

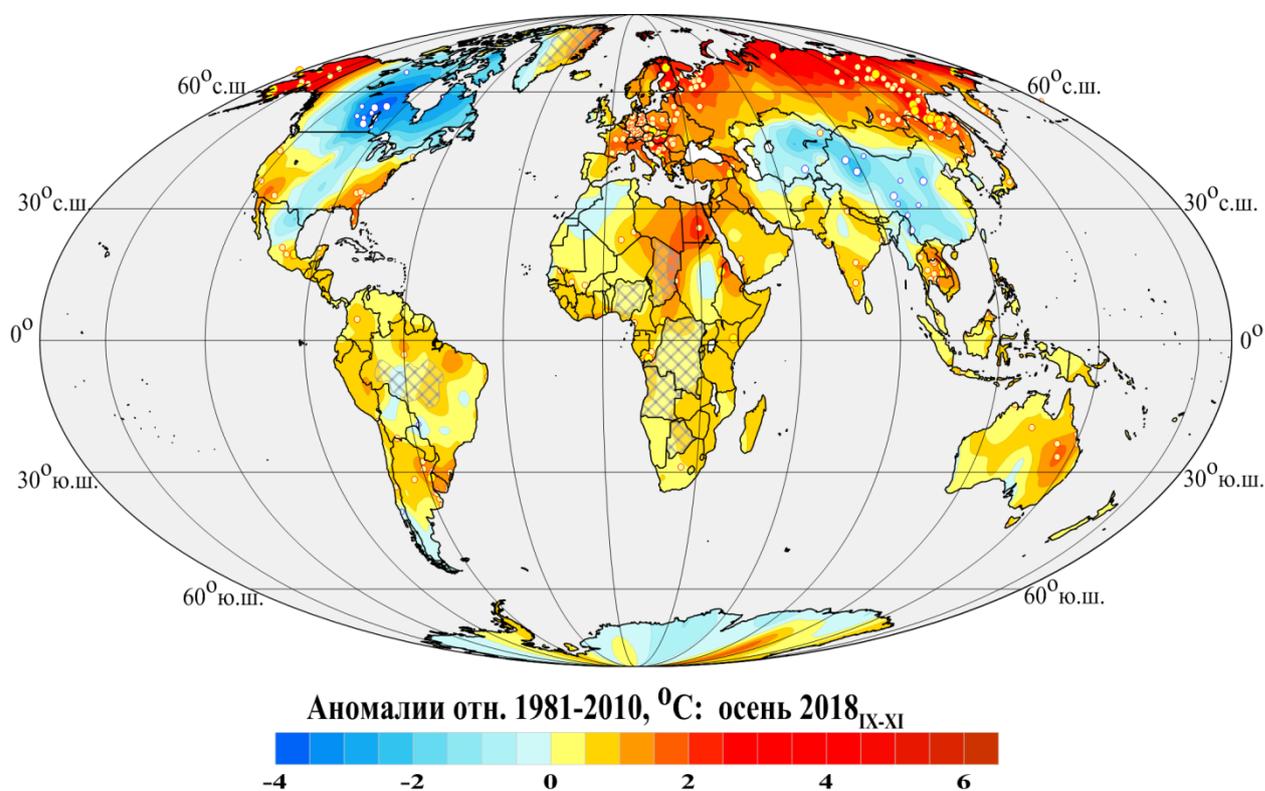
Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу
| окружающей среды

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

Бюллетень мониторинга изменений климата Земного шара

Приземная температура

Осень 2018



Использованы станционные данные ИГКЭ: Т3288

Москва 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ^{1,2}

1. ВВЕДЕНИЕ	3
2. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ШАРА ОСЕНЬЮ 2018 года. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ АНОМАЛИИ	6
3. КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗЕМНОГО ШАРА ЗА ПЕРИОД ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ 1850-2018 гг. (осенний сезон)	13
4. ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ РЕГИОНАЛЬНО ОСРЕДНЕННЫХ АНОМАЛИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ, 1911-2018 гг. (осенний сезон)	18
5. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА, 1976-2018 гг. (осенний сезон)	21
6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	25

¹ Бюллетень подготовлен в ФГБУ «ИГКЭ». 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 средних сезонных аномалий температуры приземного воздуха над сушей Земного шара: осень 2018 года.

ВВЕДЕНИЕ

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

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

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

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

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

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

Сравнение глобальных временных рядов сезонных аномалий температуры приземного воздуха по данным T3288 (ИГКЭ) и CRUTEM4 (Hadley/CRU). Близость рядов примерно с середины прошлого столетия четко видна уже визуально (рис. 1.1). Количественные результаты их сравнения (статистические характеристики попарных разностей) по данным за 1976-2018 гг. и 1919-2018 гг. приведены в табл. 1.1 для Земного шара, Северного и Южного полушарий.

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

⁴ Массивы CRUTEM4 (температура воздуха над сушей), HadSST3 (температура воды на поверхности океанов и морей) и HadCRUT4 (объединенные данные над континентами и океанами) созданы и поддерживаются совместно двумя коллективами Великобритании: Хэдли-центром (Met Office Hadley Centre) и Университетом Восточной Англии (CRU UEA UK). 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 30.12.2018.

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

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

Среднее различие рядов за 1919-2018 гг. не превышает 0.02°C (табл. 1.1, рис. 1.1), а за период 1976-2018 гг. отсутствует вовсе. Стандартное отклонение различий за эти периоды (0.03–0.05°C) на порядок ниже стандартного отклонения самих рядов (0.3–0.5°C). За период с 1976 г. максимальные различия не превышали 0.08°C, тогда как в более ранние годы они достигали 0.16°C. При этом во всех случаях ряды характеризуются исключительно высокой корреляцией (не ниже 0.99) и предельно низким различием трендов (до ±0.01°C/10 лет).

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

Показатель	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, °C	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02
СКО (сигма) различий, °C	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.05
Среднее абсолютное различие, °C	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.04
Макс. абсолютное различие, °C	0.08	0.08	0.07	0.14	0.11	0.16
Разность коэфф. тренда, °C/10лет	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01
СКО T3288, °C	0.42	0.50	0.29	0.40	0.45	0.33
СКО CRUTEM4, °C	0.41	0.48	0.28	0.39	0.44	0.33

По данным обоих массивов (табл. 1.2, рис. 1.1) видно, что приземная температура осенью 2018 г. несколько понизилась по сравнению с предыдущим осенним сезоном в среднем по Земному шару и Северному полушарию (в среднем на 0.1 °C). При этом в Северном полушарии продолжается тенденция к снижению после 2015 г., но сохраняется положительный знак суммарного изменения (относительно 2014 г.). В Южном же полушарии в этом сезоне температура практически не изменилась, по сравнению с прошлогодним, но в целом за четыре года понизилась на 0.1 °C.

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

Межгодовые разности	Данные T3288, °C (ИГКЭ)			Данные CRUTEM4, °C (Hadley/CRU)		
	ЗШ	СП	ЮП	ЗШ	СП	ЮП
2018-2017	-0.084	-0.124	0.008	-0.091	-0.121	-0.031
2017-2016	0.023	-0.016	0.121	0.011	-0.048	0.129
2016-2015	-0.211	-0.195	-0.260	-0.232	-0.231	-0.234
2015-2014	0.360	0.492	0.052	0.344	0.494	0.045
2018-2014	0.088	0.157	-0.079	0.032	0.094	-0.091

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

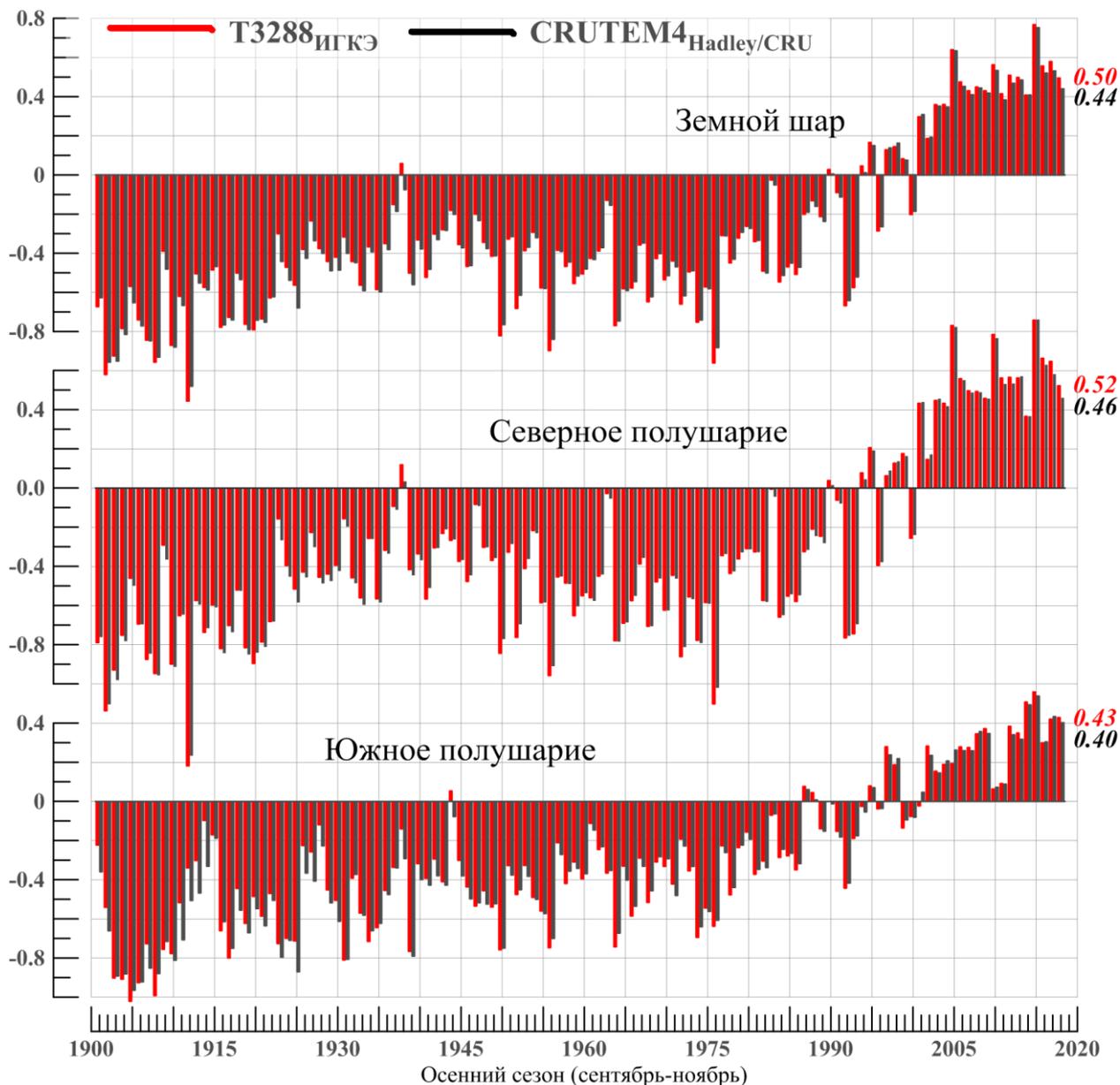


Рисунок 1.1 – Временные ряды пространственно осредненных сезонных аномалий температуры приземного воздуха над сушей Земного шара, Северного и Южного полушарий (°С, 1901-2018 гг., осень). *Использованы временные ряды, рассчитанные по данным массива T3288 (ИГКЭ Росгидромета и РАН) и глобальные временные ряды CRUTEM4 (Hadley/CRU). Справа приведены числовые значения сравниваемых рядов в последней точке (осень 2018 г.).*

