

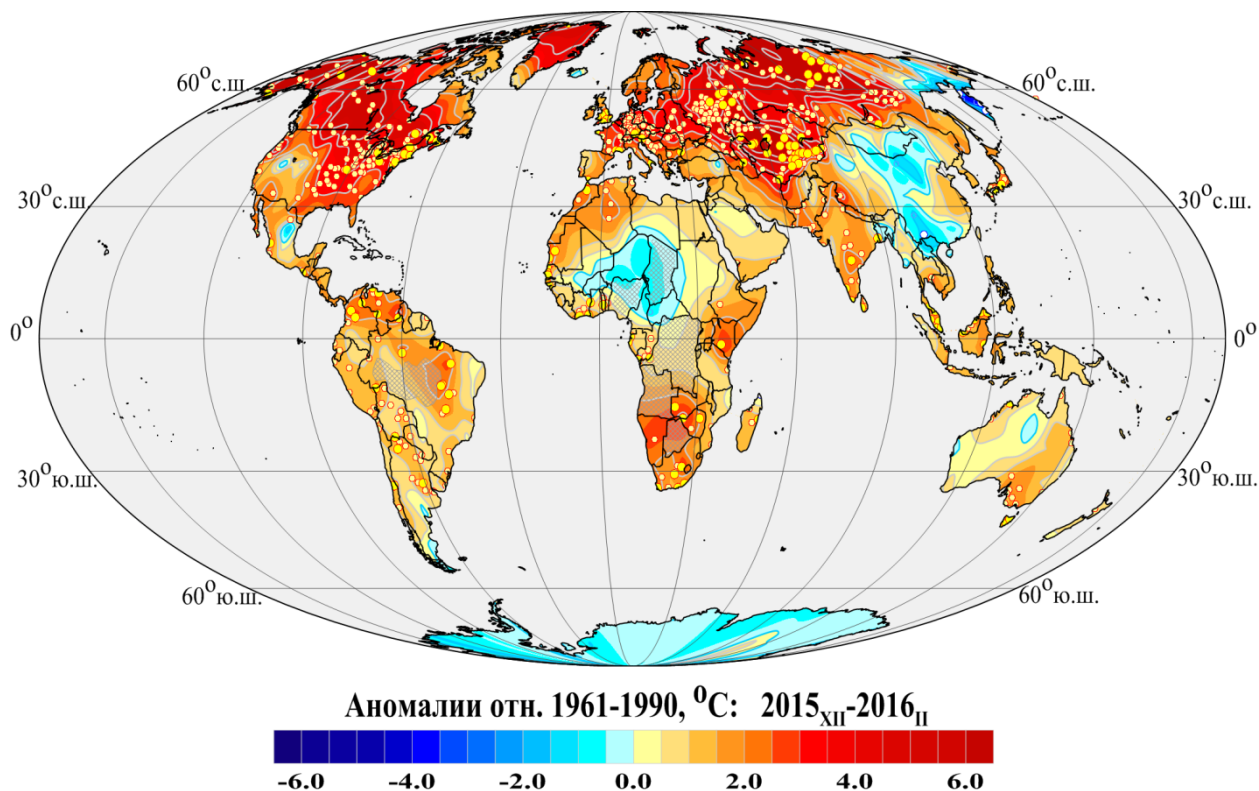
Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды

ФГБУ «Институт глобального климата и экологии
Росгидромета и РАН»

Бюллетень мониторинга изменений климата Земного шара

Приземная температура

Зима 2015_{ХІІ} – 2016_{ІІ}



Использованы станционные данные ИГКЭ: T3288

Москва 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ^{1, 2}

1.	ВВЕДЕНИЕ	3
2.	ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ НА ТЕРРИТОРИИ ЗЕМНОГО ШАРА ЗИМОЙ 2015/16 гг. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ АНОМАЛИИ	5
3.	КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ТЕРРИТОРИИ ЗЕМНОГО ШАРА ЗА ПЕРИОД ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ, 1850-2016 гг. (ЗИМНИЙ СЕЗОН)	10
4.	ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ ПРОСТРАНСТВЕННО ОСРЕДНЕННЫХ АНОМАЛИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ, 1911-2016 гг. (ЗИМНИЙ СЕЗОН)	12
5.	ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА ЗЕМНОГО ШАРА, 1976-2016 гг. (ЗИМНИЙ СЕЗОН)	15
6.	ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ	17

¹ Бюллетень подготовлен в ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН». Данные текущих наблюдений (сводки КЛИМАТ из оперативного потока) подготовлены в ФГБУ «Гидрометцентр РФ» и ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД».

² На обложке приведено поле сезонных аномалий температуры приземного воздуха над сушей Земного шара: зима 2015/16 гг.

1. ВВЕДЕНИЕ

Основное содержание бюллетеня составляют данные о климатических аномалиях зимнего сезона 2015_{ХІІ}-2016_{ІІ} и обновленные (с учетом этих данных) оценки современных тенденций в изменении климата на территории Земного шара (по разделу «приземная температура»).

Основные результаты относятся к температурному режиму *суши земного шара*. Они получены авторами по данным метеорологических наблюдений (температура приземного воздуха) в массиве Т3288, который создан и пополняется в квазиреальном времени в рамках действующей в ФГБУ ИГКЭ Росгидромета и РАН системы оперативного мониторинга климата. Массив содержит данные 3288 станций глобальной сети (рис. 1.1) о средней месячной температуре воздуха на уровне станции (на высоте 2 м) за период с 1901 г. по 2016 г.³.

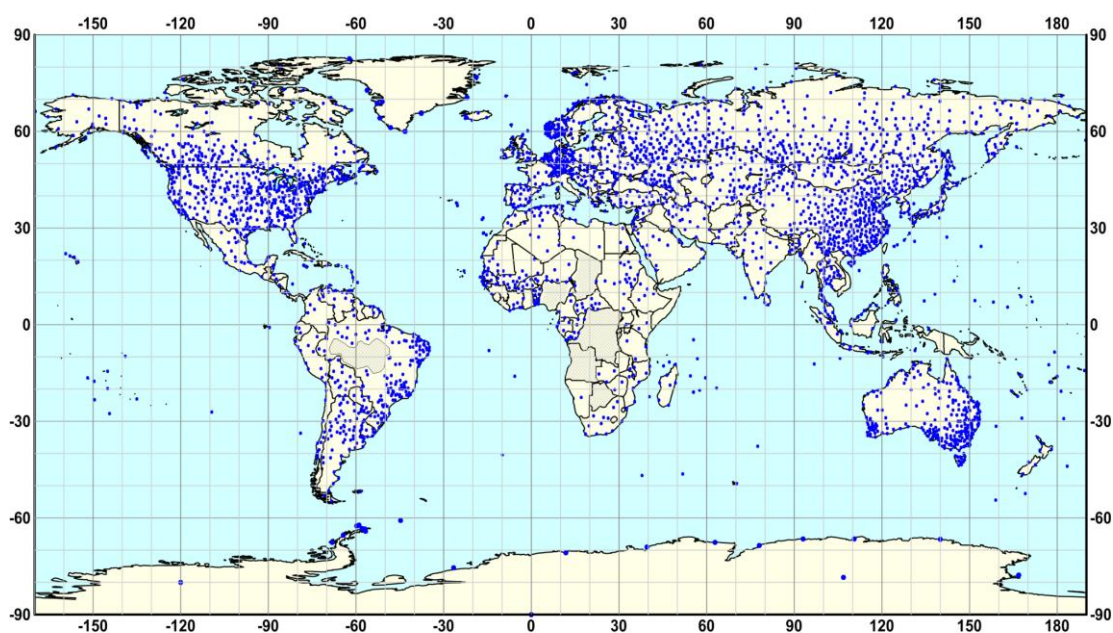


Рисунок 1.1 – Сеть станций в массиве Т3288 (ИГКЭ). Заштрихованы области, не освещенные данными наблюдений. В Гренландии и Антарктиде станции расположены вдоль береговой линии плюс станция AMUNDSEN-SCOTT в центре материка (Южный полюс Земли).

Для полноты *глобальной картины* параллельно приводятся результаты по данным массивов HadCRUT_4.4.0.0 (суша+море) и CRUTEM_4.4.0.0 (только суша), которые созданы и поддерживаются совместно двумя научными коллективами – Метеослужба Великобритании (Met Office Hadley Centre) и Университет Восточной Англии (CRU UEA). Все данные этого источника упоминаются в бюллетене как данные Hadley/CRU⁴. На наш взгляд, станционные данные более точно описывают ситуацию над континентами (особенно локализацию экстремальных аномалий), а объединенные поля HadCRUT4 дают

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 Данные Hadley/CRU 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 этого источника от 29.03.2016 г.

