

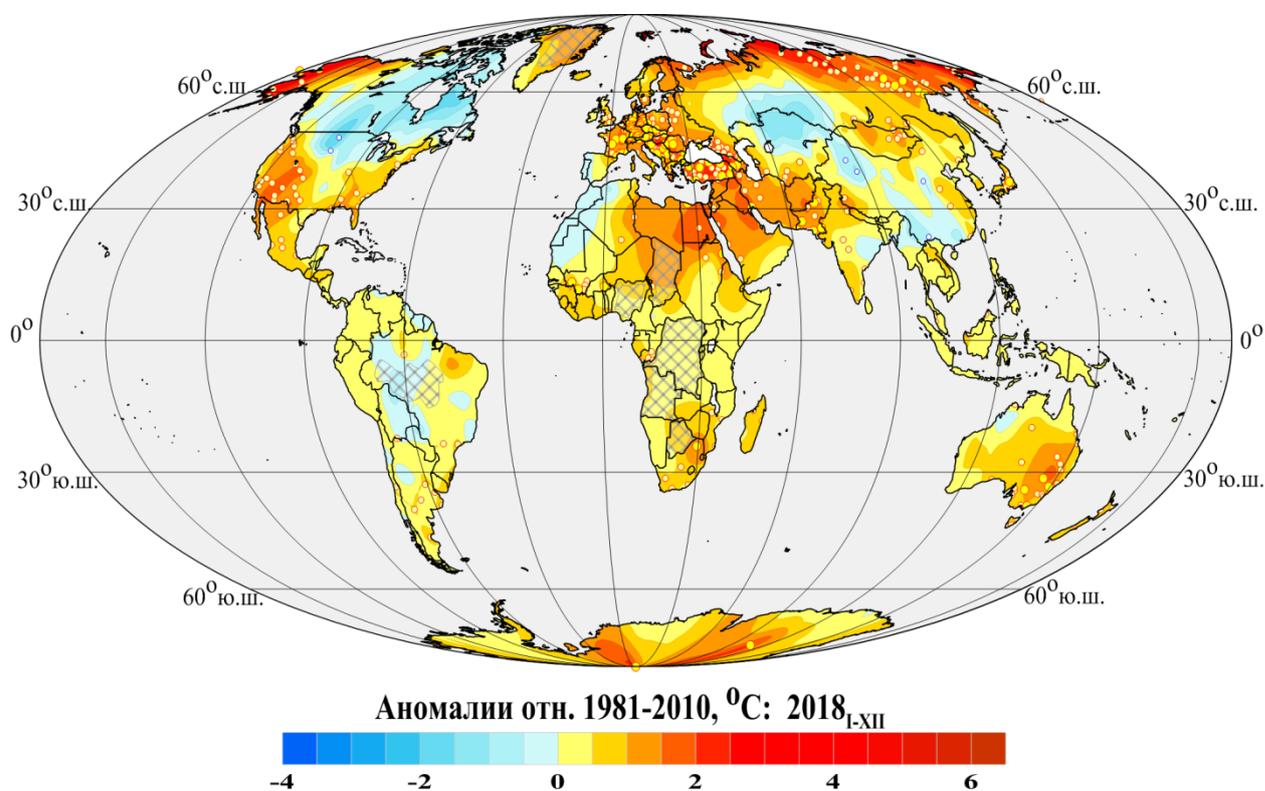
Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды

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

Бюллетень мониторинга изменений климата Земного шара

Приземная температура – 2018

Годовой обзор



Москва 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ^{1,2}

1. ВВЕДЕНИЕ	3
2. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ШАРА В 2018 году. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ АНОМАЛИИ	6
3. КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗЕМНОГО ШАРА ЗА ПЕРИОД ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ 1850-2018 гг.	17
4. ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ РЕГИОНАЛЬНО ОСРЕДНЕННЫХ АНОМАЛИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ, 1911-2018 гг.	22
5. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА, 1976-2018 гг.	26
6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	30

¹ Бюллетень подготовлен в ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля». Данные текущих наблюдений (сводки КЛИМАТ и СИНОП из оперативного потока) подготовлены в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» и ФГБУ «Гидрометцентр РФ». Все Бюллетени мониторинга климата, сезонные и годовые, выпускаемые в ФГБУ «ИГКЭ», размещаются на сайте <http://climatechange.igce.ru/>.

² На обложке приведено поле среднегодовых аномалий температуры приземного воздуха над сушей Земного шара: 2018 год (январь-декабрь).

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящем бюллетене представлены данные о климатических аномалиях 2018 года и обновленные (с учетом этих данных) оценки тенденций в изменении температурного режима на территории земного шара в течение 1976–2018 гг. Оценки приведены для года в целом и каждого из сезонов (зима, весна, лето, осень).

Бюллетень подготовлен в рамках оперативного мониторинга климата в ФГБУ «ИГКЭ»³, с использованием данных метеорологических наблюдений о среднемесячной температуре приземного воздуха на 3288 наземных станциях земного шара (массив Т3288, данные ИГКЭ; массив сформирован и ежемесячно пополняется средствами технологии мониторинга на основе телеграмм КЛИМАТ, СИНОП).

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

Таким образом, базовым массивом для оценки состояния температурных условий на суше земного шара служит массив Т3288, а массив HadCRUT4 используется для создания полной картины над сушей и океанами. Глобальные временные ряды HadCRUT4, CRUTEM4, HadSST3 приводятся как дополнительная информация из альтернативного источника (в том числе, для сравнения с одноименными данными ИГКЭ с целью лучшего понимания меры их неопределенности).

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

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

Сравнение глобальных временных рядов среднегодовых аномалий температуры приземного воздуха по данным Т3288 (ИГКЭ) и всемирно признанного массива CRUTEM4 (Hadley/CRU). Цель сравнения - с одной стороны, убедиться в репрезентативности массива Т3288, а с другой – оценить меру неопределенности оценок, полученных с использованием единой системы наблюдений, но разных методов и технологий сбора данных, их обработки и анализа.

³ Решение Центральной методической комиссии по гидрометеорологическим и геологическим 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 06.02.2018.

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

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

Близость рядов примерно с середины прошлого столетия четко видна уже визуально (рис. 1.1). Количественно она подтверждается данными таблицы 1.1, где приведены статистические характеристики попарных разностей сравниваемых рядов на двух временных интервалах 1976-2018 гг. (современное потепление) и 1919-2018 гг. (последнее столетие). Сравнение выполнено в целом для Земного шара и отдельно для Северного и Южного полушарий.

Можно видеть, что средние значения рядов на отрезке 1976-2018 гг. совпадают, а в целом за столетие различаются на $0.01-0.02^{\circ}\text{C}$, хотя индивидуальные различия (в отдельные годы) достигали 0.07°C после 1976 г. и даже 0.12°C в более ранние годы. В целом, стандартное отклонение различий за эти периоды ($0.02-0.04^{\circ}\text{C}$) более, чем на порядок ниже стандартного отклонения самих рядов ($0.3-0.5^{\circ}\text{C}$), ряды характеризуются исключительно высокой корреляцией ($0.99-1.00$) и предельно низким различием трендов (до $\pm 0.01^{\circ}\text{C}/10$ лет).

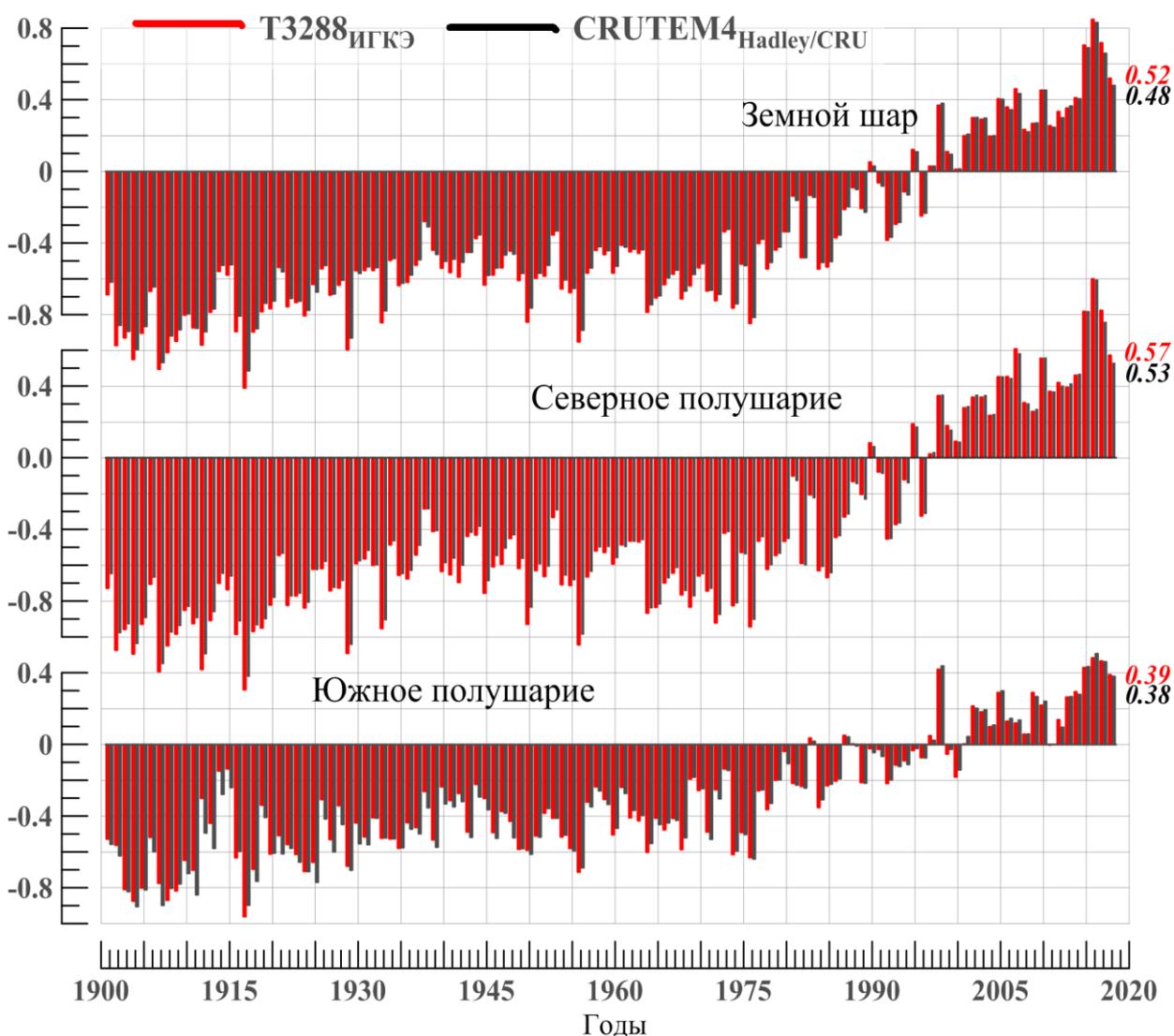


Рисунок 1.1 – Временные ряды пространственно осредненных годовых аномалий температуры приземного воздуха над сушей Земного шара, Северного и Южного полушарий ($^{\circ}\text{C}$, 1901-2018 гг.). *Использованы временные ряды, рассчитанные по данным массива T3288 (ИГКЭ Росгидромета и РАН) и глобальные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

Таблица 1.1 – Оценки близости/различия глобальных временных рядов Т3288 (ИГКЭ) и CRUTEM4 (Hadley/CRU) в среднем для территории суши Земного шара (ЗШ), Северного (СП) и Южного (ЮП) полушарий

Оценка	1976-2018			1919-2018		
	ЗШ	СП	ЮП	ЗШ	СП	ЮП
Корреляция рядов	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99
Среднее различие, °С	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.02	0.01
СКО (сигма) различий, °С	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
Среднее абсолютное различие, °С	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
Макс. абсолютное различие, °С	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09	0.12
Разность коэфф. тренда, °С/10лет	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	-0.01
СКО Т3288, °С	0.39	0.46	0.24	0.42	0.48	0.30
СКО CRUTEM4, °С	0.38	0.45	0.24	0.40	0.46	0.31

Дополнительно, в таблице 1.2 приведены значения межгодовых изменений среднегодовой температуры в последние годы, начиная с момента ее двукратного скачкообразного повышения в 2015 и 2016 гг. В соответствии с этими данными, в последующие два года, 2017 и 2018, в обоих полушариях имело место понижение температуры (в Северном полушарии особенно заметное). Это в значительной степени компенсировало потепление 2015-2016, так что к концу 2018 года глобальная температура почти вернулась к уровню 2014. Следует отметить, что максимальное (после 1976 г.) различие между оценками глобальной температуры по данным массивов Т3288 (ИГКЭ) и CRUTEM4 (Hadley/CRU) получено для суши Северного полушария и Земного шара именно в 2017-2018 гг. – соответственно, 0.06 и 0.04 °С.

Таким образом, статистические оценки изменчивости температуры приземного воздуха, полученные по данным массива Т3288, очень близки к оценкам по данным эталонного массива CRUTEM4. Применительно к оценкам трендов этот вывод особенно убедителен. Для каждого из сезонов аналогичные материалы с тем же заключением представлены в соответствующих выпусках сезонных бюллетеней.

Таблица 1.2 – Межгодовые изменения среднегодовой приземной температуры, в среднем по территории суши Земного шара и полушарий, 2014-2018 гг.