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

В целом для материков и океанов Земного шара и обоих полушарий, по всем наборам данных, самым теплым осенним сезоном в истории наблюдений остается осень 2015 года (табл. 2.1). Осенний сезон 2018 года стал одним из самых теплых для суши Южного полушария и океанических акваторий обоих полушарий (3-4 место) и десятым в среднем по территории суши Северного полушария (табл. 2.1). В целом по территории континентов и океанов (суша плюс море), текущий сезон также стал третьим самым теплым для Земного шара и Южного полушария и пятым – для Северного полушария.

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

№	ЗШ		СП		ЮП	
	VT, °C	Год	VT, °C	Год	VT, °C	Год
HadCRUT4 (Hadley/CRU, суша+море)						
1	0.550	2015	0.765	2015	0.337	2015
2	0.350	2016	0.530	2005	0.292	1997
3	0.348	2018	0.506	2016	0.236	2018
4	0.328	2005	0.471	2017	0.207	2009
5	0.303	2014	0.463	2018	0.196	2016
6	0.297	2013	0.432	2013	0.189	2014
T3288 (ИГКЭ, суша)						
1	0.767	2015	0.857	2015	0.559	2015
2	0.640	2005	0.829	2005	0.507	2014
3	0.579	2017	0.783	2010	0.428	2018
4	0.562	2010	0.662	2016	0.420	2017
5	0.556	2016	0.646	2017	0.383	2012
6	0.509	2012	0.564	2012	0.371	2009
CRUTEM4 (Hadley/CRU, суша)						
1	0.752	2015	0.859	2015	0.538	2015
2	0.634	2005	0.821	2005	0.493	2014
3	0.533	2010	0.764	2010	0.433	2017
4	0.531	2017	0.628	2016	0.402	2018
5	0.520	2016	0.580	2017	0.356	2008
6	0.485	2013	0.569	2013	0.346	2009
HadSST3 (Hadley/CRU, море)						
1	0.503	2015	0.695	2015	0.268	2015
2	0.364	2016	0.539	2016	0.245	1997
3	0.358	2018	0.530	2014	0.232	2016
4	0.325	2014	0.510	2018	0.203	2018
5	0.250	1997	0.464	2017	0.166	2001
6	0.246	2017	0.369	2006	0.157	2009

О самых ярких региональных особенностях температурного режима осеннего сезона 2018 г. можно судить по данным таблицы 2.2, в которой приведены пространственно осредненные оценки аномалий для крупных регионов мира – материков,

океанов и основных широтных поясов земного шара. Согласно таблице, эта осень была рекордно теплой над акваторией Тихого океана в Северном полушарии и над умеренным поясом Южного полушария (25-65°ю.ш.). В среднем по территории суши Южного полушария и в Европе (по данным ИГКЭ) осень 2018 г. была третьей самой теплой, а сентябрь 2018 года в Европе стал самым теплым за всю историю наблюдений. Отрицательные аномалии в среднем по территории континента были получены для Северной Америки на протяжении всего сезона, в Австралии – в сентябре, в Антарктиде – в сентябре и в среднем за сезон.

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

Регион	Осень		Сентябрь		Октябрь		Ноябрь	
	vT_{IX-XI}	F%	vT_{IX}	F%	vT_X	F%	vT_{XI}	F%
HadCRUT4 (суша+море)								
Земной шар*	0.35	98	0.33	97	0.40	99	0.32	94
Северное полушарие*	0.46	96	0.47	95	0.56	99	0.36	91
Южное полушарие*	0.24	98	0.18	97	0.24	97	0.29	97
Атлантика (15-70N)	0.17	83	0.29	89	0.19	81	0.03	69
Тихий океан (20-65N)	0.75	100	0.58	97	0.75	100	0.92	100
Арктический пояс (65-90N)	1.48	98	1.13	97	2.06	98	1.28	83
Умеренный пояс СП (25-65N)	0.43	91	0.50	94	0.57	96	0.21	84
Тропики (25S-25N)	0.34	97	0.29	97	0.33	95	0.41	98
Умеренный пояс ЮП (65-25S)	0.28	100	0.25	100	0.28	97	0.31	100
Антарктический пояс (90-65S)	-0.16	55	-0.98	39	0.19	68	0.31	69
IGCE-T3288 (суша)								
Земной шар	0.50	94	0.55	95	0.66	99	0.32	88
Северное полушарие	0.52	92	0.57	94	0.73	97	0.29	86
Южное полушарие	0.43	98	0.50	97	0.46	97	0.40	96
Северная Америка	-0.31	41	-0.07	59	-0.27	38	-0.70	36
Евразия	0.71	94	0.76	97	1.21	99	0.23	75
Европа	1.38	98	1.91	100	1.26	96	0.94	69
Азия	0.53	92	0.45	93	1.17	99	0.06	75
Южная Америка	0.52	96	1.00	98	0.22	88	0.29	92
Африка	0.45	94	0.60	98	0.21	84	0.56	94
Австралия	0.55	91	-0.07	72	1.34	95	0.47	83
Антарктида	-0.14	58	-0.92	39	0.22	60	0.40	76
CRUTEM4 (суша)								
Земной шар*	0.44	92	0.49	94	0.57	98	0.27	86
Северное полушарие*	0.46	90	0.50	94	0.65	96	0.23	83
Южное полушарие*	0.40	97	0.46	97	0.40	96	0.35	95

Условные обозначения.

1. vT , °С – аномалия 2018 года (базовый период 1981-2010 гг.);
2. F% – значение эмпирической функции распределения $F = \text{prob}(X \leq vT_{2018})$ по данным за 1911-2018 гг. (вероятность неперевышения)
3. Красным шрифтом выделены абсолютные максимумы – наибольшие из всех значений ряда за 1911-2018 гг., синим шрифтом – отрицательные аномалии.

Особенности географического распределения аномалий. Осень 2018 года характеризуется наличием крупных сезонных аномалий, положительных и отрицательных, на континентах и океанах Северного полушария, а также отрицательных аномалий в океанах Южного полушария (рис. 2.1).

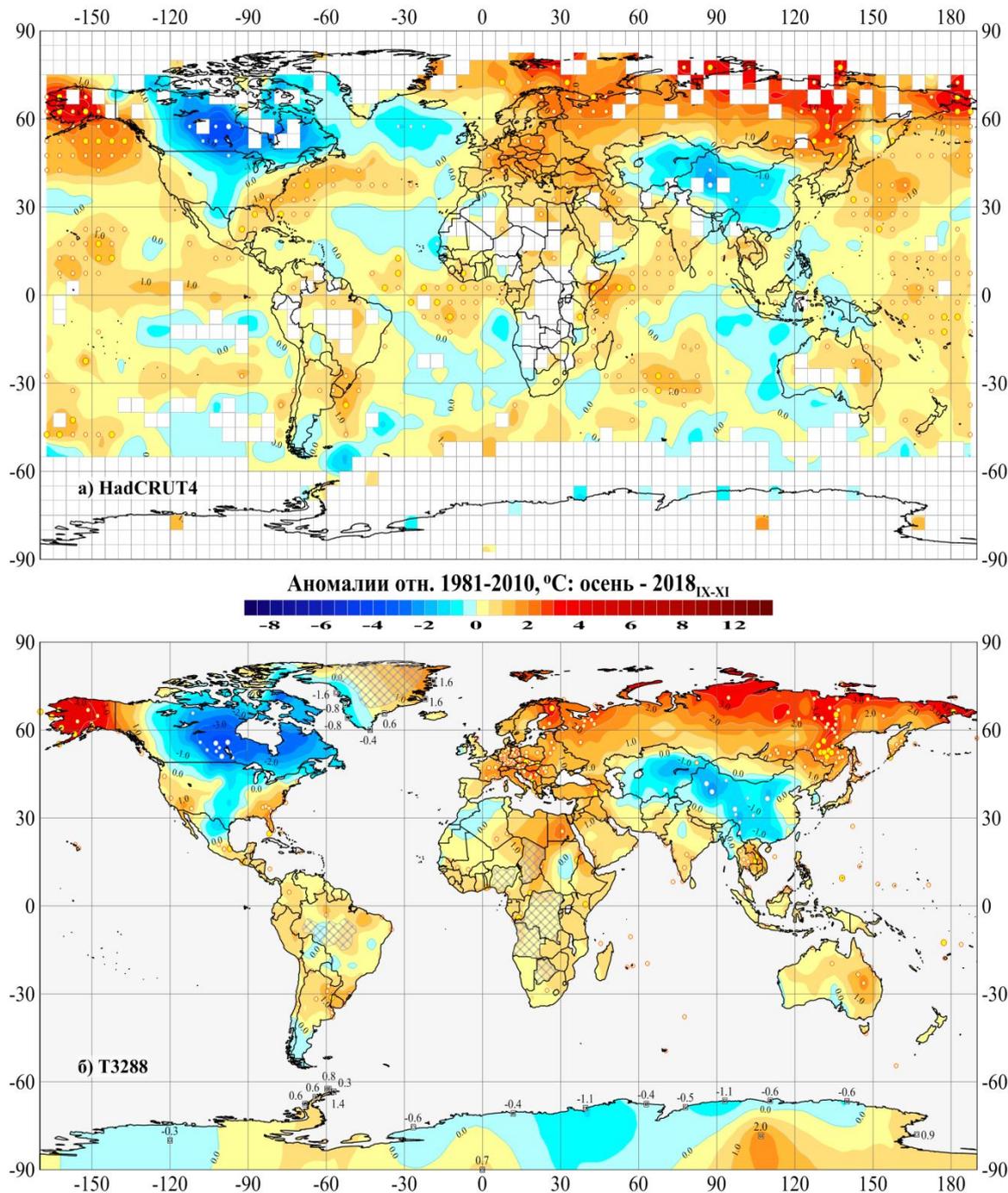


Рисунок 2.1 – Пространственное распределение сезонных аномалий приземной температуры (°C) на территории Земного шара осенью 2018 г.: а) по сеточным данным HadCRUT4 (Hadley/CRUUK); б) по станционным данным T3288 (ИГКЭ).

