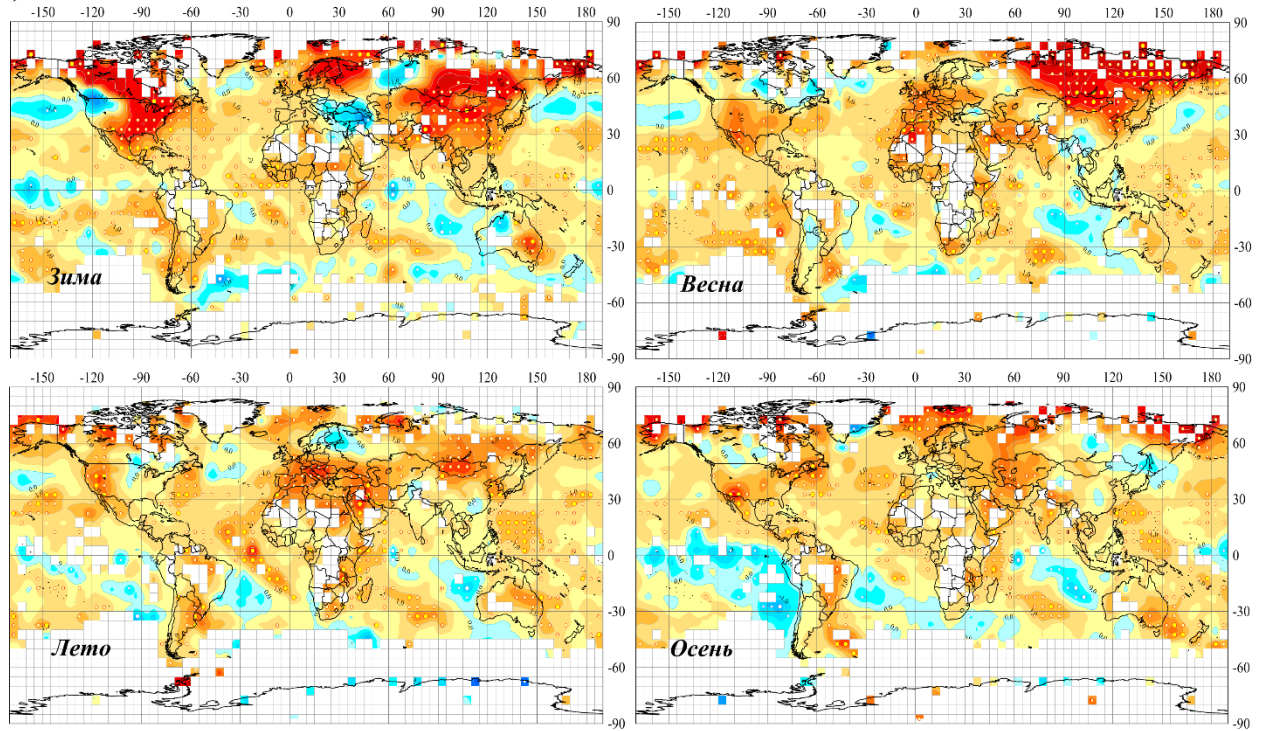


Рисунок 2.1 – Пространственное распределение среднегодовых аномалий приземной температуры (°C) на территории Земного шара в 2017 г.: а) по сеточным данным HadCRUT4 (UK MetOffice/CRU); б) по станционным данным T3288 (ИГКЭ)

Аномалии приведены в отклонениях от средних за 1961-1990 гг. Кругами белого (минимумы) и желтого (максимумы) цвета указано положение боксов/станций с рекордными значениями аномалий. Значками меньшего размера указано положение 5%-х экстремумов. Для станций Антарктиды и Гренландии непосредственно в точках расположения станций показаны числовые значения наблюдаемых аномалий. Штриховкой отмечены области отсутствия станционных наблюдений.

а) HadCRUT4



б) T3288

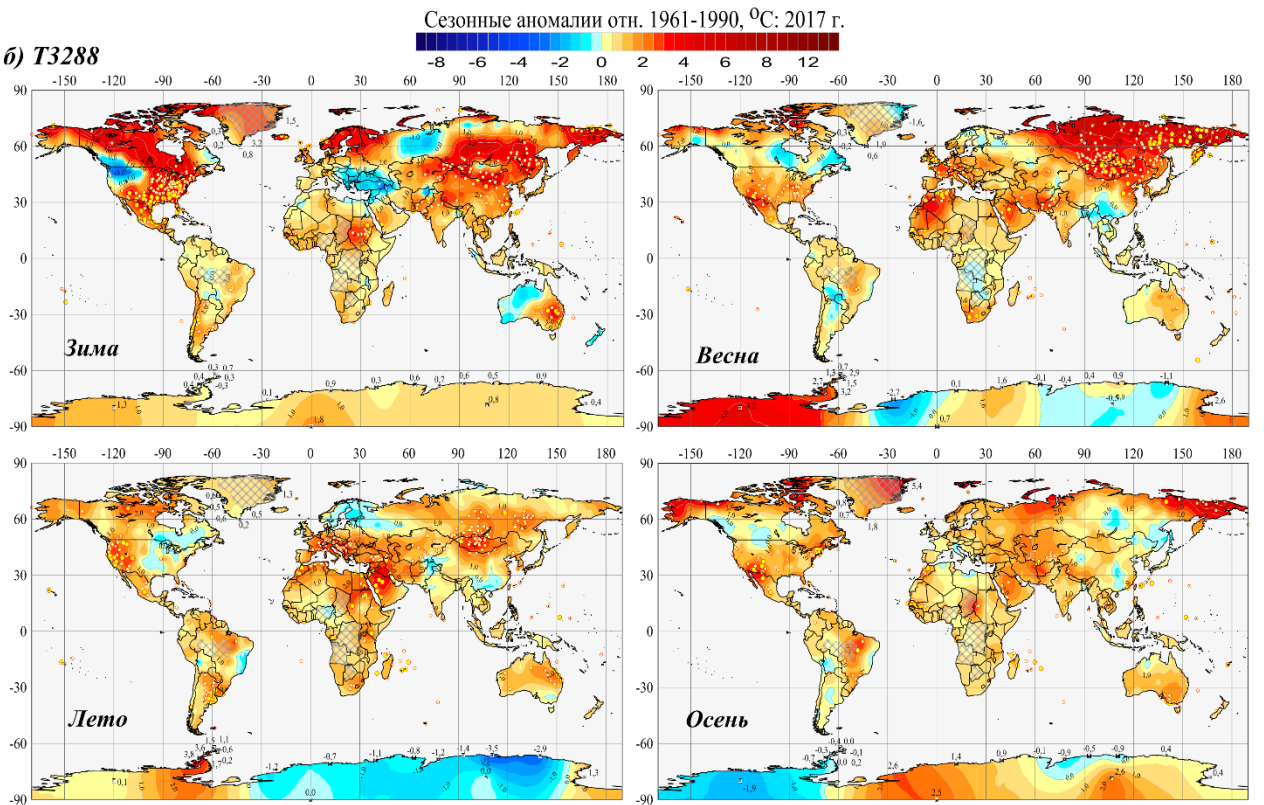


Рисунок 2.2 – См. рис. 2.1, но для средних сезонных аномалий 2017 г. у поверхности Земного шара: а) по данным HadCRUT4 в центрах 5-градусных боксов на полной сетке (суша+море); б) по данным наземных станционных наблюдений T3288 (только суша).

Таблица 2.3 - Пространственно осредненные значения аномалии (°C)
 приземной температуры и их вероятности неперевышения на территории Земного шара
 в 2017 г., в среднем за год и по сезонам

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	vT_{2017}	F%	vT_{2017}	F%	vT_{2017}	F%	vT_{2017}	F%	vT_{2017}	F%
HadCRUT4 (суша+море)										
Земной шар*	0.68	98	0.74	99	0.76	99	0.67	98	0.56	95
Северное полушарие*	0.92	98	1.01	98	0.97	99	0.89	98	0.81	97
Южное полушарие*	0.43	97	0.47	97	0.55	98	0.45	96	0.31	90
Атлантика (15-70N)	0.80	100	0.79	100	0.70	100	0.70	92	0.85	100
Тихий океан (20-65N)	0.57	97	0.38	94	0.49	97	0.75	96	0.64	97
Арктический пояс (65-90N)	2.49	99	2.60	97	2.84	99	1.27	95	2.13	97
Умеренный пояс СП (25-65N)	1.04	98	1.18	96	1.08	99	0.98	97	0.84	94
Тропики (25S-25N)	0.54	97	0.56	96	0.61	97	0.60	97	0.44	90
Умеренный пояс ЮП (65-25S)	0.58	100	0.47	99	0.60	98	0.54	99	0.44	98
Антарктический пояс (90-65S)	0.12	57	0.43	98	0.63	84	-0.37	42	0.10	56
IGCE-T3288 (суша)										
Земной шар	1.21	99	1.39	99	1.24	99	1.01	99	1.00	97
Северное полушарие	1.39	99	1.69	98	1.48	99	1.08	97	1.12	97
Южное полушарие	0.76	100	0.69	98	0.67	96	0.86	100	0.72	98
Северная Америка	1.47	96	2.40	95	1.02	89	0.92	94	1.23	95
Евразия	1.54	99	1.72	94	1.92	97	1.18	97	1.10	93
Южная Америка	0.84	99	0.70	96	0.47	88	0.95	99	0.74	94
Африка	0.96	93	1.02	96	1.29	97	1.22	98	0.89	90
Австралия	0.85	97	0.53	88	0.72	85	1.02	96	1.02	93
Антарктида	0.17	69	0.81	99	1.01	92	-0.61	33	-0.05	48
CRUTEM4 (суша)										
Земной шар*	1.12	98	1.32	99	1.16	99	1.03	99	0.96	97
Северное полушарие*	1.30	98	1.62	98	1.41	99	1.08	97	1.06	96
Южное полушарие*	0.76	99	0.71	98	0.67	97	0.93	100	0.76	98

Условные обозначения: 1. vT_{2017} , °C – наблюдаемая аномалия в 2017 г. (отн. 1961-1990 гг.);

2. F_{vT} – значение эмпирической функции распределения $F = \text{prob}(X \leq vT_{2017})$ по данным за 1911-2016 гг. (вероятность неперевышения)

3. Красным шрифтом выделены абсолютные максимумы (наибольшие из всех значений ряда за 1911-2017 гг.), синим - отрицательные аномалии.

Таблица 2.4 – Количество локальных (точечных) климатических экстремумов
 на территории Земного шара, выявленных по данным о сезонных аномалиях температуры
 приземного воздуха в точках расположения станций в 2017 г.

Сезон 2017 г.	Всего станций	5%-е экстремумы холода/ тепла			Абсолютные минимумы/максимумы		
		$X \leq P_{05}$	$X \geq P_{95}$	Всего	$X = P_0$ (Min)	$X = P_{100}$ (Max)	Всего
Зима	1828	5	394	399		95	95
Весна	1835	8	439	547		97	97
Лето	1830	7	391	398	2	72	74
Осень	1833	2	247	249		51	51

Примечание. В таблице обобщены распределения локальных экстремумов на рис. 2.2.
 Усл. обозначения: P_{05} , P_{95} – 5-й и 95-й процентиля; P_0 , P_{100} – наименьшее и наибольшее значения с 1911 г.

Внутрисезонные особенности распределения аномалий.

Зимой 2016/17 гг. положительные аномалии наблюдались на 82% всех наземных станций. Наиболее заметные области тепла сосредоточены в умеренных и полярных широтах Северного полушария, преимущественно на континентах (рис. 2.2, 2.3а). Отрицательные аномалии наблюдались на западе Северной Америки, в юго-восточных районах Европы, в Западной Сибири и в западной части Австралийского континента. В январе, феврале и в среднем за сезон средняя по региону северной Атлантики температура достигла рекордно высоких значений (табл. 2.6).

