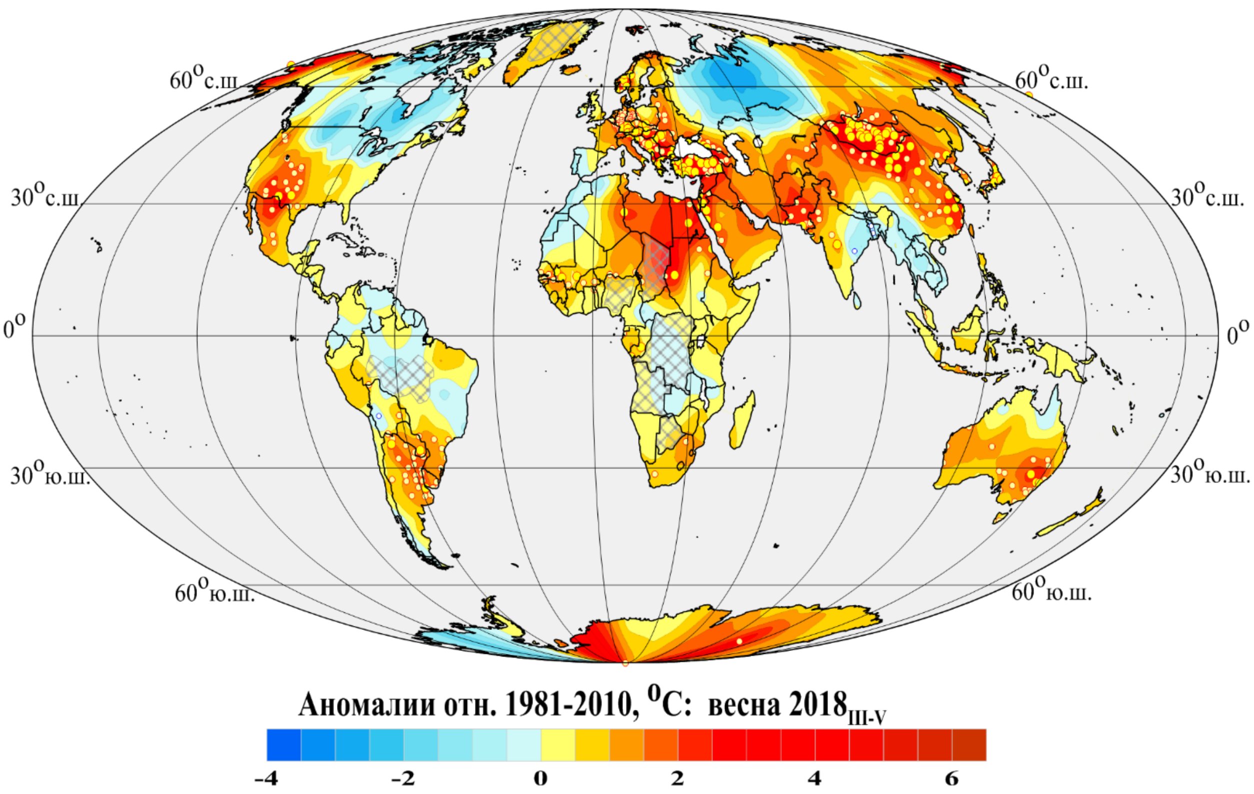
Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ФГБУ «Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН»

Бюллетень мониторинга изменений климата Земного шара

Приземная температура

Весна 2018



Использованы станционные данные ИГКЭ: Т3288

Москва 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ[1,2]

[1] Бюллетень подготовлен в ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН». Данные текущих наблюдений (сводки КЛИМАТ и СИНОП из оперативного потока) подготовлены в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» и ФГБУ «Гидрометцентр РФ». Все Бюллетени мониторинга климата, сезонные и годовые, выпускаемые в ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН», размещаются на сайте http://climatechange.igce.ru/

[2] На обложке приведено поле средних сезонных аномалий температуры приземного воздуха над сушей Земного шара: весна 2018 года.

1. ВВЕДЕНИЕ

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

Бюллетень подготовлен в рамках оперативного мониторинга климата в ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»[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 телеграмм КЛИМАТ, СИНОП).

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, HadSST3[4], данные метеослужбы Великобритании; в бюллетене упоминаются как «данные Hadley/CRU»).

Таким образом, массив T3288 служит базовым массивом для оценки состояния температурных условий на суше земного шара, а массив HadCRUT4 используется для создания полной картины над сушей и океанами. Глобальные временные ряды 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 ВМО[5], 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 ИГКЭ[6].

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, 1.2 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). 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 30.06.2018.

[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.

Действительно (табл. 1.1, рис. 1.1), среднее различие рядов за 1976-2018 гг. не превышает 0.01°C. Стандартное отклонение различий за этот период (0.02–0.03°C) на порядок ниже стандартного отклонения самих рядов (0.3–0.5^{o}C). За последние 100 лет как средние различия, так и стандартные отклонения несколько выше (0.02 и 0.04–0.05°C, соответственно), а максимальные различия достигают 0.15^{o}C (вместо 0.10^{o}C в 1976-2018). 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 весенний сезон 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	0.99	1.00	1.00	0.99
Среднее различие, ^{o}C	0.01	0.00	0.00	-0.02	-0.02	0.01
СКО (сигма) различий, ^{o}C	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05
Среднее абсолютное различие, ^{o}C	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04
Макс. абсолютное различие, ^{o}C	0.08	0.07	0.10	0.12	0.12	0.15
Разность коэфф. тренда, ^{o}C/10лет	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	-0.01
СКО T3288, ^{o}C	0.42	0.52	0.28	0.48	0.57	0.33
СКО CRUTEM4, ^{o}C	0.40	0.51	0.27	0.46	0.55	0.33

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

Межгодовые разности	Данные T3288, ^{o}C (ИГКЭ)			Данные CRUTEM4, ^{o}C (Hadley/CRU)		
	ЗШ	СП	ЮП	ЗШ	СП	ЮП
2018-2017	-0.148	-0.255	0.110	-0.110	-0.223	0.114
2017-2016	-0.337	-0.394	-0.222	-0.391	-0.463	-0.249
2016-2015	0.511	0.574	0.378	0.492	0.563	0.351
2015-2014	0.067	0.051	0.094	0.086	0.070	0.120
2018-2014	0.093	-0.024	0.360	0.077	-0.053	0.336

По обоим источникам данных (табл. 1.2) видно, что глобальная приземная температура текущего весеннего сезона, в сравнении с температурой весны 2017-го года, понизилась в среднем по Земному шару и в Северном полушарии (на 0.15 и 0.25 ^{o}C соответственно), а в Южном – незначительно повысилась (на 0.11 ^{o}C). Понижение температуры в последние 2 весенних сезона привело к тому, что в целом за период 2014-2018 гг. глобальная температура этого сезона практически не изменилась, и скачкообразное повышение температуры 2016 года (более 0.5^{o}C!) полностью компенсировалось.

Таким образом, статистические оценки изменчивости температуры приземного воздуха весенних сезонов, полученные по данным массива Т3288, очень близки к оценкам по данным всемирно признанного массива CRUTEM4 (как и для других сезонов, и года в целом[7]). Применительно к оценкам трендов этот вывод особенно убедителен.