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

Так, в умеренном поясе Северного полушария (25-65°с.ш.) отрицательные аномалии температуры наблюдались на 28% боксов (26% наземных станций); из них на 2.7% осуществились 5%-е экстремумы холода, а на 0.4% были зафиксированы новые минимумы.

На суше число станций с отрицательными аномалиями составило 26% станций, 5%-х экстремумов холода 2% и абсолютных минимумов 0.8%. В частности, крупные очаги экстремально холодных условий наблюдались в Северной Америке (большая часть Канады (до -3.8°C), центр США, север Мексики) и Азии (Китай и Средняя Азия). Слабые отрицательные аномалии отмечены практически на всех континентах – в Северной Африке (Марокко, Алжир), на юге и в центре Южной Америки, на юге Австралии и в Ирландии, и на акваториях всех океанов (с 5%-ми минимумами в Северной Атлантике).

Таблица 2.3 – Количество локальных экстремумов на территории Земного шара осенью 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	1707	24.4	75.6	1.0	19.5	0.1	3.5
СП	984	22.4	78.5	1.7	24.5	0.2	4.3
ЮП	715	27.4	72.6		12.9		2.4
90-65S	14	64.3	35.7				
65-25S	385	28.8	71.2		10.6		1.8
25S-25N	640	19.1	80.9	0.2	21.6		3.9
25-65N	549	28.4	71.6	2.7	23.0	0.4	3.6
65-90N	119	15.1	84.9	0.8	23.5		5.9
T3288 (только суша)							
ЗШ	1774	22.8	77.2	1.5	20.4	0.5	2.5
СП	1465	23.8	76.2	1.6	21.7	0.6	2.9
ЮП	310	17.7	82.3	0.6	14.2		1.0
90-65S	14	64.3	35.7				
65-25S	162	16.7	83.3	0.6	12.3		0.6
25S-25N	346	16.8	83.2	0.6	25.4	0.3	3.5
25-65N	1147	26.3	73.7	2.0	20.1	0.8	2.3
65-90N	110	9.1	90.9	0.9	22.7		5.5

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

Условные обозначения:

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

Наиболее теплые условия сложились в Арктике - практически на всей территории севернее 65°с.ш., кроме Канадского Арктического Архипелага и западного побережья Гренландии (рис. 2.1). Здесь на 90.9% станций зафиксированы положительные аномалии температуры (84.9% боксов), среди которых на 22.7% станций осуществились 5%-е экстремумы тепла, в том числе на 5.5% станций установлены новые максимумы среднемесячной температуры.

Крупные области экстремально теплых условий (с большим количеством абсолютных экстремумов) наблюдались на севере Европы (Финляндия и северо-западная территория России), на Дальнем Востоке России и Аляске. Очаги значительных положительных аномалий с локальными 5%-ми экстремумами тепла и абсолютными максимумами наблюдались также на большей части Зарубежной Европы, западе Австралии, Египте, на западе и юго-востоке США, в Южной Америке.

В океанах положительными аномалиями охвачена практически вся центральная и северная часть Тихого океана, Атлантика у побережья США и Мексики, Уругвая и в приэкваториальных водах, а также южная и северо-западная части Индийского океана. Наиболее интенсивные аномалии наблюдались в Северном Ледовитом океане вдоль побережья Евразии (до +4.3°C) (освещенность наблюдениями в данном регионе сильно ограничена).

Внутрисезонные особенности распределения аномалий.

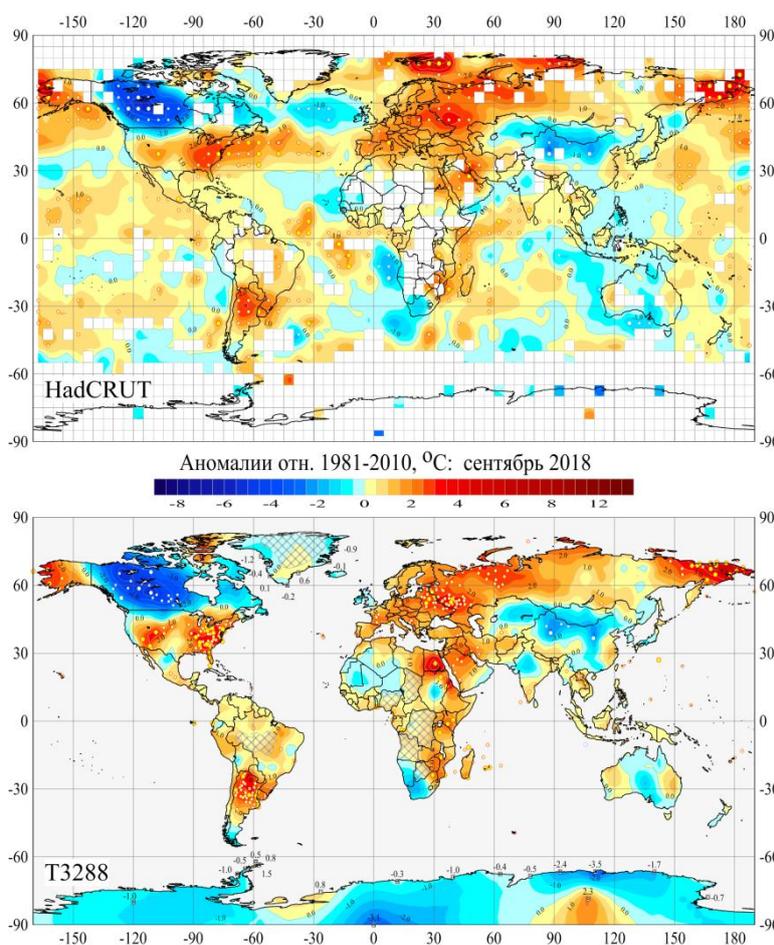


Рисунок 2.2а – См. рис. 2.1, но для аномалий сентября 2018 г.

В сентябре (рис. 2.2а) многочисленные области тепла отмечены в различных регионах на территории суши земного шара: в Европе (включая Европейскую часть России и Урал), на Чукотке и Аляске, на восточном побережье Африки и на Аравийском полуострове, на западе и востоке США, на севере Аргентины и в Уругвае. На 96 станциях были превышены прежние максимумы средней месячной температуры сентября (большая их часть – на территории США и на Дальнем Востоке России).

В то же время почти на всех материках (кроме Южной Америки) наблюдались обширные области отрицательных аномалий. Мощная отрицательная аномалия охватила всю территорию Канады. Здесь на многих станциях наблюдалась температура ниже 5-

го процентиля; в ряде случаев зафиксированы новые минимумы. Экстремально низкая температура отмечена также на территории Китая.

Интенсивные положительные аномалии температуры поверхности океана (ТПО) наблюдаются в районе Шпицбергена (до 2.3°C), в Северной части Тихого океана (до 2.4°C), на западе и северо-западе Индийского океана, в Атлантическом океане – в экваториальной части, у восточного побережья США и Уругвая.

Отрицательные аномалии ТПО с абсолютными минимумами расположены около южного побережья Австралии, к западу от Намибии и Анголы, 5%-е минимумы были зафиксированы в Северной Атлантике.

Октябрь характеризуется интенсивной положительной аномалией, охватывающей всю азиатскую часть России и Аляску (рис. 2.2б). На 69 станциях в этом месяце были зафиксированы новые максимумы (аномалия до 8.8°C). Усилилась положительная аномалия ТПО к югу от Аляски (до 3.2°C) и ослабла аномалия вблизи Шпицбергена.

В Южной Африке и Австралии также установилась положительная аномалия (после отрицательной в сентябре), а на юге Южной Америки, напротив, положительная аномалия сентября в октябре сменилась слабой отрицательной.

Отрицательная аномалия с 5%-ми экстремумами сохраняется на территории Китая (до -4.1°C), а в Северной Америке ее ареал, хотя и заметно меньшей интенсивности, распространился на большую часть внутренней территории США. Ядро этого очага с минимумом -4.6°C сместилось на восточную территорию Канады (в сентябре минимум составил -6.0°C).

В Южном океане, к северу от Антарктического полуострова, усилилась небольшая область холода с абсолютным минимумом -1.8°C, а в центральном секторе Антарктиды на береговых станциях зафиксированы аномалии -1.6, -2.6 и -5.2°C.

В ноябре (рис. 2.2в) значительно уменьшилось (в сравнении с октябрём) общее количество локальных экстремумов и площадь территории с положительными аномалиями. Интенсивная положительная аномалия на суше отмечается теперь только на