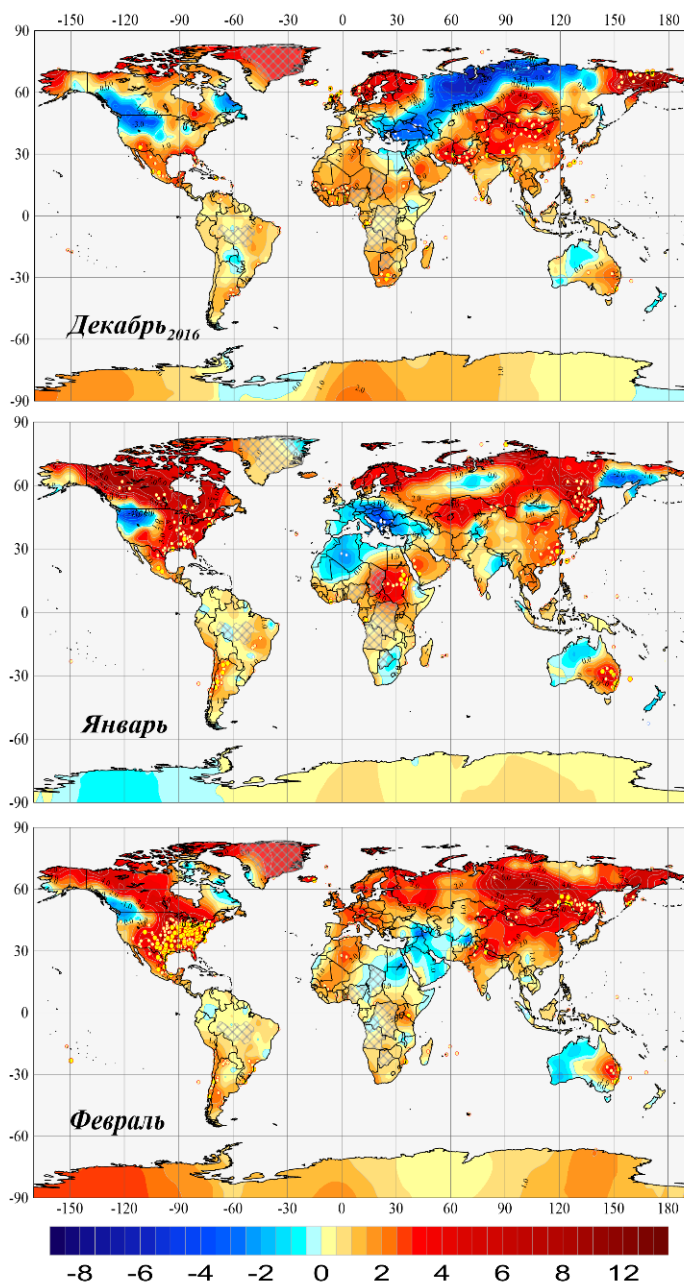


Рисунок 2.3а – Аномалии среднемесячной температуры приземного воздуха: декабрь 2016 – февраль 2017 (Т3288, °C).

В декабре, на фоне положительных аномалий ярко выражены две области заметных отрицательных аномалий (рис. 2.3а). Одна из них протянулась от побережья Российской Арктики до юга России и восточного Средиземноморья. Вторая, не столь обширная область сформировалась на западе Северной Америки (отрицательные аномалии зафиксированы на 24% всех станций). Прежние месячные рекорды перекрыты лишь на отдельных станциях.

Самый теплый месяц зимнего сезона – февраль, когда на 89% станций аномалии температуры были положительными, и область тепла охватила почти всю территорию Евразии (кроме Ближневосточного региона), Северную Америку (кроме узкой полосы западного побережья вблизи границы Канада-США) и восточную территорию Австралии. На 120 станциях перекрыты прежние максимумы средней месячной температуры февраля (с 1911 г.). В феврале рекордно теплые условия сложились еще и в умеренных широтах южного полушария.

Весной 2017г. регионально осредненная температура оказалась выше климатической нормы во всех рассматриваемых крупных регионах (во все месяцы и в среднем за сезон), но лишь в Северной Атлантике (15-70N) она была рекордно высокой (в целом за сезон и в апреле). Наиболее значительные положительные аномалии сосредоточены на континентах – в азиатской части Евразии, на территории США и на северо-западе Африки (рис. 2.2, 2.36), а также в Западной Антарктиде. Самые крупные из них зафиксированы на северо-востоке Сибири (7.6-8.2°C). Сезонные экстремумы холода, попавшие в 5% самых холодных весен (табл. 2.4), наблюдались всего на 8 станциях (0.4% из 1835, по данным T3288), но ни один из них не достиг уровня «исторического» минимума (с 1911 г.).

Самым теплым месяцем сезона был март, самым холодным – май. Контраст между условиями в марте и мае четко проявился в статистике аномалий и экстремумов разного знака, особенно в регионах наиболее значимых и значительных температурных аномалий. Так, в Арктическом поясе доля станций с отрицательными аномалиями температуры увеличилась от 4% в марте до 45% в мае. При этом процент станций с 5%-ми экстремумами тепла уменьшился от 58% в марте до 4% в мае, а доля станций, обновивших абсолютные максимумы, в мае вообще упала до 0 (в марте их было 39%). На территории России эта статистика еще ярче. В марте доля положительных аномалий составила 99.7%, экстремумов тепла (выше 95-го перцентиля) – 60.8%, абсолютных максимумов – 22.4%. В мае им соответствуют 56.9% – 6.5% – 0.3%.

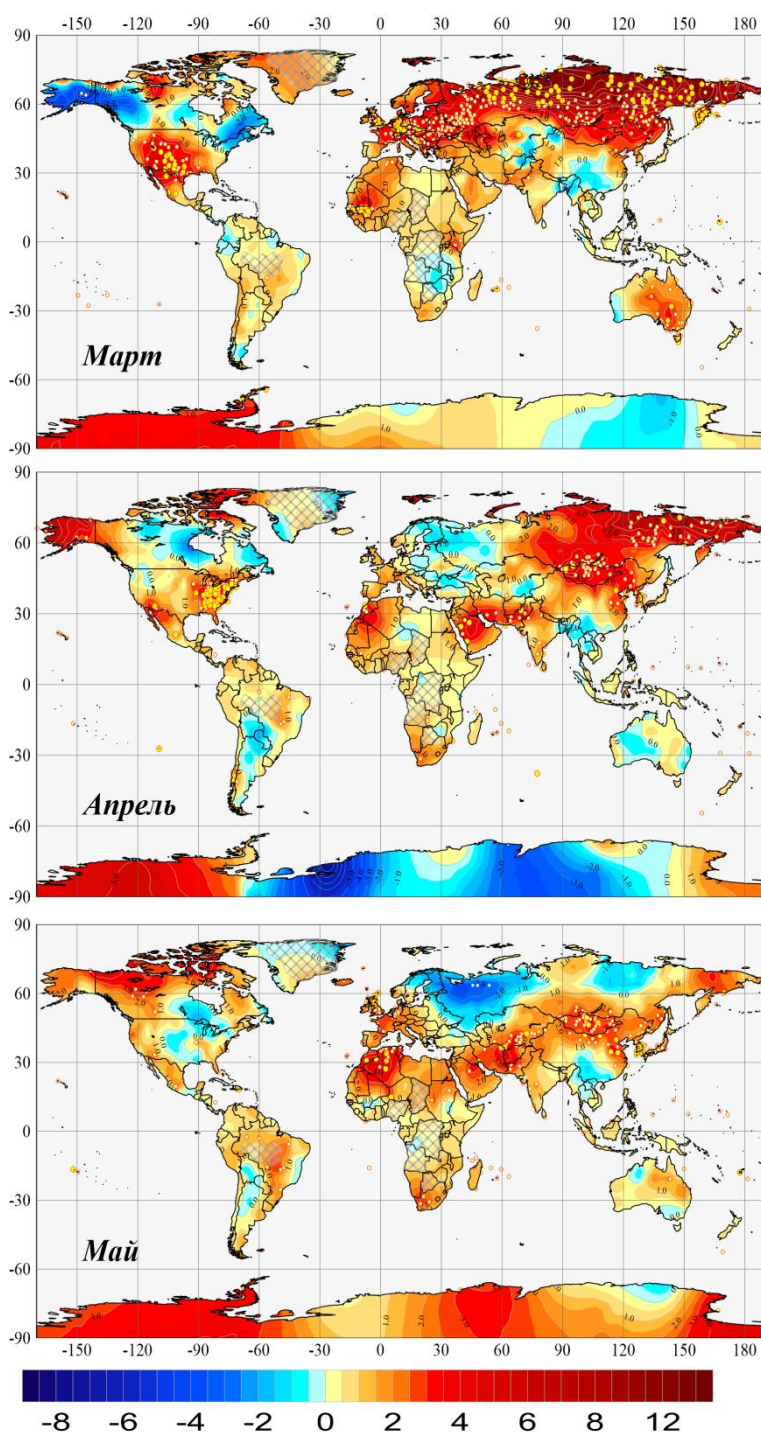


Рисунок 2.36 – Аномалии среднемесячной температуры приземного воздуха: март-май 2017 г. (T3288, °C).

Лето 2017 г. стало вторым самым теплым над сушей Земного шара (T3288,

CRUTEM4) и рекордно теплым над сушей Южного полушария.

Наиболее значительные положительные аномалии на континентах Северного полушария наблюдались в Центральной и Передней Азии, Западной Европе, в западной части Северной Америки и на севере Африки. Самые высокие значения аномалий зафиксированы в восточной Европе (+4.9°C). Из летних месяцев самым теплым был июль, когда температура достигла максимальных значений в среднем по территории умеренного пояса ЮП (суша+море), а также в целом по территории суши Южного полушария и Земного шара в целом. Температурный рекорд всего сезона, по-видимому, сложился именно за счет июля.

Области отрицательных аномалий зафиксированы этим летом на континентах Северного полушария (до 17-20% станций; в Арктике - 32-35% станций), на акваториях океанов Южного полушария и в Антарктиде (рис. 2.2, 2.3в). В целом, летняя аномалия оказалась отрицательной в среднем по территории Антарктического пояса и Антарктиды (табл. 2.3).