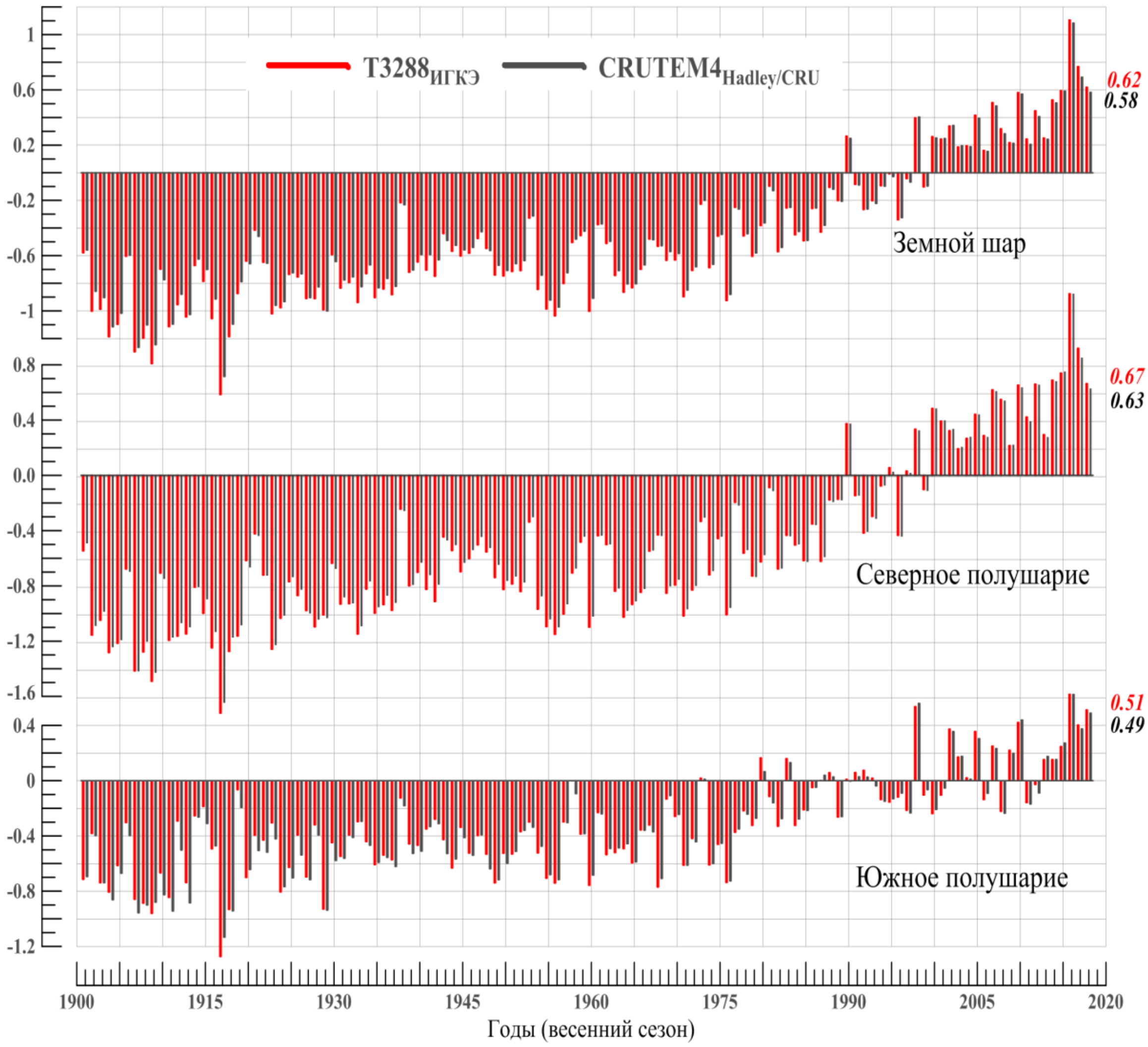


Рисунок 1.1 – Временные ряды пространственно осредненных сезонных аномалий температуры приземного воздуха над сушей Земного шара, Северного и Южного полушарий (°С, 1901-2018 гг., весна). *Использованы временные ряды, рассчитанные по данным массива Т3288 (ИГКЭ Росгидромета и РАН) и глобальные временные ряды CRUTEM4 (Hadley/CRU).*

[7] Аналогичные оценки для других сезонов приведены в соответствующих предыдущих выпусках бюллетеня и доступны по адресу http://climatechange.igce.ru

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

В целом для Земного шара и каждого полушария, над сушей и океанами, по всем источникам данных, самым теплым весенним сезоном в истории наблюдений была весна 2016 года. Весенний сезон 2017 года по всем показателям был холоднее 2016, а 2018 – холоднее 2017, за исключением суши Южного полушария (табл. 2.1). В частности, весна 2018 г. оказалась на 3 месте среди самых теплых над сушей Южного полушария, но на пятом-седьмом – над сушей Северного полушария и на четвертом-восьмом – над акваториями океанов.

Числовые значения глобальной и полушарных температур для самых теплых весенних сезонов по всем рассматриваемым показателям представлены в таблице 2.1 (аномалии относительно норм 1981-2010 гг.). Здесь приведем лишь значения глобальной приповерхностной температуры Земного шара (HadCRUT, суша+море) для весны 2018 г. в сравнении с 2016 г. (постиндустриальный максимум), в отклонениях от норм трех базовых периодов – доиндустриальный, 1961-1990 гг. и 1981-2010 гг.:

	1881-1900, ^oC	*1961-1990, ^oC*	*1981-2010, ^oC*
2018 г. (весна)	0.964	0.616	0.315
2016 г. (весна)	1.267	0.919	0.618

Таким образом, весной 2018 г. глобальная приповерхностная температура понизилась, в сравнении с рекордом 2016 года, на 0.3^{o}C, но, тем не менее, это был один из 8 самых теплых весенних сезонов за период инструментальных наблюдений.

Региональные особенности температурного режима. О самых ярких региональных особенностях температурного режима минувшей весны 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.

По данным на полной сетке (HadCRUT4, суша+море), весна в текущем году была рекордно теплой в умеренных широтах южного полушария (предыдущие максимумы, в среднем по региону, были в 2014 и 2017 гг.) и второй самой теплой в северной части Тихого океана (первой была весна 2015-го, третьей – 2016-го). В полярных широтных поясах, арктическом и антарктическом, напротив, степень потепления, в сравнении с последними годами, снизилась. Здесь из 108 предшествующих весенних сезонов (1911-2018) более 20% были теплее весны 2018 г., так что вероятность непревышения наблюдаемых в 2018 г. сезонных аномалий в этих регионах составила менее 80% и ранги равны 24 и 22, соответственно.

Оценки по станционным данным (T3288, только суша) уточняют и дополняют выводы в отношении континентов. В соответствии с ними, в Северной Америке, Европе и Антарктиде весной 2018 г. вероятность непревышения наблюдаемых аномалий понизилась, соответственно, до 83, 79 и 72%, а в отдельные месяцы и вовсе опустилась до 17-20% (ранги 87-90), когда среднемесячная температура была ниже климатической нормы 1981-2010гг. Дополнительно, по этим данным и в Европе, и в Северной Америке выделяется рекордно теплый май.