Межгодовые разности	Данные Т3288, °С (ИГКЭ)			Данные CRUTEM4, °С (Hadley/CRU)		
	ЗШ	СП	ЮП	ЗШ	СП	ЮП
2015-2014	0.294	0.356	0.135	0.285	0.350	0.155
2016-2015	0.143	0.182	0.054	0.141	0.176	0.073
2017-2016	-0.130	-0.176	-0.017	-0.172	-0.236	-0.045
2018-2017	-0.198	-0.251	-0.077	-0.179	-0.228	-0.082
2018-2014	0.109	0.111	0.095	0.075	0.062	0.101

2. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ШАРА В 2018 ГОДУ. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ АНОМАЛИИ

Согласно всем рассмотренным источникам данных (над сушей – T3288, CRUTEM4, океанами – HadSST3 и по всей территории – HadCRUT4), 2018 год стал одним из наиболее теплых лет (в среднем за год) в истории инструментальных наблюдений. Он оказался на четвертом месте по глобальной температуре (по Земному шару в целом) и на 4-6-м месте по Северному и Южному полушариям. Самым теплым остается 2016 год; за ним - 2015 и 2017 гг., в Южном полушарии - 1998 г. (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Самые теплые годы 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	0.504	2016	0.701	2016	0.308	2016
2	0.470	2015	0.670	2015	0.274	2015
3	0.384	2017	0.559	2017	0.242	1998
4	0.303	2018	0.424	2018	0.211	2017
5	0.286	2014	0.416	2014	0.190	2009
6	0.267	2010	0.377	2010	0.183	2018
T3288 (ИГКЭ, суша)						
1	0.848	2016	0.998	2016	0.483	2016
2	0.718	2017	0.822	2017	0.466	2017
3	0.705	2015	0.816	2015	0.429	2015
4	0.520	2018	0.607	2007	0.419	1998
5	0.461	2007	0.571	2018	0.389	2018
6	0.453	2010	0.554	2010	0.294	2014
CRUTEM4 (Hadley/CRU, суша)						
1	0.831	2016	0.993	2016	0.507	2016
2	0.690	2015	0.817	2015	0.462	2017
3	0.659	2017	0.757	2017	0.438	1998
4	0.480	2018	0.582	2007	0.434	2015
5	0.453	2010	0.558	2010	0.380	2018
6	0.434	2007	0.529	2018	0.299	2005
HadSST3 (Hadley/CRU, море)						
1	0.408	2016	0.535	2016	0.291	2016
2	0.387	2015	0.526	2015	0.230	2015
3	0.300	2017	0.439	2017	0.199	1998
4	0.275	2018	0.409	2018	0.190	2017
5	0.272	2014	0.406	2014	0.167	2018
6	0.211	1998	0.273	2005	0.167	2010

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

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	νT	F%	νT	F%	νT	F%	νT	F%	νT	F%
<i>HadCRUT4 (суша+море)</i>										
Земной шар	0.30	97	0.25	94	0.31	95	0.30	95	0.35	98
Северное полушарие	0.42	97	0.42	95	0.44	95	0.45	95	0.46	96
Южное полушарие	0.18	95	0.08	86	0.19	94	0.15	93	0.24	98
Атлантика (15-70N)	0.20	86	0.53	100	0.21	89	0.10	78	0.17	83
Тихий океан (20-65N)	0.59	99	0.49	99	0.53	99	0.50	94	0.75	100
Арктический пояс (65-90N)	1.36	97	2.82	100	0.48	79	0.66	94	1.48	98
Умеренный пояс СП (25-65N)	0.48	97	0.39	92	0.61	97	0.65	99	0.43	91
Тропики (25S-25N)	0.19	91	0.05	83	0.10	87	0.14	88	0.35	97
Умеренный пояс ЮП (65-25S)	0.37	100	0.33	99	0.50	100	0.27	98	0.28	100
Антарктический пояс (90-65S)	0.45	89	-0.03	66	0.49	80	1.29	93	-0.16	55
<i>IGCE-T3288 (суша)</i>										
Земной шар	0.52	97	0.55	96	0.62	98	0.50	95	0.50	94
Северное полушарие	0.57	96	0.64	95	0.67	96	0.63	97	0.52	92
Южное полушарие	0.39	96	0.33	95	0.51	98	0.18	92	0.43	98
Северная Америка	0.29	87	0.34	84	0.29	83	0.71	98	-0.31	41
Евразия	0.65	95	0.66	91	0.85	94	0.81	97	0.71	94
Европа	0.93	95	1.34	88	0.35	79	1.35	99	1.38	98
Азия	0.56	94	0.46	89	0.95	96	0.65	96	0.53	92
Южная Америка	0.17	87	0.13	86	0.43	96	-0.25	50	0.52	96
Африка	0.55	96	0.53	93	0.78	97	0.37	92	0.45	94
Австралия	0.63	98	0.82	99	0.83	96	0.13	78	0.55	91
Антарктида	0.62	93	-0.58	26	0.46	72	0.57	84	-0.14	58
<i>CRUTEM4 (суша)</i>										
Земной шар	0.48	97	0.49	96	0.57	96	0.49	95	0.44	92
Северное полушарие	0.53	95	0.56	95	0.60	94	0.63	97	0.46	90
Южное полушарие	0.38	96	0.34	96	0.50	98	0.20	91	0.40	97

Условные обозначения.

1. νT , °C – наблюдаемая аномалия в 2018 году (базовый период 1981-2010 гг.);
2. F% – значение эмпирической функции распределения $F = \text{prob}(X \leq \nu T_{2018})$ по данным за 1911-2018 гг. (вероятность неперевышения)
3. Красным шрифтом выделены абсолютные максимумы – наибольшие из всех значений ряда за 1911-2018 гг.
4. Синим шрифтом выделены отрицательные аномалии.

Особенности географического распределения аномалий. В 2018 году, как в целом, так и в отдельные сезоны, над территорией земного шара, над сушей и океанами, преобладали положительные аномалии температуры (табл. 2.2, рис. 2.1). Доля положительных аномалий на Земном шаре составила 78.3% данных всех боксов (суша + море) и 81.9% всех наземных станций. При этом и на суше и на всей территории (с учетом океанов) около четверти значений оказались выше 95-го перцентиля (5%-е экстремумы тепла), а на 5.1% боксов и 7.6% станций были перекрыты предыдущие максимумы (табл. 2.3). Тем не менее, в отличие от 2015-2017 гг., в 2018 г., как на суше, так и на поверхности океанов наблюдаются крупные отрицательные аномалии среднегодовой температуры (рис. 2.1).

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

Регион	NN - число станций/ боксов	Аномалии		5%-е экстремумы холода/тепла		Абсолютные экстремумы	
		N (V<0) %	N (V≥0) %	N (X≤P ₀₅) %	N (X≥P ₉₅) %	N (X=min) %	N (X=max) %
HadCRUT4 (суша+море)							
ЗШ	1564	21.7	78.3	0.2	25.7	0.1	5.1
СП	933	18.3	81.7	0.2	31.1		5.0
ЮП	631	26.8	73.2	0.2	17.7	0.2	5.1
90-65S	14	21.4	78.6		14.3		14.3
65-25S	318	17.3	82.7		22.6		7.9
25S-25N	613	25.9	74.1	0.3	20.9	0.2	1.5
25-65N	538	21.7	78.3	0.2	32.0		6.9
65-90N	81	7.4	92.6		34.6		7.4
T3288 (только суша)							
ЗШ	1648	18.1	81.9	0.4	27.2		7.6
СП	1370	18.8	81.2	0.5	27.8		8.5
ЮП	279	14.7	85.3		24.0		3.2
90-65S	13	15.4	84.6		15.4		15.4
65-25S	155	5.8	94.2		27.7		3.9
25S-25N	286	19.2	80.8	0.3	21.7		2.4
25-65N	1103	20.7	79.3	0.5	28.0		9.6
65-90N	96	6.3	93.8		33.3		4.2

Примечание: Таблица обобщает распределения локальных аномалий и экстремумов на рис. 2.1.

Условные обозначения:

1. N – число случаев (в % от NN)
2. V - годовые аномалии
3. P₀₅, P₉₅ – 5-я и 95-я процентиля
4. min, max – наименьшее и наибольшее значения с 1911 г.

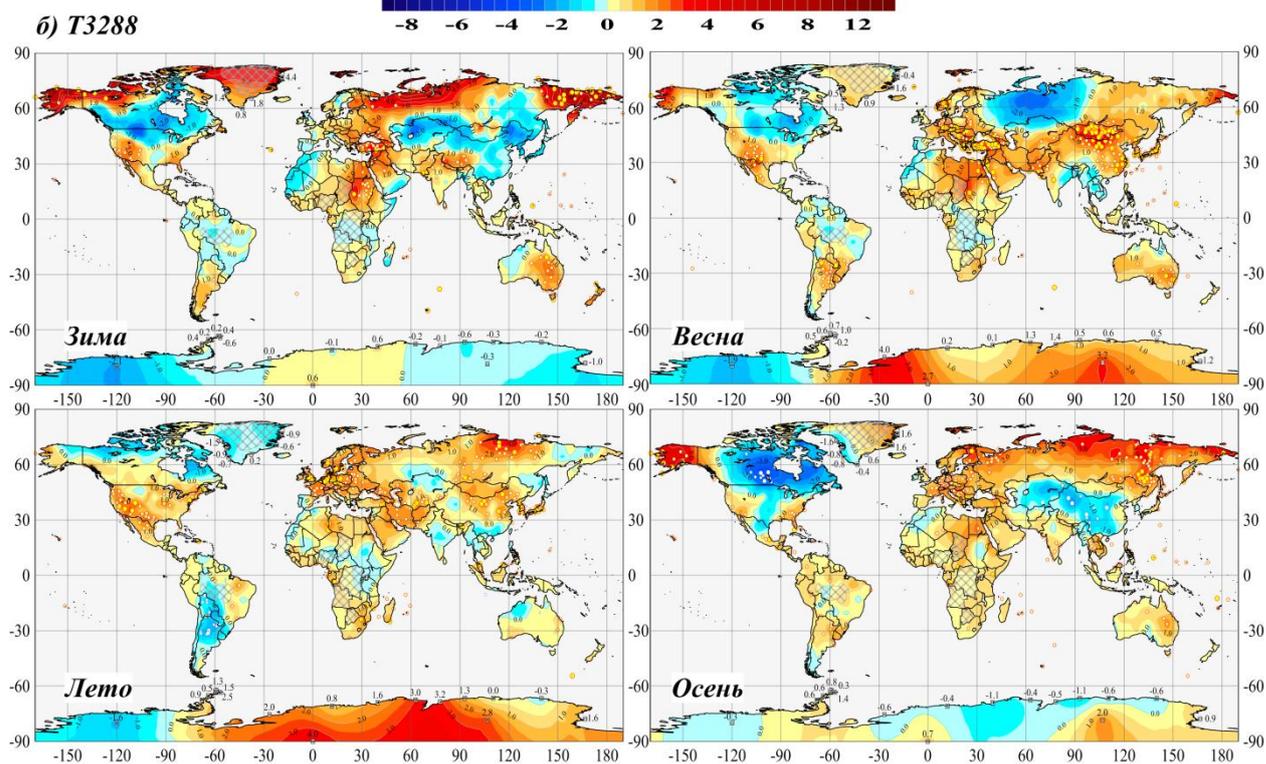
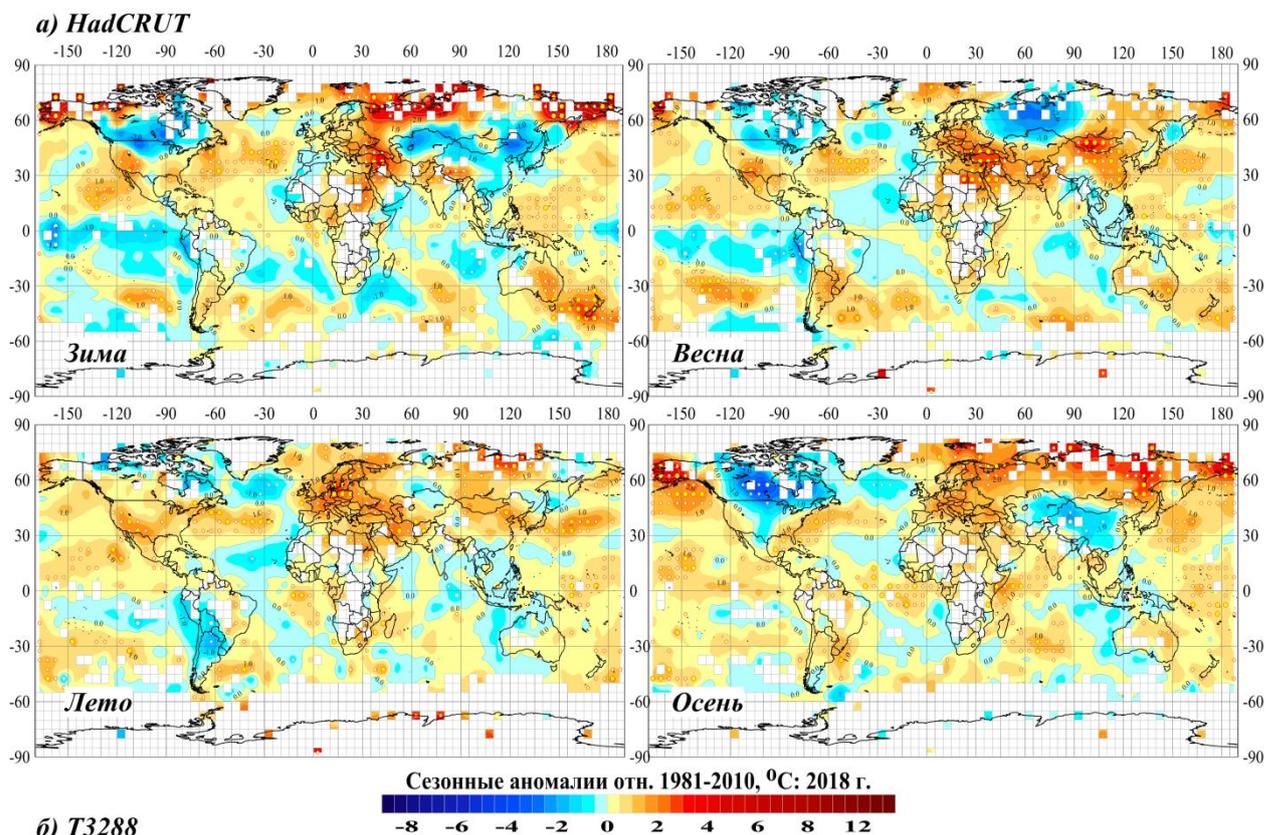


Рисунок 2.2 – См. рис. 2.1, но для средних сезонных аномалий 2018 г.: а) по данным HadCRUT4 в центрах 5-градусных боксов на полной сетке (суша+море); б) по данным наземных станционных наблюдений T3288 (только суша).