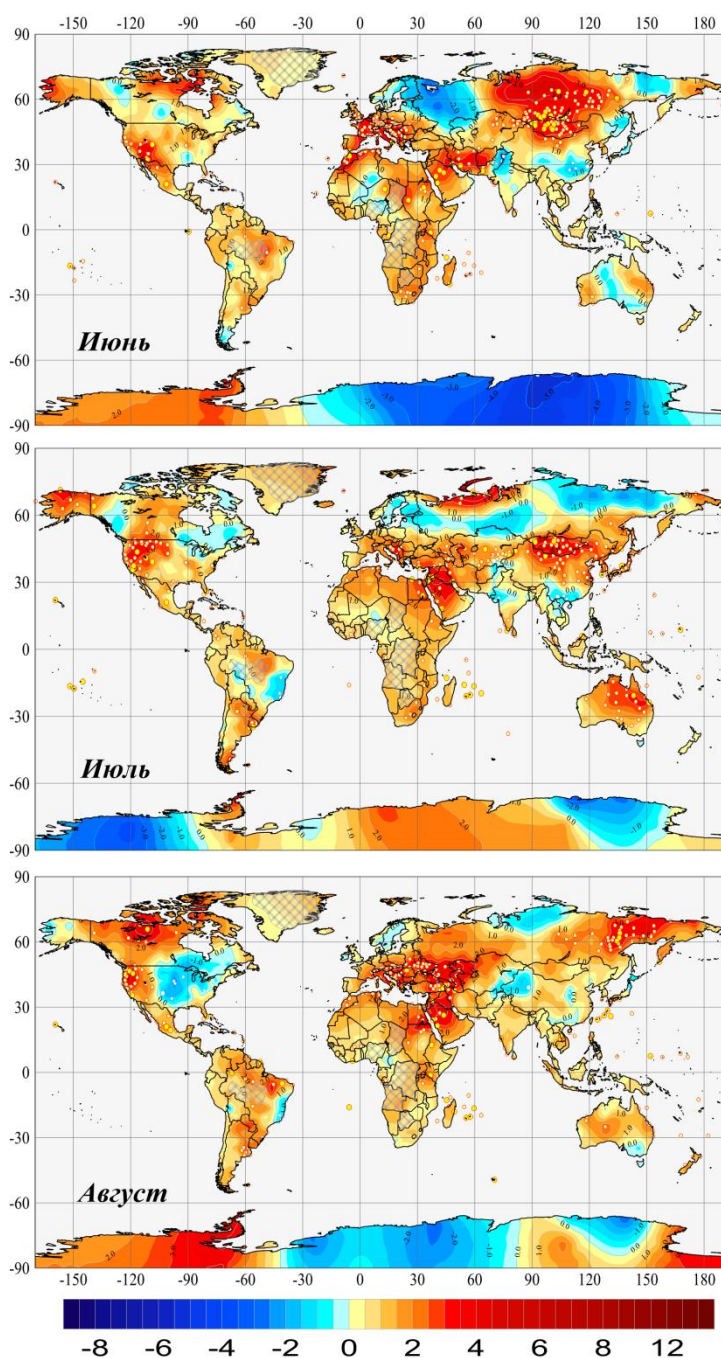


Рисунок 2.3в – Аномалии среднемесячной температуры приземного воздуха летом 2017 г.: (июнь – август, T3288, °C).

Осень 2017 года

характеризуется пониженной температурой поверхностного слоя воды в Южном полушарии на протяжении всего сезона и преобладанием обширных положительных температурных аномалий в Арктическом регионе (на обоих континентах и в океане). Наиболее крупные отрицательные аномалии на континентах наблюдались в сентябре в Западной Антарктиде и Сибири, в ноябре – на территории Канады и на юге Дальнего Востока (рис. 2.3г).

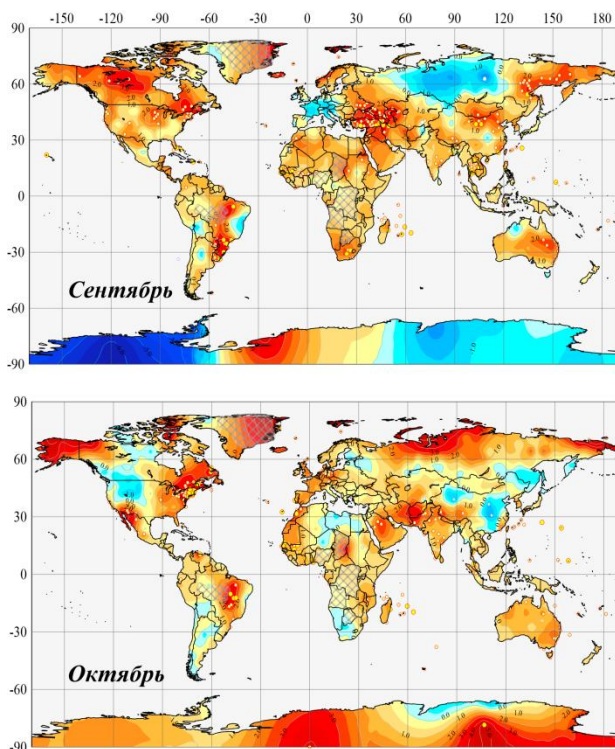
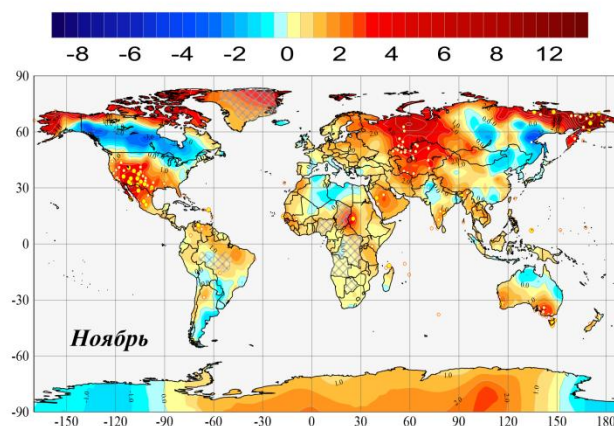


Рисунок 2.3г – Аномалии среднемесячной температуры приземного воздуха осенью 2017 г.: (сентябрь – ноябрь, T3288, °C).



В декабре 2017 г. (рис. 2.3д) наиболее значительные отрицательные аномалии на континентах сосредоточены в Евразии (Казахстан, Восточная Сибирь), Северной Америке (южнее Гудзонова залива и у западной границы США и Канады), в северо-западной Африке и в Антарктиде (кроме сектора 80°з.д. – 60°в.д.). Как и осенью, большая часть акваторий океанов Южного полушария занята отрицательными аномалиями. Остальная территория земного шара занята положительными аномалиями. Обширные с области экстремально высоких температур сформировались в Евразии (вся ЕЧР, Западная Сибирь и Чукотка, Центральная Азия), Северной Америке (Аляска, северо-запад Канады, Канадский Арктический архипелаг), Гренландии и Африке (Египет и Судан), а также в районе Тасманова моря.

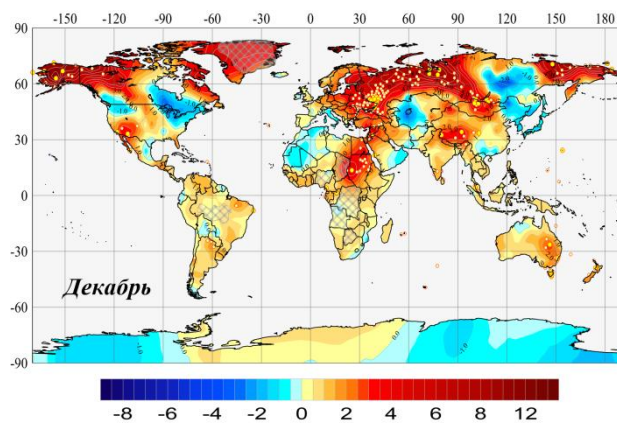


Рисунок 2.3д – см. рис. 2.3а, но для декабря 2017 г.

Далее, в таблицах 2.5-2.6, приведен сезонный ход пространственно осредненных аномалий температуры в течение 2017 г. (от месяца к месяцу) для всех рассмотренных территорий (ЗШ, СП, ЮП и регионы) и всех используемых комплектов данных (только суша, только море и суша+море). Нижними индексами показаны ранги в упорядоченных по убыванию временных рядах за 1911-2017 гг. для соответствующего месяца. Красным шрифтом выделены абсолютные максимумы, синим шрифтом – отрицательные аномалии (температура ниже климатической нормы 1961-1990 гг.). Звездочкой (*) указаны временные ряды Hadley/CRU.

Таблица 2.5 –Пространственно осредненные значения среднемесячных аномалий приземной температуры в 2017 г., в среднем по Земному шару и полушариям

Регион	Месяцы 2017 г.												Год I-XII
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
HadCRUT4 (суша+море)													
*ЗШ	0.74 ₃	0.85 ₂	0.87 ₂	0.74 ₂	0.66 ₃	0.64 ₃	0.65 ₄	0.71 ₃	0.56 ₆	0.57 ₆	0.55 ₁₀	0.59 ₆	0.68 ₃
*СП	1.03 ₄	1.15 ₂	1.17 ₂	0.96 ₂	0.77 ₄	0.85 ₃	0.86 ₂	0.94 ₄	0.81 ₅	0.78 ₇	0.84 ₇	0.90 ₄	0.92 ₃
*ЮП	0.45 ₄	0.54 ₃	0.58 ₃	0.51 ₄	0.55 ₂	0.43 ₇	0.44 ₄	0.49 ₄	0.31 ₁₂	0.36 ₉	0.26 ₁₆	0.28 ₁₅	0.43 ₄
T3288 (суша)													
ЗШ	1.43 ₂	1.7 ₂	1.68 ₂	1.14 ₂	0.95 ₅	0.95 ₅	1.03 ₂	1.07 ₂	1.03 ₃	1.01 ₅	0.96 ₉	1.24 ₃	1.21 ₂
СП	1.77 ₂	2.14 ₂	2.04 ₂	1.43 ₃	1.01 ₆	1.04 ₇	1.07 ₄	1.14 ₃	1.10 ₅	1.08 ₉	1.16 ₈	1.48 ₃	1.39 ₂
ЮП	0.68 ₄	0.69 ₄	0.82 ₃	0.45 ₁₁	0.80 ₂	0.75 ₅	0.96₁	0.90 ₂	0.85 ₂	0.84 ₃	0.46 ₁₅	0.67 ₅	0.76₁
CRUTEM4 (суша)													
*ЗШ	1.31 ₃	1.54 ₂	1.48 ₂	1.06 ₄	0.94 ₅	0.97 ₄	1.05 ₂	1.05 ₂	1.02 ₃	0.97 ₆	0.88 ₁₀	1.15 ₃	1.12 ₃
*СП	1.62 ₃	1.97 ₂	1.86 ₂	1.36 ₃	1.00 ₆	1.06 ₆	1.06 ₄	1.11 ₃	1.08 ₅	1.02 ₉	1.07 ₈	1.36 ₄	1.30 ₃
*ЮП	0.70 ₄	0.68 ₅	0.74 ₄	0.46 ₁₁	0.80 ₂	0.79 ₄	1.04₁	0.95 ₂	0.90₁	0.87 ₃	0.50 ₁₄	0.73 ₃	0.76 ₂
HadSST3 (море)													
*ЗШ	0.48 ₂	0.52 ₂	0.55 ₂	0.60 ₂	0.56 ₃	0.54 ₄	0.54 ₄	0.61 ₄	0.43 ₇	0.49 ₄	0.43 ₅	0.33 ₁₁	0.50 ₃
*СП	0.57 ₂	0.52 ₂	0.54 ₂	0.68₁	0.63 ₃	0.74 ₂	0.79 ₃	0.83 ₄	0.69 ₄	0.72 ₄	0.66 ₂	0.47 ₆	0.65 ₃
*ЮП	0.43 ₄	0.56₁	0.58 ₂	0.53 ₂	0.50 ₂	0.35 ₇	0.31 ₁₂	0.39 ₃	0.21 ₂₁	0.29 ₁₁	0.25 ₁₅	0.24 ₁₇	0.39 ₄

Условные обозначения – см. в тексте

Таблица 2.6 – Пространственно осредненные значения среднемесячных аномалий приземной температуры в 2017 г. для континентов, северных частей Атлантического и Тихого океанов и основных широтных поясов земного шара