Таблица 2.1 – Самые теплые весенние 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 (весна)	VT,°C	Год (весна)	VT,°C	Год (весна)
HadCRUT4 (Hadley/CRU, суша+море)						
1	0.618	2016	0.829	2016	0.405	2016
2	0.457	2017	0.607	2017	0.343	1998
3	0.398	2015	0.570	2015	0.309	2017
4	0.355	2010	0.464	2014	0.264	2010
5	0.321	2014	0.446	2010	0.239	2002
6	0.315	**2018**	0.444	**2018**	0.226	2015
7	0.295	1998	0.367	2007	0.184	**2018**
Т3288 (ИГКЭ, суша)						
1	1.105	2016	1.314	2016	0.625	2016
2	0.768	2017	0.920	2017	0.536	1998
3	0.620	**2018**	0.740	2015	0.513	**2018**
4	0.594	2015	0.689	2014	0.422	2010
5	0.581	2010	0.665	**2018**	0.403	2017
6	0.527	2014	0.660	2012	0.374	2002
7	0.508	2007	0.653	2010	0.356	2005
CRUTEM4 (Hadley/CRU, суша)						
1	1.083	2016	1.313	2016	0.624	2016
2	0.692	2017	0.850	2017	0.559	1998
3	0.591	2015	0.750	2015	0.489	**2018**
4	0.582	**2018**	0.680	2014	0.439	2010
5	0.570	2010	0.654	2012	0.375	2017
6	0.505	2014	0.636	2010	0.356	2002
7	0.483	2007	0.627	**2018**	0.304	2005
HadSST3 (Hadley/CRU, море)						
1	0.441	2016	0.489	2016	0.374	2016
2	0.365	2017	0.425	2017	0.323	2017
3	0.319	2015	0.403	2015	0.278	1998
4	0.284	1998	0.381	**2018**	0.238	2010
5	0.270	2010	0.271	2014	0.230	2015
6	0.250	**2018**	0.270	2010	0.206	2002
7	0.229	2014	0.249	2005	0.190	2014
8	0.205	2002	0.229	1998	0.166	**2018**

Таблица 2.2 - Пространственно осредненные значения аномалии (^oC) приземной температуры и их вероятности непревышения на территории Земного шара весной 2018 г., в среднем за сезон и в каждом из месяцев

Регион	Весна		Март		Апрель		Май	
	$vT_{III\text{-}V}$	*F%*	vT_{III}	*F%*	vT_{IV}	*F%*	vT_{V}	*F%*
HadCRUT4 (суша+море)								
Земной шар*	0.32	95	0.29	95	0.33	94	0.32	96
Северное полушарие*	0.44	95	0.47	94	0.40	93	0.46	97
Южное полушарие*	0.18	94	0.11	92	0.27	96	0.18	93
Атлантика (15-70N)	0.21	89	0.27	90	0.23	93	0.12	84
Тихий океан (20-65N)	0.53	99	**0.60**	**100**	0.48	99	0.53	99
Арктический пояс (65-90N)	0.48	79	**-0.14**	66	1.49	90	0.12	78
Умеренный пояс СП (25-65N)	0.63	97	0.65	95	0.45	93	0.76	99
Тропики (25S-25N)	0.10	87	0.08	85	0.12	88	0.12	88
Умеренный пояс ЮП (65-25S)	**0.50**	**100**	**0.47**	**100**	**0.61**	**100**	**0.40**	**100**
Антарктический пояс (90-65S)	0.46	73	**-0.13**	54	1.64	97	0.06	58
IGCE-T3288 (суша)								
Земной шар	0.62	98	0.57	94	0.62	96	0.61	98
Северное полушарие	0.67	96	0.67	94	0.53	90	0.72	97
Южное полушарие	0.51	98	0.34	94	**0.84**	**100**	0.33	94
Северная Америка	0.29	83	0.57	86	**-1.44**	20	**1.73**	**100**
Евразия	0.85	94	0.68	89	1.23	94	0.61	93
Европа	0.35	79	**-2.88**	17	1.62	96	**2.20**	**100**
Азия	0.95	96	1.62	94	1.12	93	0.14	80
Южная Америка	0.43	96	0.11	81	**0.70**	**100**	0.47	87
Африка	0.78	97	0.89	96	0.62	95	0.31	86
Австралия	0.83	96	0.77	91	1.90	99	**-0.19**	59
Антарктида	0.46	72	**-0.24**	50	2.11	97	**-0.10**	60
CRUTEM4 (суша)								
Земной шар*	0.58	97	0.55	94	0.61	99	0.58	98
Северное полушарие*	0.63	94	0.69	94	0.50	90	0.70	97
Южное полушарие*	0.49	98	0.29	94	**0.83**	**100**	0.35	94

Условные обозначения.

1. *vT*, ^oC – наблюденная аномалия весной 2018 года (базовый период 1981-2010 гг.);
2. F% –значение эмпирической функции распределения $F=prob(X\leq vT_{2018})$ по данным за 1911-2017 гг. (вероятность непревышения)
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. Весна 2018 года, в целом на фоне положительных аномалий глобальных температур, характеризуется крупными отрицательными аномалиями, как на континентах, так и на акваториях океанов (25% всех станций и 29% боксов, табл. 2.3).