более полную и цельную глобальную картину о так называемой «приповерхностной» температуре над континентами и океанами (синоним: приземная температура).

В бюллетене рассматриваются пространственные распределения локальных аномалий и оценок трендов, а также их обобщения для Земного шара в целом, полушарий и крупных регионов: континенты, океаны и основные широтные пояса. К последним относятся: тропический пояс (между северным и южным тропиками), два умеренных пояса (между каждым тропиком и полярным кругом) и два полярных пояса (за каждым полярным кругом).

Аномалии, как правило, сопровождаются соответствующими значениями эмпирической функции распределения (вероятности непревышения и/или ранги). В поле аномалий выделяются ареалы осуществления 5%-х экстремумов, под которыми понимаются значения, попавшие в 5%-е «хвосты» распределения (в число 5% самых низких и самых высоких значений рассматриваемой величины). Дополнительно выделяются рекордные экстремумы, наблюдавшиеся в текущем сезоне впервые.

Пространственное осреднение для указанных территорий (регионов) выполняется по данным об аномалиях с учетом плотности наблюдений. При расчете сезонных средних (за 3 месяца) разрешено отсутствие не более одного слагаемого. Название сезона соответствует сезону Северного полушария.

Временные ряды приводятся за весь доступный период наблюдений и дополняются линейным трендом, характеризующим тенденцию (среднюю скорость) изменений рассматриваемой величины на заданном отрезке времени. Тренд рассчитывается методом наименьших квадратов и выражен в градусах за десятилетие ($^{\circ}\text{C}/10$ лет). Как правило, оценки коэффициентов тренда сопровождаются уровнем статистической значимости и/или вкладом в суммарную дисперсию ряда.

В качестве базового периода при расчете аномалий во всех случаях используется период 1961-1990 гг. Вероятности непревышения и ранги рассчитываются за период с 1911 г. (до этого срока освещенность данными для ряда регионов недостаточна). Оценки трендов приводятся за период «современного потепления» (1976-2016 гг.) и, в ряде случаев, за последнее 100-летие (1917-2016 гг.). Станция (в случае сеточных данных - бокс) не рассматривается, если соответствующий временной ряд в течение 1976-2016 гг. содержит менее 35 наблюдений или в нем отсутствует наблюдение за 2016 г.

Данные текущих наблюдений формируются в Гидрометцентре РФ и ВНИИГМИ-МЦД из сводок «КЛИМАТ», поступающих по каналам связи в оперативном потоке, откуда передаются в ИГКЭ в форматах архивного хранения (ежемесячно, с задержкой до 20-25 дней следующего месяца). Извлечение необходимых данных, их контроль, обработка и сопряжение с историческими рядами осуществляется в ИГКЭ средствами действующей технологии оперативного мониторинга климата и изменений климата на территории России. В настоящее время технология расширяется с учетом задач мониторинга глобального климата. Бюллетени публикуются на web-сайтах ИГКЭ – <http://climatechange.igce.ru/>; <http://climatechange.su>

Дополнительно отметим, что глобальные оценки и глобальные временные ряды для суши Земного шара и полушарий приводятся в бюллетене по обоим методикам – ИГКЭ (Т3288) и Hadley/CRU (CRUTEM4), для сопоставления и представлений о масштабе неопределенности заключительных оценок.

2. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ НА ТЕРРИТОРИИ ЗЕМНОГО ШАРА ЗИМОЙ 2015/2016 гг. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ АНОМАЛИИ

О масштабе происходящих в настоящее время глобальных изменений приземной температуры зимнего сезона можно судить по кривым на рис. 2.1 для температуры *приземного воздуха над сушей* Земного шара и каждого полушария.

Временные ряды T3288 (ИГКЭ) рассчитаны по методике ИГКЭ по данным массива T3288. Глобальные временные ряды CRUTEM4 – оригинальные пространственно осредненные месячные данные Hadley/CRU, по которым получены средние за три месяца зимнего сезона. Аномалии приведены в отклонениях от нормы 1961-1990 гг.

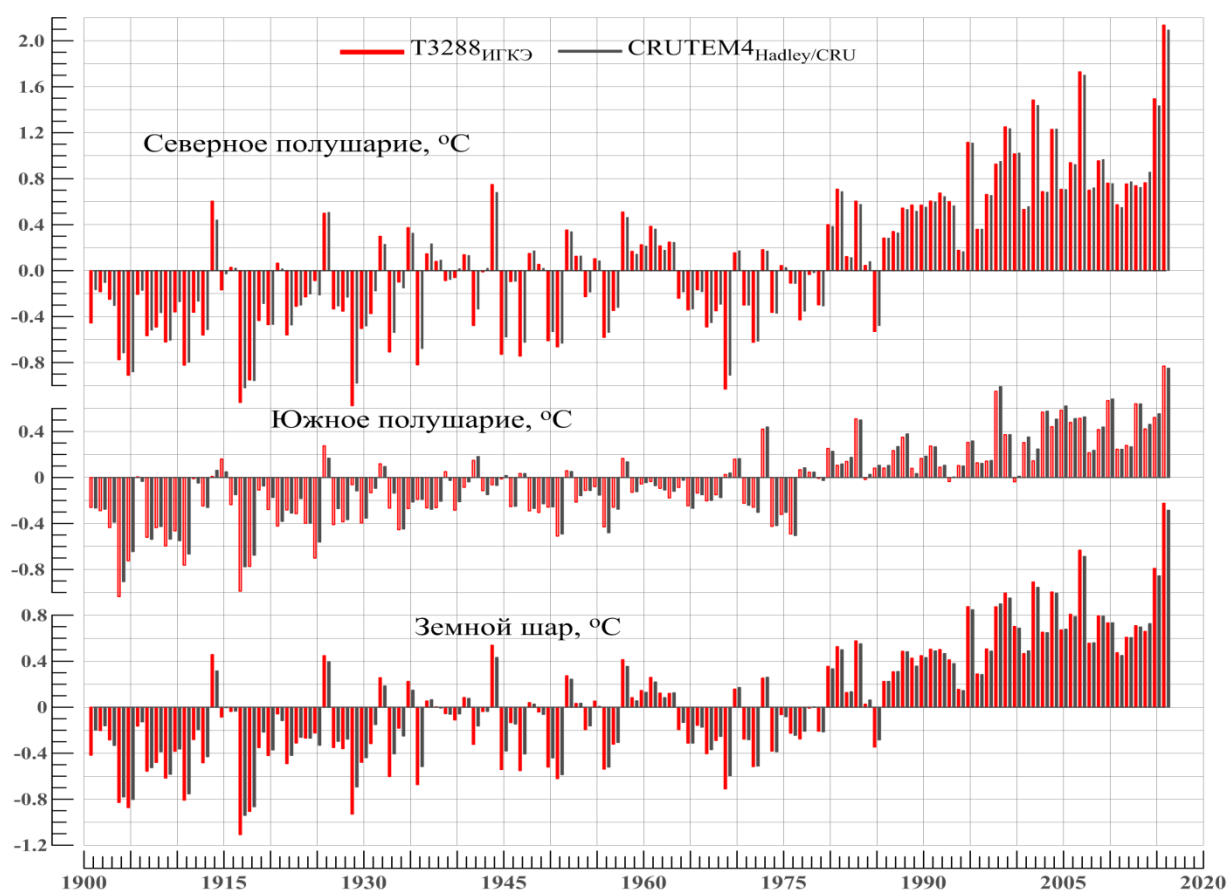


Рисунок 2.1 – Временные ряды сезонных аномалий температуры приземного воздуха (°C, 1901-2016 гг., зима), пространственно-осредненных по территории Северного и Южного полушарий и Земного шара по данным T3288 (красные столбики) и CRUTEM4 (серые столбики).

Результаты двух независимых анализов (ИГКЭ и Hadley/CRU) дают представление о неопределенности получаемых оценок. Расхождение между рядами (среднее абсолютное различие, °C) заметно снизилось примерно с середины прошлого столетия:

	ЗШ	СП	ЮП
1901-1950	0.075	0.075	0.055
1951-2016	0.026	0.024	0.025
1971-2016	0.023	0.020	0.024

В целом, данные последних 50-60 лет в рассматриваемых рядах достаточно близки, и основанные на них оценки современного потепления, можно, по-видимому, считать репрезентативными.

Бросается в глаза скачкообразное повышение температуры над сушей Северного полушария и Земного шара в течение последних двух лет (до 0.6-0.7 °С и более ежегодно). Рекордные выбросы зимних температур на фоне соседних, более спокойных сезонов наблюдались и ранее (и даже более крупные), но последовательные «всплески» температуры такой интенсивности наблюдаются практически впервые. В Южном полушарии также осуществился рекордный выброс, но пока только в текущем сезоне.