Регион	Месяцы 2017 г.												Год I-XII
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
T3288 (суша)													
С. Америка	3.27 ₄	3.33 ₂	0.89 ₂₈	1.33 ₇	0.84 ₁₃	1.03 ₇	1.05 ₅	0.68 ₁₅	1.63 ₄	1.25 ₁₃	0.80 ₂₇	1.46 ₂₇	1.47 ₅
Евразия	1.65 ₁₀	2.41 ₇	3.18 ₂	1.67 ₇	0.93 ₁₄	1.17 ₇	1.01 ₈	1.38 ₄	0.98 ₈	0.91 ₂₀	1.42 ₈	1.82 ₅	1.54 ₂
Ю.Америка	0.75 ₈	0.74 ₆	0.43 ₂₅	0.26 ₃₉	0.78 ₉	0.90 ₁₃	0.77 ₁₄	1.24 ₃	1.05 ₅	0.80 ₆	0.42 ₁₈	0.65 ₁₀	0.84 ₂
Африка	0.73 ₁₄	0.79 ₁₅	1.31 ₆	1.15 ₆	1.58 ₂	1.32 ₂	1.19 ₃	1.17 ₂	1.18 ₂	0.77 ₁₆	0.65 ₂₃	0.80 ₁₉	0.96 ₈
Австралия	0.71 ₁₈	0.17 ₃₅	1.53 ₃	0.06 ₄₁	0.54 ₂₄	0.43 ₃₃	1.72 ₃	0.90 ₁₂	1.18 ₁₆	1.30 ₁₀	0.60 ₂₂	0.98 ₆	0.85 ₄
Антарктида	0.15 ₂₇	1.50 ₃	0.90 ₁₄	0.47 ₂₈	1.67 ₁₁	-1.51 ₆₃	-0.56 ₃₈	0.24 ₄₁	-1.74 ₅₈	1.08 ₁₂	0.49 ₂₅	-0.43 ₅₄	0.17 ₂₅
HadCRUT4 (суша+море)													
АО,15-70 N	0.80₁	0.82₁	0.67 ₂	0.80₁	0.67 ₇	0.74 ₈	0.65 ₁₄	0.73 ₁₂	0.76 ₉	0.88 ₅	0.92₁	0.99₁	0.80₁
ТО,40-60 N	0.31 ₁₁	0.40 ₇	0.41 ₄	0.52 ₃	0.53 ₄	0.65 ₄	0.85 ₅	0.76 ₆	0.57 ₈	0.61 ₆	0.75 ₂	0.53 ₃	0.57 ₄
65-90 N	3.08 ₇	3.12 ₇	5.17₁	2.60 ₉	0.89 ₂₃	1.03 ₁₄	1.08 ₁₀	1.65 ₃	1.33 ₇	2.26 ₆	3.03 ₄	4.16₁	2.49 ₂
25-65 N	1.14 ₄	1.57 ₄	1.36 ₄	1.05 ₄	0.84 ₅	0.97 ₄	1.00 ₄	0.98 ₅	0.91 ₆	0.78 ₁₁	0.86 ₈	1.02 ₆	1.04 ₃
25 S-25 N	0.58 ₅	0.49 ₈	0.56 ₅	0.63 ₄	0.65 ₅	0.63 ₄	0.54 ₅	0.64 ₄	0.44 ₉	0.49 ₁₁	0.39 ₁₄	0.30 ₁₉	0.54 ₄
65-25 S	0.47 ₃	0.63₁	0.65₁	0.57 ₄	0.56 ₃	0.48 ₅	0.56₁	0.57 ₃	0.45 ₃	0.47 ₄	0.40 ₇	0.48₁	0.58₁
90-65 S	0.39 ₈	0.38 ₃	0.45 ₈	-0.52 ₄₉	1.74 ₆	-2.01 ₆₅	0.66 ₂₃	0.24 ₃₅	-1.08 ₅₃	0.67 ₁₈	0.83 ₁₀	-0.14 ₄₆	0.12 ₃₂

Условные обозначения - см. в тексте

3. КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗЕМНОГО ШАРА ЗА ПЕРИОД ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ, 1850-2017 гг.

Изменение глобальных температур. На рис. 3.1 представлены межгодовые (по вертикали) и межмесячные (по горизонтали) изменения глобально осредненных температур на протяжении всего периода инструментальных наблюдений (с 1850 г.).

Вплоть до 1930-1940-х гг. глобальная температура оставалась ниже уровня 1961-1990 (отрицательные аномалии), с кратковременными теплыми периодами в Северном полушарии. Примерно в 1904-1913 гг., в отдельные месяцы средняя аномалия приземной температуры Южного полушария достигала -0.7 , -0.8°C . Принято считать, что начало современного глобального потепления относится примерно к середине 1970-х – началу 1980-х гг. Однако, до середины 1990-х относительно продолжительные периоды повышения температуры (рис. 3.1) чередовались с не менее выраженными периодами ее понижения. В 2008-2010 гг. также наблюдалось некоторое торможение процесса потепления, проявившееся в ослаблении положительных аномалий в Южном полушарии и, несколько менее заметное - в Северном полушарии. Примерно с середины 2014 г. потепление вновь усилилось, особенно в Северном полушарии.

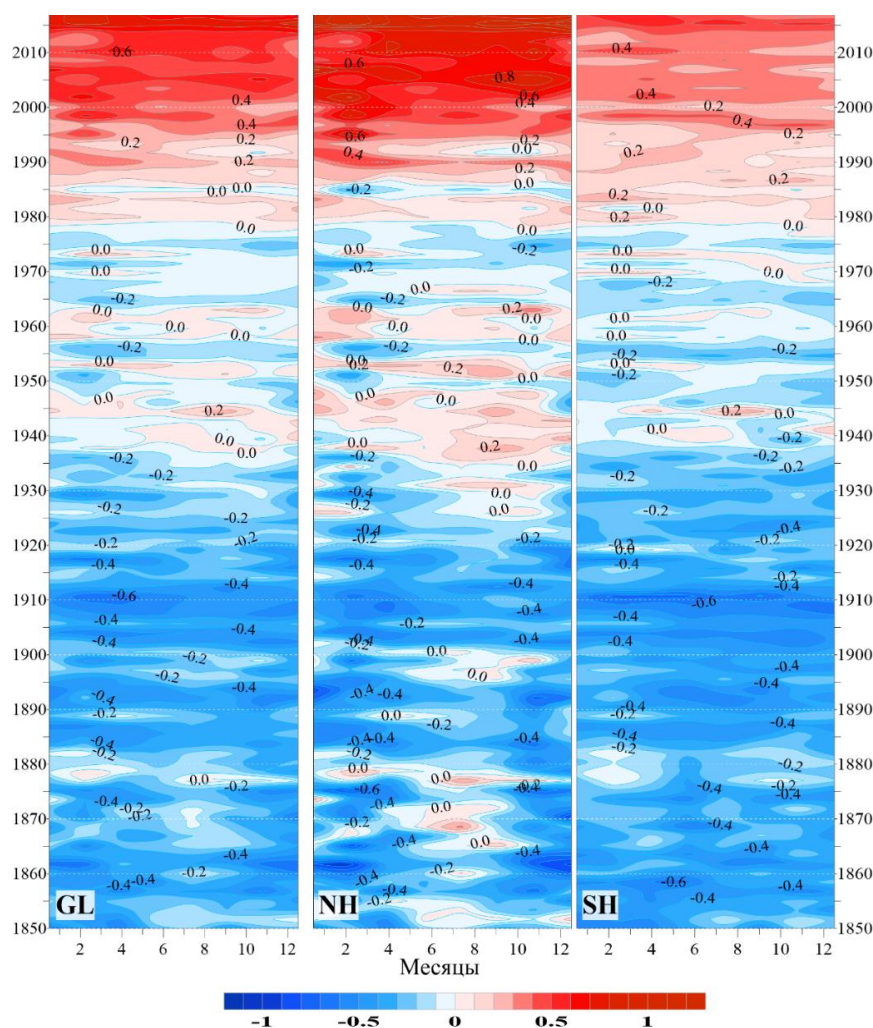
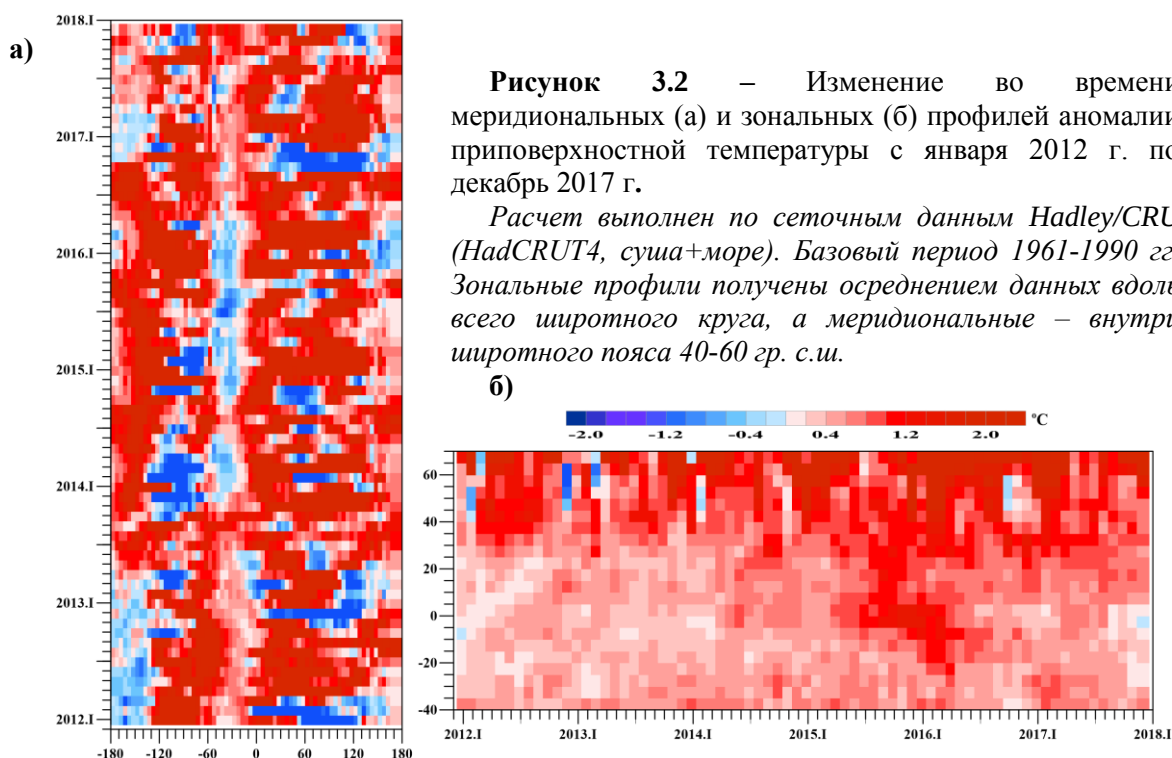


Рисунок 3.1 – Изменение средней месячной приповерхностной температуры, осредненной по территории Земного шара (GL), Северного (NH) и Южного (SH) полушарий в течение периода с января 1850 по декабрь 2017 гг. (по данным HadCRUT4, Hadley/CRU, UK).

Широтно-долготные разрезы. Временную структуру крупномасштабной изменчивости аномалий можно также проследить с помощью широтно-долготных профилей (рис. 3.2). На рис. 3.2а четко видно преобладание положительных аномалий по всему Земному шару с периодически возникающими очагами отрицательных аномалий на континентах западного и восточного полушарий, а также незначительными областями слабых отрицательных аномалий в Атлантике и Тихом океане. На рис. 3.2б хорошо видна ведущая роль высоких широт Северного полушария в положительных аномалиях последних 6-ти лет, а также рекордно теплый период 2015-2016 гг., когда аномалии выше 1°C преобладали практически на всей территории Земного шара.

Можно видеть, что в 2017 г. в Северном полушарии положительная аномалия, сохранявшаяся в умеренных широтах Евразии с начала года, в октябре сменилась на территории Сибири отрицательной. В это же время отрицательная аномалия наблюдалась в американском секторе. В океанических секторах в 2017 г. аномалии положительны (рис. 3.2а). В Южном полушарии во второй половине 2017 г. заметно определенное ослабление положительных аномалий температуры в тропических и субтропических широтах (рис. 3.2б).