Наиболее значительные положительные аномалии отмечены в Арктике, Европе, на Ближнем Востоке, юго-западе США и юго-востоке Австралии. Наибольшие значения аномалий наблюдаются на Чукотке и Аляске (до +4.7°C и +3.9°C соответственно). Положительными аномалиями занята также большая часть акватории Тихого океана, крупные области в Атлантическом океане – у побережий Северной и Южной Америки и

Африки, и западная часть Индийского океана. Обширные отрицательные аномалии на суше занимают практически всю территорию Канады, северного Казахстана и юга Сибири. Слабые отрицательные аномалии наблюдаются на западе и юге Китая, западе Африки, в центре Южной Америки, в Индонезии. Крупные океанические области отрицательных аномалий находятся в Южном полушарии и в Атлантике – вблизи Гренландии и в тропическом поясе.

Регионально осредненные оценки аномалий (табл. 2.2.), средние за год и сезонные, соответствуют отмеченным особенностям географического распределения (рис. 2.1-2.2). Среднегодовые аномалии положительны во всех регионах. Арктика – регион с наибольшей долей положительных аномалий (92.6% боксов и 93.8% станций, табл. 2.3), из которых около трети выше 95-го перцентиля. Рекордно теплым за стал год в умеренном поясе Южного полушария (табл. 2.2); практически достигла регионального максимума

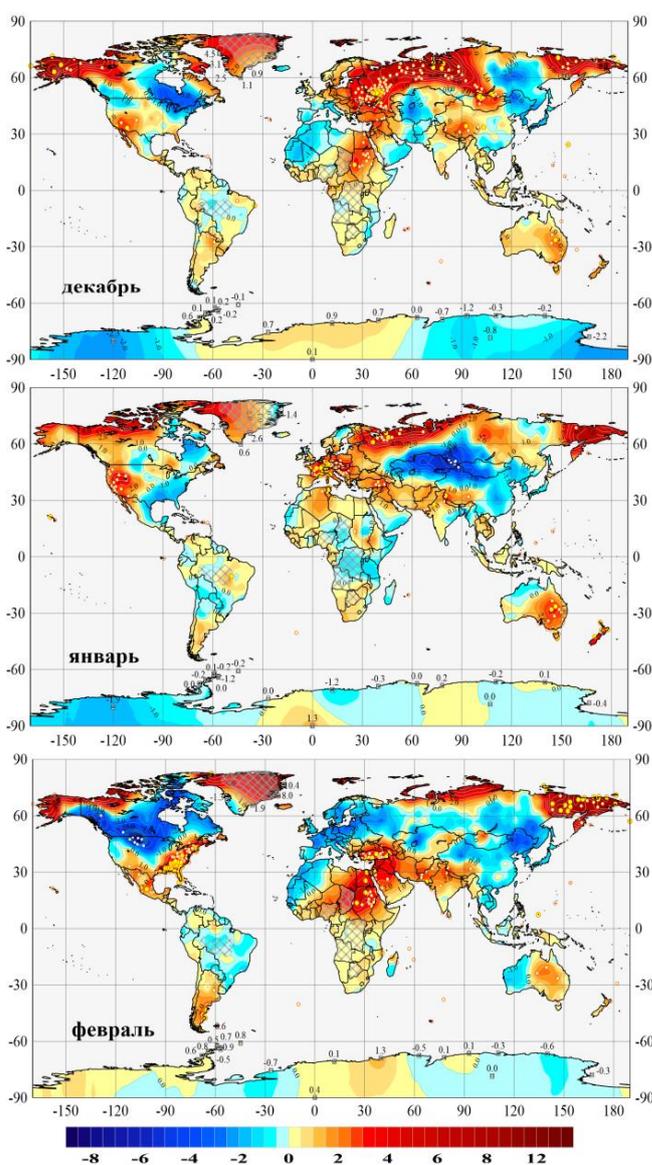


Рисунок 2.3а – Аномалии средней месячной температуры приземного воздуха: декабрь 2017 – февраль 2018 (Т3288, °С).

среднегодовая аномалия в северной части Тихого океана (вероятность превышения 99%). Региональные сезонные рекорды наблюдались также и во все сезоны, кроме летнего. Так, зима 2017-2018 гг. была рекордно теплой в Арктике и над Атлантикой, весна и осень – в умеренном поясе Южного полушария, а осень – еще и в северной части Тихого океана (табл. 2.2).

Внутрисезонные особенности распределения аномалий.

Зимой 2017/2018 года доля положительных аномалий на земном шаре составила 82.5% станционных оценок (только суша). Отмечались обширные положительные аномалии в Арктическом регионе – на 43% станций значения были выше 95-го перцентиля, а на 20% станций перекрыты локальные максимумы. Сезон оказался экстремально теплым также и для Северо-Атлантического региона.

Обширные отрицательные аномалии отмечены на континентах Северного полушария и в Антарктиде, а также на акваториях Южного полушария (здесь не показано). Эти отрицательные аномалии составляют, по-видимому, главную особенность зимнего сезона: в Южном океане они наблюдались на протяжении всего сезона, а на континентах

Северного полушария – главным образом, в январе и феврале.

В **декабре** 2017 г. обширная область положительных аномалий охватила практически всю территорию России (кроме Средней Сибири) и Восточную Европу (средняя по территории Евразии температура достигла уровня 97-го перцентиля). Северная Атлантика и пояс умеренных широт Южного полушария стали в этом месяце рекордно теплыми. Интенсивный очаг отрицательных аномалий наблюдался на востоке Канады (до 3°C).

Яркой особенностью **января** является образование значительной отрицательной аномалии в центре Евразии (до -5°C по данным T3288, рис. 2.3а), которая внесла основной вклад в отрицательную аномалию Азиатского региона в целом (средняя аномалия по региону -0.15°C).

В **феврале** большая часть территории континентов Северного полушария была охвачена отрицательными аномалиями: наиболее интенсивные аномалии отмечались в Северной Америке (средняя по континенту аномалия -0.26°C) и в Европе (средняя по региону -1.07°C) и (рис.). Значительные положительные аномалии с абсолютными максимумами наблюдались в северо-восточной Африке и Передней Азии, а также на западном побережье США и Мексики (рис.).

Весной 2018 года, в среднем за сезон, на фоне положительных аномалий глобальных температур, отмечается высокая доля локальных отрицательных аномалий (25% всех станций и 29% боксов). В среднем за сезон обширная область холода находится в России и на севере Казахстана с центром над Уралом (до -3.1°C), а также на востоке Канады-США (до -2.3°C). В тропических широтах океанов Южного полушария и Атлантики, а также на северо-востоке Атлантики, отрицательные аномалии сохранялись на протяжении всего сезона.

Яркой особенностью **марта** является наличие обширной области отрицательных аномалий в Евразии – от Западной Европы до Дальнего Востока (минимум -7.2°C в Республике Коми), к которому с юга примыкает еще более обширная область интенсивных

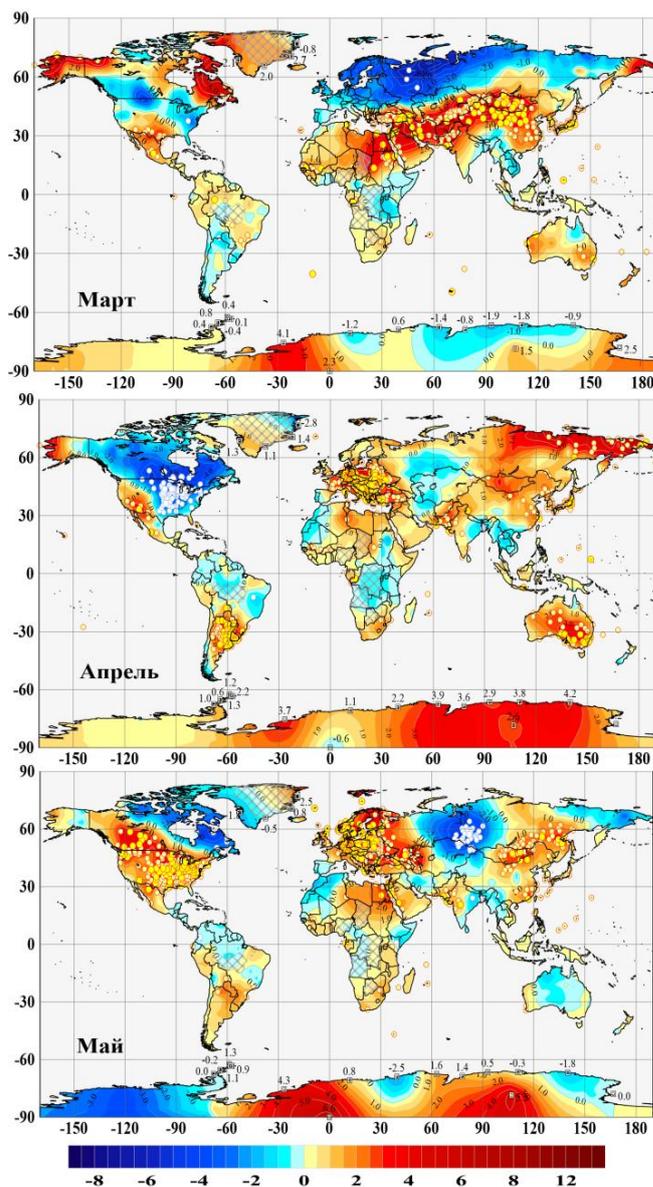


Рисунок 2.3б – Аномалии среднемесячной температуры приземного воздуха: март – май 2018 (T3288, °C).

положительных аномалий – от северной Африки до юго-восточной Азии (максимум $+8.8^{\circ}\text{C}$ в Монголии).

В *апреле* ареал отрицательных аномалий в США-Канаде, наблюдавшийся в марте, достиг максимальной интенсивности и распространился на большую часть североамериканского континента (аномалия до -6.3°C ; в среднем по континенту -1.44°C). Положительные аномалии в этом месяце охватили практически всю Европу (с локальными абсолютными максимумами до $+7.6^{\circ}\text{C}$), север Восточной Сибири и Дальнего Востока, а в центре Евразии, – область слабых отрицательных аномалий. В среднем по суше Южного полушария и на южноамериканском континенте были достигнуты абсолютные максимумы ($+0.84^{\circ}\text{C}$ и $+0.70^{\circ}\text{C}$, соответственно, табл. 2.4-2.5).

В *мае* область тепла в Европе с многочисленными локальными рекордами охватила всю территорию ЕЧР (абсолютный максимум по региону $+2.2^{\circ}\text{C}$). Положительные

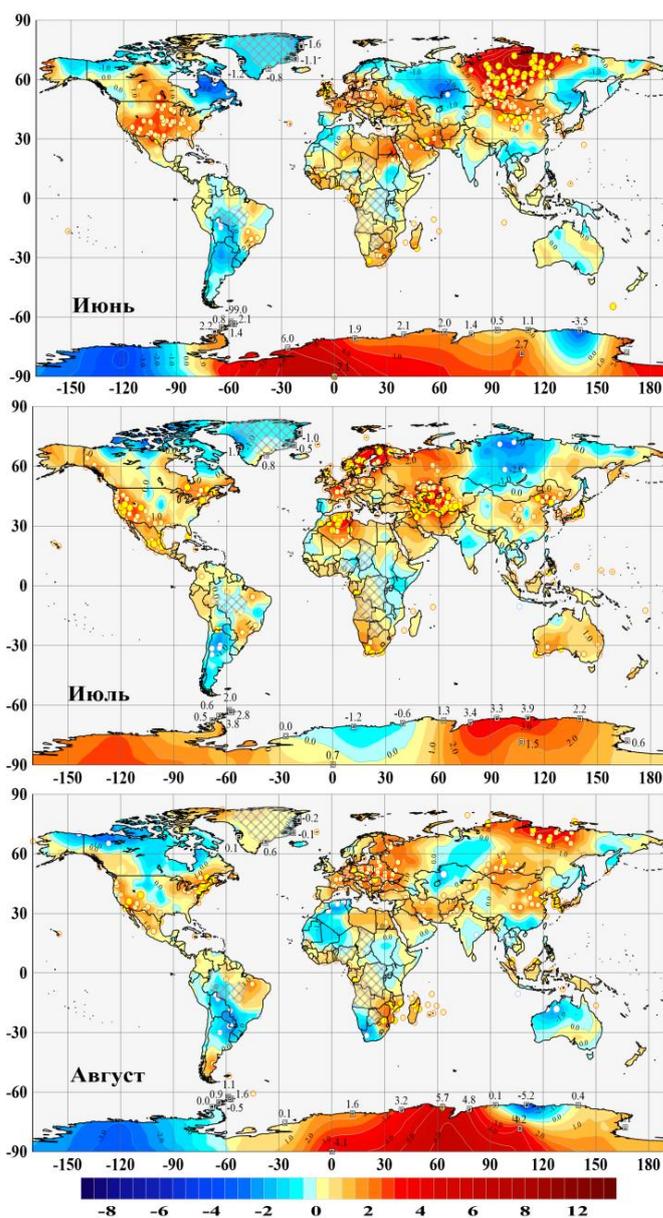


Рисунок 2.3в – Аномалии среднемесячной температуры приземного воздуха: июнь – август 2018 (Т3288, $^{\circ}\text{C}$).