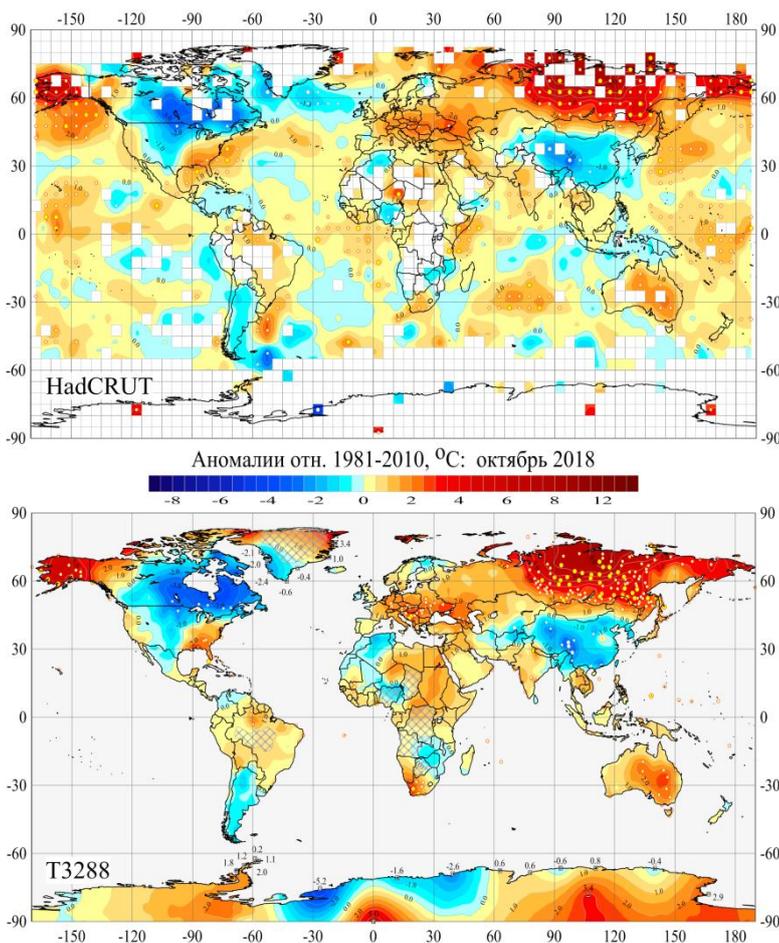
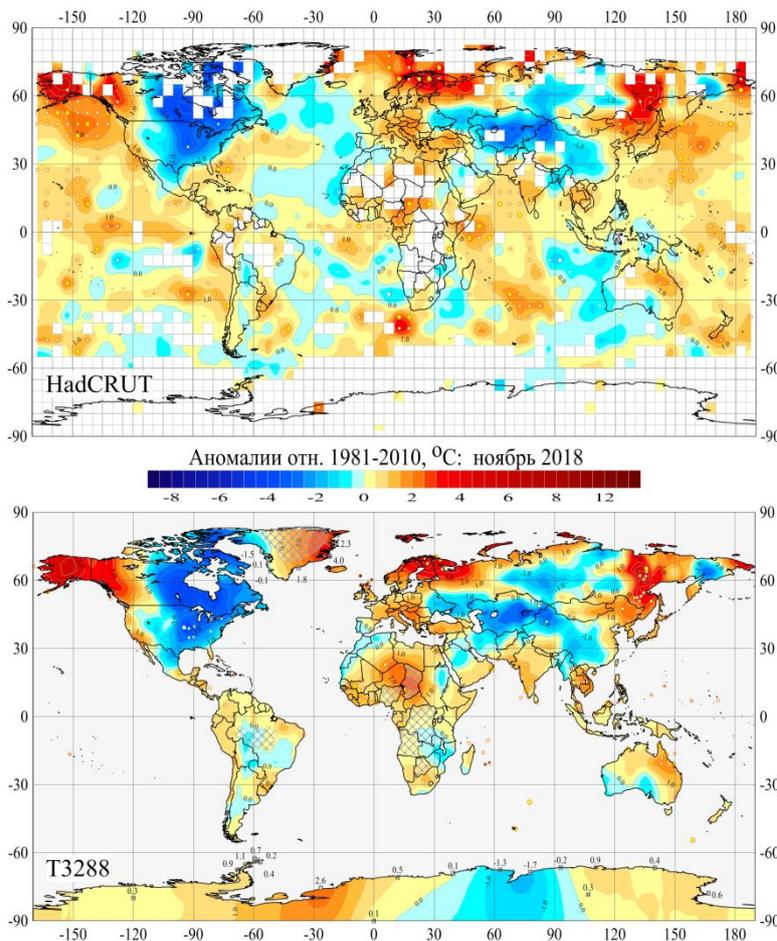


Рисунок 2.2б – См. рис. 2.1, но для аномалий октября 2018 г.

севере ЕЧР и в Скандинавии, а также на Дальнем Востоке России и Аляске. В океанах положительная аномалия ТПО сохраняется к югу от Аляски третий месяц подряд.



Отрицательные аномалии в этом месяце занимают практически всю территорию Северной Америки (восточнее 120° з.д.) и значительную часть Евразийского континента. Область наиболее интенсивных аномалий в Северной Америке расположена в восточной части континента (до -3.8°C), а в Евразии - в Казахстане и Китае (до -4.3°C).

Рисунок 2.2в – См. рис. 2.1, но для аномалий ноября 2018 г.

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

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

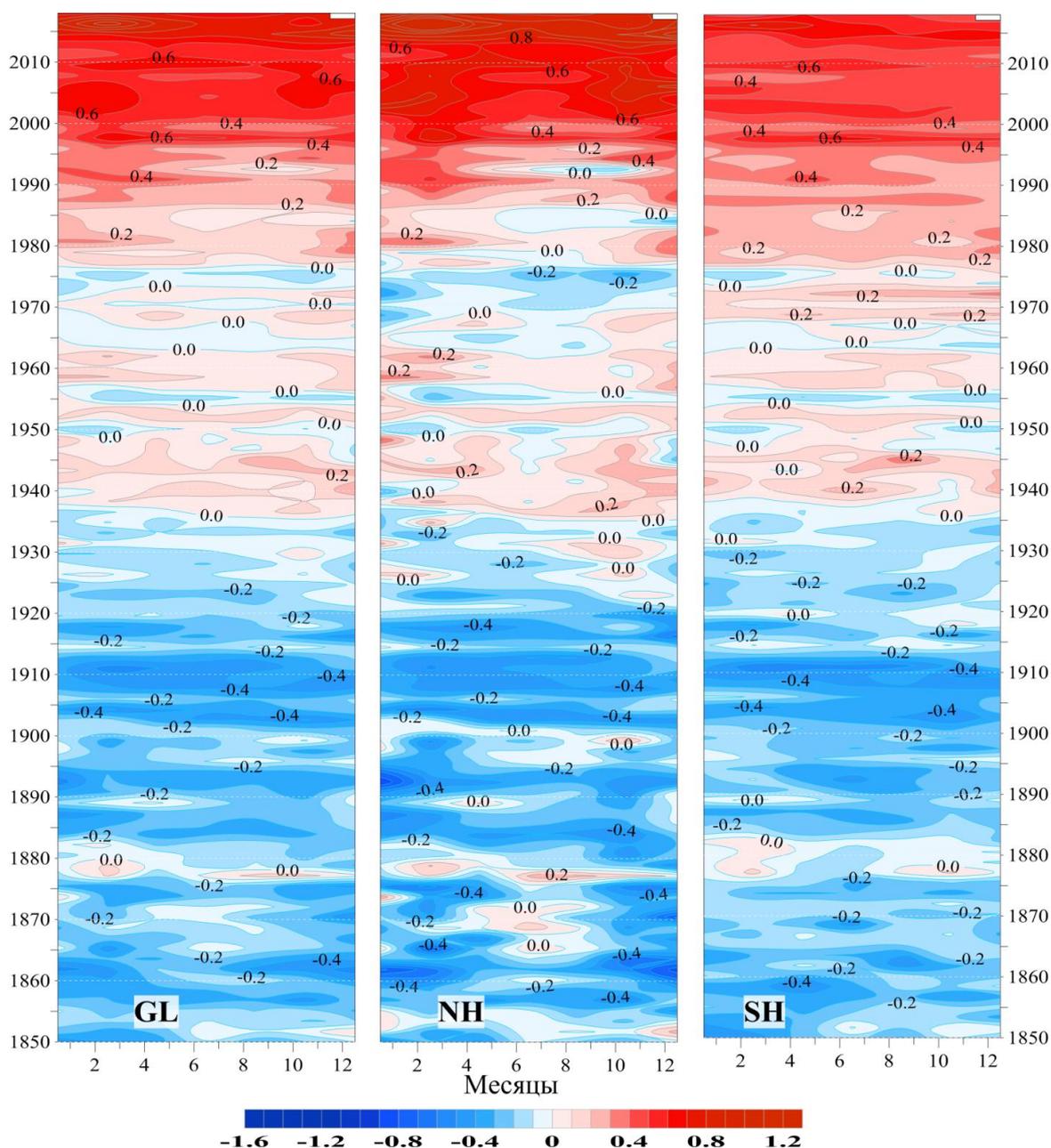


Рисунок 3.1 – Изменение аномалий средней месячной приповерхностной температуры, осредненной по территории Земного шара (GL), Северного (NH) и Южного (SH) полушарий в течение периода с января 1850 по ноябрь 2018 гг. (по данным HadCRUT4, Hadley/CRU, UK). Аномалии выражены как отклонения от средней за 1850-2018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

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

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

На рис. 3.2а прослеживаются продолжавшиеся весь сезон интенсивные положительные аномалии в Тихом океане, Европе и на Дальнем востоке. По сравнению с весной и летом, знак аномалии в Северной Америке сменился – в течение всего осеннего сезона здесь наблюдалась отрицательная аномалия. В Атлантике по-прежнему сохраняется слабая отрицательная аномалия.

На рис. 3.2б ярко проявляется сильное потепление в высоких широтах и повторяющиеся эпизоды краткосрочных похолоданий (в основном, зимой) в умеренных широтах Северного полушария.