Временные ряды глобально осредненной температуры. Интегральную характеристику и оценку интенсивности наблюдаемых глобальных изменений приземной температуры дают глобально осредненные временные ряды для территории Земного шара и обоих полушарий по всем используемым наборам данных (рис. 3.3) и их количественные описания (табл. 3.1, 3.2).

В ходе температуры в 2017 г. отмечается незначительное снижение глобальных температур после их скачкообразного повышения в 2015 и 2016 годах, которое практически не сказалось на скорости потепления. На суше Южного полушария, напротив, температура даже несколько увеличилась (рис. 3.3б).

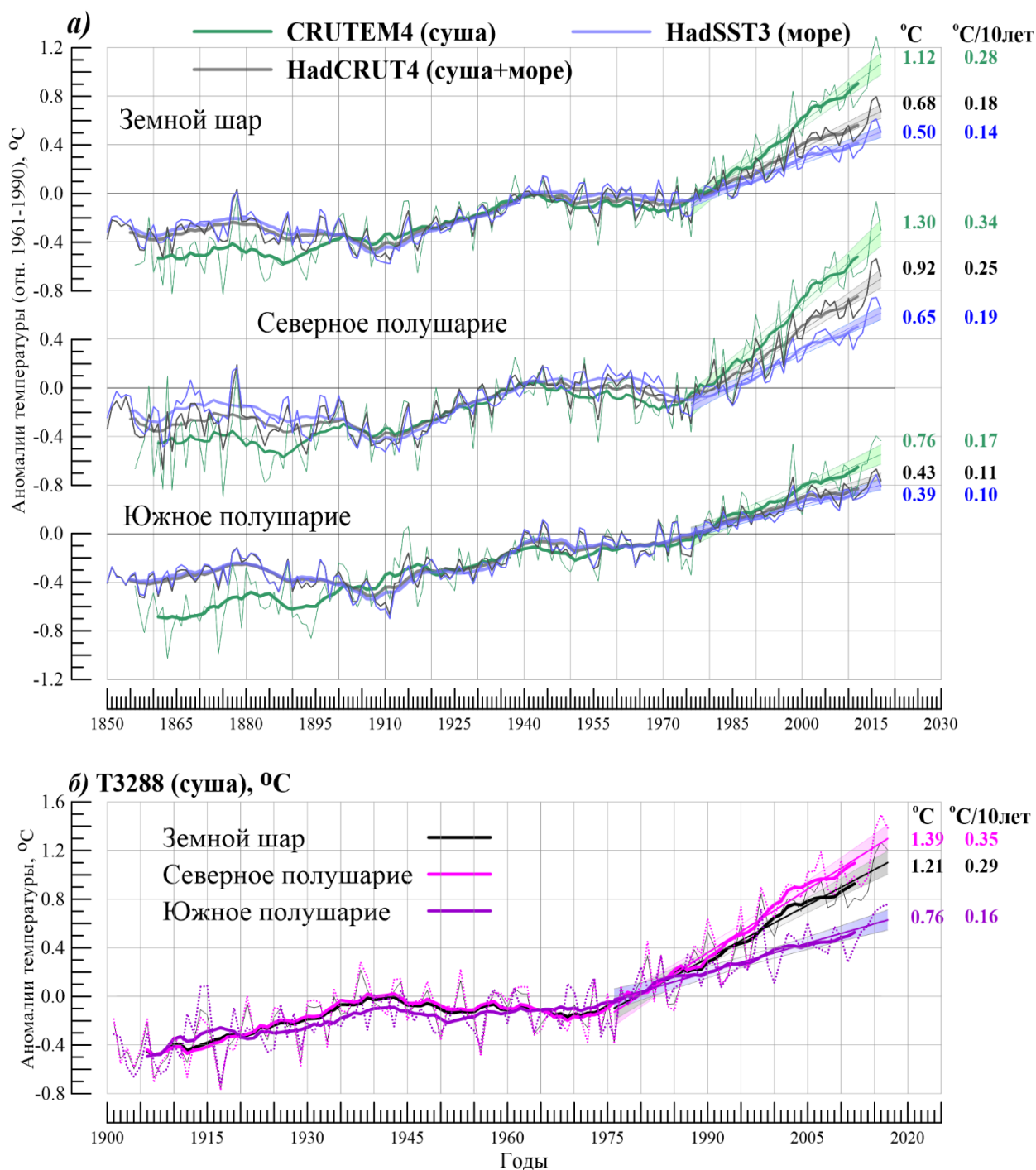


Рисунок 3.3 – Временные ряды среднегодовых аномалий приземной температуры, осредненных по территории Земного шара, Северного и Южного полушарий:

а) по данным Hadley/CRU, 1850-2017 гг.: HadCRUT4 (суша+море), CRUTEM4 (суша), HadSST3 (море); б) по данным ИГКЭ, 1901-2017 гг.: T3288 (суша).

Для всех рядов показан ход 11-летних скользящих средних и линейный тренд за 1976-2017 гг. с 95% доверительным интервалом. Справа приведены числовые значения среднегодовых аномалий в 2017 г. и значения коэффициентов линейного тренда за 1976-2017 гг. (°C/10лет).

В табл. 3.1 приведены региональные коэффициенты линейного тренда. Показатели k1-k3 (табл. 3.2) количественно уточняют выводы, основанные на визуальном сопоставлении глобальных временных рядов (рис. 3.3) и оценок трендов (табл. 3.1) в разных факторных подгруппах.

В соответствии с оценками в табл. 3.1-3.2, можно заключить:

– Тренд (средняя скорость) потепления в течение 1976-2017 гг. (табл. 3.1) в целом для ЗШ, СП и ЮП составил 0.292, 0.348, 0.159 °C/10 лет для территории суши (по данным T3288) и только 0.140, 0.186, 0.097 °C/10 лет для акваторий океанов (по данным HadSST3). При этом с добавлением данных 2017 г., в сравнении с периодом 1976-2016 гг., эти оценки изменились над сушей на +0.04, +0.02 и +0.04 °C/10 лет, а на поверхности океанов – на ±0.01 °C/10 лет. Современное потепление, таким образом, практически осталось на уровне 2016 года.

– Современное глобальное потепление у поверхности суши протекает примерно вдвое быстрее, чем на поверхности океанов, а именно: более чем в 2.0, 1.8, 1.6 раз для ЗШ, СП, ЮП, соответственно; при этом в целом за 100-летие этот показатель составляет 1.8, 2.0, 1.3 (табл. 3.2, показатель k1). Таким образом, континентам принадлежит доминирующая роль в потеплении на протяжении всего 100-летнего периода, но контраст между полушариями постепенно стирается (определенную роль, по-видимому, играет улучшение качества доступных эмпирических данных, особенно на океанических акваториях Южного полушария).

– За период 1976-2017 гг. Северное полушарие теплеет, в среднем, вдвое быстрее, чем Южное (показатель k2). Таким образом, основной вклад в современное глобальное потепление (у поверхности земли) по-прежнему принадлежит Северному полушарию.

– Современное потепление ускорилось в сравнении со столетним в 1.4-3.0 раза (показатель k3), в том числе: в Южном полушарии в 1.4÷1.8 раз, в Северном – в 2.6÷3.0 раз. Заметим, что ускорение потепления в Северном полушарии происходит более интенсивно на поверхности океанов (k3=3.0), а в Южном – над сушей (k3=1.8).

Таблица 3.1 – Коэффициенты линейного тренда (°C/10 лет)
глобальных временных рядов приземной температуры за 1976-2017 гг.
и 1918-2017 гг., в среднем за год и по сезонам

Регион	1976-2017					1918-2017				
	Год	зима	весна	лето	осень	Год	зима	весна	лето	осень
HadCRUT4 (суша+море)										
Земной шар	0.179	0.168	0.187	0.185	0.181	0.080	0.084	0.087	0.077	0.073
Северное полушарие	0.250	0.234	0.254	0.255	0.258	0.088	0.096	0.099	0.082	0.077
Южное полушарие	0.109	0.102	0.120	0.116	0.104	0.072	0.071	0.075	0.072	0.070
T3288-ИГКЭ (суша)										
Земной шар	0.292	0.284	0.302	0.273	0.304	0.119	0.136	0.139	0.099	0.097
Северное полушарие	0.348	0.341	0.377	0.317	0.348	0.132	0.157	0.162	0.105	0.102
Южное полушарие	0.159	0.151	0.126	0.172	0.200	0.089	0.087	0.086	0.089	0.092
CRUTEM4 (суша)										
Земной шар	0.284	0.278	0.292	0.270	0.297	0.114	0.129	0.131	0.098	0.097
Северное полушарие	0.343	0.340	0.372	0.316	0.345	0.125	0.149	0.153	0.100	0.098
Южное полушарие	0.166	0.155	0.133	0.179	0.200	0.091	0.087	0.087	0.096	0.094
HadSST3 (море)										
Земной шар	0.140	0.126	0.139	0.158	0.143	0.064	0.061	0.065	0.069	0.063
Северное полушарие	0.186	0.160	0.160	0.220	0.209	0.062	0.055	0.057	0.072	0.064
Южное полушарие	0.097	0.096	0.118	0.099	0.082	0.068	0.069	0.073	0.068	0.064

Примечание. Все оценки в таблице статистически значимы на уровне 0.1%.

**Таблица 3.2 – Сравнение скорости глобального потепления (у поверхности)
в разных факторных подгруппах, в среднем за год**

Показатель	1976-2017			1918-2017		
	ЗШ	СП	ЮП	ЗШ	СП	ЮП
k_1 $b_{T3288}/b_{HadSST3}$ $b_{CRUTEM4}/b_{HadSST3}$	2.09	1.87	1.64	1.86	2.13	1.31
	2.03	1.84	1.71	1.78	2.02	1.34
k_2 $b_{СП}/b_{ЮП}$	1976-2017			1918-2017		
	T3288	CRUTEM	HadSST	T3288	CRUTEM	HadSST
	2.19	2.07	1.92	1.48	1.37	0.91
k_3 $b_{1976-2017}/b_{1918-2017}$	СП			ЮП		
	T3288	CRUTEM	HadSST	T3288	CRUTEM	HadSST
	2.64	2.74	3.00	1.79	1.82	1.43

4. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ ПРОСТРАНСТВЕННО ОСРЕДНЕННЫХ АНОМАЛИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ, 1911-2017 гг.

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). Данные до 1911 г. не приводятся, т.к. представляются недостаточно полными и надежными (особенно над океанами). На всех временных рядах показаны тренды за период 1976-2017 гг., условно принятый за период современного глобального потепления. Количественные оценки трендов приведены в (табл. 4.1, 4.2).

**Таблица 4.1. – Коэффициенты линейного тренда ($^{\circ}C/10 лет$) пространственно
осредненных аномалий приземной температуры для крупных регионов земного шара
за 1976-2017 гг. (в среднем за год и по сезонам)**

Регион	Год	Зима	Весна	Лето	Осень
<i>HadCRUT4 (суша+море)</i>					
Атлантика (15-70N)	0.208	0.207	0.176	0.213	0.241
Тихий океан (20-65N)	0.174	0.135	0.141	0.226	0.195
Арктический пояс (65-90N)	0.598	0.568	0.678	0.446	0.626
Умеренный пояс СП (25-65N)	0.292	0.26	0.297	0.311	0.305
Тропики (25S-25N)	0.148	0.151	0.152	0.152	0.143
Умеренный пояс ЮП (65-25S)	0.134	0.089	0.135	0.130	0.116
Антарктический пояс (90-65S)	0.052	-0.026	-0.026	0.043	0.265
<i>T3288 (суша)</i>					
Северная Америка	0.308	0.443	**0.161	0.269	0.370
Евразия	0.396	0.314	0.523	0.375	0.359
Южная Америка	0.190	0.184	0.125	0.194	0.224
Африка	0.30	0.266	0.351	0.299	0.299
Австралия	0.180	**0.114	0.129	0.188	0.283
Антарктида	0.041	-0.015	-0.031	0.027	0.272

Примечание. Оценки, статистически значимые на 1%-уровне, приведены без выделения.