Следует отметить также рекордный скачок относительно предыдущего максимума (2007 г.): впервые – сразу на 0.4°С в среднем над сушей Северного полушария и Земного шара. Подобные выбросы можно отметить и в глобальных рядах, рассчитанных по объединенным данным, над сушей и океанами - см. временные ряды в разделе 4. В частности, они видны и в табл. 2.1.

Таблица 2.1 – Пять самых теплых зим 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, °С	Год	VT,°С	Год	VT,°С	Год
HadCRUT4 (Hadley/CRU, суша+море)						
1	0.988	2016	1.342	2016	0.635	2016
2	0.697	2007	1.032	2007	0.521	1998
3	0.661	2015	0.950	2015	0.500	2010
4	0.584	1998	0.822	2002	0.420	2003
5	0.579	2002	0.808	2004	0.372	2015
T3288 (ИГКЭ, суша)						
1	1.774	2016	2.136	2016	0.969	2016
2	1.365	2007	1.729	2007	0.750	1998
3	1.207	2015	1.495	2015	0.669	2010
4	1.089	2002	1.484	2002	0.641	2013
5	1.002	2004	1.251	1999	0.585	2005
CRUTEM4 (Hadley/CRU, суша)						
1	1.713	2016	2.095	2016	0.950	2016
2	1.311	2007	1.703	2007	0.790	1998
3	1.142	2015	1.439	2002	0.683	2010
4	1.042	2002	1.436	2015	0.640	2013
5	0.990	2004	1.237	1999	0.622	2005

Таким образом, факт экстремально теплой зимы 2015/16 гг. (в глобальном масштабе) подтверждается всеми тремя массивами данных. Более подробные данные, с рассмотрением также и крупных регионов мира (континенты, океаны, широтные пояса) и данных за отдельные месяцы, приведены в табл. 2.2. Оценки в таблице сгруппированы в три блока, в соответствии с используемым для их расчета массивом данных. Звездочкой выделены временные ряды глобально осредненных аномалий (для Земного шара и обоих полушарий), скачанные с сайтов Hadley/CRU. Остальные оценки получены по временным рядам, рассчитанным авторами по методике ИГКЭ. Жирным шрифтом выделены рекордные значения аномалий температуры в рассматриваемом сезоне/месяце.

Таблица 2.2 – Аномалии приземной температуры зимой 2015/16 гг., пространственно осредненные по территории Земного шара, полушарий, и крупных регионов мира (континентов, океанов и основных широтных поясов), в среднем за сезон и по месяцам:
 vT_{2016} , °C – наблюдаемая аномалия зимой 2015/16 гг. (относительно 1961-1990 гг.);
 $F\%$ – значение функции распределения $F = \text{prob}(X \leq vT_{2016})$ по данным за 1911-2015 гг.

Регион	Зима		Декабрь		Январь		Февраль	
	$vT_{2015/16}$	$F\%$	vT_{2015}	$F\%$	vT_{2016}	$F\%$	vT_{2016}	$F\%$
HadCRUT4 (суша+море)								
Земной шар*	0.99	100	1.01	100	0.90	100	1.06	100
Северное полушарие*	1.34	100	1.41	100	1.13	99	1.48	100
Южное полушарие*	0.64	100	0.60	100	0.67	100	0.63	100
Атлантика (15-70N)	0.72	100	0.76	100	0.72	99	0.67	99
Тихий океан (20-65N)	0.68	100	0.78	100	0.63	99	0.64	99
Арктический пояс (65-90N)	3.48	100	1.64	79	4.32	97	4.18	100
Умеренный пояс СП (25-65N)	1.55	100	1.80	100	1.00	94	1.86	99
Тропики (25S-25N)	0.95	100	0.92	100	1.02	100	0.90	100
Умеренный пояс ЮП (65-25S)	0.33	91	0.37	99	0.35	91	0.34	90
Антарктический пояс (90-65S)	-0.46	23	0.07	67	-0.56	21	-0.51	20
T3288 (суша)								
Земной шар*	1.77	100	1.87	100	1.42	99	2.17	100
Северное полушарие	2.14	100	2.28	100	1.67	99	2.62	100
Южное полушарие	0.97	100	0.96	100	0.85	100	1.04	100
Северная Америка	3.31	100	3.72	100	3.21	98	2.96	96
Евразия	2.28	99	2.66	100	1.08	74	3.48	99
Южная Америка	1.20	100	1.19	100	1.07	100	1.35	100
Африка	1.06	97	0.43	67	1.36	99	1.23	97
Австралия	0.73	95	0.90	94	0.44	76	0.90	92
Антарктида	-0.43	28	0.24	63	-0.27	38	-0.67	24
CRUTEM4 (суша)								
Земной шар*	1.71	100	1.76	100	1.35	99	2.03	100
Северное полушарие*	2.10	100	2.16	100	1.61	98	2.52	100
Южное полушарие*	0.95	100	0.96	100	0.83	100	1.06	100

Судя по оценкам табл. 2.2, рекордно высокими были не только глобальные зимние температуры, но и средние по территории практически всех рассмотренных регионов Северного полушария и тропиков. Из них лишь в Евразии нынешняя зима была второй самой теплой, после зимы 2006/2007 гг., «отстав» от нее на 0.12 °C. При этом, однако, вклад Евразии в суммарную аномалию температуры над сушей Земного шара оказался максимальным – 47.9%. Вклад Южного полушария в сезонный рекорд текущего года составил всего лишь 11.7%. В среднем по Антарктиде и всему Антарктическому поясу (90-65 гр. ю.ш.) температура зимнего сезона уже второй год подряд ниже климатической нормы. Наиболее теплые месяцы – февраль и декабрь.

Географические распределения локальных аномалий зимних температур (рис. 2.2, 2.3) уточняют представленные выше региональные оценки (табл. 2.2). Так, в Евразии действительно наблюдалась рекордно теплая зима, но на территории Китая, Монголии и на крайнем северо-востоке России (на Камчатке и на побережье Охотского моря) аномалии были отрицательными. В табл. 2.2 не нашли отражения области отрицательных аномалий в северных широтах Атлантического (к югу от Гренландии) и Тихого океанов. На фоне холодных (в среднем) Южного океана и Антарктиды на западе выделяется сектор тепла. Наконец, экстремально теплый зимний сезон в тропиках также не распределен равномерно по всему широтному поясу, а сконцентрирован в зоне Эль-Ниньо, в Тихоокеанском секторе. Около 10% всех станций (боксов) зафиксировали в текущем году рекордно высокие температуры зимнего сезона по данным T3288 (HadCRUT4). Для сравнения: зимой 2014/2015 гг. таких значений было всего 3.2% среди станций (T3288) и 3.6% среди 5-градусных боксов (HadCRUT4).