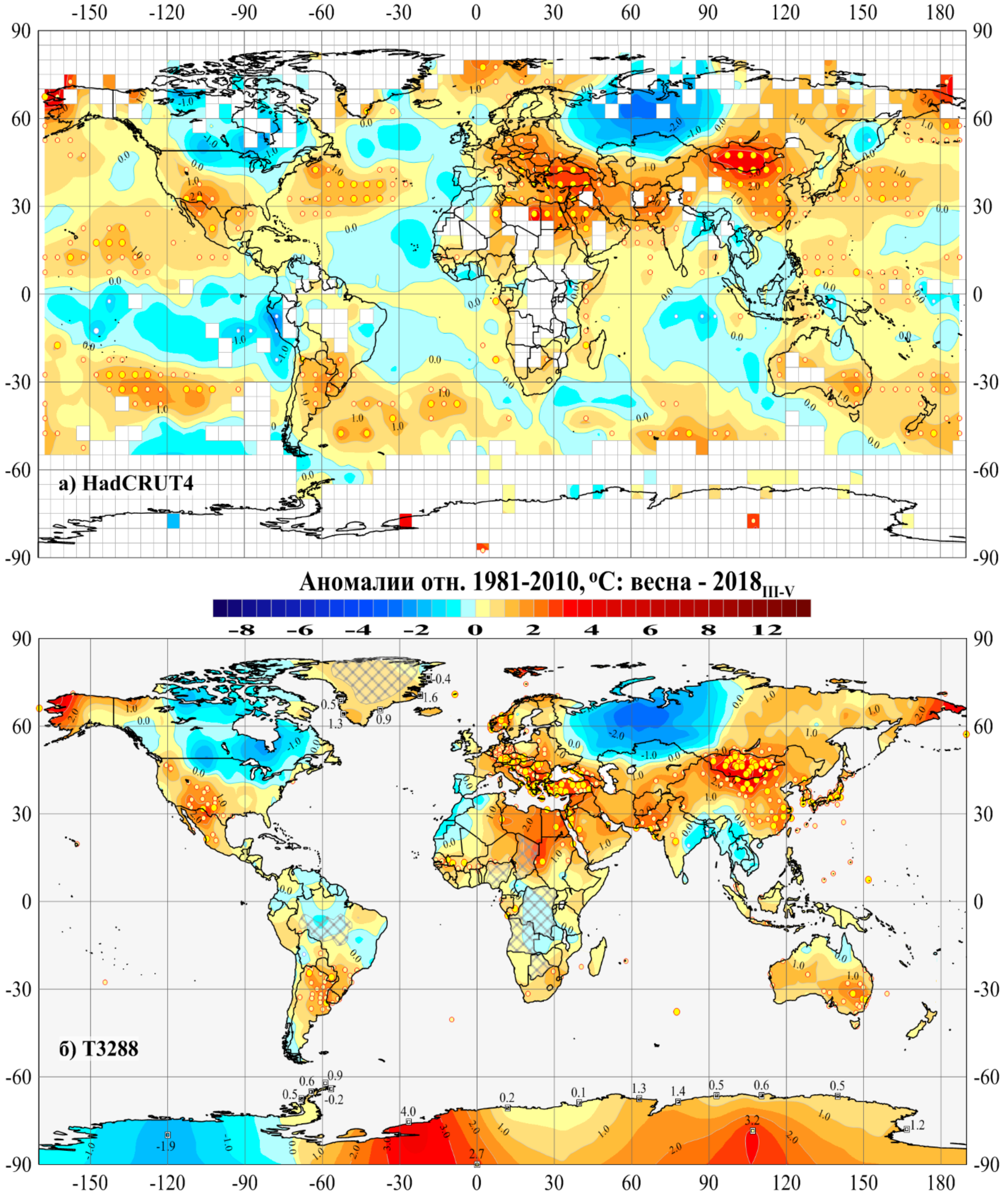


Рисунок 2.1 – Пространственное распределение аномалий приземной температуры (°С) на территории Земного шара весной 2018 г.: а) по сеточным данным HadCRUT4 (Hadley/CRU, UK); б) по станционным данным Т3288 (ИГКЭ).

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.

На континентах, в среднем за сезон, заметны крупная область холода в России и на севере Казахстана с центром над Уралом (до -3.1 °C) и значительная отрицательная аномалия в Канаде-США (до -2.3 °C), а также отрицательная аномалия в Западной Антарктиде. Абсолютных минимумов на суше отмечено не было (табл. 2.3). Отрицательными аномалиями охвачена также значительная часть Атлантического океана, и в целом вся тропическая океаническая область Южного полушария с 5%-м минимумом в прибрежной части Перу (-2.5 °C).

Из положительных аномалий следует отметить крупные области экстремально теплых условий (температура выше 95-го процентиля) на всех континентах, в том числе: в Центральной и Южной Европе, Северо-Восточной Африке, Монголии и Китае, на юге США и в Мексике, на юго-востоке Южной Америки и Австралии, в Восточной Антарктиде. Значительные очаги положительных аномалий с локальными 5%-ми экстремумами и абсолютными максимумами наблюдались и на океанических акваториях обоих полушарий (рис. 2.1).

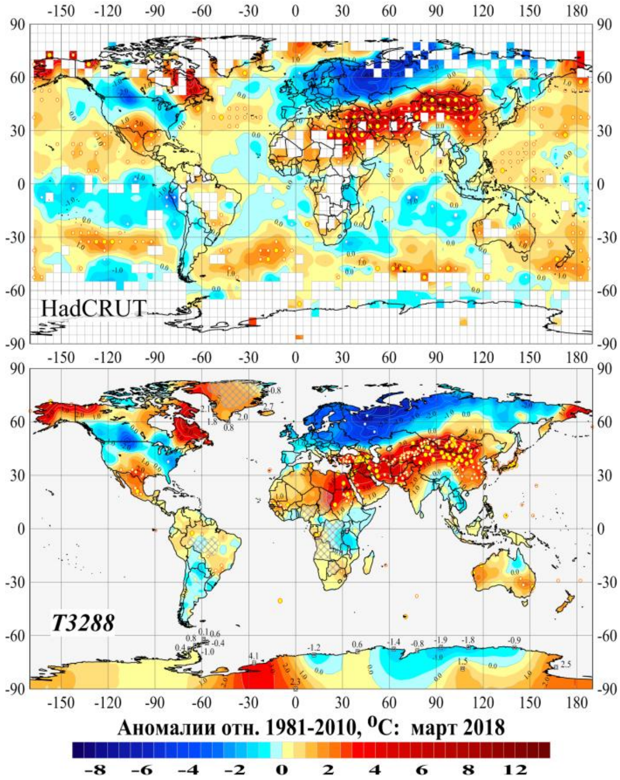
Заметим, что в отличие от тенденции последних лет, во всех регионах значительно увеличилась доля боксов/станций с отрицательными аномалиями (вплоть до 50% станций в умеренном поясе Северного полушария) и локальными экстремумами холода (табл. 2.3).

Таблица 2.3 – Количество локальных экстремумов на территории Земного шара весной 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	28.6	71.4	1.0	19.4	0.2	4.9
СП	958	25.9	74.1	0.4	23.3	0.1	6.4
ЮП	749	32.2	67.8	1.7	14.6	0.3	3.1
90-65S	16	18.8	81.3		12.5		
65-25S	405	22.0	78.0		20.7		4.4
25S-25N	655	36.2	63.8	2.4	13.4	0.3	2.4
25-65N	539	34.0	66.0	0.6	20.2		5.9
65-90N	90	32.2	67.8		13.3		2.2
T3288 (только суша)							
ЗШ	1794	25.4	74.6	0.2	24.6		8.4
СП	1484	27.4	72.6	0.2	24.4		9.4
ЮП	311	16.1	83.9	0.3	25.4		3.2
90-65S	14	7.1	92.9		14.3		
65-25S	166	8.4	91.6		34.3		4.2
25S-25N	354	27.4	72.6	1.1	18.4		4.0
25-65N	1123	50.0	50.0	0.4	19.1		6.2
65-90N	110	38.2	61.8		10.0		1.8

Усл. обозначения: V - сезонные/месячные аномалии; P_{05}, P_{95} – 5-й и 95-й процентили; min, max – наименьшее и наибольшее значения с 1911 г. Таблица обобщает распределения локальных аномалий и экстремумов на рис. 2.1.

Внутрисезонные особенности распределения аномалий. Области аномалий разного знака на континентах меняют свое положение от месяца к месяцу, а акватории океанов, напротив, сохраняют знак аномалий на протяжении всего сезона: отрицательный – в тропической области Южного полушария, тропической и Северо-Восточной Атлантике, положительный – в умеренном поясе Южного полушария, в Тихом океане и Западной Атлантике у побережья США.



Март. Яркой особенностью марта является наличие обширных отрицательных аномалий в Евразии (до -7.2 ^{o}C в Республике Коми) и Северной Америке. Евразийский очаг протянулся от западных границ Европы до Дальнего Востока, благодаря чему регионально-осредненные аномалии в Арктике и Европе оказались в этом месяце отрицательными: -0.14^{o}C и -2.88^{o}C (табл. 2.2). С юга к нему примыкает еще более обширная область интенсивных положительных аномалий (до +8.8 ^{o}C в Монголии), охватившая северную территорию Африки и бóльшую часть зарубежной Азии, с многочисленными локальными 5%-ми экстремумами и максимумами.

Рисунок 2.2а – См. рис. 2.1, но для средних месячных аномалий в марте 2018 г.

В апреле (табл. 2.2) ареал отрицательных аномалий в США-Канаде достиг максимальной интенсивности и распространился на бóльшую часть североамериканского континента (аномалия до -6.3^{o}C; в среднем по континенту -1.44 ^{o}C). Практически вся Европа занята очагом тепла с абсолютными максимумами до +7.6 ^{o}C. Север Восточной Сибири и Дальнего Востока – еще одна область положительных аномалий, а между ними, в центре Евразии, – область слабых отрицательных аномалий. Положительные аномалии в Антарктиде, Австралии и Южной Америке сформировали абсолютный максимум в среднем по суше Южного полушария и на южноамериканском континенте (+0.84 и +0.70 ^{o}C, соответственно).