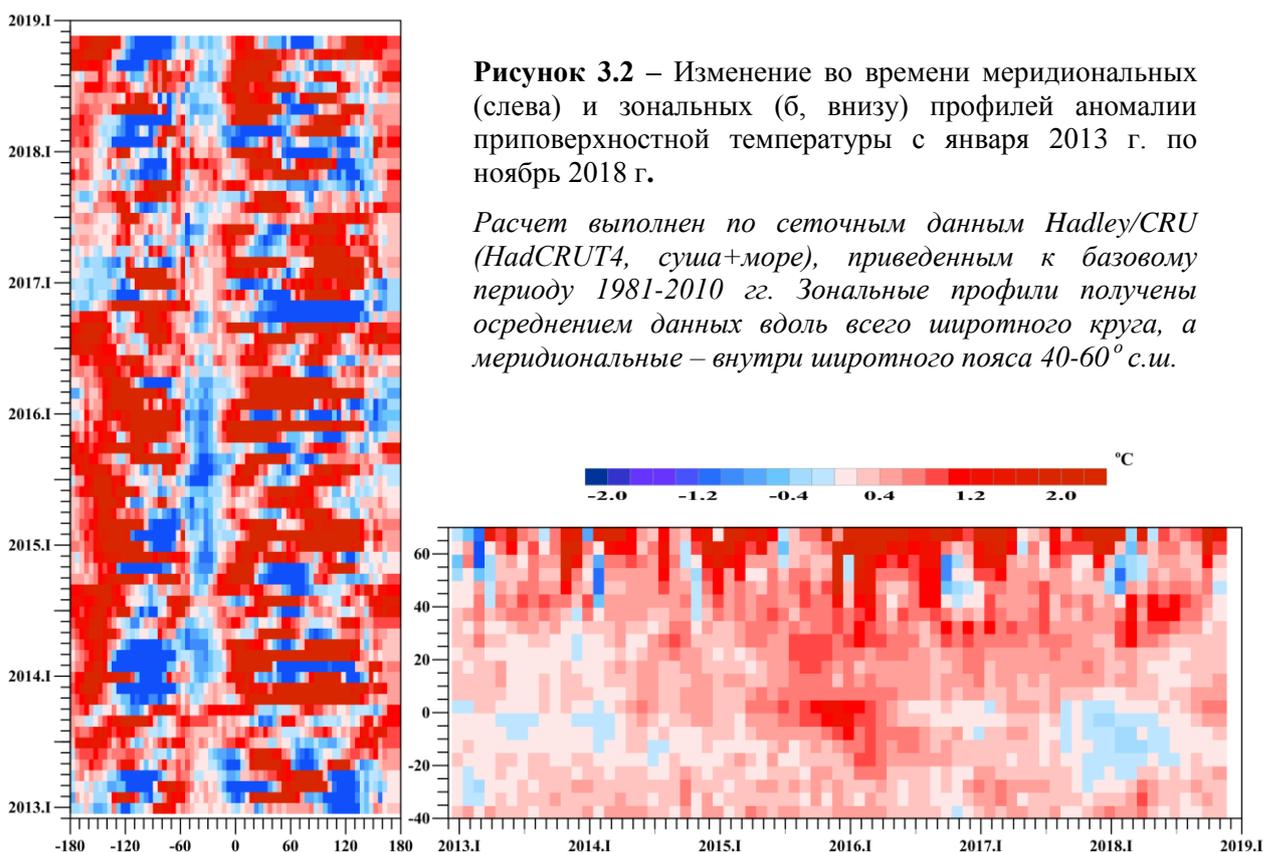


Рисунок 3.2 – Изменение во времени меридиональных (слева) и зональных (б, внизу) профилей аномалии приповерхностной температуры с января 2013 г. по ноябрь 2018 г.

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).

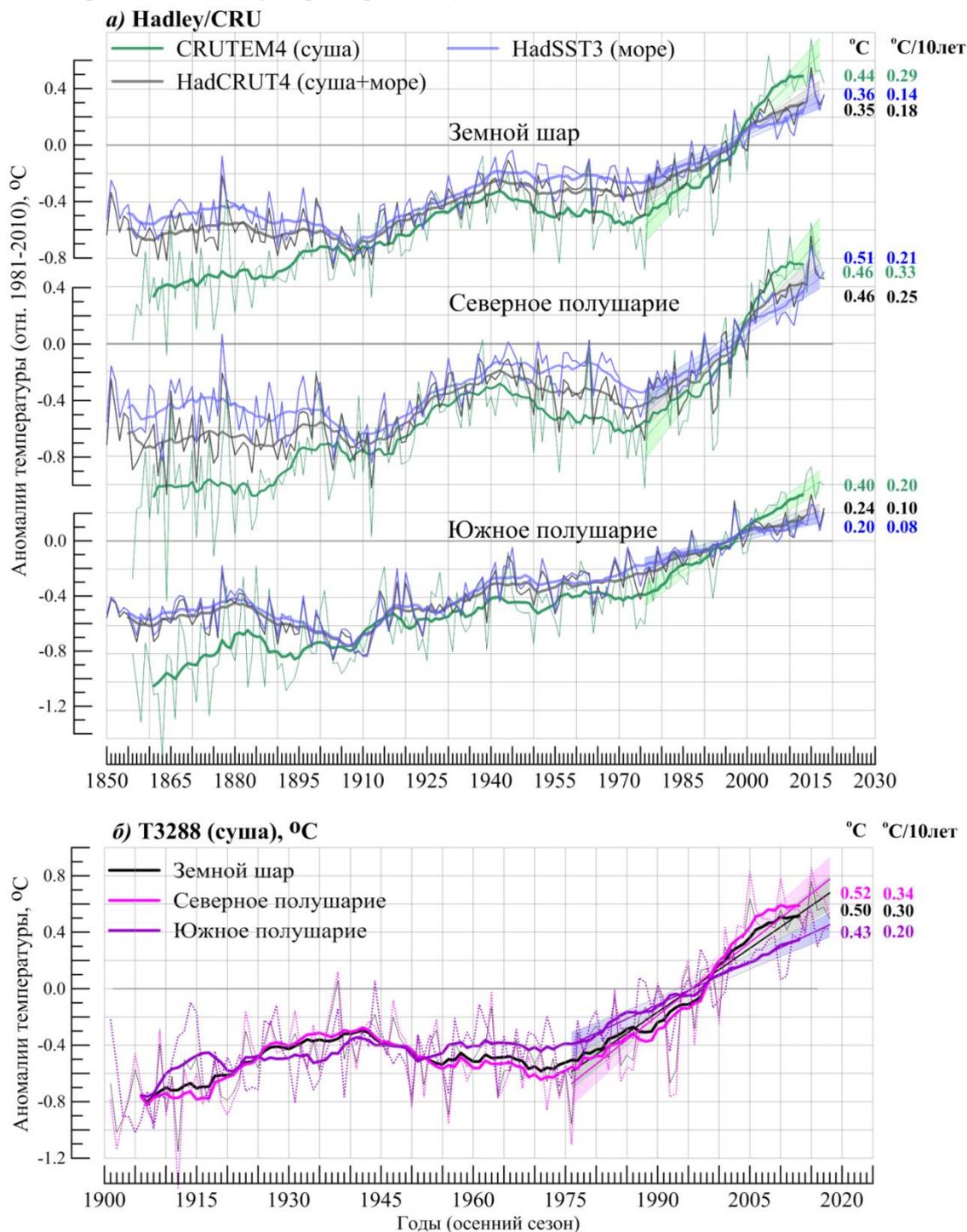


Рисунок 3.3 – Временные ряды сезонных аномалий приземной температуры (осень), осредненных по территории Земного шара, Северного и Южного полушарий: а) по данным Hadley/CRU, 1850-2018 гг.: HadCRUT4 (суша+море), CRUTEM4 (суша), HadSST3 (море); б) по данным ИГКЭ Росгидромета и РАН, 1901-2018 гг.: T3288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

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

На рис. 3.3 видно некоторое замедление потепления примерно с середины нулевых (2000-х гг.), прерываемое эпизодическими скачкообразными повышениями температуры, особенно заметными в 2014-2016 гг. После такого повышения температуры океанической поверхности в Северном полушарии в 2015 г., ход аномалий на суше и в океанах Северного полушария очень сблизился, а в этом сезоне океаническая аномалия даже выше, чем на суше: 0.51°C против 0.46°C (по-видимому, за счет Тихого океана).

В таблице 3.1 приведены коэффициенты линейного тренда всех рядов (по всем наборам данных), а в таблице 3.2 – показатели k1-k3, 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).

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

Регион	1976-2018				1919-2018			
	осень	сентябрь	октябрь	ноябрь	осень	сентябрь	октябрь	ноябрь
HadCRUT4 (суша+море)								
Земной шар	0.179	0.174	0.190	0.173	0.075	0.073	0.074	0.079
Северное полушарие	0.254	0.246	0.266	0.250	0.078	0.074	0.075	0.086
Южное полушарие	0.104	0.103	0.115	0.096	0.072	0.072	0.073	0.071
T3288-ИГКЭ (суша)								
Земной шар	0.301	0.288	0.324	0.294	0.096	0.088	0.093	0.108
Северное полушарие	0.345	0.316	0.370	0.347	0.099	0.087	0.091	0.120
Южное полушарие	0.202	0.223	0.216	0.170	0.090	0.093	0.099	0.077
CRUTEM4 (суша)								
Земной шар	0.289	0.279	0.309	0.280	0.099	0.092	0.097	0.109
Северное полушарие	0.335	0.309	0.356	0.339	0.100	0.087	0.093	0.121
Южное полушарие	0.198	0.219	0.214	0.163	0.097	0.101	0.103	0.086
HadSST3 (море)								
Земной шар	0.144	0.148	0.149	0.135	0.065	0.065	0.064	0.064
Северное полушарие	0.209	0.223	0.213	0.192	0.065	0.068	0.066	0.062
Южное полушарие	0.083	0.076	0.090	0.083	0.067	0.066	0.066	0.068

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

k ₁	Показатель	1976-2018			1919-2018		
		ЗШ	СП	ЮП	ЗШ	СП	ЮП
k ₁	$b_{T3288}/b_{HadSST3}$	2.09	1.65	2.43	1.48	1.52	1.34
	$b_{CRUTEM4}/b_{HadSST3}$	2.01	1.60	2.39	1.52	1.54	1.45
k ₂	$b_{СП}/b_{ЮП}$	1976-2018			1919-2018		
		T3288	CRUTEM	HadSST	T3288	CRUTEM	HadSST
		1.71	1.69	2.52	1.10	1.03	0.97
k ₃	$b_{1976-2018}/b_{1919-2018}$	СП			ЮП		
		T3288	CRUTEM	HadSST	T3288	CRUTEM	HadSST
		3.48	3.35	3.22	2.24	2.04	1.24

Приведенные оценки показывают, что потепление осенних сезонов (и современное, и в целом за 100 лет) над сушей протекает быстрее, чем над океанами ($k_1=1.3-2.4$), максимальный контраст – в Южном полушарии ($k_1=2.4$). В Северном полушарии средняя скорость глобального потепления выше, чем в Южном ($k_2>1$) во всех случаях, кроме температуры поверхности океанов при оценке за вековой период ($k_2=0.97$). При этом в период современного потепления разрыв между интенсивностью потепления в Северном и Южном полушариях (k_2) на поверхности океанов оказался существенно выше ($k_2=2.52$), чем над сушей ($k_2=1.69-1.71$) и усилился в сравнении с последним 100-летием особенно над океанами ($k_2=0.97$ для океанов и $k_2=1.03-1.10$ для суши). Современное потепление осенних сезонов ускорилось по сравнению со столетним на суше Северного полушария в 3.5 раза (k_3), а Южного полушария – в 2.2 раза, причем здесь скорость потепления в океанах возросла незначительно ($k_3=1.2$).