Усл. обозначения: * $\alpha \leq 5\%$; ** $\alpha \leq 10\%$; серая заливка $\alpha > 10\%$, где α – уровень значимости.

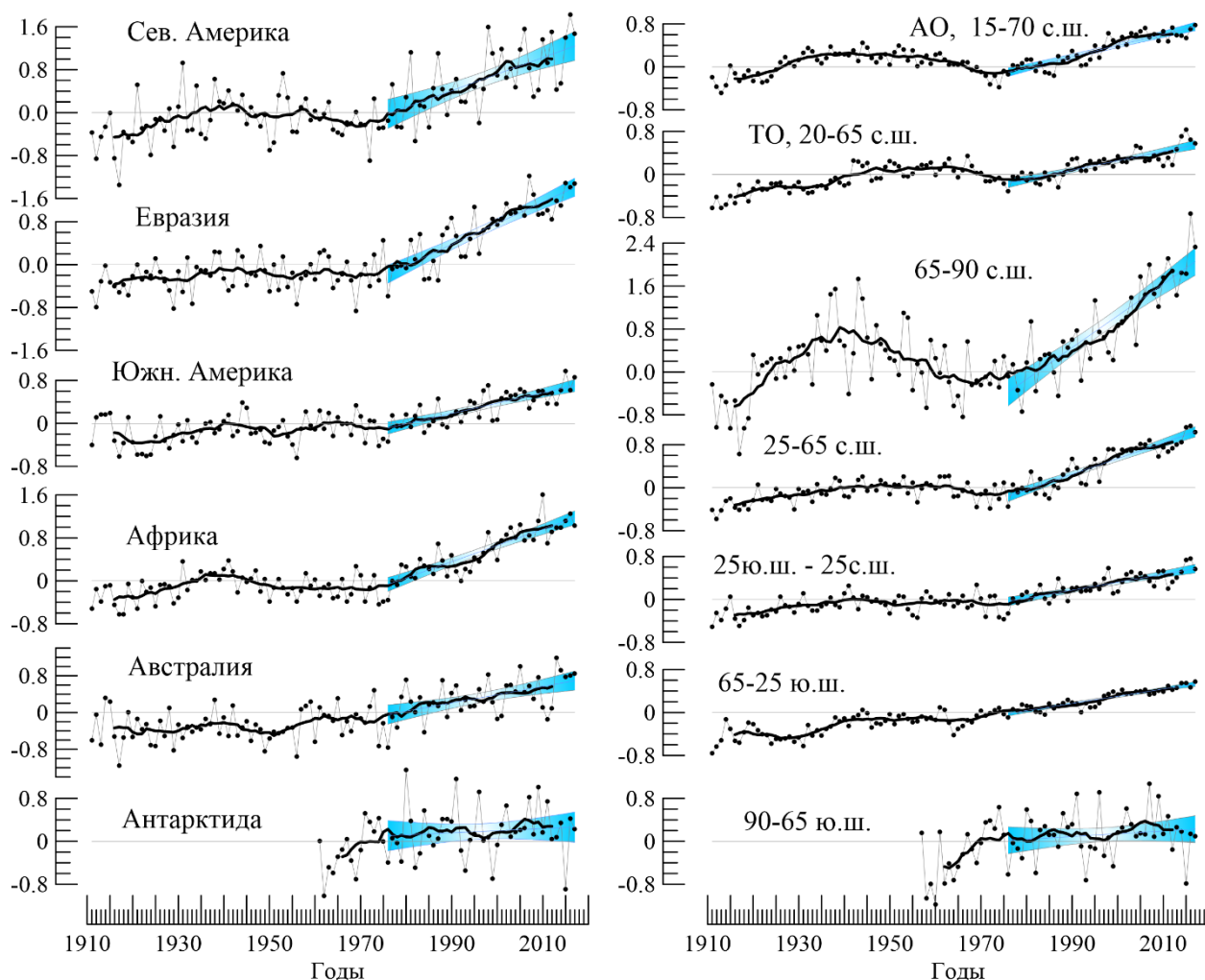


Рисунок 4.1 – Временные ряды пространственно осредненных среднегодовых аномалий приземной температуры для континентов (слева), северных частей Атлантического и Тихого океанов (справа сверху) и основных широтных поясов земного шара (справа внизу).

Расчеты выполнены по методике ИГКЭ по данным T3288 (для континентов) и HadCRUT4 (для океанов и широтных поясов). Аномалии приведены в отклонениях от средних за 1961–1990. Сглаженные кривые (жирная линия) получены 11-летним скользящим осреднением. Показан линейный тренд за 1976–2017 гг. с 95% -м доверительным интервалом (голубая заливка).

По стационарным данным (на суше) и объединенным данным на всей территории (суша+море) все значения трендов среднегодовых температур положительны, т.е. на протяжении 1976–2017 гг. сохраняется тенденция к потеплению приземного климата для всех рассмотренных крупных регионов земного шара (табл. 4.1). Наиболее существенные тренды, статистически значимые на 1%-уровне, отмечаются в умеренных широтах северного и южного полушарий (вклад в дисперсию более 80%) – по-видимому, за счет регионов: северные части Атлантического и Тихого океанов, Евразия, Африка (вклад в дисперсию более 70%). В Антарктиде, напротив, оценки трендов, положительных и отрицательных, статистически незначимы даже на 10%-уровне.

Сезонные тренды (табл. 4.1) положительны во всех регионах, кроме Антарктики зимой и весной. Большинство оценок трендов статистически значимы на 1%-м уровне. Для осеннего сезона статистически значимая тенденция к потеплению подтверждается оценками для всех регионов без исключения.

В оценках трендов для отдельных месяцев (табл. 4.2) уже в большем количестве случаев тренды оказались статистически незначимыми даже на 10%-м уровне (в Антарктике, 7 месяцев из 12 в Австралии, за февраль-апрель в Северной Америке и в мае в Южной Америке).

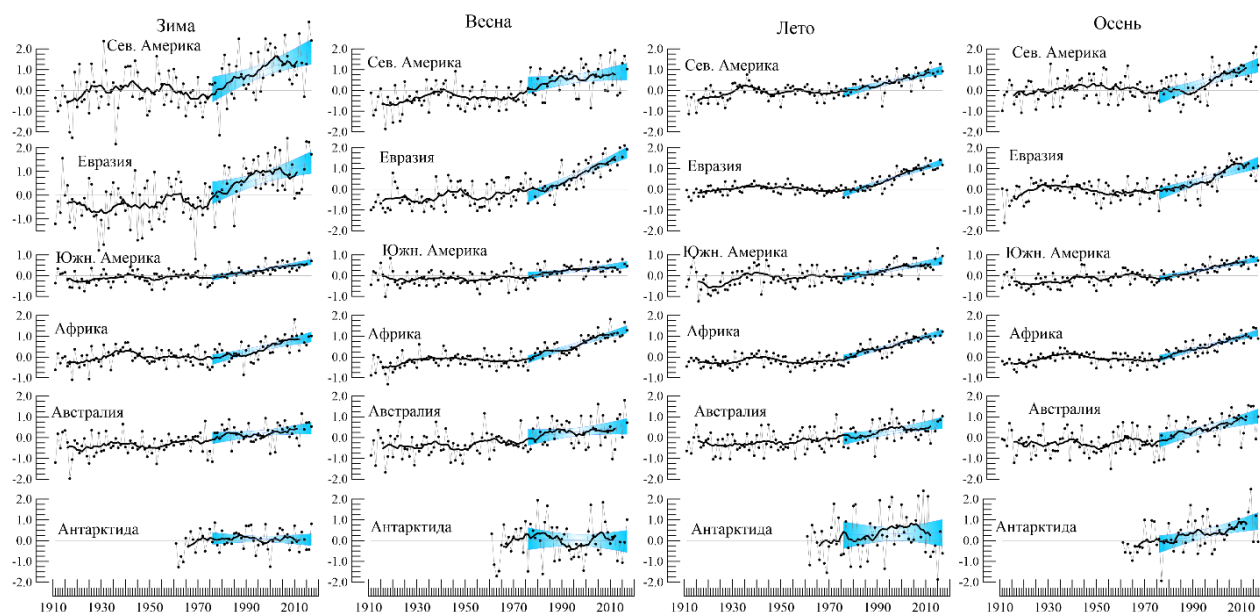


Рисунок 4.2 – См. рис. 4.1, но для среднесезонных аномалий и только для континентов. Расчеты выполнены по методике и данным ИГКЭ. Использован массив станционных данных T3288.

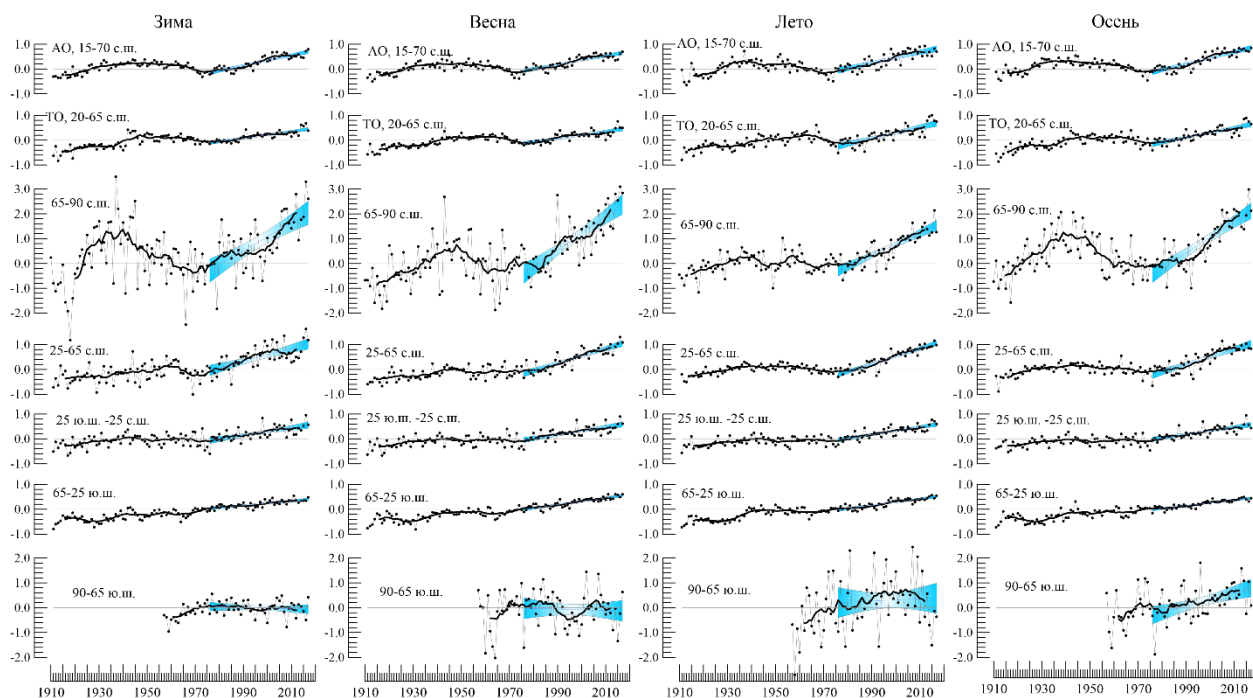


Рисунок 4.3 – См. рис.4.2, но для океанов и широтных поясов земного шара. Используются сеточные данные Hadley/CRU, UK (массив HadCRUT4, суша+море). Расчеты выполнены по методике ИГКЭ.