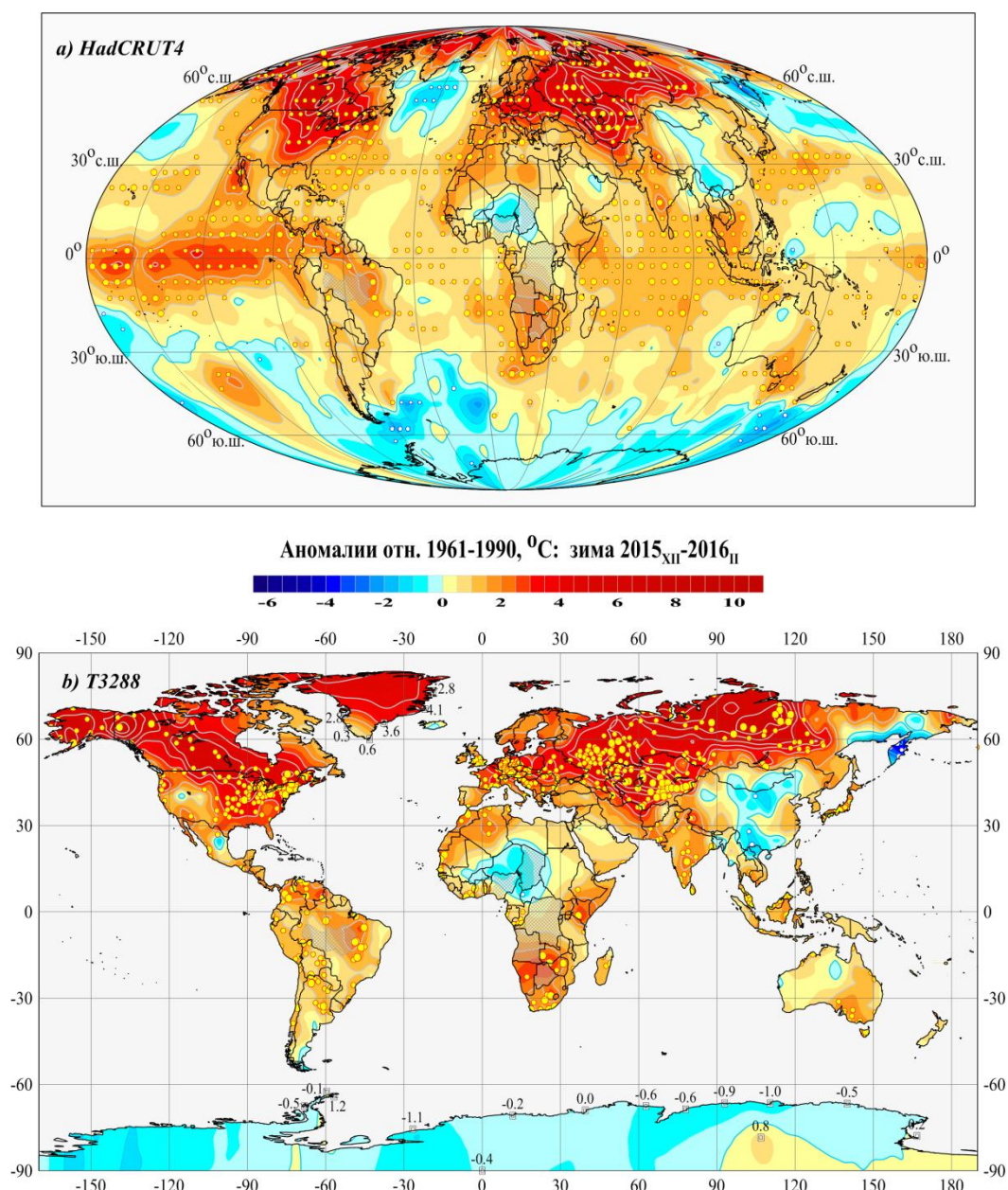


Рисунок 2.2 – Пространственное распределение сезонных аномалий приземной температуры (°C) на территории Земного шара зимой 2015/16 гг.: по данным Hadley/CRU (вверху, HadCRUT4, суша+море) и по станционным данным ИГКЭ (внизу, T3288, только суша). Усл. обозначения см. на рис. 2.3.

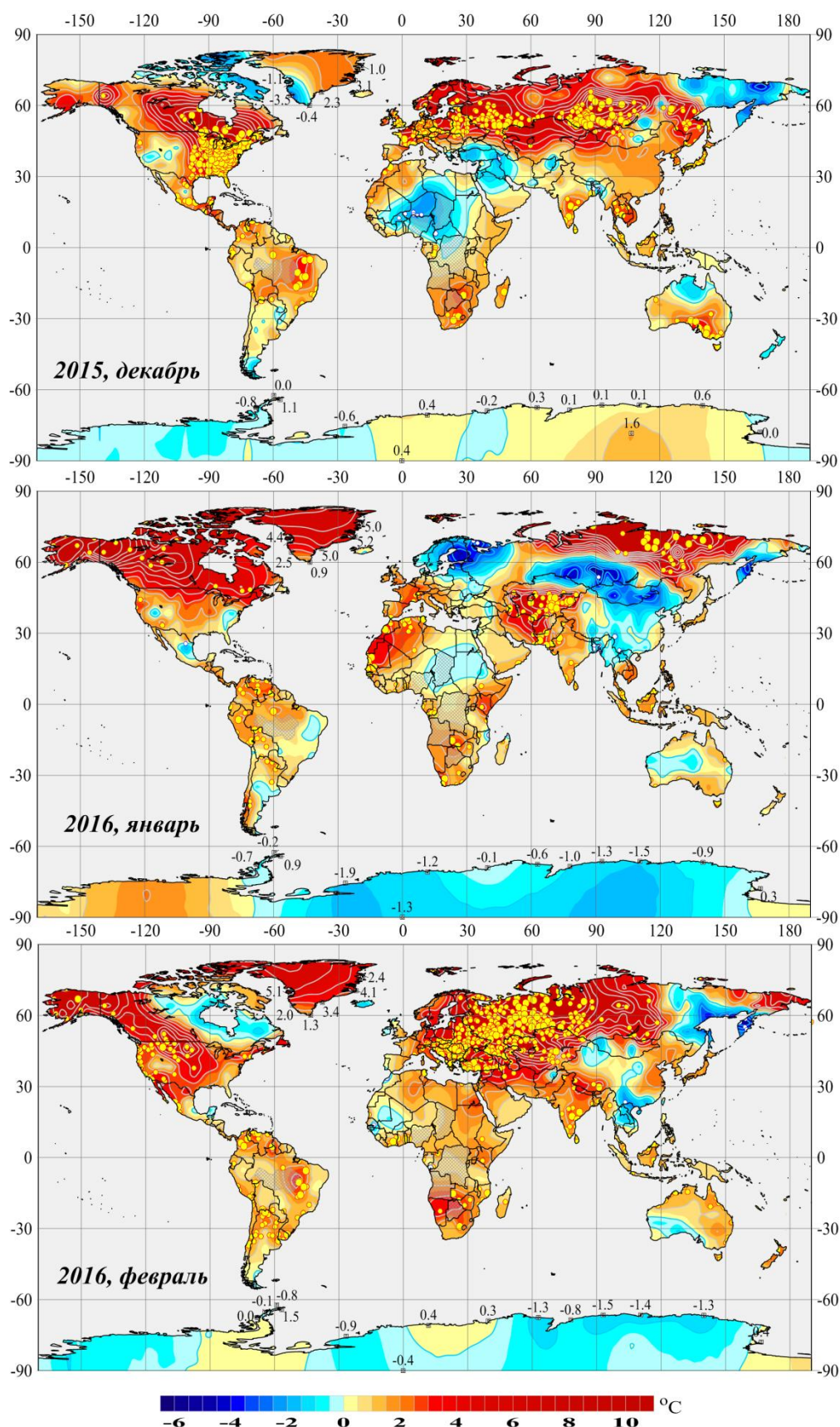


Рисунок 2.3 – См. рис. 2.2, но для средних месячных аномалий зимнего сезона 2015/16 гг. и только над сушей Земного шара (по данным T3288). Аномалии приведены в отклонениях от средних за 1961-1990 гг. Желтыми и белыми кружками указано положение боксов/станций с 5%-ми экстремумами (теплыми и холодными, соответственно). Рекордные экстремумы показаны теми же значками большего размера. Для станций Антарктиды и Гренландии, учитывая отсутствие внутриконтинентальных станций, дополнительно показаны числовые значения аномалий.

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

Числовые оценки трендов (табл. 3.1) дают общее представление о глобальных особенностях современного потепления с детализацией по полушариям, с учетом и без учета океанов, а также в сравнении с оценками для последнего столетия.

Таблица 3.1 – Коэффициенты линейного тренда ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) пространственно осредненных аномалий приземной температуры для Земного шара и полушарий за 1976-2016 гг. и 1917-2016 гг. (в среднем за зимний сезон и по месяцам)

Регион	1976-2016				1917-2016			
	зима	декабрь	январь	февраль	Зима	декабрь	январь	февраль
HadCRUT4 (Hadley/CRU, суша+море)								
Земной шар	0.163	0.165	0.157	0.166	0.083	0.081	0.081	0.087
Северное полушарие	0.225	0.232	0.212	0.231	0.095	0.095	0.088	0.102
Южное полушарие	0.100	0.097	0.103	0.101	0.071	0.067	0.074	0.072
T3288 (суша)								
Земной шар	0.275	0.272	0.271	0.284	0.136	0.137	0.123	0.149
Северное полушарие	0.329	0.326	0.317	0.346	0.156	0.157	0.136	0.175
Южное полушарие	0.148	0.147	0.163	0.139	0.089	0.085	0.098	0.085
CRUTEM4 (Hadley/CRU, суша)								
Земной шар	0.269	0.263	0.267	0.277	0.128	0.124	0.119	0.141
Северное полушарие	0.327	0.319	0.318	0.345	0.149	0.145	0.133	0.169
Южное полушарие	0.153	0.150	0.166	0.142	0.086	0.081	0.093	0.085

Примечания. Все оценки в таблице статистически значимы на 0.01%-м уровне.