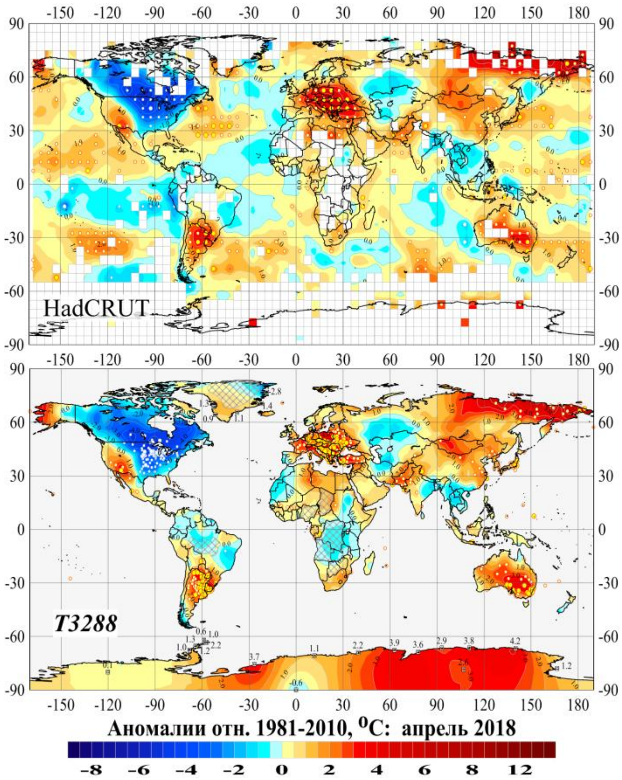


Рисунок 2.2б – См. рис. 2.2а, но для апреля 2018

В мае существенно меняется соотношение крупных аномалий тепла и холода, особенно в Северном полушарии (табл. 2.2). Область тепла в Европе с многочисленными локальными рекордами распространилась на ЕЧР (зафиксирован абсолютный максимум по региону +2.20^{o}C), положительные аномалии на юге Восточной Сибири, в Монголии и на востоке Китая достигли уровня 95-го процентиля, а отрицательные аномалии в центре Евразии усилились (до -5.3^{o}C) и сместились на территорию Западной Сибири. На севере Дальнего Востока область тепла сменилась областью слабых отрицательных аномалий. Большая часть североамериканского континента, в отличие от двух предыдущих месяцев, также занята положительными аномалиями с многочисленными экстремумами, так что средняя по континенту аномалия здесь, как и в Европе, достигла абсолютного максимума и составила +1.73 ^{o}C

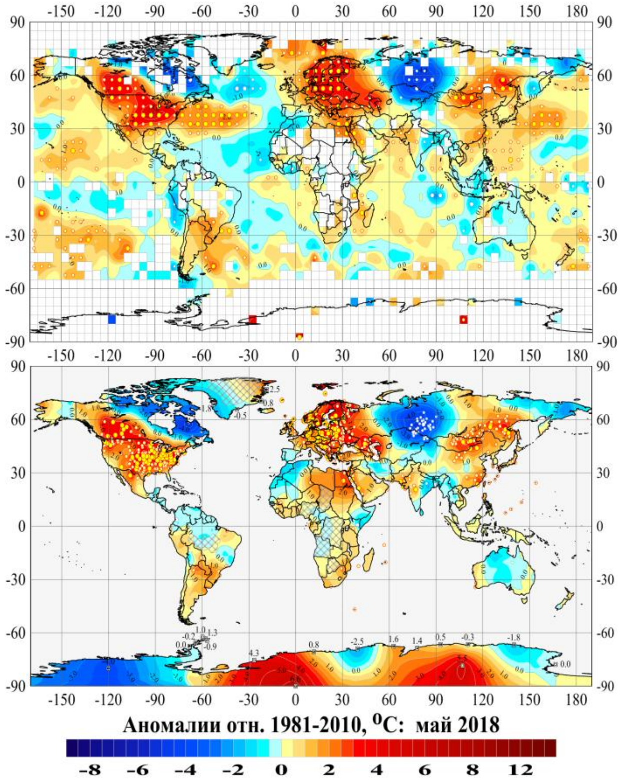


Рисунок 2.2в – См. рис. 2.2а, но для мая 2018 г.

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

Изменение глобальных температур. 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 даны относительно среднего всего ряда (1850-2018 гг.), чтобы периоды потепления-похолодания были нагляднее. Действительно, при таком представлении хорошо прослеживается и похолодание в начале 19-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 летний период 2016-2017 гг.

Широтно-долготные разрезы. Значительные отрицательные аномалии, наблюдавшиеся на континентах Северного полушария и в океанах Южного полушария весной 2018 года, проявляются и в ходе широтно-долготных профилей приповерхностной температуры (рис. 3.2).

На рис. 3.2а (меридиональные профили в поясе северных умеренных широт) видно, что с середины 2017 г. на обоих северных континентах заметно изменился характер чередующихся теплых и холодных периодов по сравнению с предыдущим четырехлетним периодом. В частности, и в Северной Америке, и в Евразии (особенно в азиатском секторе) отрицательные аномалии стали более выраженными – как по продолжительности, так и по площади охвата. В океанических секторах, напротив, в этот период заметнее роль положительных аномалий, особенно в тихоокеанском (150 в.д. - 120 з.д.). Здесь теплый период длится с осени 2017 г. (в восточной части – с начала 2017), за исключением узкой полосы вдоль побережья Северной Америки, где отрицательные аномалии сменились положительными только в мае. В Атлантике (0 - 60^{o} з.д.), наоборот, теплый период в апреле-мае сменился холодным. Таким образом, к маю отрицательные аномалии в этих широтах сохранились только в Атлантике и Западной Сибири.