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

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

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

Регион	Осень	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
HadCRUT4 (суша+море)				
Атлантика (15-70N)	0.228	0.226	0.249	0.21
Тихий океан (20-65N)	0.204	0.212	0.204	0.195
Арктический пояс (65-90N)	0.625	0.427	0.743	0.719
Умеренный пояс СП (25-65N)	0.297	0.304	0.31	0.276
Тропики (25S-25N)	0.145	0.142	0.149	0.146
Умеренный пояс ЮП (65-25S)	0.101	0.096	0.113	0.091
Антарктический пояс (90-65S)	0.237	0.221	0.304	0.183
T3288 (суша)				
Северная Америка	0.33	0.325	0.322	*0.343
Евразия	0.369	0.34	0.42	0.349
Европа	0.451	0.478	0.407	*0.468
Азия	0.345	0.299	0.421	*0.319
Южная Америка	0.220	0.290	0.199	0.181
Африка	0.297	0.247	0.312	0.323
Австралия	0.285	0.292	0.358	*0.215
Антарктида	*0.208	0.177	0.281	**0.154

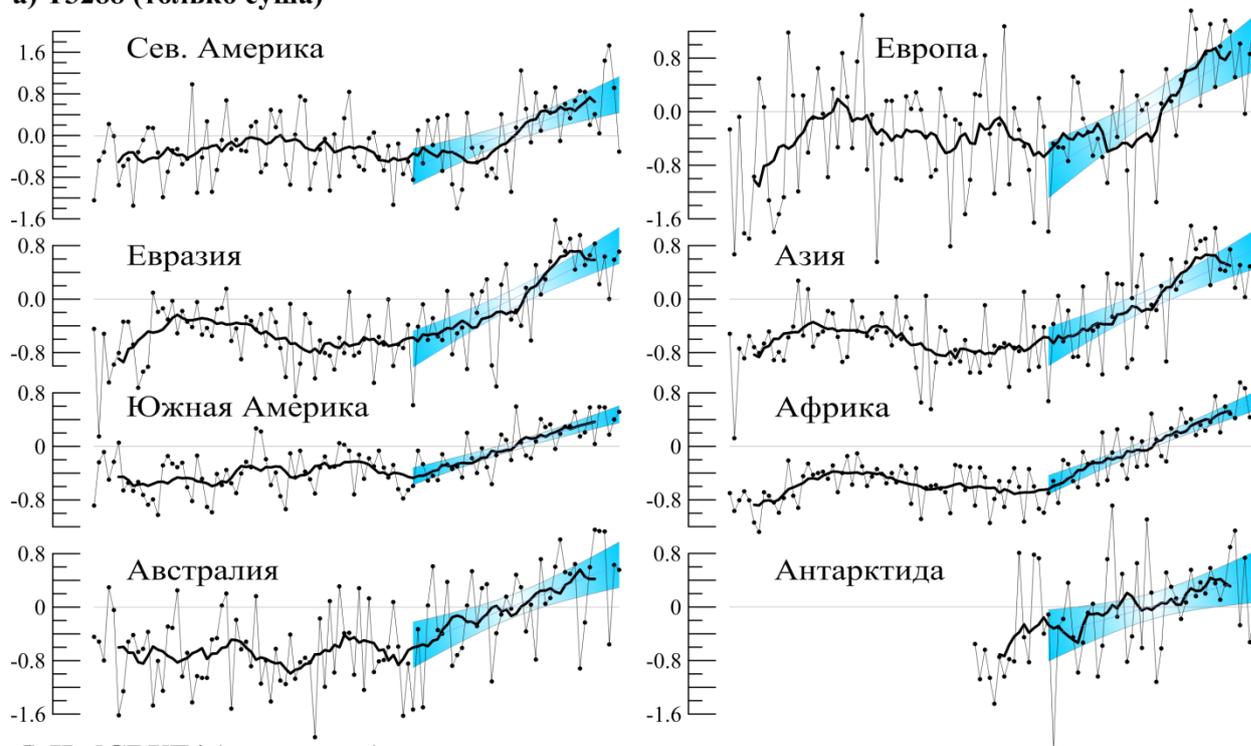
Усл. обозначения: * $\alpha \leq 5\%$; ** $\alpha \leq 10\%$; серая заливка - $\alpha > 10\%$, где α – уровень значимости. Оценки, статистически значимые на 1%-уровне, приведены без выделения.

В соответствии с региональными оценками (табл. 4.1, рис. 4.1-4.3), наиболее интенсивное потепление осенних сезонов происходит в Арктическом поясе (суша+море): в среднем за сезон $0.62^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$, максимум – в октябре. Из материков выделяется Европа, где тренд составляет в среднем за сезон $0.45^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$, максимум – в сентябре. Наименее выражено потепление в умеренном поясе ЮП ($0.10^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$).

В ноябре, практически для всех материков, кроме Южной Америки и Африки, тенденция к потеплению статистически значима только на 5%-ом уровне (табл. 4.1, рис. 4.2-4.3).

Дополнительно отметим, что в Антарктическом поясе (суша+море) потепление осенних сезонов весьма значительное (0.24 °C/10 лет) и, в среднем за сезон, статистически значимо на 1%-м уровне, а на материке – на 5%-м уровне, в отличие от других сезонов и года, когда обычно наблюдается слабый отрицательный, статистически незначимый тренд.

а) T3288 (только суша)



б) HadCRUT4 (суша+море)

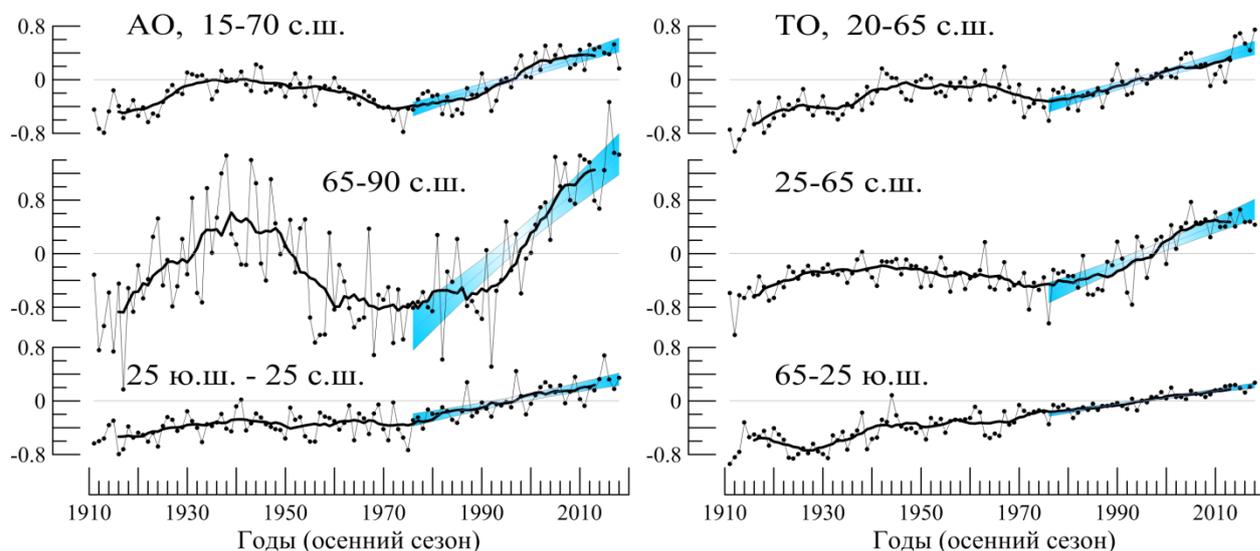


Рисунок 4.1 – Временные ряды пространственно осредненных среднегодовых аномалий приземной температуры для континентов (а), северных частей Атлантического и Тихого океанов (б, сверху) и основных широтных поясов земного шара (б, внизу).

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).

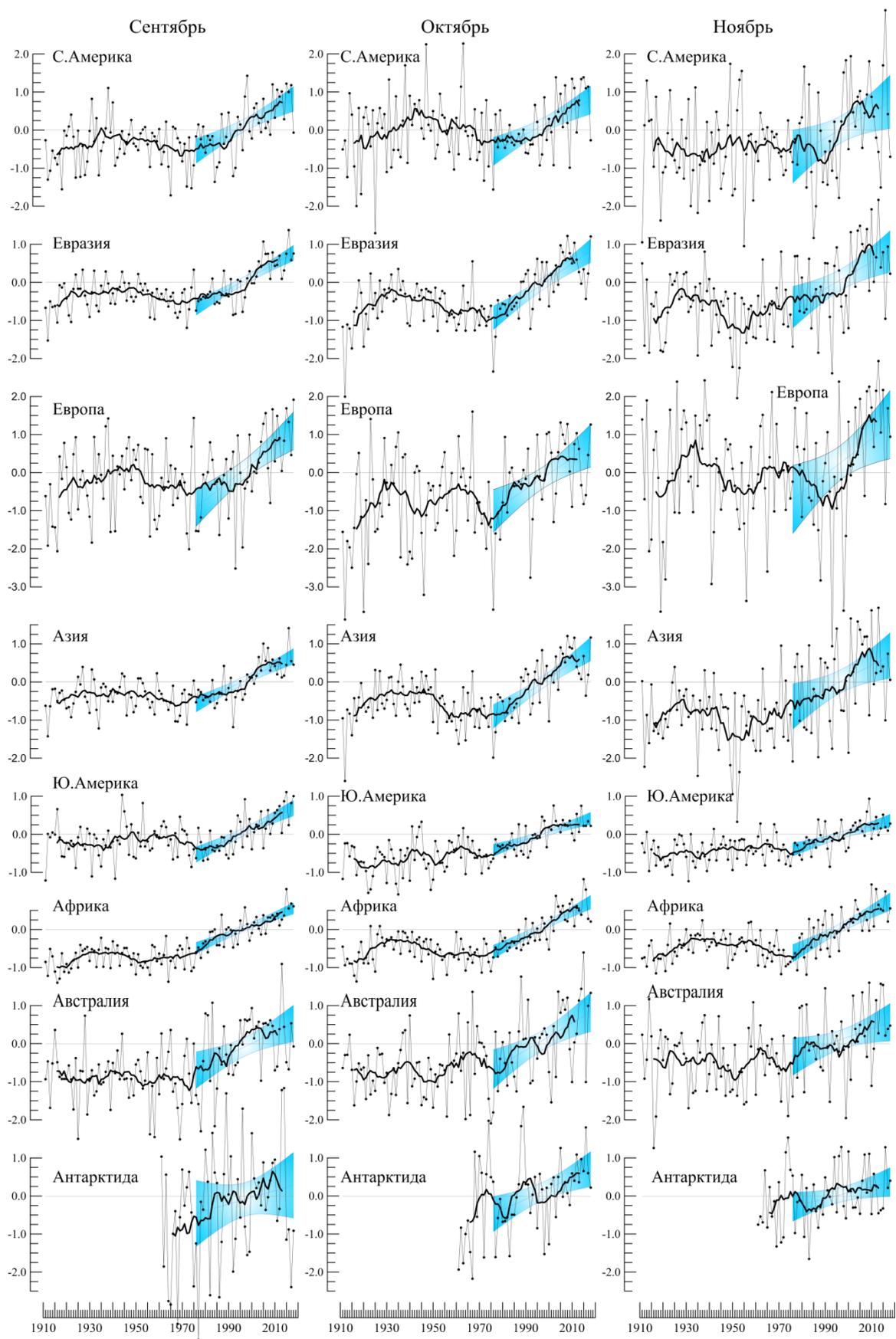


Рисунок 4.2 – См. рис. 4.1. но для аномалий осенних месяцев и только для континентов. *Расчеты выполнены по методике и данным ИГКЭ. Использован массив станционных данных T3288*