аномалии на юге Восточной Сибири, в Монголии и на востоке Китая достигли уровня 95-го перцентиля, а отрицательные аномалии в центре Евразии усилились (до -5.3°C) и сместились на территорию Западной Сибири. Большая часть североамериканского континента теперь также занята положительными аномалиями с многочисленными экстремумами, так что средняя по континенту аномалия здесь достигла абсолютного максимума: $+1.73^{\circ}\text{C}$.

На более четверти всех наземных станций Северного полушария **летний сезон** попал в число 5% самых теплых летних сезонов с начала 20-го столетия. Экстремально теплые условия сложились в умеренном поясе Северного полушария, где средняя по региону температура достигла уровня 99-го перцентиля. Здесь на 28% наземных станций зафиксированы 5%-е экстремумы тепла, из которых четверть – абсолютные максимумы. Наиболее интенсивные очаги тепла в *июне* были расположены в Сибири и Монголии (35 абсолютных максимумов, аномалия до $+8.7^{\circ}\text{C}$), в Европе и на Ближнем Востоке, в США. В *июле* наблюдалась еще более сильная аномалия в Европе (среднее значение по региону $+1.90^{\circ}\text{C}$, вероятность неперевышения 99%) и

Средней Азии; в *августе* – более слабая аномалия в Европейском регионе и на севере Якутии.

Наряду с положительными аномалиями, в текущий летний сезон на 22% всех наземных станций (25% боксов) аномалии были отрицательными. Так, в Южном полушарии сезонная температура была ниже климатической нормы на 131 из 317 наземных станций (41%), в том числе на 22 станциях она была ниже 5-го перцентиля (5%-е экстремумы холода). На протяжении всего сезона сохранялись обширные области отрицательных аномалий в океанах Южного полушария, а также в Атлантике (вблизи Гренландии и в тропическом поясе), Индийском океане и в Южной Америке (аномалия в среднем по континенту за сезон - 0.43°C). В Евразии расположение обширной области холода менялось от месяца к месяцу: в *июне* – на ЕЧР и в Казахстане, в *июле* – в Восточной Сибири, в *августе* – в Западной Сибири и Казахстане.

Осенний сезон характеризуется наличием крупных сезонных аномалий обоих знаков на континентах и океанах Северного полушария, а также отрицательных аномалий в океанах Южного полушария. В северной части Тихого океана и умеренном поясе Южного полушария (в среднем по территории региона) осень была рекордно теплой, как и сентябрь в Европе (аномалия 1.91°C). Теплые условия в Арктике сложились практически на всей территории севернее

65°с.ш., кроме Канадского Арктического Архипелага и западного побережья Гренландии. В Северном Ледовитом океане интенсивные положительные аномалии вдоль побережья Евразии сохранялись на протяжении всего сезона (до 4.3°C в среднем за сезон).

В *сентябре* новые температурные максимумы зафиксированы на 96 станциях – в основном, в США и на Дальнем Востоке России; в *октябре* – на 69 станциях, главным образом, в азиатской части России. В *ноябре* области положительных аномалий на суше отмечались только на севере ЕЧР и в Скандинавии, а также на Дальнем Востоке России и Аляске.

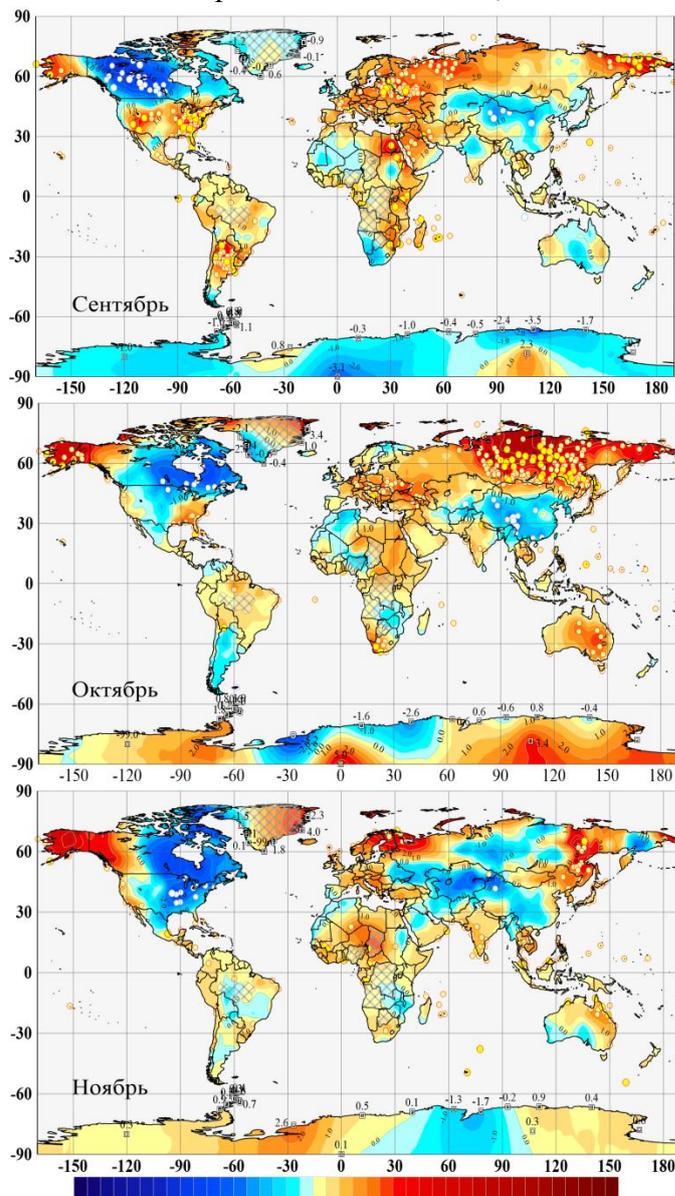


Рисунок 2.3г – Аномалии среднемесячной температуры приземного воздуха: сентябрь – ноябрь 2018 (Т3288, °С).

Доля станций с отрицательными аномалиями в этом сезоне составила 26%. Температура ниже климатической нормы сохранялась на протяжении всего сезона в Северной Америке (месячные аномалии до -6.0°C) и на территории Китая (до -4.1°C в октябре).

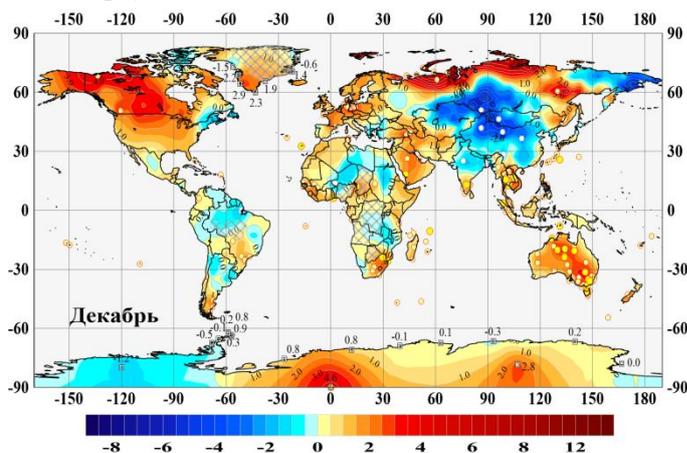


Рисунок 2.3д – Аномалии среднемесячной температуры приземного воздуха: декабрь 2018 (Т3288, $^{\circ}\text{C}$).

Декабрь 2018 г. характеризуется наличием крупных положительных аномалий в Арктике (до $+10.5^{\circ}\text{C}$), Европе, на Ближнем Востоке, в Северной Америке, Австралии и на юге Африки. Крупная отрицательная аномалия охватывает значительную часть Южной Сибири (до -8°C), Центральной, Восточной Азии, Индии и Китая. Также температура ниже климатической нормы наблюдается на северо-востоке России (до -8.5°C), в Южной Америке и Африке.

Таблица 2.4 –Пространственно осредненные значения среднемесячных аномалий приземной температуры в 2018 г., в среднем по Земному шару и полушариям

Регион	Месяцы 2018 г.												Год I-XII
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
HadCRUT4 (суша+море)													
*ЗШ	0.23 ₈	0.19 ₁₂	0.29 ₆	0.33 ₇	0.31 ₆	0.29 ₇	0.31 ₆	0.29 ₆	0.33 ₄	0.40 ₂	0.32 ₇	0.34 ₅	0.30 ₄
*СП	0.35 ₇	0.33 ₉	0.47 ₇	0.39 ₉	0.44 ₅	0.48 ₄	0.45 ₅	0.42 ₆	0.47 ₆	0.56 ₂	0.36 ₁₂	0.36 ₈	0.42 ₄
*ЮП	0.12 ₁₅	0.05 ₁₈	0.11 ₁₀	0.27 ₅	0.18 ₉	0.10 ₁₄	0.17 ₆	0.17 ₁₀	0.18 ₄	0.24 ₄	0.29 ₄	0.32 ₃	0.18 ₆
Т3288 (суша)													
ЗШ	0.46 ₆	0.38 ₉	0.57 ₈	0.62 ₅	0.61 ₃	0.48 ₇	0.64 ₃	0.38 ₁₁	0.55 ₆	0.66 ₂	0.32 ₁₄	0.56 ₇	0.52 ₄
СП	0.50 ₆	0.43 ₁₁	0.67 ₈	0.53 ₁₂	0.72 ₄	0.64 ₆	0.75 ₂	0.52 ₆	0.57 ₈	0.73 ₄	0.29 ₁₆	0.50 ₁₂	0.57 ₅
ЮП	0.34 ₅	0.25 ₁₁	0.34 ₇	0.84₁	0.33 ₈	0.12 ₁₆	0.39 ₄	0.05 ₁₇	0.50 ₄	0.46 ₄	0.40 ₅	0.68 ₂	0.39 ₅
CRUTEM4 (суша)													
*ЗШ	0.41 ₇	0.35 ₁₁	0.55 ₈	0.60 ₃	0.55 ₄	0.45 ₉	0.62 ₃	0.39 ₉	0.49 ₇	0.57 ₃	0.27 ₁₆	0.51 ₇	0.48 ₄
*СП	0.44 ₉	0.40 ₁₃	0.69 ₈	0.48 ₁₂	0.64 ₄	0.63 ₆	0.74 ₂	0.53 ₆	0.50 ₈	0.65 ₅	0.23 ₁₉	0.43 ₁₃	0.53 ₆
*ЮП	0.34 ₅	0.25 ₉	0.29 ₇	0.83₁	0.38 ₇	0.11 ₁₄	0.38 ₅	0.12 ₁₅	0.46 ₄	0.40 ₅	0.35 ₆	0.66 ₂	0.38 ₅
HadSST3 (море)													
*ЗШ	0.20 ₇	0.17 ₈	0.21 ₇	0.27 ₇	0.28 ₅	0.26 ₆	0.22 ₉	0.29 ₅	0.32 ₄	0.36 ₃	0.40 ₂	0.36 ₂	0.28 ₄
*СП	0.33 ₄	0.35 ₄	0.35 ₃	0.38 ₄	0.41 ₄	0.41 ₅	0.34 ₉	0.40 ₅	0.51 ₄	0.51 ₄	0.51 ₂	0.44 ₂	0.41 ₄
*ЮП	0.14 ₈	0.05 ₁₉	0.12 ₁₂	0.19 ₇	0.18 ₇	0.12 ₁₄	0.13 ₈	0.19 ₄	0.13 ₆	0.20 ₄	0.29 ₂	0.27 ₄	0.17 ₆

Примечание. Нижними индексами показаны ранги в упорядоченных по убыванию временных рядах за 1911-2018 гг. для соответствующего месяца. Красным шрифтом выделены абсолютные максимумы. Звездочкой (*) указаны временные ряды Hadley/CRU

Таблица 2.5 – Пространственно осредненные значения среднемесячных аномалий приземной температуры в 2018 г. для континентов, северных частей Атлантического и Тихого океанов и основных широтных поясов земного шара