Для удобства анализа в табл.3.2 приведены коэффициенты, сравнивающие скорость потепления в разных «категориях» данных: суша/океан, СП/ЮП и 1976-2016/1917-2016. Получены они делением соответствующих коэффициентов тренда b и отвечают на вопрос: какая из двух сравниваемых категорий и в какой степени теплеет быстрее: приземный воздух или поверхность океанов (k_1)? Северное полушарие или Южное (k_2)? современный период 1976-2016 гг. или последнее столетие (k_3)? Значение $k_1 = b_{\text{CRU}}/b_{\text{HadCRU}}$ сравнивает тренды температуры приземного воздуха над сушей (SAT) и объединенной приземной температуры над континентами и океанами (SAT+SST), т.е. $k_1 = b_{\text{SAT}}/b_{\text{SAT+SST}}$. С помощью простых арифметических преобразований коэффициент k_1 пересчитывается в $k_1^* = b_{\text{SAT}}/b_{\text{SST}}$, сравнивающий непосредственно скорость потепления приземного воздуха на континентах со скоростью потепления поверхностного слоя воды в океанах в рамках одного региона. При этом тренд $b_{\text{SAT+SST}}$, оцененный по данным HadCRUT4, рассматривается как взвешенное среднее из значений трендов приземной температуры воздуха и воды: $w \cdot b_{\text{SAT}} + (1-w) \cdot b_{\text{SST}}$. Здесь w – доля площади суши в регионе, а b_{SAT} – тренд, оцененный по данным CRUTEM4. Оценки получены с учетом реальной площади суши на поверхности Земного шара (29.2%), Северного (39.3%) и Южного (19.1%) полушарий. Поскольку массив CRUTEM4 является одной из составляющих массива HadCRUT4, влияние методики обработки данных исключается.

Рис. 3.2 подтверждает отмеченные выше (рис. 2.1) глобальные особенности текущего потепления зимних сезонов (скачкообразное повышение температуры в течение

двух последних лет подряд, резкий отрыв от предыдущего максимума и различия между полушариями) и убедительно иллюстрирует, что суша Земного шара теплеет быстрее океанов, особенно в Северном полушарии (см. также табл. 3.2).

Таблица 3.2 – Соотношение оценок трендов сезонных аномалий глобальной температуры (зима) в зависимости от данных (CRU/HadCRU), полушария (СП/ЮП) и периода (1976-2016/1917-2016)

$k_1 = b_{\text{CRU}}/b_{\text{HadCRU}}$	1976-2016		1917-2016	
	k_1	k_1^*	k_1	k_1^*
Земной шар	1.65	2.26	1.54	1.99
Северное полушарие	1.45	2.06	1.57	2.48
Южное полушарие	1.53	1.75	1.21	1.27
$k_2 = b_{\text{СП}}/b_{\text{ЮП}}$	1976-2016		1917-2016	
HadCRU (суша+море)	2.25		1.34	
T3288 (суша)	2.22		1.75	
CRUTEM (суша)	2.14		1.73	
$k_3 = b_{1976-2016}/b_{1917-2016}$	Северное полушарие		Южное полушарие	
HadCRU (суша+море)	2.37		1.41	
T3288 (суша)	2.11		1.66	
CRUTEM (суша)	2.19		1.78	

Примечание. Здесь $k_1 = b_{\text{SAT}}/b_{\text{SAT+SST}}$, $k_1^* = b_{\text{SAT}}/b_{\text{SST}}$. Расчет k_1^* выполнен с учетом реальной площади суши на поверхности Земного шара (29.2%), Северного (39.3%) и Южного (19.1%) полушарий.

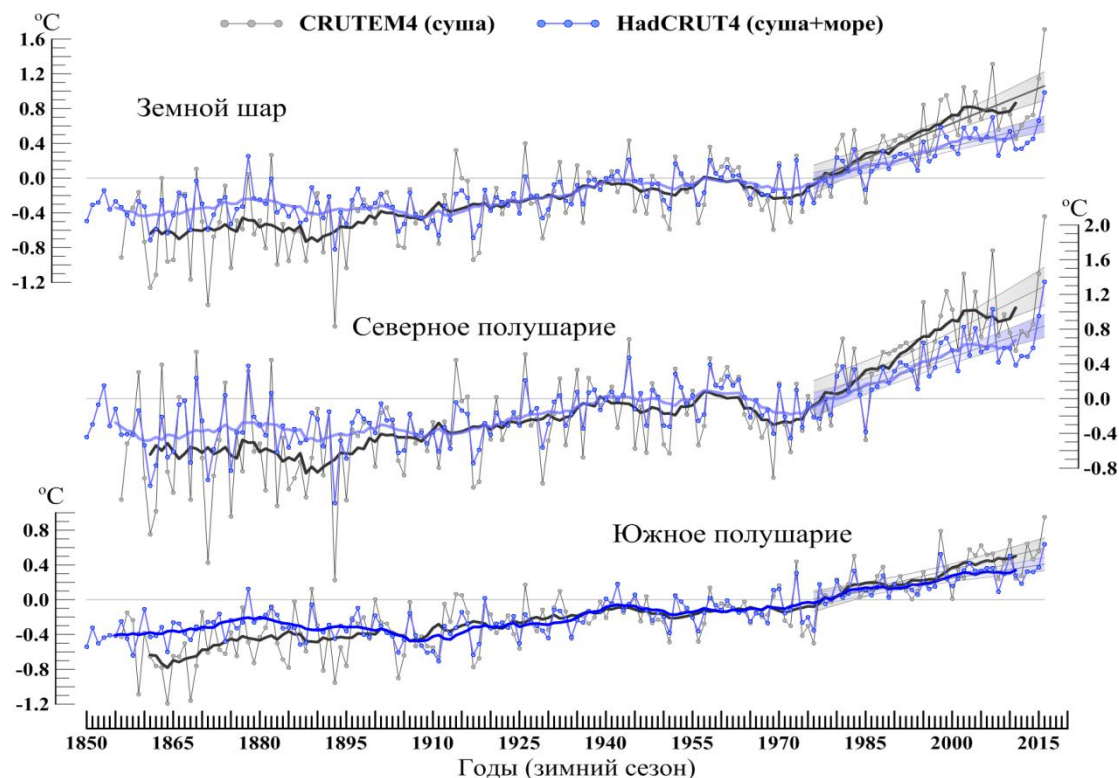


Рисунок 3.2 – Изменение пространственно осредненных сезонных аномалий приземной температуры (зима) для Земного шара, Северного и Южного полушарий по объединенным данным над сушей и океанами (HadCRUT4, синие кривые) и по данным только над сушей (CRUTEM4, черные кривые). Использованы оригинальные временные ряды Hadley/CRU. Показаны: ход 11-летних скользящих средних, линейный тренд за 1976-2016 гг. и его 95% доверительный интервал.

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

Все приводимые в данном разделе временные ряды 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 1976-2016 гг., условно принятый за период современного глобального потепления. Числовые оценки трендов приведены в табл. 4.1