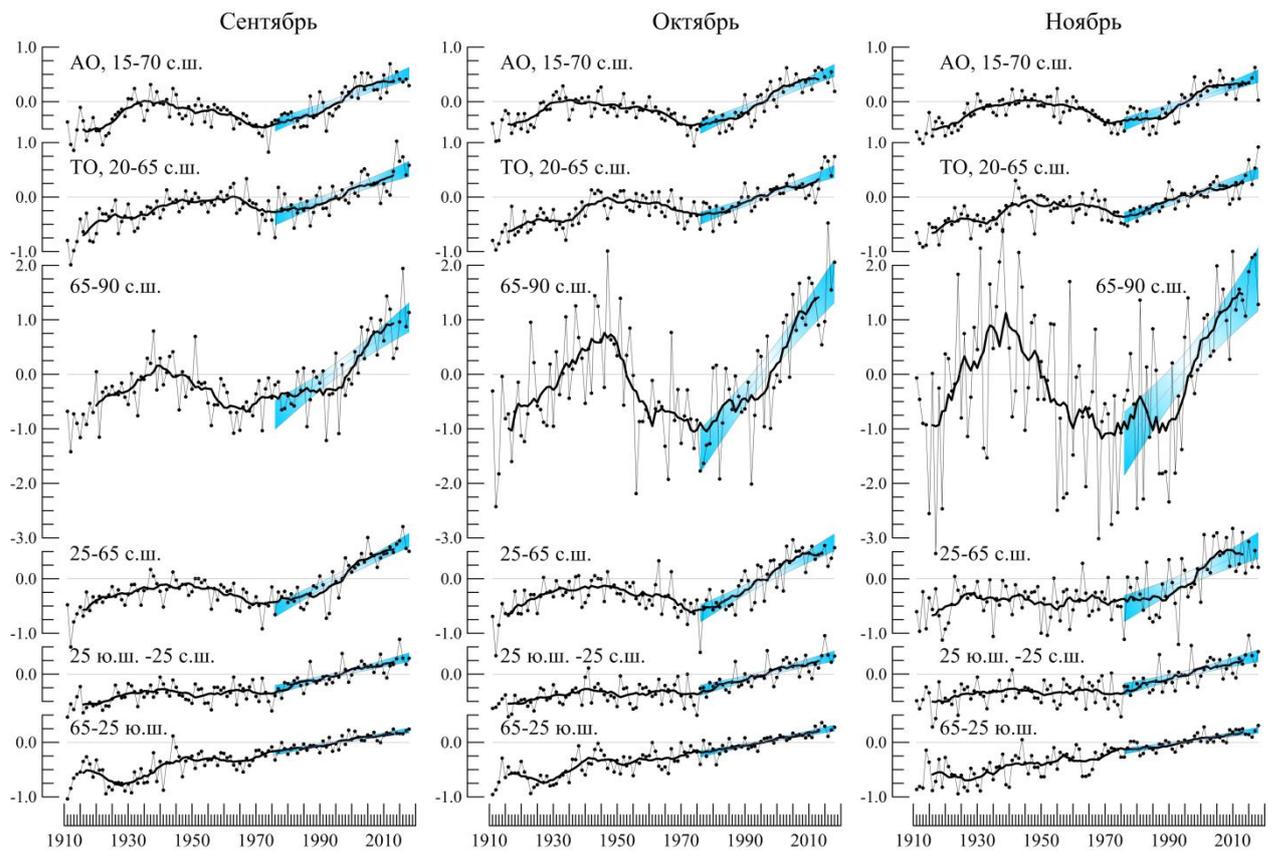


Рисунок 4.3 – См. рис. 4.2., но для океанов и широтных поясов земного шара. *Использованы сеточные данные Hadley/CRU (HadCRUT4. суша+море). Расчеты выполнены по методике ИГКЭ.*

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

Использованы данные наблюдений на 1740 станций (массив T3288) и в центрах 1625 боксов (массив HadCRUT4), для которых своевременно поступили оперативные данные за осенний сезон 2018 г. 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 (осенний сезон)** в зависимости от знака коэффициента тренда **b** и уровня значимости **a**

	Данные N		b<0				b>=0			
			Всего	в том числе			Всего	в том числе		
				a <=1	a <=5	a <=10		a <=1	a <=5	a <=10
T3288	ЗШ	1740	64	8	11	12	1676	941	1198	1290
			3.7%	0.5%	0.6%	0.7%	96.3%	54.1%	68.9%	74.1%
	СП	1448	42	6	7	8	1406	797	1010	1091
			2.9%	0.4%	0.5%	0.6%	97.1%	55.0%	69.8%	75.3%
	ЮП	293	22	2	4	4	271	144	188	200
			7.5%	0.7%	1.4%	1.4%	92.5%	49.1%	64.2%	68.3%
HadCRUT4	ЗШ	162	140	5	9	15	1485	885	1070	1164
			8.6%	0.3%	0.6%	0.9%	91.4%	54.5%	65.8%	71.6%
	СП	974	14	0	0	0	960	647	758	808
			1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	98.6%	66.4%	77.8%	83.0%
	ЮП	651	126	5	9	15	525	238	312	356
			19.4%	0.8%	1.4%	2.3%	80.6%	36.6%	47.9%	54.7%

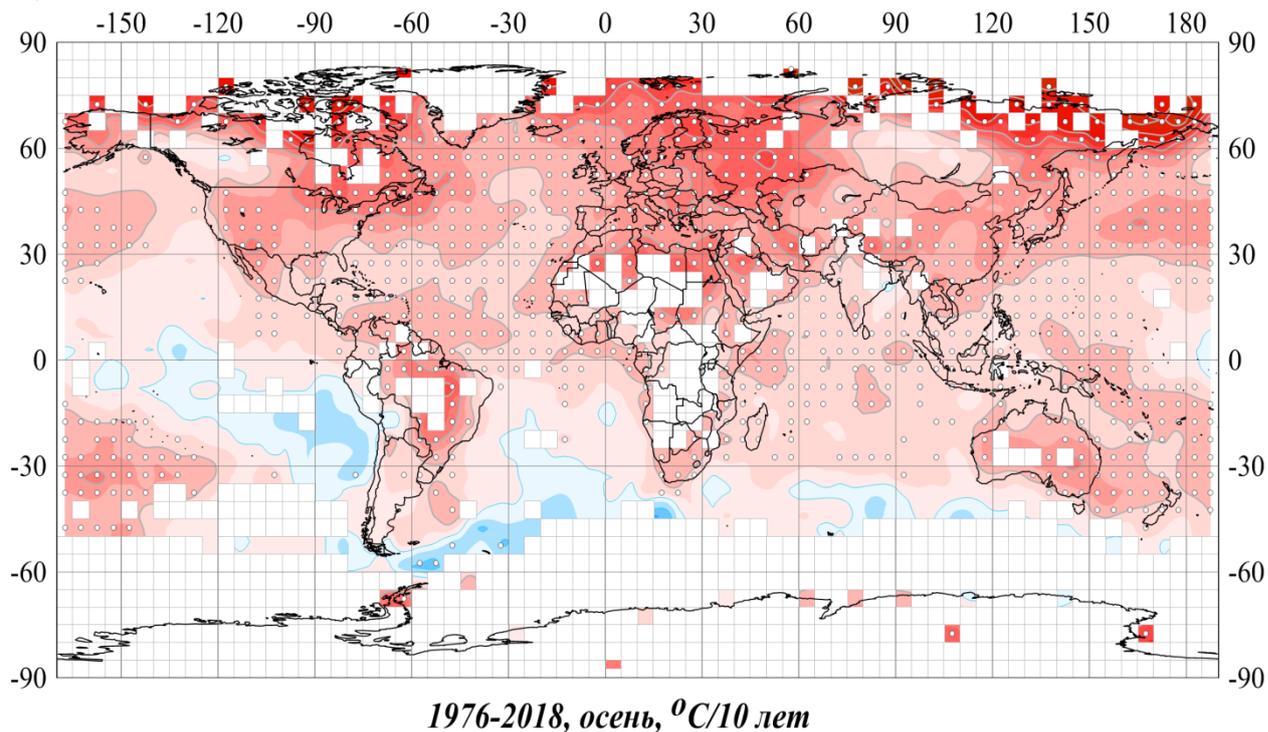
Примечание. Таблица обобщает распределение оценок на рис. 5.1. Процентное содержание данных рассчитано относительно N (N - общее количество станций/боксов).

На территории суши приземное потепление осенних сезонов наблюдается почти на всей территории земного шара – локальные положительные тренды составляют 96% всех оценок по данным T3288, а из остальных 4% станций (с тенденцией к похолоданию) только на 0.5% оценки статистически значимы на 1%-м уровне (табл. 5.1).

Отрицательный тренд наблюдается в небольшой области на северо-востоке Афганистана (до $-0.5^{\circ}\text{C}/10$ лет), а также на океанических акваториях Южного полушария: в южных частях Атлантического и Индийского океанов, а также в экваториальной части Тихого океана и у западного побережья Южной Америки.

Область наиболее интенсивного потепления - Арктика (рис. 5.1). Вдоль побережья Северного Ледовитого океана практически всюду тренд достигает $+0.8-1^{\circ}\text{C}/10$ лет (до $+2^{\circ}\text{C}/10$ лет в отдельных точках). Большая (западная) часть вод Тихого океана и северные части Атлантического и Индийского океанов характеризуются статистически значимыми даже на 1%-ом уровне трендами к потеплению.