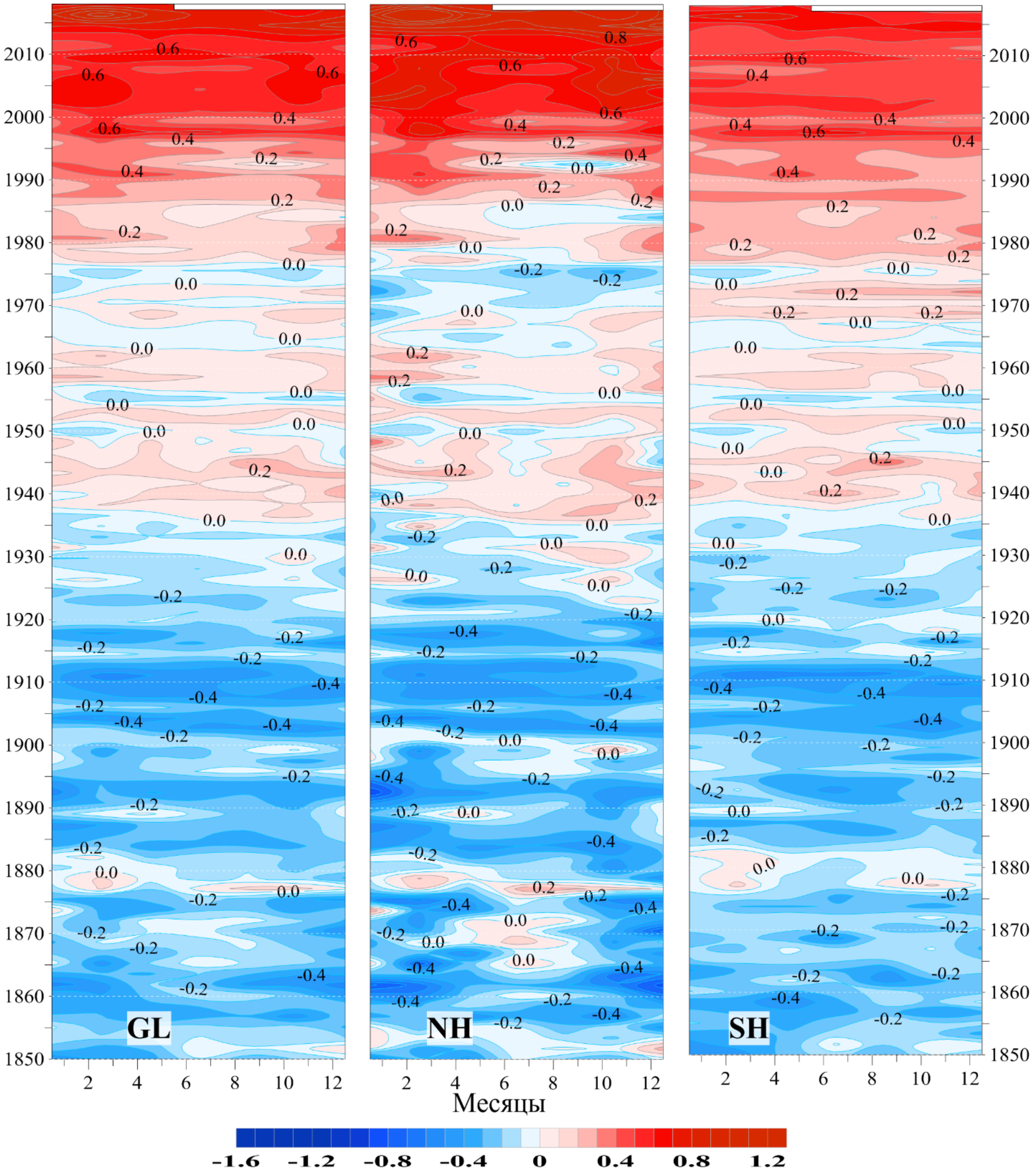


Рисунок 3.1 – Изменение аномалий средней месячной приповерхностной температуры, осредненной по территории Земного шара (GL), Северного (NH) и Южного (SH) полушарий в течение периода с января 1850 по май 2018 гг. (по данным HadCRUT4, Hadley/CRU, UK). Аномалии выражены как отклонения от средней за 1850-2018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

На рис. 3.2б (профили среднеширотных значений в диапазоне широт от 40 ю.ш. до 70 с.ш.) выделяются тропические широты Южного полушария (до ~30 ю.ш.). Здесь с осени 2017 г. сохраняется область слабых отрицательных аномалий, которая в этом сезоне сузилась до 20-й параллели. Отрицательные аномалии отмечены также в умеренных и высоких широтах северного полушария в первой половине 2018 г.

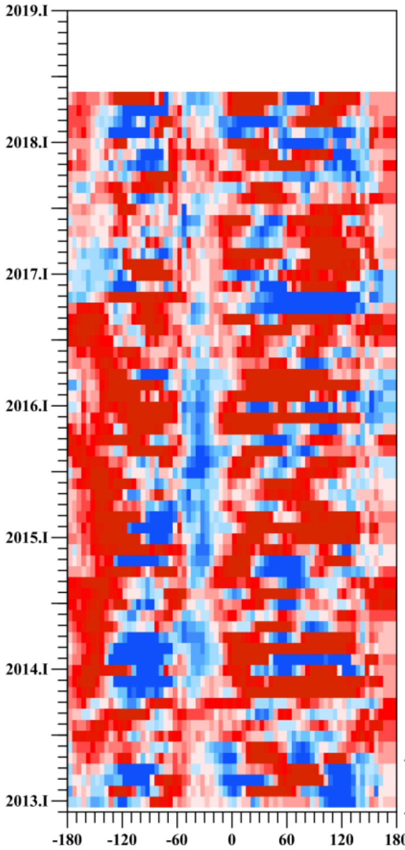
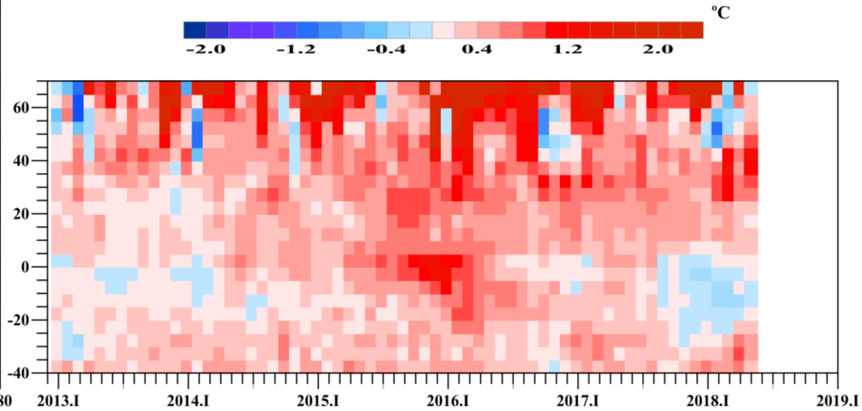


Рисунок 3.2 – Изменение во времени меридиональных (а, слева) и зональных (б, внизу) профилей аномалии приповерхностной температуры с января 2012 г. по май 2018 г**.**