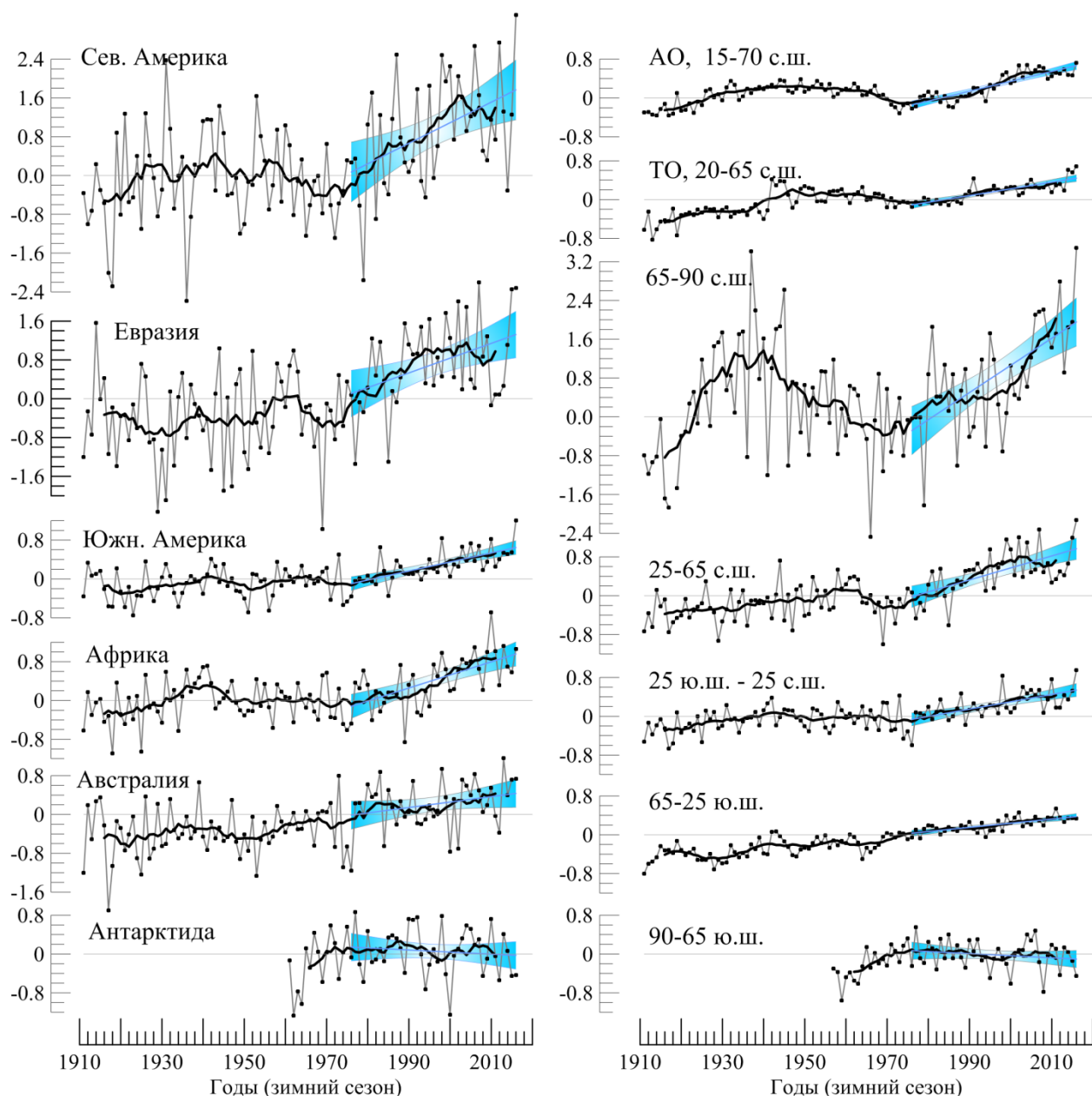


Рисунок 4.1 – Временные ряды пространственно осредненных сезонных (зима) аномалий приземной температуры для континентов (слева), северных частей Атлантического и Тихого океанов (справа сверху) и основных широтных поясов земного шара (справа внизу).

Расчеты выполнены по методике ИГКЭ по данным T3288 (для континентов, ИГКЭ) и HadCRUT4 (для океанов и широтных поясов, Hadley/CRU). Аномалии приведены в отклонениях от средних за 1961–1990. Сглаженные кривые (жирная линия) получены 11-летним скользящим осреднением. Показан линейный тренд за 1976-2016 гг. и его 95% -й доверительный интервал (голубая заливка).

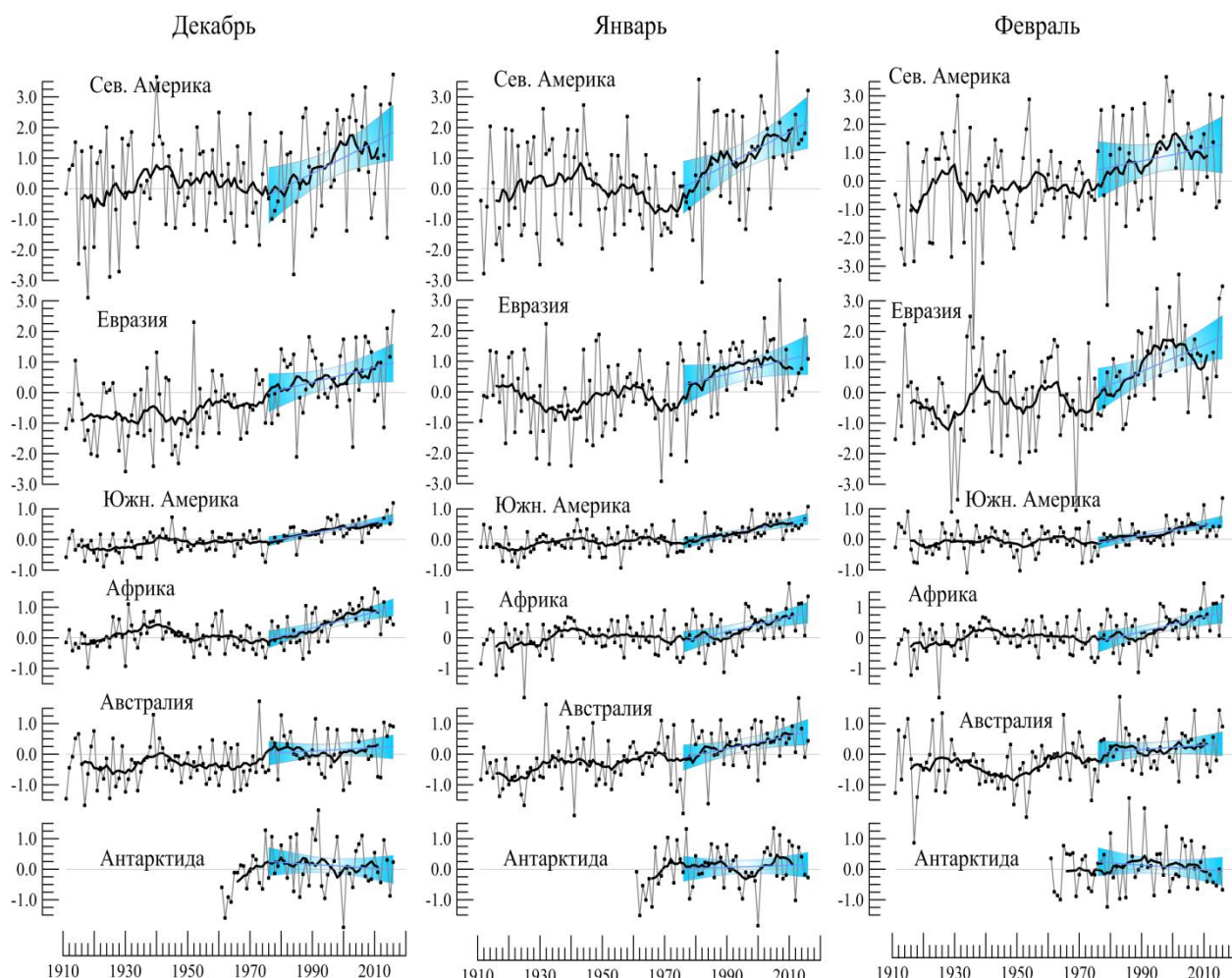


Рисунок 4.2 – См. рис. 4.1, но для средних месячных аномалий (декабрь, январь, февраль) и только для континентов. Расчеты выполнены по станционным данным T3288 и методике ИГКЭ.

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

Регион	Зима	Декабрь	Январь	Февраль
<i>HadCRUT4 (суша+море)</i>				
Атлантика (15-70N)	*0.203	*0.217	*0.208	*0.184
Тихий океан (20-65N)	*0.138	*0.152	*0.124	*0.138
Арктический пояс (65-90N)	*0.560	*0.665	0.428	0.574
Умеренный пояс СП (25-65N)	*0.247	*0.238	*0.246	*0.257
Тропики (25S-25N)	*0.151	*0.159	*0.142	*0.149
Умеренный пояс ЮП (65-25S)	*0.086	*0.072	*0.091	*0.090
Антарктический пояс (90-65S)	-0.043	-0.028	-0.064	-0.066
<i>T3288 (суша)</i>				
Северная Америка	*0.424	*0.514	0.532	0.221
Евразия	0.304	0.244	0.245	0.435
Южная Америка	*0.186	*0.183	*0.196	*0.173
Африка	*0.269	*0.262	*0.239	*0.287
Австралия	0.112	0.052	0.209	0.073
Антарктида	-0.043	-0.064	0.032	-0.078

Примечание: Звездочкой выделены оценки, статистически значимые на 1% уровне, а серой заливкой – статистически незначимые даже на 10% уровне.