Регион	Месяцы 2018 г.												Год I-XII
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<i>T3288 (суша)</i>													
С.Америка	0.58 ₂₅	-0.26 ₄₄	0.57 ₁₆	-1.44 ₈₇	1.73 ₁	0.84 ₅	0.96 ₂	0.36 ₁₂	-0.07 ₄₅	-0.27 ₆₇	-0.70 ₆₉	1.73 ₈	0.29 ₁₅
Евразия	0.32 ₂₃	0.29 ₂₂	0.68 ₁₃	1.23 ₇	0.61 ₉	0.91 ₄	0.79 ₄	0.74 ₆	0.76 ₄	1.21 ₂	0.23 ₂₈	-0.04 ₃₄	0.65 ₆
Европа	2.13 ₈	-1.07 ₆₁	-2.88 ₉₀	1.62 ₅	2.20 ₁	0.56 ₁₈	1.90 ₂	1.54 ₅	1.91 ₁	1.26 ₅	0.94 ₃₄	1.25 ₂₂	0.93 ₆
Азия	-0.15 ₃₆	0.58 ₁₆	1.62 ₇	1.12 ₉	0.14 ₂₂	0.99 ₃	0.48 ₉	0.53 ₇	0.45 ₉	1.17 ₂	0.06 ₂₈	-0.40 ₄₇	0.56 ₇
Ю.Америка	0.07 ₂₇	0.06 ₃₁	0.11 ₂₁	0.70 ₁	0.47 ₁₅	-0.43 ₇₃	-0.03 ₄₂	-0.29 ₅₇	1.00 ₃	0.22 ₁₄	0.29 ₁₀	-0.03 ₃₀	0.17 ₁₅
Африка	0.21 ₂₉	0.96 ₄	0.89 ₅	0.62 ₆	0.31 ₁₆	0.39 ₁₀	0.71 ₄	0.08 ₂₂	0.60 ₃	0.21 ₁₈	0.56 ₇	0.56 ₆	0.55 ₅
Австралия	1.05 ₃	0.46 ₁₅	0.77 ₁₁	1.90 ₂	-0.19 ₄₅	0.05 ₄₂	0.84 ₆	-0.48 ₆₃	-0.07 ₃₁	1.34 ₆	0.47 ₁₉	1.83 ₁	0.63 ₃
Антарктида	-0.59 ₅₄	-0.08 ₃₁	-0.24 ₃₈	2.11 ₃	-0.10 ₃₁	-0.03 ₂₇	1.87 ₈	-0.12 ₃₄	-0.92 ₄₆	0.22 ₃₁	0.40 ₁₉	0.17 ₂₄	0.62 ₆
<i>HadCRUT4 (суша+море)</i>													
АО,15-70 N	0.51 ₂	0.39 ₄	0.27 ₁₂	0.23 ₁₁	0.12 ₁₈	0.11 ₁₉	0.04 ₂₉	0.15 ₂₁	0.29 ₁₃	0.19 ₂₁	0.03 ₃₄	0.09 ₂₅	0.20 ₁₆
ТО,40-60 N	0.46 ₄	0.62 ₁	0.60 ₁	0.48 ₂	0.53 ₂	0.59 ₃	0.49 ₇	0.44 ₈	0.58 ₄	0.75 ₁	0.91 ₁	0.65 ₁	0.59 ₂
65-90 N	2.35 ₇	2.83 ₂	-0.14 ₃₇	1.49 ₁₂	0.12 ₂₆	0.86 ₈	0.33 ₁₉	0.85 ₅	1.13 ₄	2.06 ₃	1.28 ₁₉	1.77 ₈	1.36 ₄
25-65 N	0.35 ₁₂	0.16 ₁₇	0.65 ₆	0.44 ₁₀	0.72 ₂	0.71 ₂	0.72 ₂	0.55 ₆	0.50 ₇	0.57 ₆	0.21 ₁₈	0.22 ₁₈	0.48 ₄
25 S-25 N	0.04 ₂₃	0.07 ₁₉	0.08 ₁₇	0.13 ₁₄	0.12 ₁₄	0.11 ₁₆	0.14 ₁₄	0.17 ₁₂	0.29 ₄	0.33 ₆	0.41 ₃	0.37 ₅	0.19 ₁₁
65-25 S	0.37 ₂	0.31 ₃	0.47 ₁	0.61 ₁	0.40 ₁	0.27 ₃	0.27 ₆	0.24 ₇	0.25 ₁	0.28 ₄	0.31 ₁	0.40 ₁	0.37 ₁
90-65 S	0.13 ₂₁	-0.04 ₃₆	-0.12 ₄₀	1.64 ₃	0.06 ₃₂	1.31 ₆	1.33 ₁₀	1.29 ₁₂	-0.98 ₄₇	0.19 ₂₅	0.31 ₂₄	0.19 ₂₀	0.45 ₉

Примечание. Нижними индексами показаны ранги в упорядоченных по убыванию временных рядах за 1911-2018 гг. для соответствующего месяца. Красным шрифтом выделены абсолютные максимумы, синим шрифтом - отрицательные аномалии (температура ниже климатической нормы 1981-20100 гг.).

3. КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗЕМНОГО ШАРА ЗА ПЕРИОД ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ, 1850-2018 гг.

Многолетние и межмесячные изменения глобальной температуры. На рис. 3.1 представлены межгодовые (по вертикали) и межмесячные (по горизонтали) изменения глобально осредненных аномалий приповерхностной температуры (для Земного шара и полушарий) на протяжении всего периода инструментальных наблюдений (с 1850 г.). Аномалии рассчитаны относительно среднего за весь период наблюдений (1850-2018 гг.).

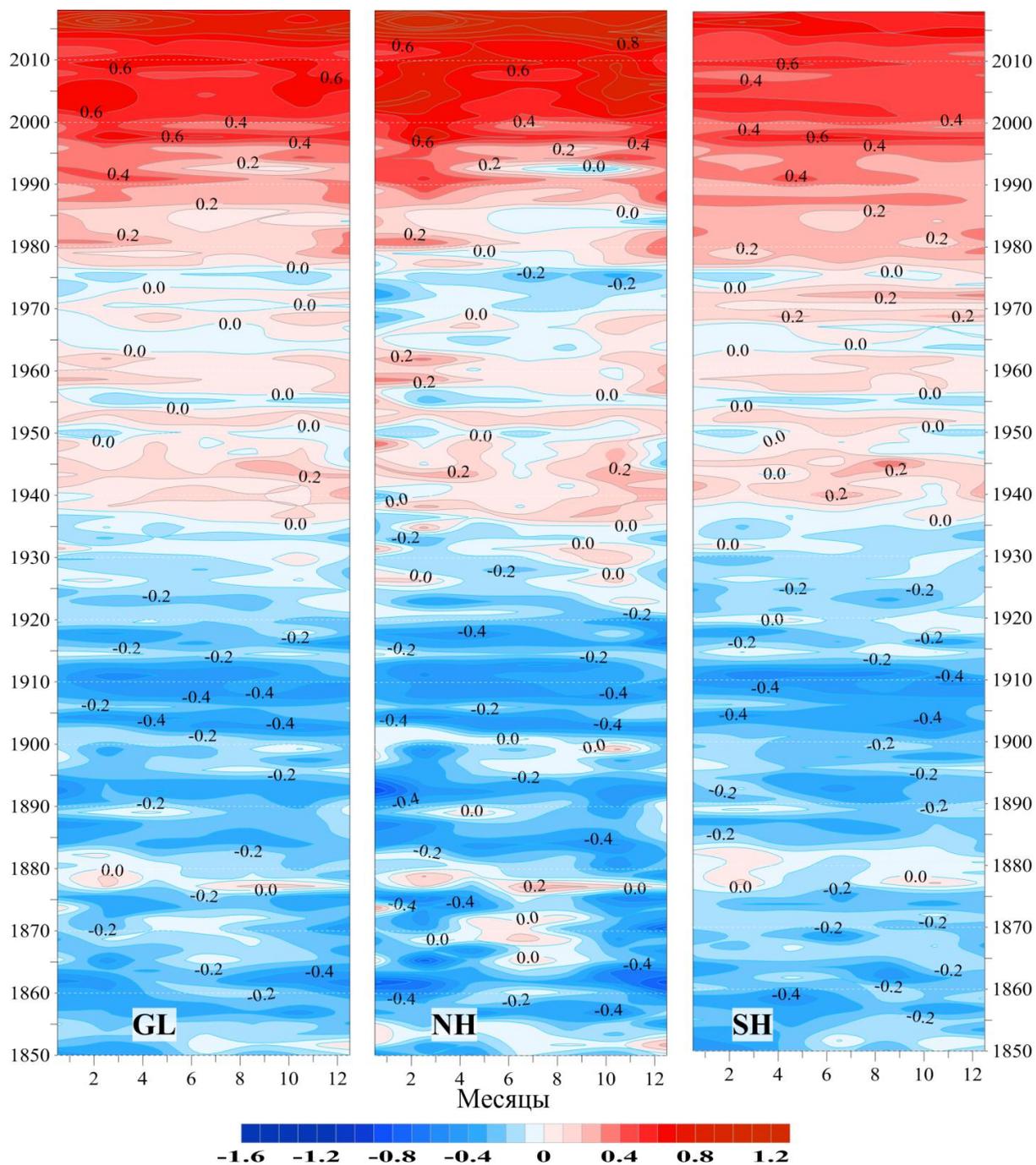


Рисунок 3.1 – Изменение аномалий среднемесячной приповерхностной температуры, осредненной по территории Земного шара (GL), Северного (NH) и Южного (SH) полушарий, с января 1850 г. по декабрь 2018 г. (по данным HadCRUT4, Hadley/CRU, UK). Аномалии выражены в отклонениях от средней за 1850-2018 гг.

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

Широтно-долготные разрезы. Значительные аномалии обоих знаков, наблюдавшиеся в течение 2018 года, проявляются и в широтно-долготных профилях приповерхностной температуры (рис. 3.2). На рис. 3.2а прослеживаются чередовавшиеся весь год интенсивные положительные и отрицательные аномалии в Северной Америке и Евразии, а также наблюдавшиеся большую часть года положительные аномалии в Европе и Тихом океане. В Северной Атлантике по-прежнему сохраняется слабая отрицательная аномалия.

На рис. 3.2б можно видеть, что, после особенно теплого периода 2015-2016 гг. охватившего практически все широты, от полярных северных до южных тропиков, ситуация 2018 г. очень напоминает 2014. При этом в Южном полушарии стала заметно шире область слабых отрицательных аномалий (охватила экваториальные и тропические широты), а в Северном – сильнее выражены и холодная зима в умеренных широтах, и теплые условия в тропиках в течение всего года. Полезно напомнить, что речь идет не о локальных условиях, а о среднеширотных.

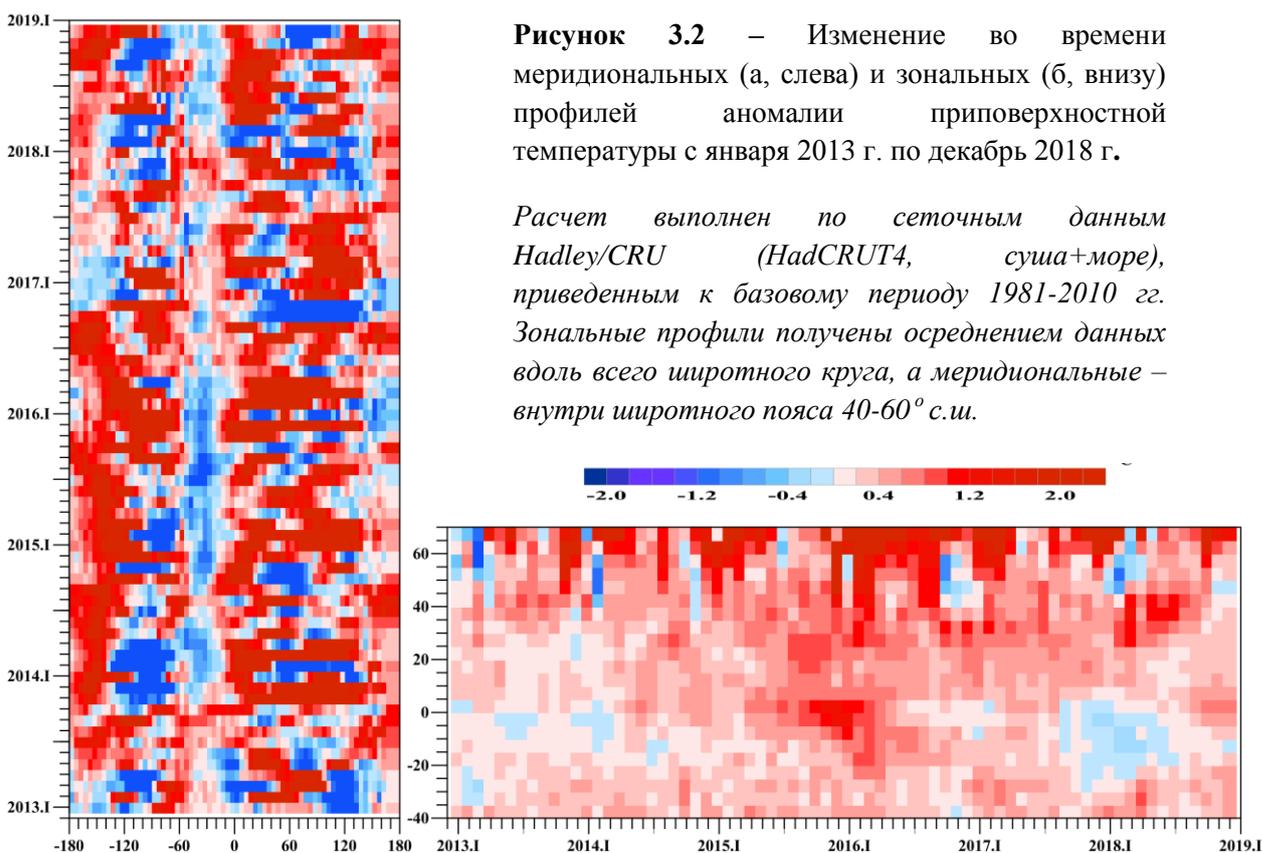


Рисунок 3.2 – Изменение во времени меридиональных (а, слева) и зональных (б, внизу) профилей аномалии приповерхностной температуры с января 2013 г. по декабрь 2018 г.

Расчет выполнен по сеточным данным Hadley/CRU (HadCRUT4, суша+море), приведенным к базовому периоду 1981-2010 гг. Зональные профили получены осреднением данных вдоль всего широтного круга, а меридиональные – внутри широтного пояса 40-60° с.ш.

Временные ряды глобально осредненной температуры. Интегральную характеристику и оценку интенсивности наблюдаемых крупномасштабных изменений приземной температуры дают глобально осредненные временные ряды для территории Земного шара и обоих полушарий (рис. 3.3). В 2018 г. приповерхностная температура продолжает снижаться после максимума в 2016 году (рис. 3.3), как на суше, так и на поверхности океанов обоих полушарий.