**Таблица 4.2 – Сезонный ход региональных оценок тренда
приземной температуры в крупных регионах мира
(континенты, океаны СП, основные широтные пояса земного шара)**

Регион	Месяцы 1976-2017 гг., °C/10 лет												Год I-XII
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
T3288 (суша)													
С. Америка	0.57	0.29	0.18	0.15	*0.16	0.29	0.25	0.27	0.36	0.36	*0.40	*0.46	0.31
Евразия	**0.26	0.45	0.66	0.51	0.40	0.38	0.35	0.40	0.33	0.39	0.36	*0.27	0.40
Ю.Америка	0.20	0.18	0.14	0.16	0.08	0.23	**0.13	0.22	0.28	0.22	0.19	0.18	0.19
Африка	0.23	0.28	0.36	0.32	0.35	0.34	0.31	0.24	0.24	0.34	0.32	0.26	0.30
Австралия	*0.21	0.07	0.14	0.16	0.09	0.17	0.27	0.13	0.31	0.33	0.21**	0.07	0.18
Антарктида	0.03	-0.03	0.09	**0.28	0.11	-0.18	-0.02	**0.31	0.23	0.31	*0.20	-0.07	0.04
HadCRUT4 (суша+море)													
АО,15-70 N	0.21	0.19	0.17	0.18	0.18	0.19	0.2	0.25	0.23	0.26	0.23	0.22	0.21
ТО,40-60 N	0.12	0.14	0.11	0.14	0.17	0.19	0.24	0.24	0.21	0.2	0.18	0.15	0.17
65-90 N	*0.46	0.60	0.77	0.76	0.51	0.5	0.42	0.43	0.43	0.74	0.73	0.76	0.60
25-65 N	0.26	0.28	0.34	0.28	0.27	0.29	0.31	0.34	0.31	0.31	0.29	0.24	0.29
25 S-25 N	0.14	0.15	0.14	0.16	0.15	0.16	0.15	0.15	0.14	0.15	0.14	0.13	0.15
65-25 S	0.09	0.10	0.12	0.14	0.13	0.14	0.12	0.13	0.11	0.13	0.10	0.08	0.13
90-65 S	-0.05	-0.05	-0.05	**0.21	0.14	-0.05	-0.05	0.24	0.27	0.31	0.22	-0.02	0.05

Усл. обозначения: α – уровень статистической значимости
 * $0.01 < \alpha \leq 0.05$ (тренд статистически значим на 5%-м уровне);
 ** $0.05 < \alpha \leq 0.10$ (тренд статистически значим на 10%-м уровне);
 $\alpha > 0.10$ (статистически незначим даже на 10%-м уровне)

5. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА, 1976-2017 гг.

В анализе использованы данные наблюдений на 1612 станциях (массив T3288) и в центрах 1422 боксов (массив HadCRUT4), для которых своевременно поступили данные за 2017 г. и число наблюдений на отрезке 1976-2017 гг. было не менее $n_0=35$. Ниже приведены пространственные распределения оценок локальных трендов на территории Земного шара за 1976-2017 гг. (рис. 5.1). Распределения аналогичных оценок для отдельных сезонов приведены на рис. 5.2.

Можно видеть, что глобальная картина трендов (рис. 5.1) очень близка к таковой для 1976-2016 гг. (http://climatechange.igce.ru/index.php?option=com_бюллетень 2016.И). Изменения касаются, главным образом, статистически незначимых оценок и могут представлять интерес как предварительная информация о возможных намечающихся тенденциях, если изменения будут продолжаться в том же направлении.

В целом на Земном шаре абсолютно доминирует тенденция к продолжающемуся потеплению (табл. 5.1): 98% всех станционных оценок тренда положительны, из них больше 75% статистически значимы на 1%-м уровне (соответственно, 97.3% и 72.1% по сеточным данным HadCRUT4). Статистически значимые положительные тренды сосредоточились на континентах Северного полушария (в Европе, Центральной Азии, на побережьях Северной Америки), а также в тропических частях Атлантического и Индийского океанов и западной части Тихого океана. Наибольшая скорость повышения

среднегодовой температуры отмечается в арктических широтах (по данным станций – на арктическом побережье России, на Канадском арктическом архипелаге и в Гренландии), в Восточной Европе и на Европейской территории России, в Китае и на севере Мексики. Отрицательные тренды получены всего на 33 станциях (2% от всех используемых), из которых только 6 значений статистически значимы на 5%-м уровне.

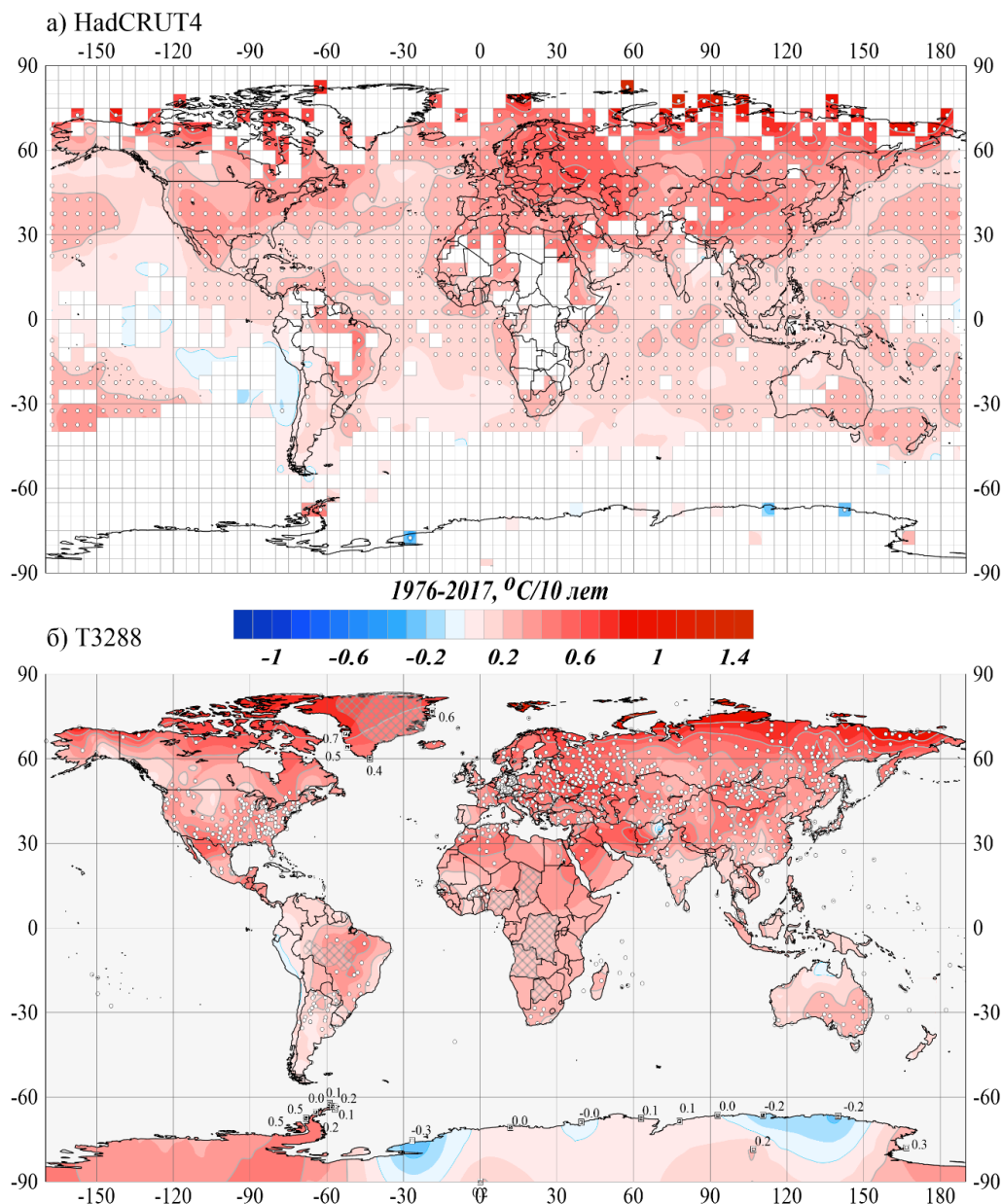


Рисунок 5.1 - Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда среднегодовой температуры у поверхности Земного шара за период 1976-2017 гг. ($^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$).

Использованы данные: а) HadCRUT4 - сеточные данные Hadley/CRU, UK (суша+море); б) T3288 – станционные данные ИГКЭ (только суша). Штриховкой отмечены области отсутствия станционных наблюдений. Для станций Антарктиды и Гренландии показаны числовые значения коэффициентов тренда. Белыми кружками выделены боксы/станции, для которых тренд статистически значим на 1%-м уровне.

Таблица 5.1 – Распределение локальных оценок тренда за 1976-2017
в зависимости от знака коэффициента тренда **b** и уровня значимости **α**

Данные N		b<0				b>=0			
		Всего	в том числе			Всего	в том числе		
			α <=1	α <=5	α <=10		α <=1	α <=5	α <=10
T3288	1612	33	4	6	9	1579	1220	1386	1435
		2.0%	0.2%	0.4%	0.6%	98.0%	75.7%	86.0%	89.0%
	В том числе в Северном полушарии								
	1359	11	2	2	4	1348	1083	1221	1254
		0.8%	0.1%	0.1%	0.3%	99.2%	79.7%	89.8%	92.3%
HadCRUT4	1422	38	3	5	5	1384	1025	1156	1203
		2.7%	0.2%	0.4%	0.4%	97.3%	72.1%	81.3%	84.6%
	В том числе в Северном полушарии								
	897	8				889	719	787	807
		0.9%				99.1%	80.2%	87.7%	90.0%

Примечание. Таблица обобщает распределение оценок на рис. 5.1. Процентное содержание данных рассчитано относительно N (N - общее количество станций/боксов). Отсутствие значения означает 0.

Сезонная картина в географическом распределении локальных оценок многолетних тенденций в изменении температуры (на фоне описанных ранее общих характеристик) имеет ряд особенностей (рис. 5.2).

Зимой области наибольшего потепления, как и ранее, сосредоточены на континентах Северного полушария (в Северной Америке, Северной Европе, Средней Сибири и Центральной Африке). Области с тенденциями к похолоданию располагаются в Южном океане, в Антарктиде и восточных районах Тихого океана. Сохранилась и слабая тенденция к похолоданию в центре Евразии, но она становится слабее и по площади охвата, и по уровню значимости (по сравнению как с 1976-2016, так и с 1976-2015 гг.). Потепление зимних сезонов незначительно усилилось в Северной Атлантике, Арктике и в умеренных широтах обоих полушарий, но незначительно ослабло в Тихом океане. Также уменьшилось абсолютное значение отрицательного тренда в Антарктике.