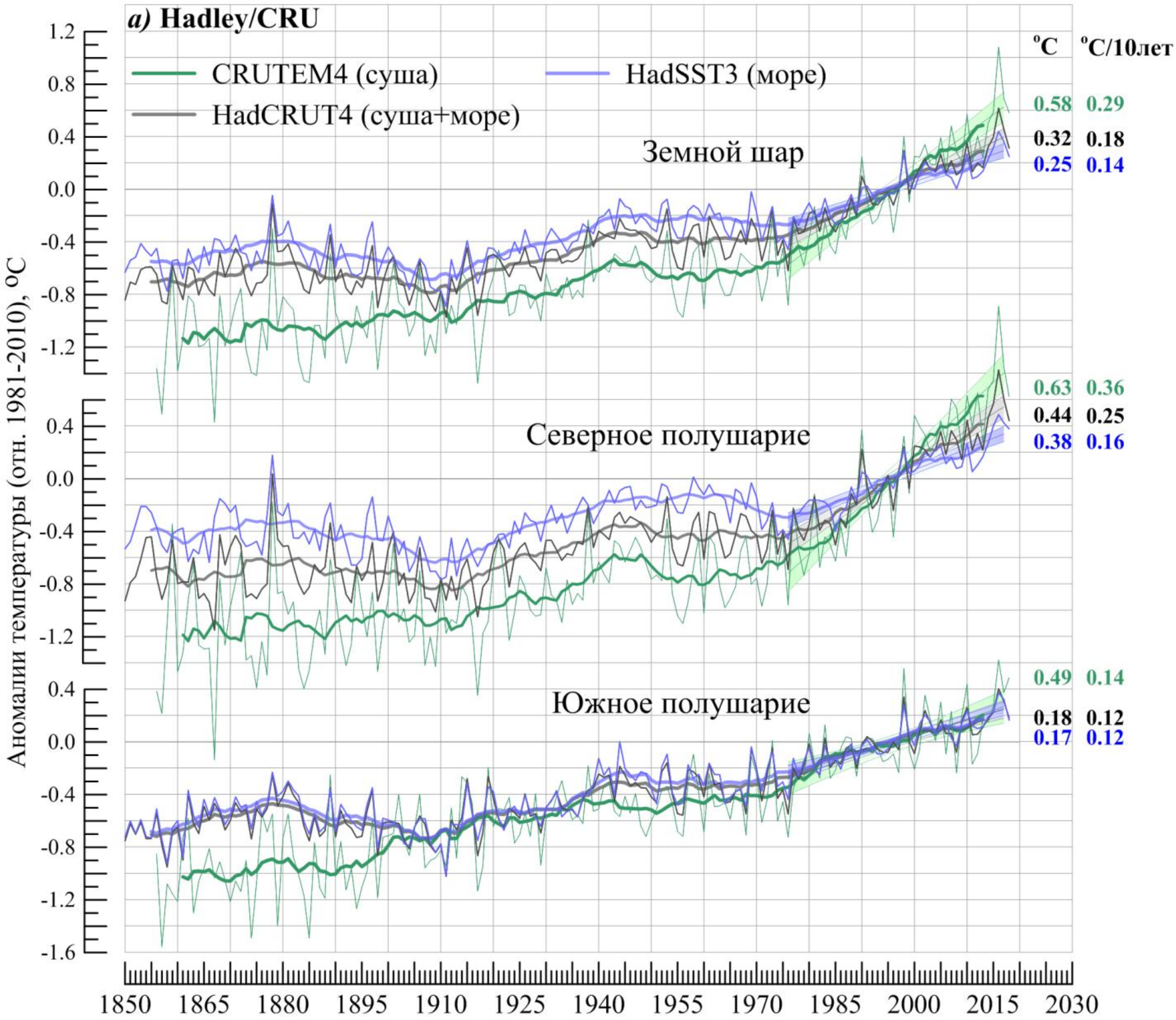
Расчет выполнен по сеточным данным Hadley/CRU (HadCRUT4, суша+море), приведенным к базовому периоду 1981-2010 гг. Зональные профили получены осреднением данных вдоль всего широтного круга, а меридиональные – внутри широтного пояса 40-60^o с.ш.



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) и их количественные описания (табл. 3.1, 3.2).

По всем данным (над сушей и океанами, для Земного шара и обоих полушарий), кроме суши Южного полушария, после скачкообразного повышения в 2016 г. отмечается последовательное двукратное понижение температуры в последние два года. Четко видно, что до середины 1990-х гг. приповерхностная температура была ниже среднего уровня 1981-2010 гг. (рис. 3.3).

В таблице 3.1 приведены коэффициенты линейного тренда всех рядов, а в таблице 3.2 – показатели k_1-k_3, количественно уточняющие соотношение оценок в разных факторных подгруппах (суша/море, СП/ЮП, современное потепление/столетие, Т3288/CRUTEM). Эти показатели рассчитаны как отношение соответствующих коэффициентов тренда (см. первый столбец табл. 3.2).



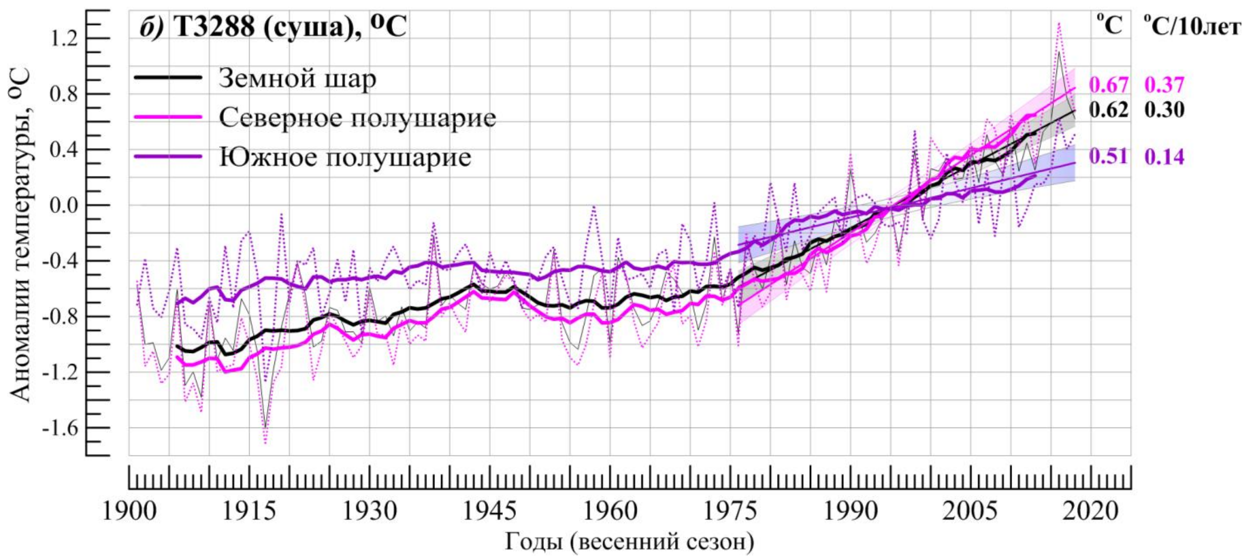


Рисунок 3.3 – Временные ряды сезонных аномалий приземной температуры (весна), осредненных по территории Земного шара, Северного и Южного полушарий: а) по данным Hadley/CRU, 1850-2018 гг.: HadCRUT4 (суша+море), CRUTEM4 (суша), HadSST3 (море); б) по данным ИГКЭ Росгидромета и РАН, 1901-2018 гг.: T3288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

Приведенные оценки показывают, что потепление весенних сезонов (и современное, и в целом за 100 лет) над сушей протекает быстрее, чем над океанами (k_1> 1) и в Северном полушарии быстрее, чем в Южном (k_2>1). Исключение составляет Южное полушарие, для которого скорость потепления у поверхности суши и океанов практически одинакова (k_1 = 1.1-1.2), и скорость столетнего потепления в Северном полушарии существенно ***ниже***, чем в Южном (k_2 = 0.79).

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

Регион	1976-2018				1919-2018			
	Весна	**март**	**апрель**	**май**	**Весна**	**март**	**апрель**	**май**
HadCRUT4 (суша+море)								
Земной шар	0.184	0.192	0.188	0.171	0.087	0.096	0.085	0.081
Северное полушарие	0.250	0.270	0.249	0.232	0.099	0.116	0.097	0.086
Южное полушарие	0.117	0.114	0.127	0.110	0.075	0.076	0.072	0.076
Т3288-ИГКЭ (суша)								
Земной шар	0.302	0.341	0.301	0.260	0.14	0.165	0.136	0.118
Северное полушарие	0.372	0.424	0.367	0.320	0.161	0.198	0.155	0.129
Южное полушарие	0.141	0.150	0.149	0.122	0.083	0.075	0.086	0.087
CRUTEM4 (суша)								
Земной шар	0.290	0.327	0.291	0.252	0.133	0.153	0.131	0.114
Северное полушарие	0.365	0.420	0.361	0.314	0.155	0.189	0.153	0.123
Южное полушарие	0.140	0.141	0.150	0.128	0.088	0.082	0.086	0.096
HadSST3 (море)								
Земной шар	0.137	0.122	0.144	0.145	0.065	0.065	0.063	0.066
Северное полушарие	0.161	0.135	0.166	0.182	0.058	0.054	0.058	0.061
Южное полушарие	0.115	0.112	0.124	0.109	0.073	0.076	0.070	0.072