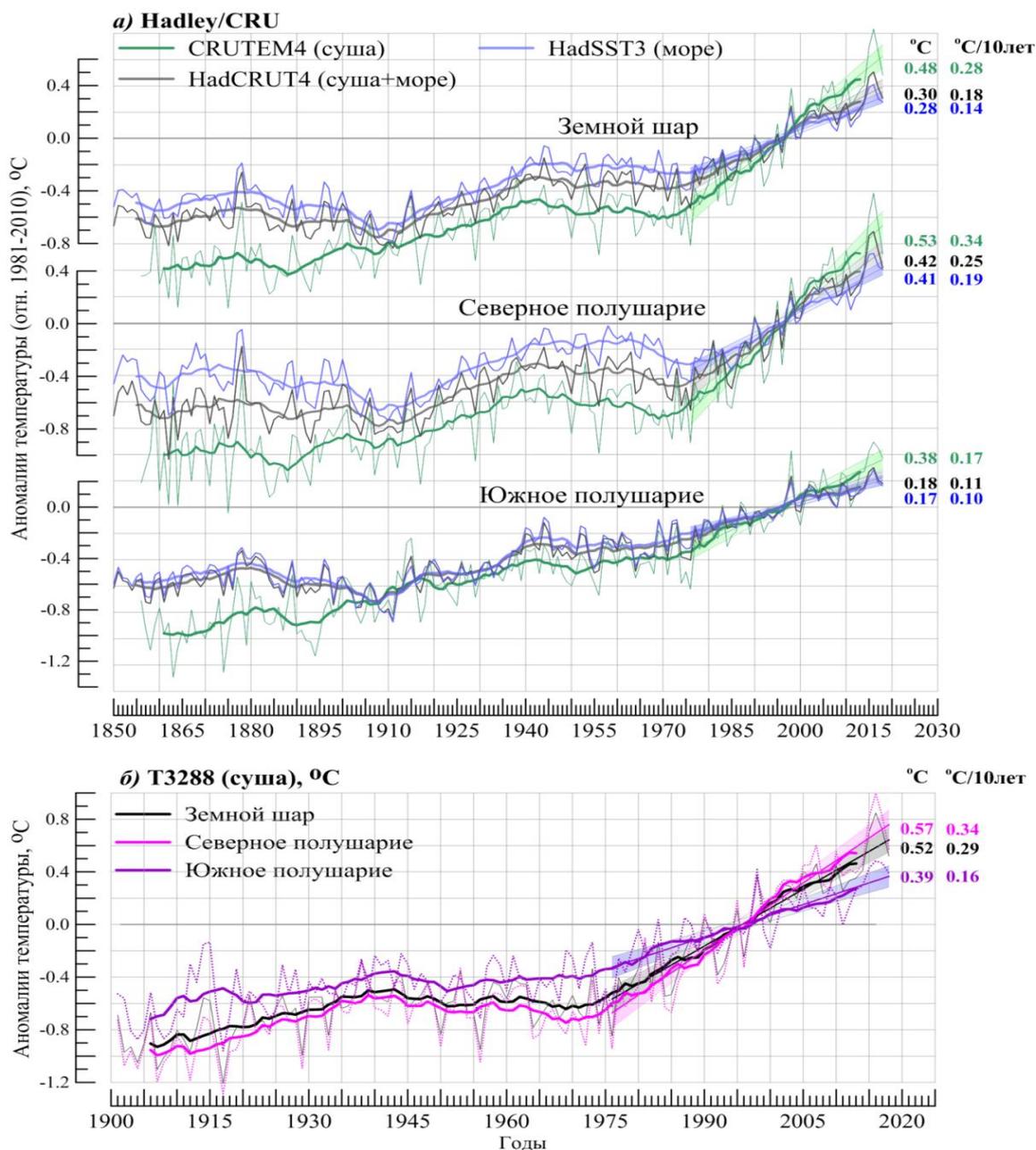


Рисунок 3.3 – Временные ряды среднегодовых аномалий приземной температуры, осредненных по территории Земного шара, Северного и Южного полушарий: а) по данным Hadley/CRU: HadCRUT4 (суша+море), CRUTEM4 (суша), HadSST3 (море); б) по данным ИГКЭ: Т3288 (суша).

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

В таблице 3.1 приведены коэффициенты линейного тренда всех рядов (по всем наборам данных), а в таблице 3.2 – показатели k_1 - k_3 , количественно уточняющие соотношение оценок в разных факторных подгруппах: суша/море, полушария (СП/ЮП), период (современный/столетие). Эти показатели рассчитаны как отношение соответствующих коэффициентов тренда (см. первый столбец табл. 3.1).

Регион	1976-2018					1919-2018				
	Год	Зима	Весна	Осень	Лето	Год	Зима	Весна	Осень	Лето
HadCRUT4 (суша+море)										
Земной шар	0.176	0.165	0.184	0.182	0.179	0.080	0.083	0.087	0.078	0.075
Северное полушарие	0.246	0.231	0.250	0.251	0.254	0.089	0.096	0.099	0.083	0.078
Южное полушарие	0.107	0.098	0.117	0.113	0.104	0.072	0.070	0.075	0.072	0.072
T3288-ИГКЭ (суша)										
Земной шар	0.288	0.280	0.302	0.273	0.301	0.120	0.142	0.140	0.100	0.096
Северное полушарие	0.341	0.333	0.372	0.318	0.345	0.132	0.163	0.161	0.106	0.099
Южное полушарие	0.164	0.157	0.141	0.167	0.202	0.086	0.080	0.083	0.085	0.090
CRUTEM4 (суша)										
Земной шар	0.279	0.275	0.290	0.266	0.289	0.115	0.128	0.132	0.100	0.099
Северное полушарие	0.336	0.335	0.364	0.313	0.335	0.126	0.149	0.155	0.102	0.100
Южное полушарие	0.166	0.155	0.140	0.173	0.198	0.092	0.086	0.088	0.096	0.097
HadSST3 (море)										
Земной шар	0.138	0.122	0.137	0.155	0.144	0.064	0.060	0.065	0.069	0.065
Северное полушарие	0.185	0.159	0.161	0.216	0.209	0.062	0.054	0.058	0.073	0.065
Южное полушарие	0.096	0.092	0.115	0.097	0.083	0.069	0.069	0.073	0.068	0.067

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

k_1	Показатель	1976-2018			1919-2018		
		ЗШ	СП	ЮП	ЗШ	СП	ЮП
k_1	$b_{T3288}/b_{HadSST3}$	2.09	1.84	1.71	1.88	2.13	1.25
	$b_{CRUTEM4}/b_{HadSST3}$	2.02	1.82	1.73	1.80	2.03	1.33
k_2	$b_{СП}/b_{ЮП}$	1976-2018			1919-2018		
		T3288	CRUTEM	HadSST	T3288	CRUTEM	HadSST
		2.08	2.02	1.93	1.53	1.37	0.90
k_3	$b_{1976-2018}/b_{1919-2018}$	СП			ЮП		
		T3288	CRUTEM	HadSST	T3288	CRUTEM	HadSST
		2.58	2.67	2.98	1.91	1.80	1.39

Приведенные оценки показывают (табл. 3.2), что потепление (и современное, и в целом за 100 лет) над сушей протекает быстрее, чем над океанами: $k_1=1.3-2.1$, причем в Северном полушарии этот контраст в последние десятилетия уменьшился (от 2.1 до 1.8), а в Южном – напротив, усилился (от 1.3 до 1.7). Таким образом, разрыв между скоростью современного потепления над континентами и океанами в Северном и Южном полушариях примерно одинаков: $k_1=1.7-1.8$.

В Северном полушарии средняя скорость глобального потепления (и современного, и в целом за 100 лет), как правило, выше, чем в Южном: $k_2>1$. Единственное исключение – потепление поверхности океанов в течение столетия 1919-2018 гг., для которого $k_2 = 0.90$. Однако, следует заметить, что различие скоростей на самом деле небольшое, т.к. оценка k_2 получена при низких значениях 100-летнего тренда в обоих полушариях: $0.062^\circ\text{C}/100$ лет в Северном полушарии и $0.069^\circ\text{C}/100$ лет в Южном.

Наконец, современное потепление определено ускорилось по сравнению со столетним – показатель $k_3>1$ в обоих полушариях, на континентах и акваториях океанов. При этом в Северном полушарии ускорение составляет 2.6-3 раза, причем наиболее интенсивно – на океанической поверхности ($k_3 = 2.98$), а в Южном полушарии – в 1.4-1.9 раза, максимально – на суше ($k_3 = 1.9$).

4. ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ РЕГИОНАЛЬНО ОСРЕДНЕННЫХ АНОМАЛИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ, 1911-2018 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, а также для Европы и Азии отдельно). Данные до 1911 г. не приводятся, т.к. представляются недостаточно полными и надежными (особенно над океанами). На всех временных рядах показаны тренды за период 1976-2018 гг., условно принятый за период современного глобального потепления. Числовые оценки трендов приведены в табл. 4.1.

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

Регион	Год	Зима	Весна	Лето	Осень
<i>HadCRUT4 (суша+море)</i>					
Атлантика (15-70N)	0.199	0.209	0.170	0.201	0.228
Тихий океан (20-65N)	0.180	0.141	0.148	0.225	0.204
Арктический пояс (65-90N)	0.591	0.604	0.639	0.426	0.625
Умеренный пояс СП (25-65N)	0.287	0.254	0.295	0.309	0.297
Тропики (25S-25N)	0.145	0.143	0.146	0.147	0.145
Умеренный пояс ЮП (65-25S)	0.127	0.092	0.124	0.114	0.101
Антарктический пояс (90-65S)	0.061	*-0.082	-0.028	0.103	0.237
<i>T3288 (суша)</i>					
Северная Америка	0.294	0.422	**0.162	0.270	0.330
Евразия	0.396	0.320	0.516	0.383	0.369
Европа	0.482	*0.480	0.458	0.526	0.451
Азия	0.371	0.277	0.531	0.341	0.345
Южная Америка	0.173	0.177	0.127	0.165	0.220
Африка	0.293	0.251	0.35	0.291	0.297
Австралия	0.190	*0.140	**0.153	0.177	0.285
Антарктида	0.046	-0.042	-0.025	0.037	*0.208

Усл. обозначения:

* $0.01 < \alpha \leq 0.05$ (тренд статистически значим на 5%-м уровне);

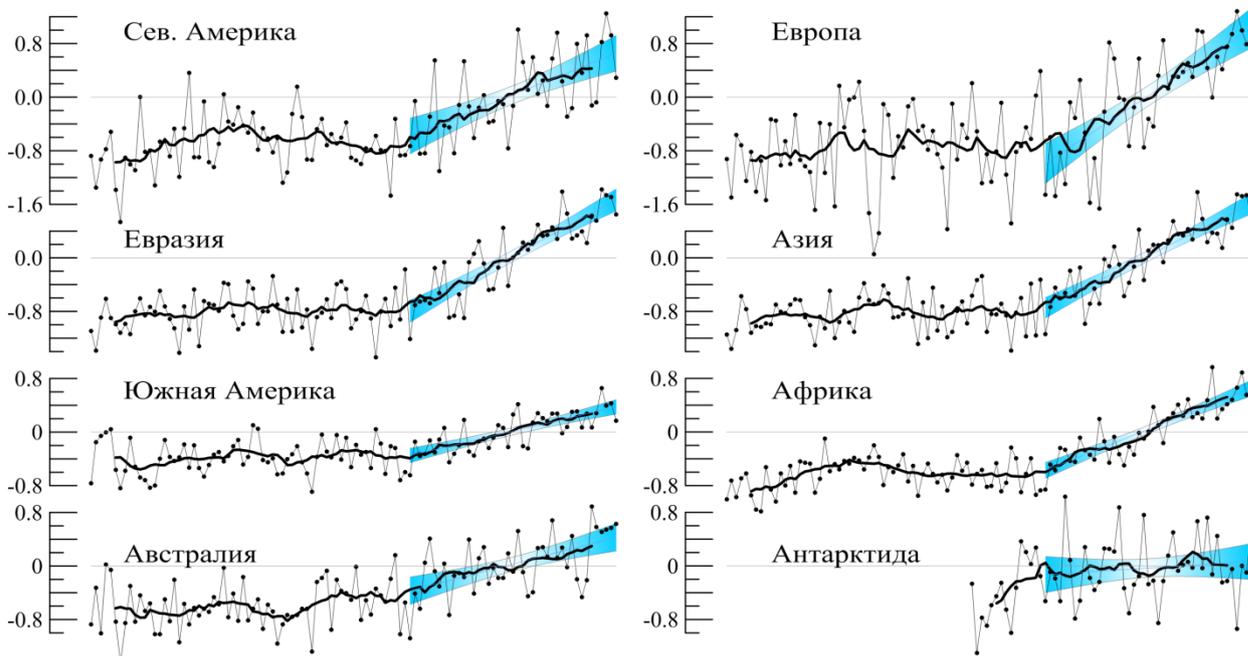
** $0.05 < \alpha \leq 0.10$ (тренд статистически значим на 10%-м уровне);

$\alpha > 0.10$ (ложный тренд, статистически незначим даже на 10%-м уровне)

В соответствии с региональными оценками (табл. 4.1, рис. 4.1-4.3), наиболее интенсивное потепление происходит в Арктическом поясе (суша+море): в среднем за год и в течение всех сезонов, кроме летнего, $0.59^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ и выше. Из континентов выделяется Европа, где тренд составляет, в среднем за год, $0.48^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ (летом $+0.53^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$). Наименее выражено потепление в Австралии и Антарктиде. В

Антарктическом поясе в целом оценки большей частью статистически не значимы даже на 10%-м уровне и указывают на тенденцию к похолоданию отдельных сезонов.