а) HadCRUT4



б) T3288

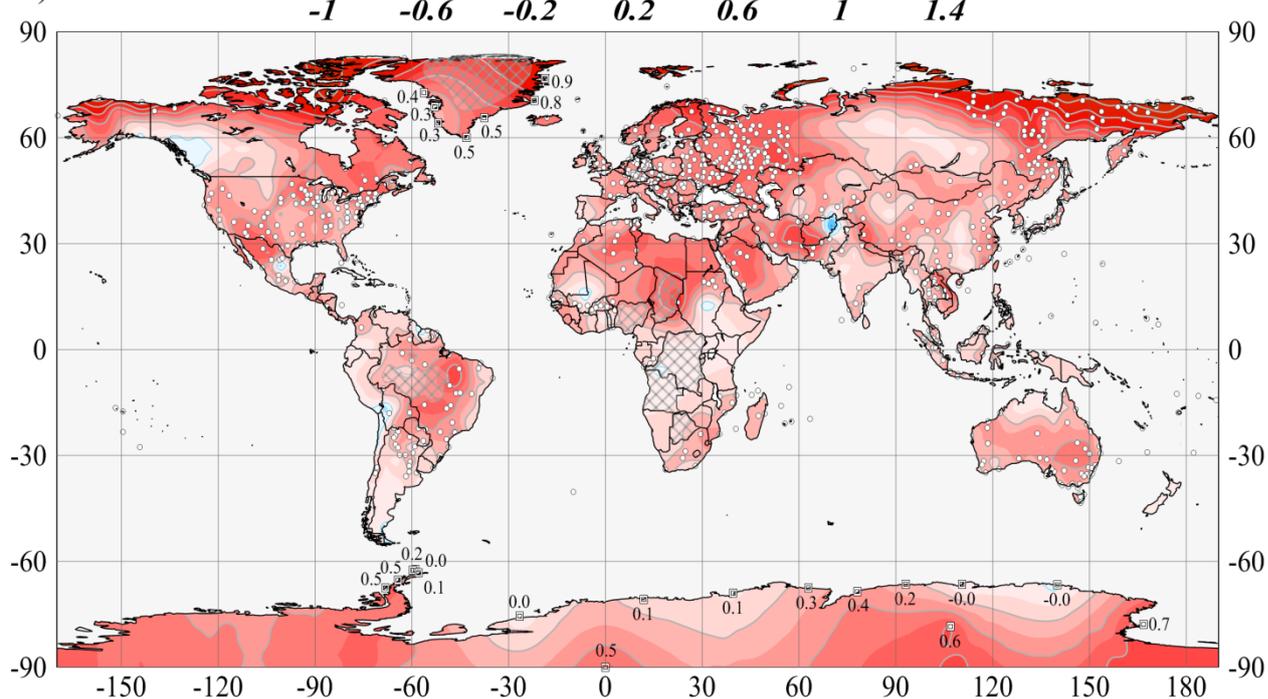


Рисунок 5.1 - Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда температуры осеннего сезона у поверхности Земного шара за период 1976-2018 гг. (°C/10 лет).

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

Практически отсутствуют однонаправленные тенденции в изменении температуры осеннего сезона за период 1976-2018 гг. в Центральной и Южной Сибири, на западе Канады, вдоль западного побережья Южной Америки, в приэкваториальной Африке и на севере Австралии. Здесь расположены обширные области слабого положительного статистически незначимого тренда (практически нулевого).

Во все месяцы осеннего сезона 2018 г. наблюдаются значительные области похолодания в океанах Южного полушария, а также очаг отрицательных трендов в Афганистане (до $-0.9^{\circ}\text{C}/10$ лет в ноябре). В октябре выявлена тенденция к похолоданию на западе Канады (до $-0.3^{\circ}\text{C}/10$ лет), но она статистически не значима даже на 10%-м уровне. В ноябре обширной областью отрицательных трендов (до $-0.8^{\circ}\text{C}/10$ лет) занята территория Сибири.

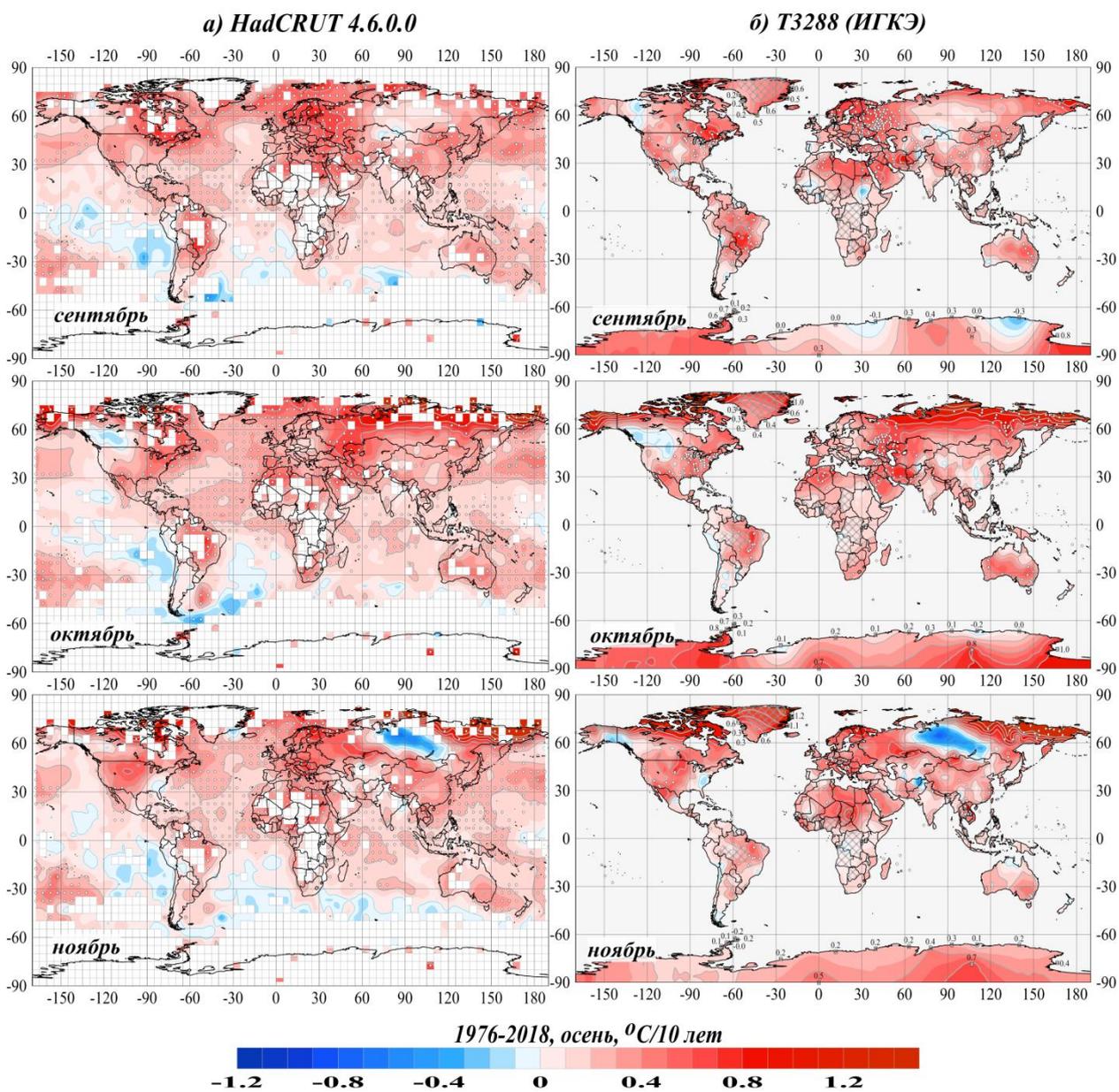


Рисунок 5.2 – См. рис. 5.1., но для коэффициентов тренда среднемесячных аномалий температуры осенних месяцев.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Сезонная аномалия приповерхностной температуры осенью 2018 г., в среднем по территории суши Земного шара, Северного и Южного полушарий составила 0.348°C (ранг 3), 0.463°C (ранг 5), 0.236°C (ранг 3), соответственно. Самым теплым осенним сезоном за всю историю наблюдений, для каждого из полушарий и Земного шара в целом, остается осень 2015 года (значения аномалий, как и ранее, приводятся относительно 1981-2018 гг.).

2. В целом по территории континентов и океанов (суша + море), осенний сезон 2018 года стал третьим самым теплым для Земного шара и Южного полушария и пятым – для Северного полушария. При этом он занимает 3-4 место среди самых теплых осенних сезонов на поверхности океанов (для обоих полушарий и Земного шара в целом) и у поверхности суши Южного полушария, и 10 место на территории суши Северного полушария.

3. Текущий осенний сезон характеризуется наличием крупных сезонных аномалий, положительных и отрицательных, на континентах и океанах Северного полушария, а также отрицательных аномалий в океанах Южного полушария.

Рекордно теплыми (в среднем по территории региона) были осень в северной части Тихого океана и умеренном поясе Южного полушария, а также сентябрь в Европе (аномалия 1.91°C). Интенсивные положительные аномалии наблюдались в Северном Ледовитом океане вдоль побережья Евразии (до 4.3°C в среднем за сезон). В октябре зафиксированы новые температурные максимумы на 69 станциях, в основном – в азиатской части России.

Ниже климатической нормы температура была в Северной Америке на протяжении всего сезона (месячные аномалии до -6.0°C), в Австралии и Антарктиде – в сентябре.

4. На большей части Земного шара продолжается потепление осенних сезонов: положительные тренды составляют 96% всех локальных оценок (по данным станционных наблюдений), а из 4% отрицательных только 0.5% статистически значимы на 1%-м уровне.

5. Современное потепление осенних сезонов, как и других сезонов, над сушей протекает быстрее, чем над океанами и в Северном полушарии быстрее, чем в Южном. При этом разрыв между интенсивностью потепления в Северном и Южном полушариях оказался существенно выше на поверхности океанов (в 2.52 раза), чем над сушей (в 1.69-1.71 раза).

6. По сравнению со столетним потеплением, современное потепление осенних сезонов ускорилось на суше Северного полушария в 3.5 раза, а Южного полушария – в 2.2 раза, причем здесь скорость потепления в океанах возросла незначительно (в 1.2 раза).

7. Область наиболее интенсивного потепления осенних сезонов (с 1976 г.) на суше Земного шара – Арктика (до +2.0°C/10 лет на островах Северного Ледовитого океана). Однонаправленная тенденция практически отсутствует в Центральной и Южной Сибири, на западе Канады, вдоль западного побережья Южной Америки, в приэкваториальной Африке и в Австралии. В частности, в Сибири обширная область отрицательных трендов в *ноябре* устойчиво сохраняется, по крайней мере, с начала 2010-х гг.