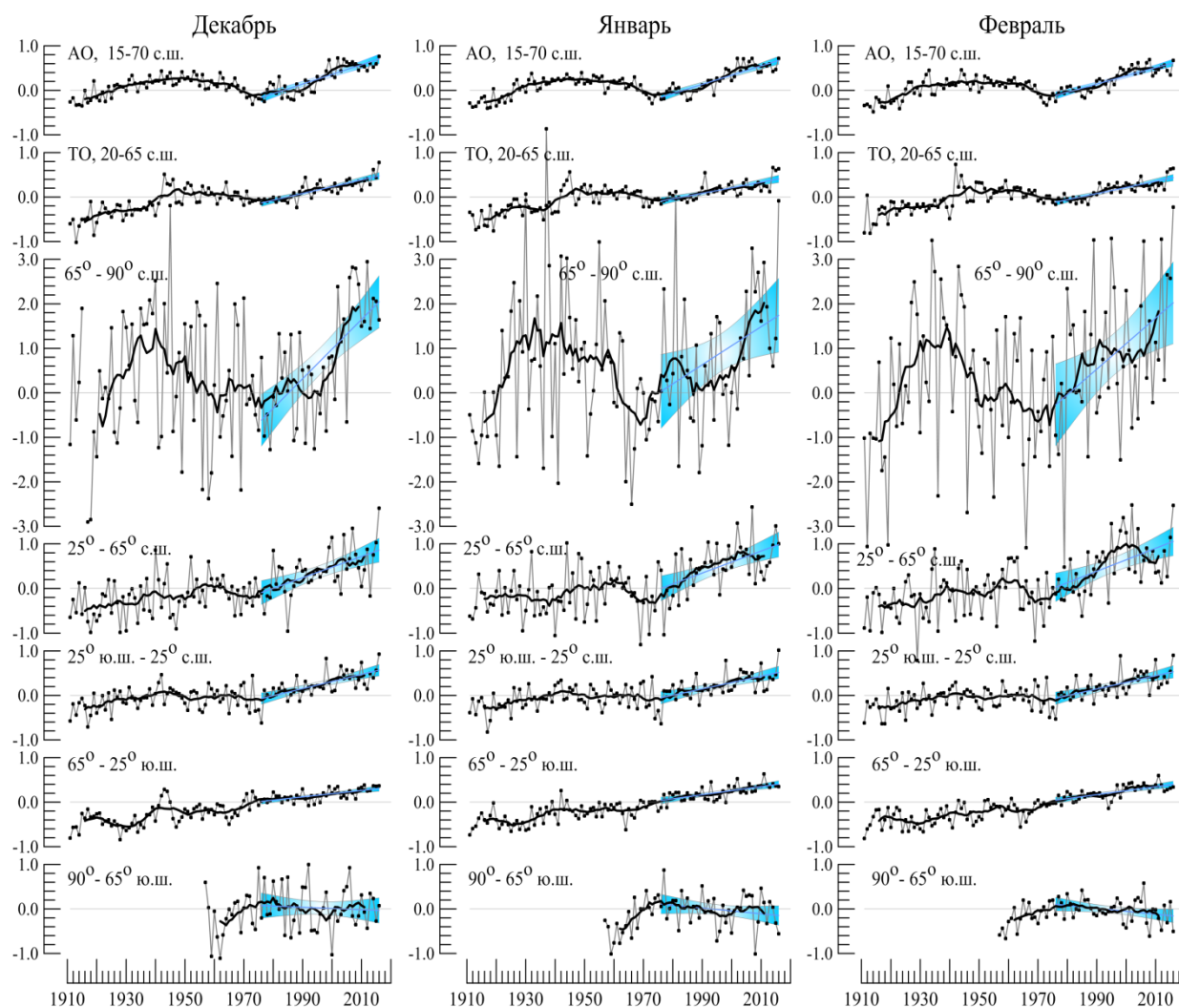


Рисунок 4.3 – См. рис.4.2, но для океанов и широтных поясов земного шара. Расчеты выполнены по методике ИГКЭ по данным HadCRUT4 (Hadley/CRU) в центрах 5-градусных боксов.

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

Пространственные распределения локальных оценок тренда уточняют приведенные выше данные о современных тенденциях в изменении крупномасштабных характеристик температурного режима у поверхности земного шара. Серыми кружками на картах выделены точки, в которых тренд статистически значим на 5%-м уровне.

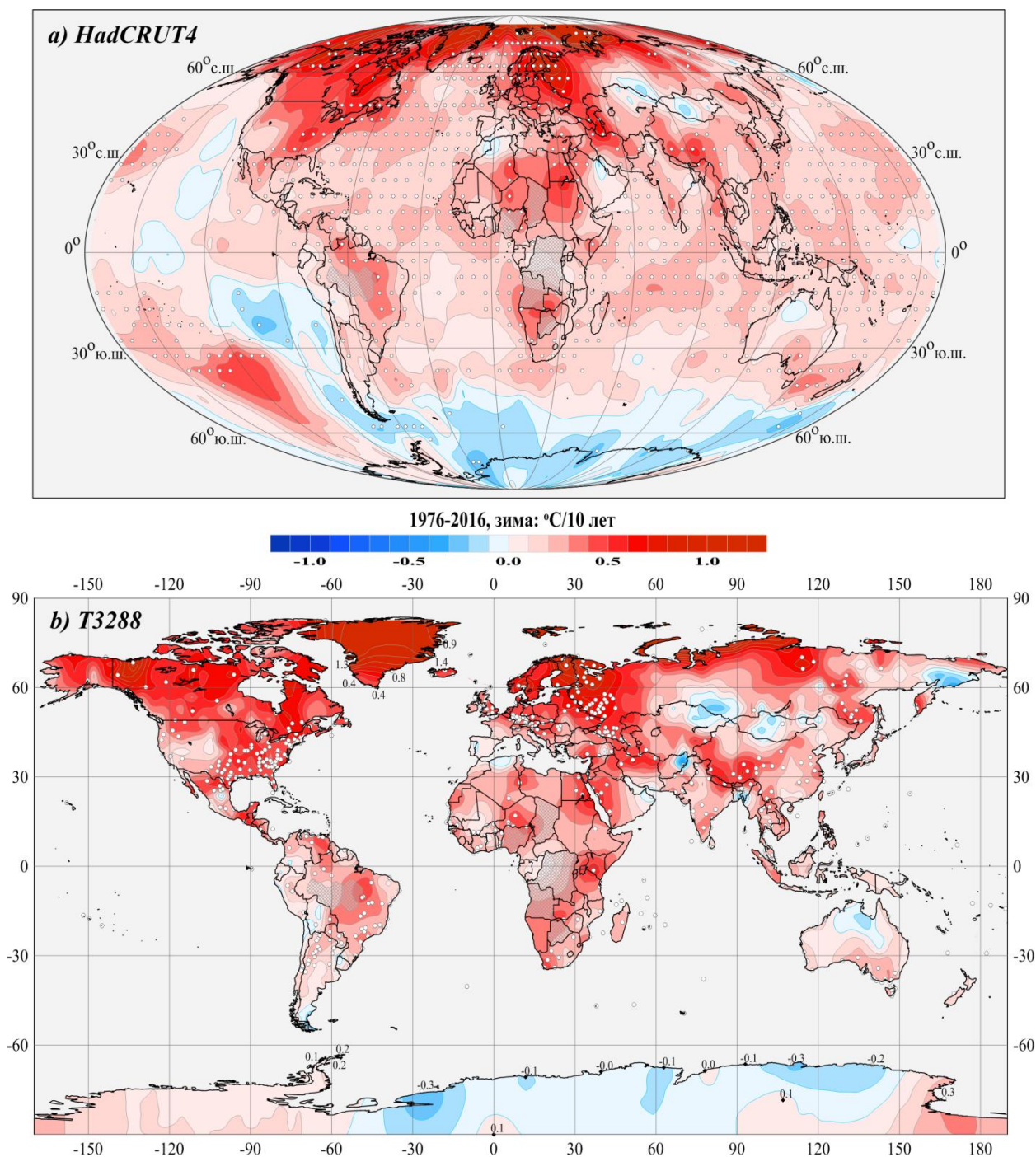


Рисунок 5.1 - Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда средней за зимний сезон приземной температуры за период 1976-2016 гг. (в °C/10 лет). Для станций Гренландии и Антарктиды показаны числовые значения коэффициентов тренда. Кружками показано местоположение станций (боксов), на которых тренд статистически значим на 5%-м уровне. *Использованы данные: сверху – HadCRUT4, Hadley/CRU (данные в центрах 5-градусных боксов над континентами и океанами); внизу – T3288, ИГКЭ (данные на сети 3288 станций, суша).*