а) T3288 (только суша)



б) HadCRUT4 (суша+море)

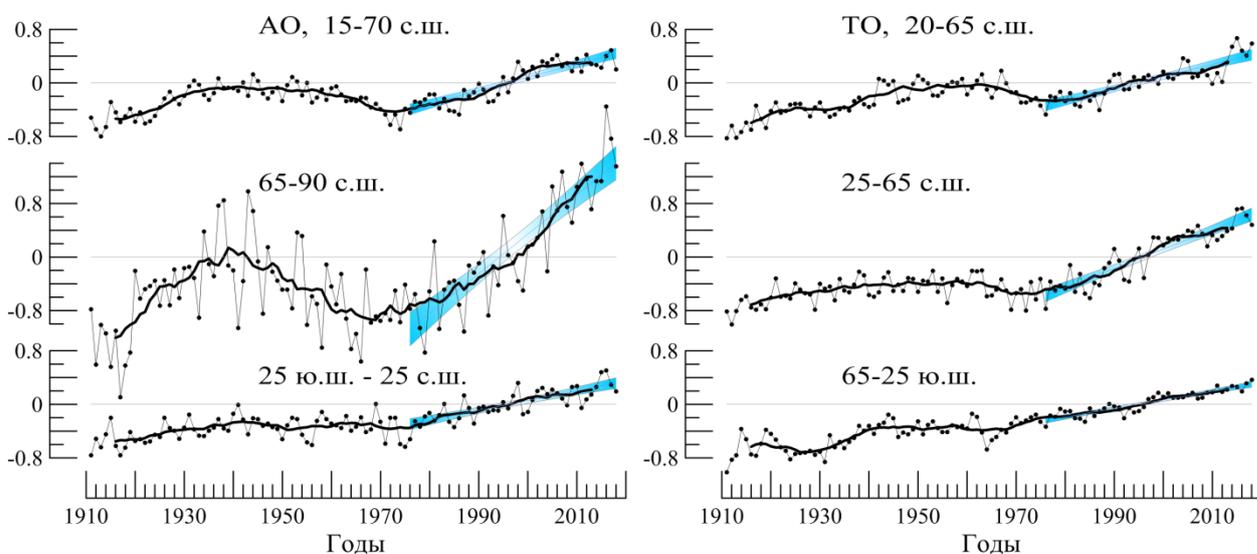


Рисунок 4.1 – Временные ряды пространственно осредненных среднегодовых аномалий приземной температуры для континентов (а), северных частей Атлантического и Тихого океанов (б, вверху) и основных широтных поясов земного шара (б, внизу).

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

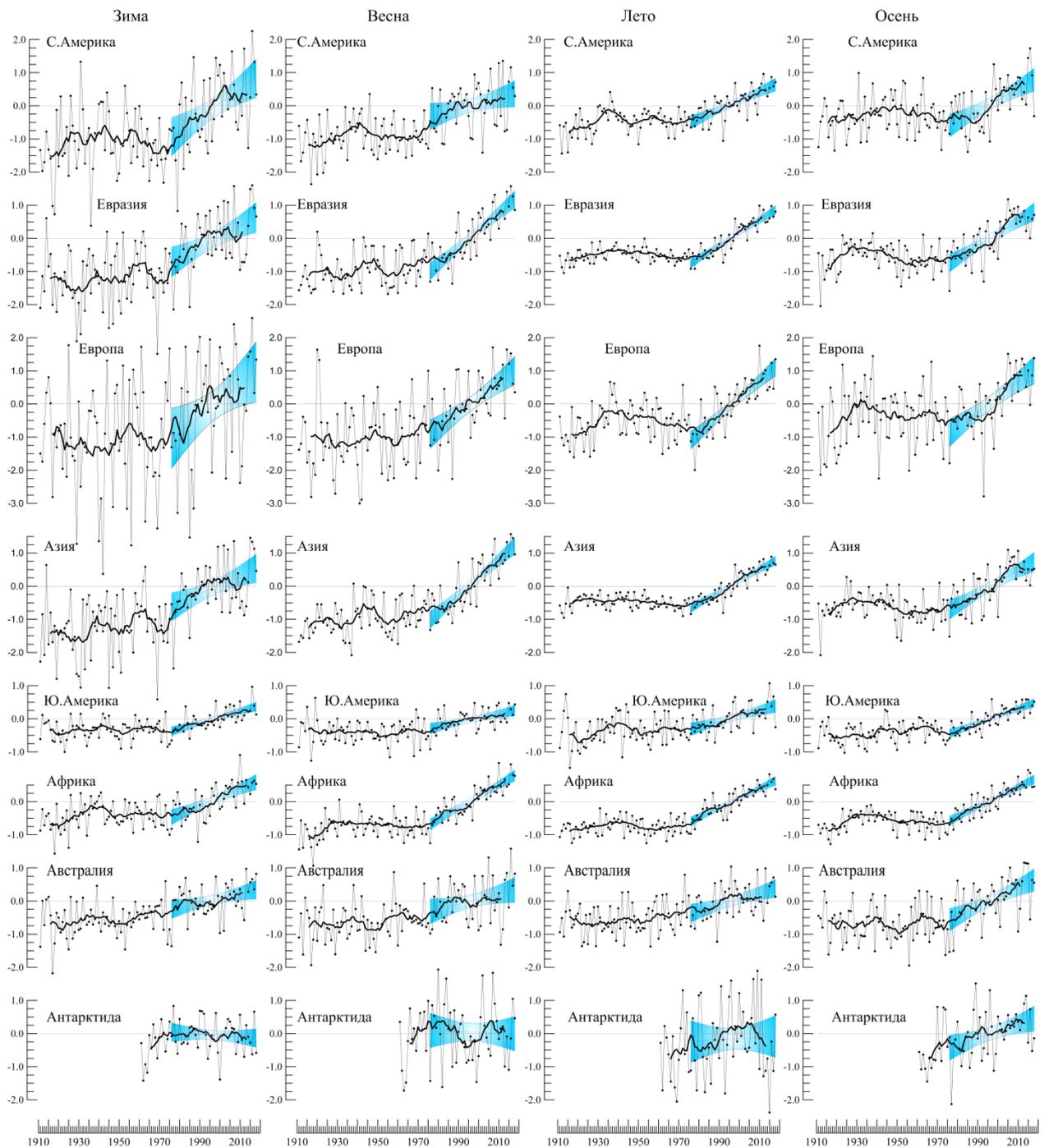


Рисунок 4.2 – См. рис. 4.1. но для аномалий сезонов и только для континентов. *Расчеты выполнены по методике и данным ИГКЭ. Использован массив станционных данных T3288.*

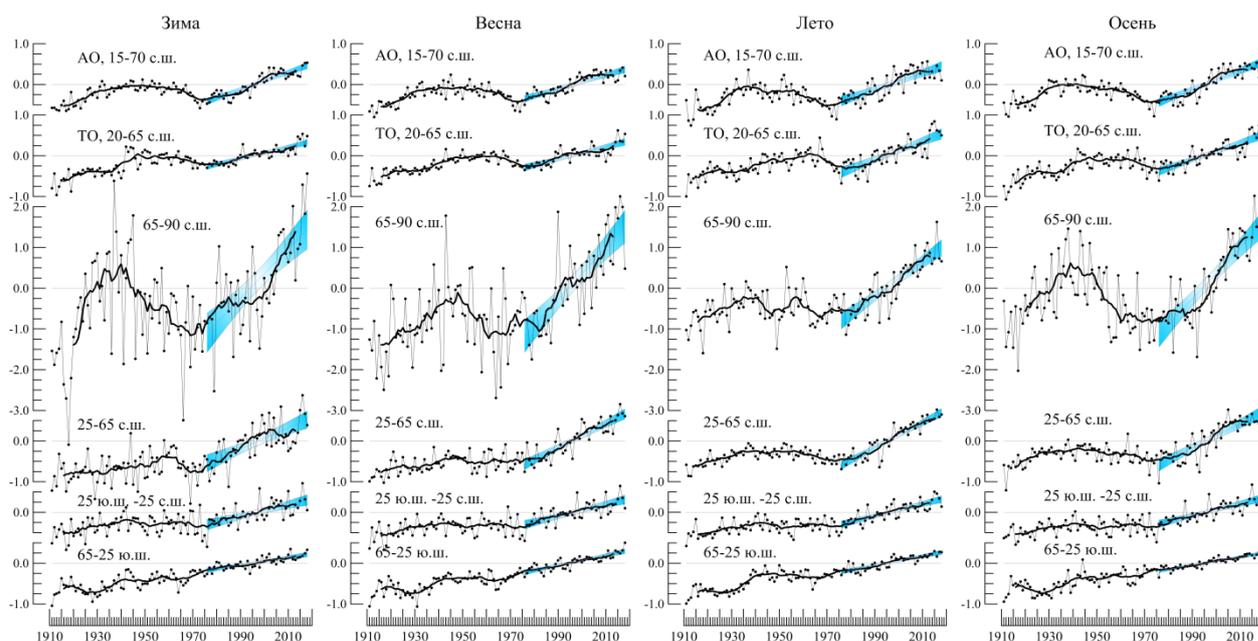


Рисунок 4.3 – См. рис. 4.2., но для океанов и широтных поясов земного шара. *Использованы сеточные данные Hadley/CRU (HadCRUT4, суша+море). Расчеты выполнены по методике ИГКЭ.*

Таблица 4.2 – Сезонный ход коэффициентов линейного тренда приземной температуры, осредненной по территории континентов, северных частей Атлантического и Тихого океанов и основных широтных поясов земного шара

Регион	Месяцы (1976-2018), °C/10 лет												Год I-XII
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
T3288 (суша)													
С.Америка	0.55	0.27	0.19	0.09	0.21	0.30	0.26	0.26	0.33	0.32	*0.34	*0.47	0.29
Евразия	*0.26	0.43	0.64	0.51	0.39	0.39	0.36	0.40	0.34	0.42	0.35	**0.25	0.40
Европа	**0.44	**0.53	**0.37	0.56	0.44	0.38	0.57	0.63	0.48	0.41	*0.47	*0.53	0.48
Азия	0.21	0.41	0.71	0.51	0.38	0.39	0.30	0.34	0.30	0.42	*0.32	0.18	0.37
Ю.Америка	0.19	0.16	0.13	0.17	0.09	0.20	0.11	0.19	0.29	0.20	0.18	0.16	0.17
Африка	0.22	0.28	0.37	0.32	0.34	0.32	0.31	0.24	0.25	0.31	0.32	0.25	0.29
Австралия	0.24	0.09	0.16	*0.22	0.08	0.15	0.28	0.10	0.29	0.36	*0.22	0.12	0.19
Антарктида	-0.02	-0.02	0.05	-0.16	0.06	-0.21	0.06	**0.29	0.18	0.28	**0.15	-0.09	0.05
HadCRUT4 (суша+море)													
АО,15-70 N	0.21	0.19	0.16	0.18	0.17	0.18	0.19	0.23	0.23	0.25	0.21	0.21	0.20
ТО,40-60 N	0.13	0.15	0.12	0.14	0.18	0.20	0.24	0.24	0.21	0.20	0.20	0.16	0.18
65-90 N	0.49	0.65	0.71	0.74	0.47	0.49	0.39	0.42	0.43	0.74	0.72	0.73	0.59
25-65 N	0.25	0.27	0.34	0.28	0.27	0.29	0.31	0.33	0.30	0.31	0.28	0.23	0.29
25 S-25 N	0.14	0.14	0.14	0.16	0.15	0.15	0.14	0.15	0.14	0.15	0.15	0.14	0.15
65-25 S	0.10	0.10	0.12	0.13	0.11	0.12	0.11	0.11	0.10	0.11	0.09	0.08	0.13
90-65 S	!-0.09	*-0.07	-0.07	-0.11	0.10	0.01	0.04	0.28	0.22	0.30	0.18	-0.08	0.06

Усл. обозначения:

* $0.01 < \alpha \leq 0.05$ (тренд статистически значим на 5%-м уровне);

** $0.05 < \alpha \leq 0.10$ (тренд статистически значим на 10%-м уровне);

□ $\alpha > 0.10$ (ложный тренд, статистически незначим даже на 10%-м уровне)

5. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА, 1976-2018 гг.

Использованы данные наблюдений на 1577 станциях (массив Т3288) и в центрах 1476 боксов (массив HadCRUT4), для которых своевременно поступили оперативные данные за 2018 год и временные ряды охватывают не менее 35 лет (включая последний).

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

Таблица 5.1 – Распределение локальных оценок тренда за **1976-2018** 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
Т3288	ЗШ	1577	33	2	9	9	1544	1182	1331	1385
			2.1%	0.1%	0.6%	0.6%	97.9%	75.0%	84.4%	87.8%
	СП	1328	14	1	4	4	1314	1037	1160	1205
			1.1%	0.1%	0.3%	0.3%	98.9%	78.1%	87.3%	90.7%
	ЮП	250	19	1	5	5	231	146	172	181
			7.6%	0.4%	2.0%	2.0%	92.4%	58.4%	68.8%	72.4%
HadCRUT4	ЗШ	1476	45	3	7	12	1431	1046	1185	1229
			3.0%	0.2%	0.5%	0.8%	97.0%	70.9%	80.3%	83.3%
	СП	924	7	0	0	0	917	733	809	830
			0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	99.2%	79.3%	87.6%	89.8%
	ЮП	552	38	3	7	12	514	313	376	399
			6.9%	0.5%	1.3%	2.2%	93.1%	56.7%	68.1%	72.3%

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

На территории суши тенденция к потеплению наблюдается почти на всей территории земного шара – локальные положительные тренды составляют около 98% всех оценок по данным Т3288, а из остальных 2% (станции с тенденцией к похолоданию) только 0.1% оценок статистически значимы на 1%-м уровне (табл. 5.1). Область наиболее интенсивного потепления - Арктика (рис. 5.1). Вдоль побережья Северного Ледовитого океана практически всюду тренд достигает +0.8°C/10 лет и более (до +1.52°C/10 лет на Новой Земле). Большая часть океанической поверхности в северном полушарии и южных тропиках (кроме западного сектора Тихого океана) также характеризуются статистически значимыми на 1%-м уровне трендами к потеплению.