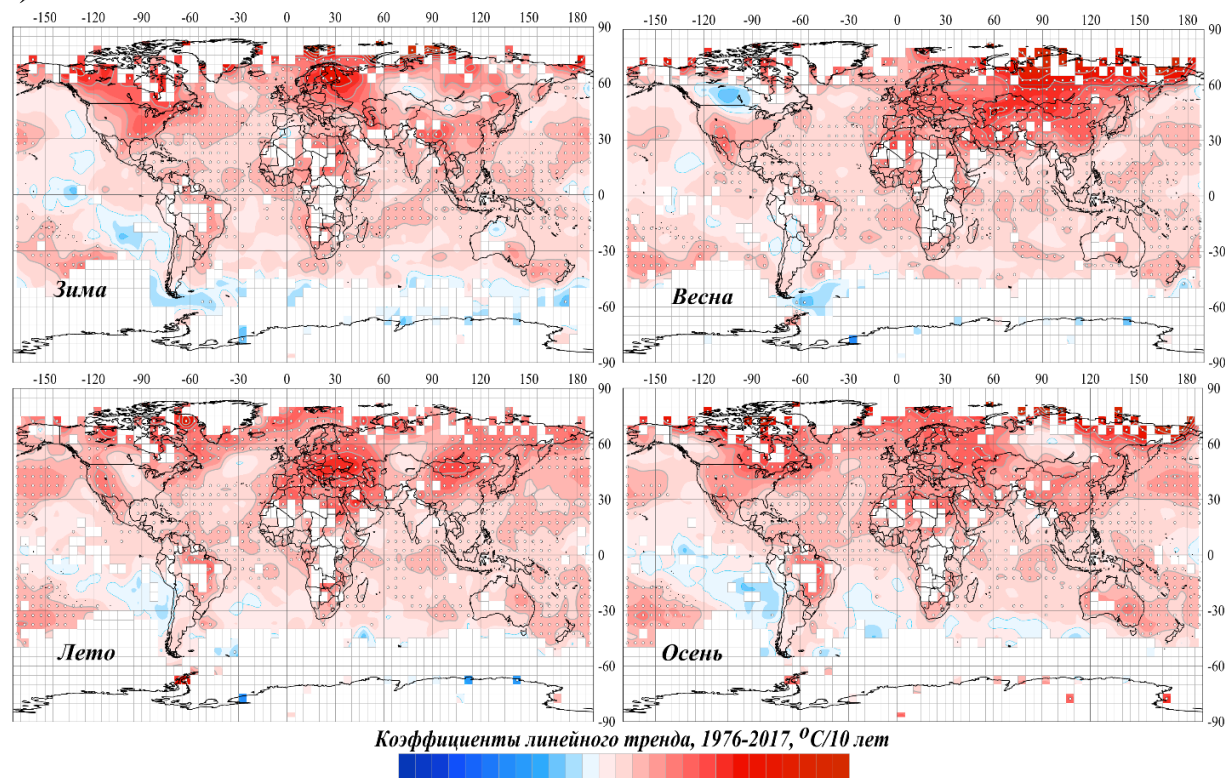
Весной можно отметить очень незначительное увеличение положительных коэффициентов тренда во всех регионах, кроме Южной Америки и Африки (табл. 4.1). Заметная тенденция к похолоданию, по-прежнему, отмечается на территории Канады, причем по сравнению с оценками 1976-2016 гг. ее ареал и интенсивность изменились незначительно. В целом, тренды весенних температур сохранились на прежнем уровне.

Наиболее высокая скорость потепления **летних сезонов** отмечается в Восточной Европе, Передней Азии, Северной Африке и в Западной Антарктиде. Слабая тенденция к похолоданию отмечается в южной полярной области (в секторах Атлантического и Индийского океанов) и в Тихом океане (у западных берегов Южной Америки), а также в Казахстане и Боливии. С добавлением данных за 2017 год произошло слабое уменьшение оценок летних трендов в большинстве регионов, практически незначимое. В Антарктиде, по-прежнему, однонаправленных тенденций в изменении температуры не обнаруживается (линейный тренд статистически незначим даже на 10%-м уровне).

Осенью также практически повсеместно тренды положительны; области наиболее интенсивного потепления находятся в арктической зоне. Слабая тенденция к похолоданию выявлена в отдельных районах на западе Канады, Аляске и Боливии.

Отрицательные тренды на акваториях океанов (до $-0.3\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$) наблюдаются в Южном полушарии – на юге Индийского и Атлантического океанов, в Центральной и юго-восточной частях Тихого океана. На территории Западной Сибири обширная область занята практически нулевым трендом.

a) HadCRUT4



б) T3288

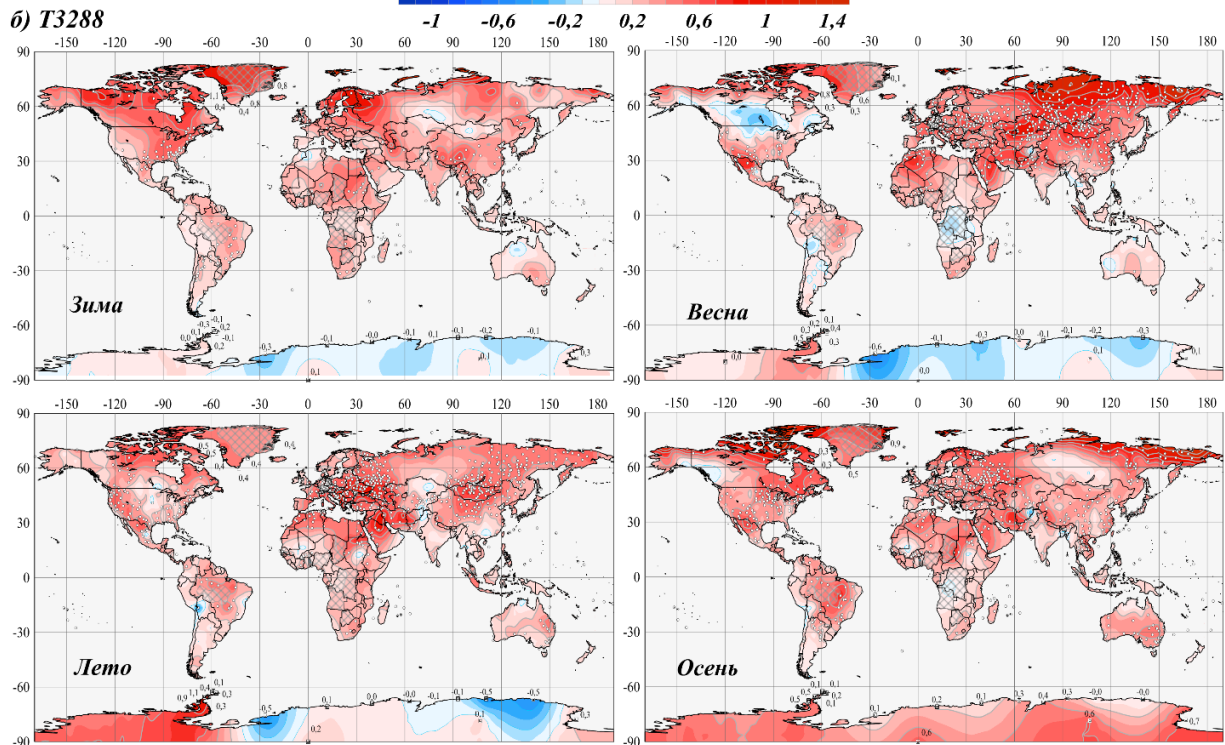


Рисунок 5.2 – См. рис. 5.1, но для коэффициентов тренда среднесезонных аномалий температуры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В упорядоченных по убыванию временных рядах глобальных приповерхностных температур (в целом для Земного шара и каждого полушария, с учетом и без учета океанов), 2017 год занял вторые-третьи позиции, а самым теплым в истории наблюдений по всем вариантам данных остается 2016 год. Исключение составляет приповерхностная глобальная температура Южного полушария, где в среднем по территории суши год оказался самым теплым за весь период наблюдений (по данным T3288, ИГКЭ), а в среднем по акваториям океанов – лишь четвертым (по данным HadSST3).

2. В целом, над сушей и океанами (данные HadCRUT4, Hadley/CRU), в среднем за год, аномалии глобальной приповерхностной температуры в 2017 г. составили 0.675 °C в среднем по Земному шару и 0.919, 0.433 °C – по Северному и Южному полушариям. В сравнении с 2016 г., это означает понижение на 0.12, 0.15 и 0.10 °C, соответственно. По данным только над сушей, без учета океанов (временные ряды T3288/CRUTEM4) соответствующие значения равны 1.205/1.120, 1.386/1.297 и 0.758/0.764 °C для ЗШ, СП и ЮП.

3. Во все сезоны, над сушей и над океанами, в 2017 г. преобладали положительные аномалии температуры (98 и 94% всех станций/боксов по данным ИГКЭ и HadCRUT4, соответственно), наиболее значительные – на континентах Северного полушария. Рекордно теплым 2017 год оказался в северной части Атлантики (как год в целом, так и все сезоны, кроме летнего) и над сушей Южного полушария (в среднем за год и летом). При этом в Антарктиде наблюдались значительные отрицательные аномалии. Самым теплым сезоном 2017 года можно назвать весну (положительные аномалии – на 24% станций, на 5.3% - абсолютные максимумы), самым холодным – осень.

4. Температурный режим в течение года отмечен значительными аномалиями и контрастами. Положительная аномалия зимнего сезона сформировалась за счет февраля, когда на 89% станций аномалии температуры были положительными, а на 120 станциях были зафиксированы новые абсолютные максимумы. В самый теплый сезон – весной – наблюдался существенный контраст между теплым мартом и холодным маем, что проявилось в статистике аномалий и экстремумов разного знака. Лето 2017 г. стало вторым самым теплым над сушей Земного шара и рекордно теплым над сушей Южного полушария. Осень 2017 года характеризовалась пониженной температурой поверхностного слоя воды в Южном полушарии, эта особенность сохранилась также и в декабре 2017 г.

5. Тенденция к потеплению приземного климата сохраняется на территории всех рассмотренных крупных регионов мира (континенты, океаны, широтные пояса). Наиболее существенные тренды за период 1976-2017 гг. отмечаются в умеренных широтах северного и южного полушарий, в частности, в северных частях Атлантического и Тихого океана, Евразии и Африке.

В среднем по территории Земного шара, Северного и Южного полушарий, тренд 1976-2017 гг. составил для территории суши 0.292, 0.348, 0.159 °C/10 лет (по данным T3288, ИГКЭ) и только 0.140, 0.186, 0.097 °C/10 лет для акваторий океанов (по данным HadSST3). При этом относительно периода 1976-2016 гг. эти оценки изменились незначительно: над сушей на +0.04, +0.02 и +0.04 °C/10 лет, а на поверхности океанов – на

± 0.01 °C/10 лет. Интенсивность потепления последних десятилетий, таким образом, практически осталось на уровне 2016 года.

6. Скорость современного потепления почти вдвое выше на территории суши, чем на поверхности океанов (для Земного шара в целом – в 2.1 раза, Северного и Южного полушарий - в 1.8 и 1.6 раз). На столетнем интервале 1918-2017 гг. рассматриваемое соотношение составляет 2.0 в Северном полушарии и 1.3 в Южном.

Таким образом, доминирующая роль в потеплении приземного климата *принадлежала континентам на протяжении всего 100-летнего периода*, но контраст между полушариями постепенно стирается. В Северном полушарии разрыв между скоростью потепления суши и воды постепенно уменьшается, а в Южном – возрастает (возможно, определенную роль играет объем и качество доступных эмпирических данных).

7. В течение 1976-2017 гг. Северное полушарие теплело, в среднем, вдвое быстрее, чем Южное. Таким образом, основной вклад в современное глобальное потепление (у поверхности земли) по-прежнему принадлежит Северному полушарию при доминирующей роли континентов.

8. В сравнении с потеплением последнего 100-летия (1918-2017 гг.) современное потепление ускорилось в 1.5-3.0 раза. Ускорение потепления более интенсивно в Северном полушарии и происходит более активно на поверхности океанов, а в Южном полушарии – над сушей.