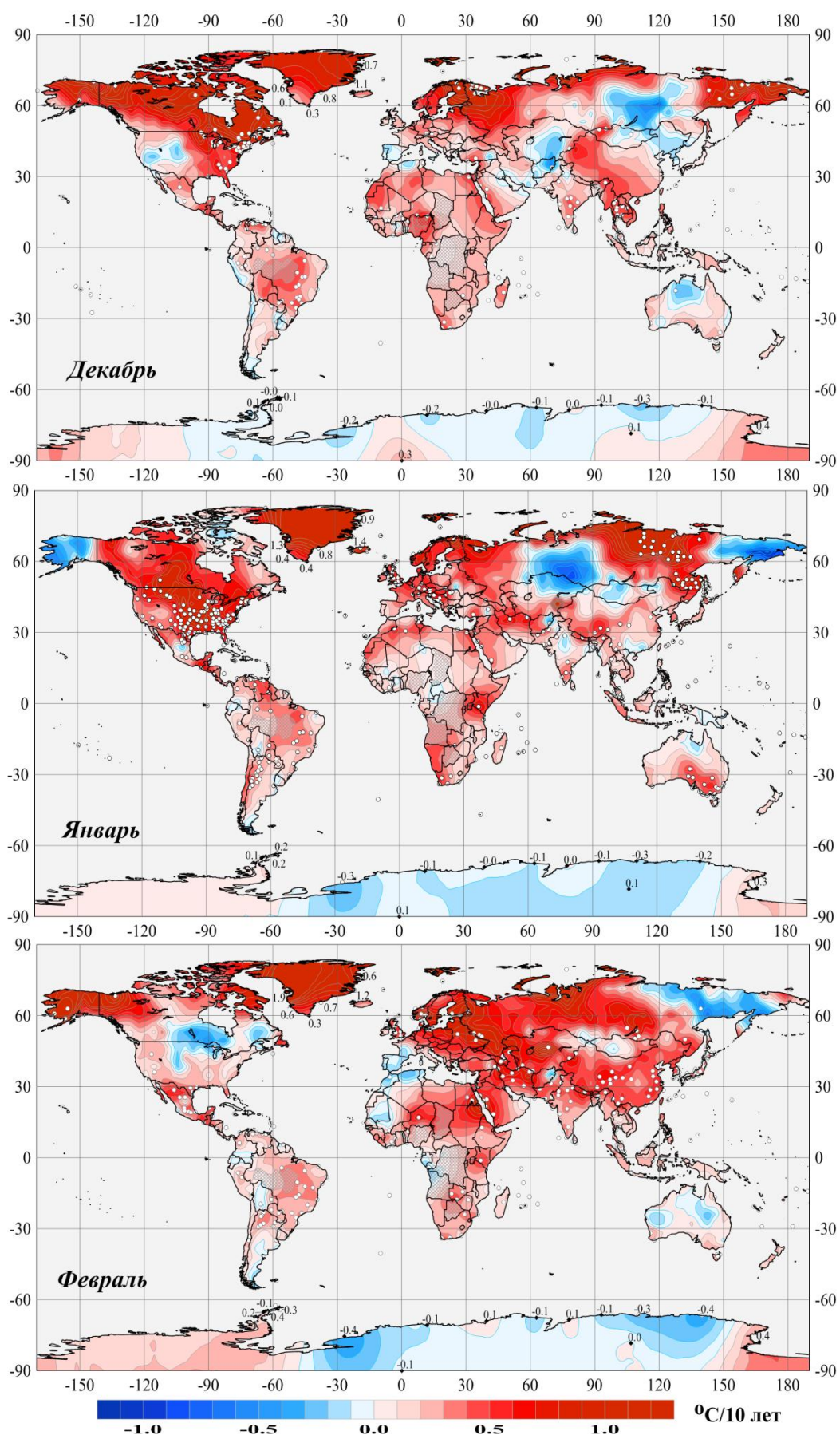


Рисунок 5.2 – См. рис. 5.1, но для коэффициентов линейного тренда средней месячной температуры воздуха (декабрь, январь, февраль) над сушей земного шара. Расчет выполнен по станционным данным T3288- ИГКЭ (только суша) за 1976-2015 гг.

6. ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Зима 2015/16 гг. была экстремально теплой за всю историю инструментальных наблюдений как в среднем по территории Земного шара, так и по территории каждого полушария. Этот факт подтвержден всеми используемыми данными HadCRUT4 (Hadley/CRU, суша+море), T3288 (ИГКЭ, только суша), CRUTEM4 (Hadley/CRU, только суша). Сезонная аномалия глобальной температуры вплотную приблизилась к отметке 1.0 °C по данным на полной сетке (0.988 °C, суша+море) и превысила 1.7°C по данным только над сушей (1.774 – оценка ИГКЭ, 1.713 °C – оценка Hadley/CRU).

2. По данным обоих массивов T3288 и CRUTEM4, средняя температура приземного воздуха *над сушей Северного полушария* зимой 2016 г. превысила зимнюю температуру 2015 г. более чем на 0.6 °C, причем столь резкий скачок отмечается уже второй год подряд. Скачкообразные выбросы зимних температур (от года к году) наблюдались и ранее, но последовательные «всплески» температуры такой интенсивности наблюдаются практически впервые. В Южном полушарии также осуществился рекордный выброс, но пока только в текущем сезоне.

Следует отметить также рекордный скачок температуры зимнего сезона 2016 г. относительно предыдущего максимума (2007 г.) – сразу на 0.4°C в среднем над сушей Северного полушария и Земного шара.

3. Рекордно высокими были не только глобальные зимние температуры, но и средние по территории практически всех регионов Северного полушария и тропиков. Из них лишь в Евразии нынешняя зима была второй самой теплой, после зимы 2006/2007 гг., с отрывом всего на 0.12 °C. При этом, однако, вклад Евразии в суммарную аномалию температуры над сушей Земного шара оказался максимальным – 47.9%. Значительные аномалии тепла сохраняются в зоне Эль-Ниньо в тропиках Тихого океана. В среднем по Антарктиде и всему Антарктическому поясу (90-65 гр. ю.ш.) температура зимнего сезона уже второй год подряд ниже климатической нормы. Отрицательные аномалии этой зимой отмечались также в Китае, в Северной Атлантике (к югу от Гренландии), и в северной части Тихого океана (исключая 30-градусный сектор у берегов Северной Америки).

Наиболее теплые месяцы – февраль и декабрь.

4. Основной вклад в наблюдаемый экстремум температуры принадлежит умеренным широтам Северного полушария (в основном, за счет обоих континентов), тропикам и арктическому поясу (35.8, 30.9, 29.4%, соответственно). Вклад Южного полушария составил всего лишь 11.7%.

5. Тренд (средняя скорость) потепления зимних сезонов в течение 1976-2016 гг. в целом для Земного шара, Северного и Южного полушарий составил над сушей 0.275-0.329-0.148 °C/10 лет (по данным T3288, ИГКЭ). В среднем для всей территории тех же регионов (по данным HadCRUT4, суша+море) тренд составил только 0.163-0.225-0.100 °C/10 лет.

6. Современное потепление зимних сезонов (1976-2016 гг.) на поверхности океанов происходит примерно вдвое медленнее, чем у поверхности континентов, и в Северном полушарии более чем в 2 раза быстрее, чем в Южном. В сравнении с последним 100-летием (1917-2016), современное потепление ускорилось более чем в 2 раза в Северном полушарии и примерно в 1.5 раза в Южном (на суше коэффициент ускорения несколько выше).

7. Глобальная пространственная картина трендов в изменении температурного режима зимних сезонов в 1976-2016 гг. качественно почти не изменилась (в сравнении с 1976-2015). Сохранилось потепление на большей части земного шара, но скорость его увеличилась примерно на 10% (в Северной и Южной Америке и в Евразии – на 14-17%) – по-видимому, благодаря отмеченным выше теплым зимним сезонам в последние 2 года.

Области слабого похолодания (но несколько меньшей протяженности) сохранились в центральной части Евразии, на крайнем северо-востоке России, в западных и северных районах Австралии. Несколько усилилась область похолодания в южной полярной области и в юго-восточной части Тихого океана.

8. Пространственное распределение локальных трендов на континентах меняется от месяца к месяцу. Можно отметить лишь, что в декабре тренды в целом слабее, в январе статистически значимый положительный тренд отмечается на юго-востоке Северной Америки и в Восточной Сибири, а в феврале положительный тренд охватил большую территорию в Евразии и Африке, хотя областей со статистически значимыми трендами сравнительно немного.

9. Тренд потепления поверхности океанов для зимних сезонов статистически значим на обширных акваториях в Северном полушарии и тропиках (кроме Тихого океана вдоль Американского континента): уровень значимости $\alpha \leq 5\%$. Тенденция к похолоданию практически всюду статистически незначима (вероятность ложного тренда более 10%).

Количество статистически значимых на 5%-м уровне станционных оценок *сезонных* трендов над сушей составило в 2016 г. 38.2% от общего числа участвующих в анализе трендов станций (N=1753); в их числе 19.7% от общего числа оценок были статистически значимы на 1%-м уровне значимости. Для сравнения: в 2015 г. таких оценок было, соответственно, 30.7% и 16.3% (в обоих случаях тренд оценивался за период с 1976 г.).

10. В целом, тренды в изменении температурного режима зимних сезонов существенно слабее других сезонов и в среднем за год. Для сравнения: из оценок трендов *среднегодовых* аномалий температуры приземного воздуха над сушей земного шара за 1976-2015 гг. статистически значимых на 5%-м уровне оказалось 79.2%, в т.ч. подавляющее большинство (65.8%) статистически значимы на 1%-м уровне.