Отрицательный тренд наблюдается в небольшой области на северо-востоке Афганистана (до -0.3°C/10 лет), на западе Африки, в Боливии, а также в Южном океане у вблизи Аргентины и , на некоторых станциях Восточной Антарктиды (до -0.3°C/10 лет).

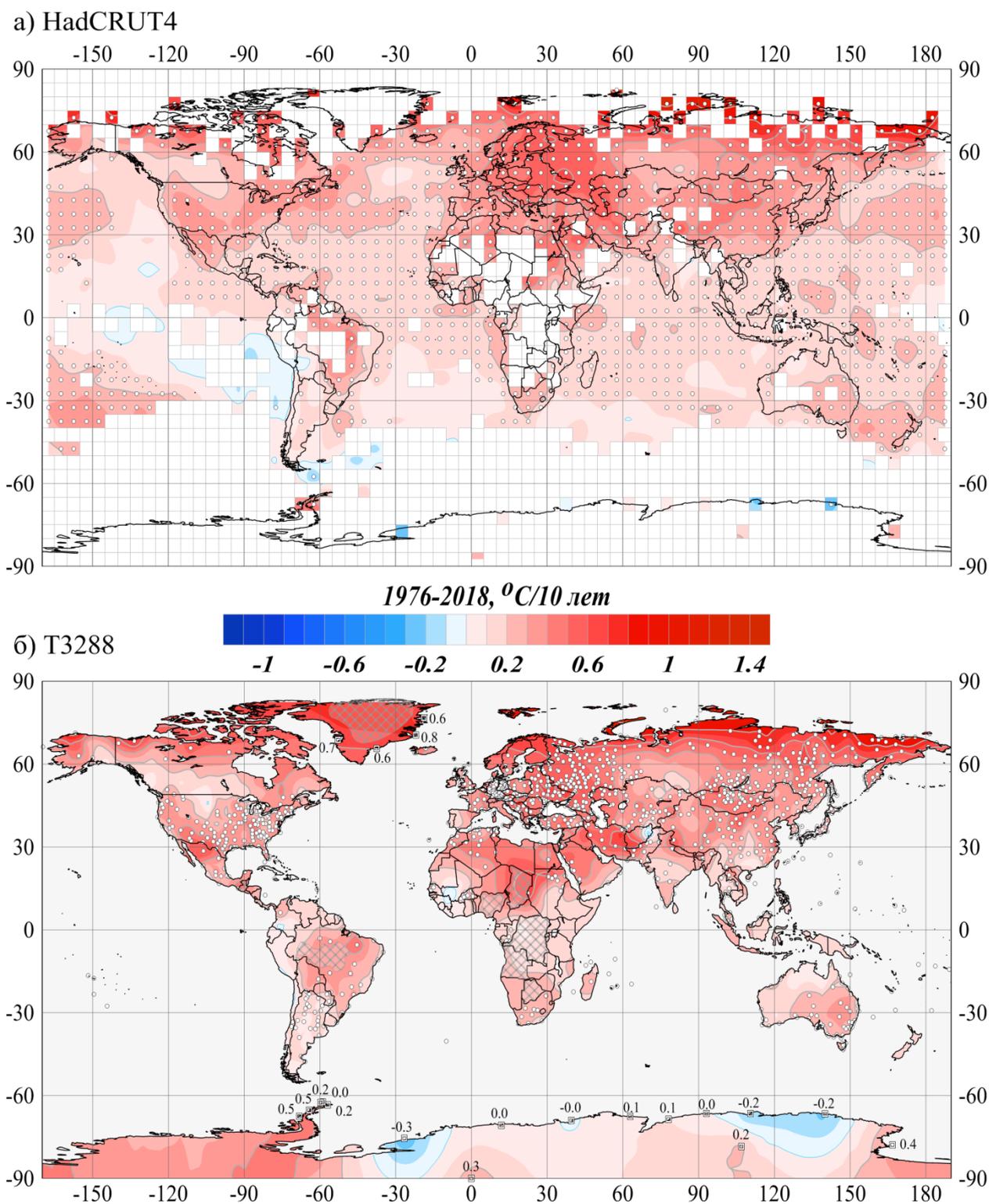


Рисунок 5.1 - Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда среднегодовой температуры у поверхности Земного шара за период 1976-2018 гг. (°C/10 лет).

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

Географическое распределение сезонных оценок трендов приповерхностной температуры приведено на рисунке 5.2, слева - по данным на полной сетке (HadCRUT4, суша+море) и справа - по данным наземных станций (Т3288, только суша).

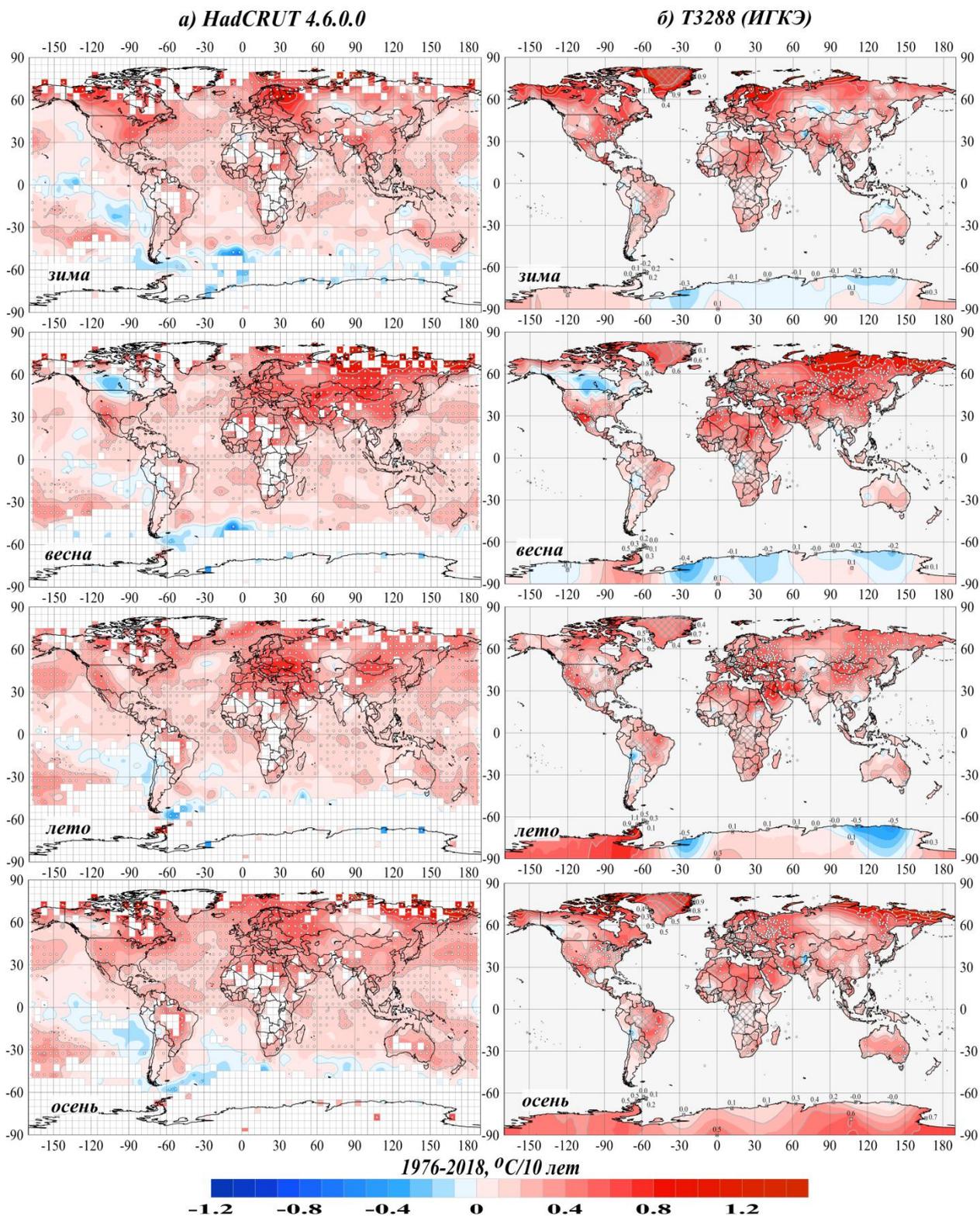


Рисунок 5.2 – См. рис. 5.1, но для коэффициентов тренда сезонных аномалий температуры .

Распределения оценок локальных трендов на рис. 5.2, на фоне описанных ранее общих характеристик, имеют ряд сезонных особенностей.

Зимой области наибольшего потепления, как и по данным 1976-2017 гг., сосредоточены на континентах Северного полушария – в основном, Арктическом регионе (севернее 65-й параллели), на западе США и в Центральной Африке. Области с тенденцией к слабому похолоданию располагаются в Южном полушарии (в Южном океане, Антарктиде и восточных районах Тихого океана), а также в центре Евразии и Боливии. В сравнении с 1976-2017 гг., тренд в центре Евразии незначительно усилился (до $-0.3^{\circ}\text{C}/10$ лет), а на территории Боливии, без учета данных 2018 г., тренд был слабым положительным.

Весной выделяется обширная область с тенденцией к похолоданию в Северной Америке (до $-0.3^{\circ}\text{C}/10$ лет). Положительным статистически значимым трендом охвачена практически вся территории Евразии, за исключением Восточно-Европейской равнины и юго-восточной Азии.

Летом наиболее высокая скорость потепления отмечается, как и без учета 2018 г., в Восточной Европе, Передней Азии, Северной Африке и в Западной Антарктиде. Как и в другие сезоны, отрицательный тренд обнаруживается в океанах - в Южном (в секторах Атлантического и Индийского океанов) и в Тихом океанах (у западных берегов Южной Америки). На континентах тенденция к похолоданию летних сезонов получена только в Казахстане и Боливии.

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, на Аляске и в Боливии. Отличительной особенностью осенних сезонов является наличие на территории Сибири обширной области с практически нулевым трендом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Период 2015-2018 гг. стал самым теплым в истории инструментальных наблюдений. в целом по Земному шару, как над сушей, так и над поверхностью Мирового океана.. Абсолютный максимум был достигнут в 2016 г. – аномалия $+0.848^{\circ}\text{C}$ в среднем по территории суши Земного шара, 0.408°C – на поверхности Мирового океана и 0.504°C - по всей территории (суша+море). Однако в течение двух последних лет резкий рост температуры в 2015-2016 гг. был значительно скомпенсирован, и к концу 2018 года глобальная температура почти вернулась к уровню 2014 года.

2. По всем источникам данных (суша, море, суша+море), 2018 год занял четвертое место среди самых теплых лет по глобальной температуре для Земного шара в целом, и 4-6-е место для Северного и Южного полушарий. По данным T3288 (только суша) аномалия приповерхностной температуры в 2018 г., составила 0.520°C (ранг 4), 0.571°C (ранг 5), 0.389°C (ранг 5), соответственно.

3. В 2018 году, как и в предыдущие годы, на территории Земного шара преобладали положительные аномалии приповерхностной температуры, но доля их существенно снизилась – 81.9% доступных наземных данных против 97.5% в 2017г. При этом, в отличие от 2015-2017 гг., во все сезоны текущего года наблюдались крупные отрицательные аномалии, как на суше, так и на акваториях океанов.

4. Рекордно теплым (в среднем по территории региона) 2018 год стал в умеренном поясе Южного полушария ($25-65^{\circ}$ ю.ш.), а в среднем по акватории Тихого океана - вторым самым теплым. В Арктике положительные аномалии температуры наблюдались на 92.6% боксов (93.8% станций); примерно на трети из них, год попал в число 5% самых теплых с 1911 года.

5. Температурный режим в течение года отмечен значительными аномалиями и контрастами. *Наличие практически в каждом месяце крупных и интенсивных аномалий обоих знаков на материках Северного полушария можно считать главной особенностью 2018 года.* В каждом из сезонов, за исключением летнего, региональные аномалии достигли рекордных значений: зима 2017-2018 гг. была рекордно теплой в Арктике и над северной Атлантикой, весна и осень – в умеренном поясе Южного полушария, и осень – также над акваторией северной части Тихого океана.

6. На большей части Земного шара продолжается потепление: положительные тренды составляют около 98% всех локальных оценок (по данным стационарных наблюдений). Регион наиболее интенсивного потепления - Арктический пояс (территория севернее 65 -й параллели), где средняя скорость потепления в течение 1976-2018 гг. составила $0.59^{\circ}\text{C}/10$ лет. Без учета океанов, таким регионом является Европа, где тренд составляет в среднем за год $0.48^{\circ}\text{C}/10$ лет, летом – $0.53^{\circ}\text{C}/10$ лет.

7. Современное (1976-2018 гг.) и столетнее потепление над сушей протекает быстрее, чем над океанами (в 1.3-2.1 раз), причем в Южном полушарии этот контраст усилился в последние десятилетия. В Северном полушарии средняя скорость современного глобального потепления выше, чем в Южном. Современное потепление ускорилось, в среднем, в сравнении с потеплением последнего столетия, в Северном полушарии примерно в 2.6-3.0 раза, причем наиболее интенсивно – на акваториях океанов, а в Южном полушарии – в 1.4-1.9 раза, максимально – на суше.