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

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

k_1	*Показатель*	1976-2018			1919-2018		
		ЗШ	СП	ЮП	ЗШ	СП	ЮП
	$b_{T3288}/b_{HadSST3}$	2.20	2.31	1.23	2.15	2.78	1.14
	$b_{CRUTEM4}/b_{HadSST3}$	2.12	2.27	1.22	2.05	2.67	1.21
k_2	$b_{СП}/b_{ЮП}$	1976-2018			1919-2018		
		T3288	CRUTEM	HadSST	T3288	CRUTEM	HadSST
		2.64	2.61	1.40	1.94	1.76	0.79
k_3	$b_{1976\text{-}2018}$ / $b_{1919\text{-}2018}$	СП			ЮП		
		T3288	CRUTEM	HadSST	T3288	CRUTEM	HadSST
		2.31	2.35	2.78	1.70	1.59	1.58

4. ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ РЕГИОНАЛЬНО ОСРЕДНЕННЫХ АНОМАЛИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ, 1911-2018 гг. (весенний 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 Т3288 (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 ($^oC/10$ *лет*)
регионально осредненных аномалий приземной температуры весеннего сезона
за 1976-2018 гг. (в целом за сезон и по месяцам)

Регион	**Весна**	**Март**	**Апрель**	**Май**
		HadCRUT4 (суша+море)		
Атлантика (15-70N)	0.170	0.164	0.178	0.169
Тихий океан (20-65N)	0.148	0.124	0.142	0.179
Арктический пояс (65-90N)	0.639	0.707	0.743	0.474
Умеренный пояс СП (25-65N)	0.295	0.335	0.278	0.271
Тропики (25S-25N)	0.146	0.139	0.155	0.146
Умеренный пояс ЮП (65-25S)	0.124	0.115	0.133	0.113
Антарктический пояс (90-65S)	**-0.029**	**-0.072**	**-0.114**	0.098
		Т3288 (суша)		
Северная Америка	**0.162	0.185	0.088	0.205
Евразия	0.516	0.640	0.514	0.392
Европа	0.458	**0.370	0.558	0.443
Азия	0.531	0.706	0.511	0.375
Южная Америка	0.127	0.125	0.166	0.087
Африка	0.350	0.369	0.322	0.338
Австралия	**0.153	0.156	*0.221	0.080
Антарктида	**-0.025**	0.053	**-0.163**	0.059

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

По региональным оценкам (в среднем по территории региона) наиболее интенсивное потепление весенних сезонов происходит в Арктическом поясе (0.6 $^oC/10$ лет) и Евразии (0.5 $^oC/10$ лет) (табл. 4.1. рис. 4.1-4.2), наиболее медленное – в умеренном поясе ЮП и в Южной Америке (0.1 $^oC/10$ лет). Африканский континент теплеет также достаточно интенсивно (0.4 $^oC/10$ лет). В Северной Америке статистически значимое потепление (на 1%-уровне) наблюдается только в мае (табл. 4.1, рис. 4.2). Антарктический пояс, по-прежнему (как и для других сезонов), характеризуется слабым отрицательным трендом, статистически незначимым даже на 10%-м уровне..

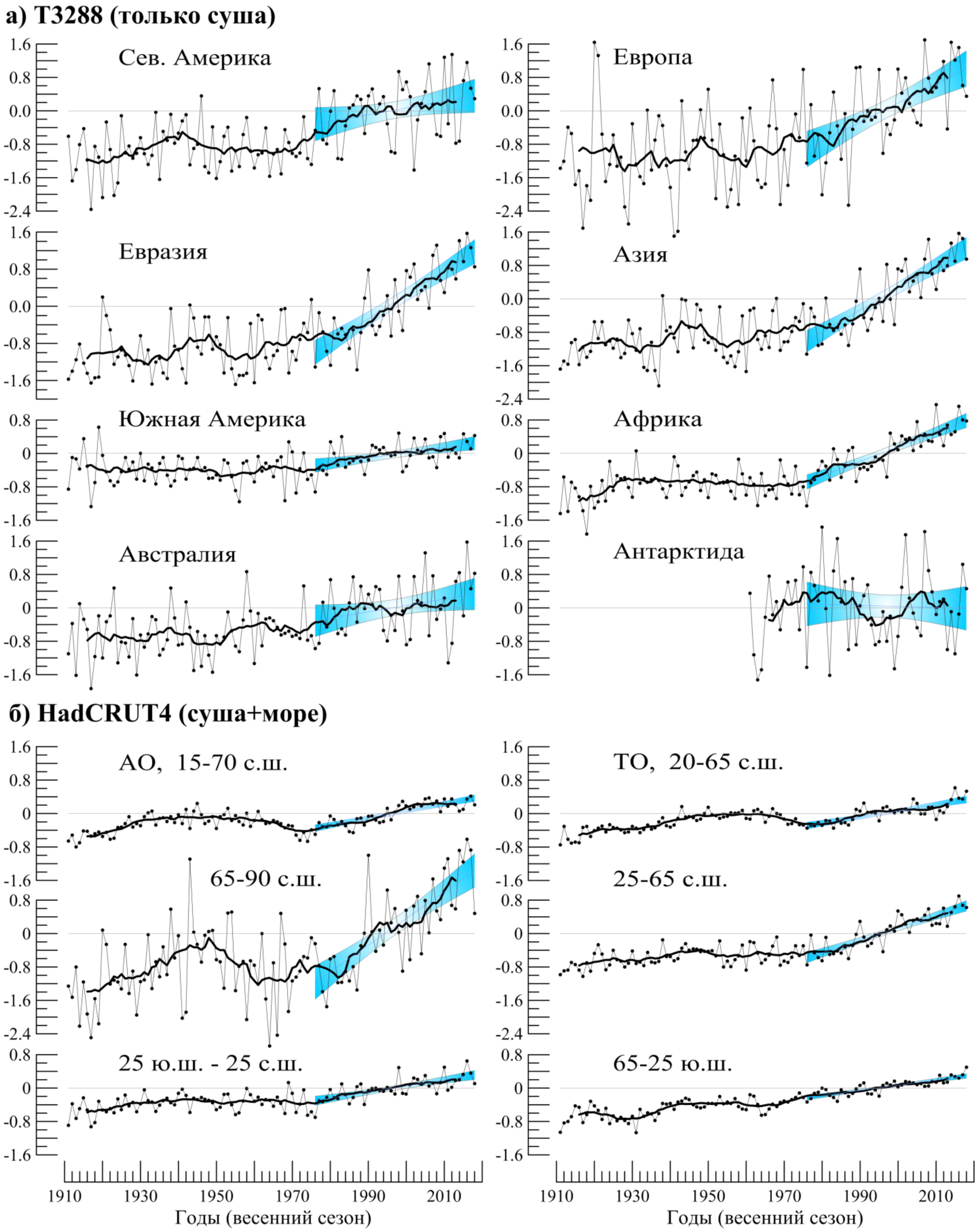


Рисунок 4.1 – Временные ряды пространственно осредненных среднегодовых аномалий приземной температуры для континентов (а), северных частей Атлантического и Тихого океанов (б, вверху) и основных широтных поясов земного шара (б, внизу).

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).

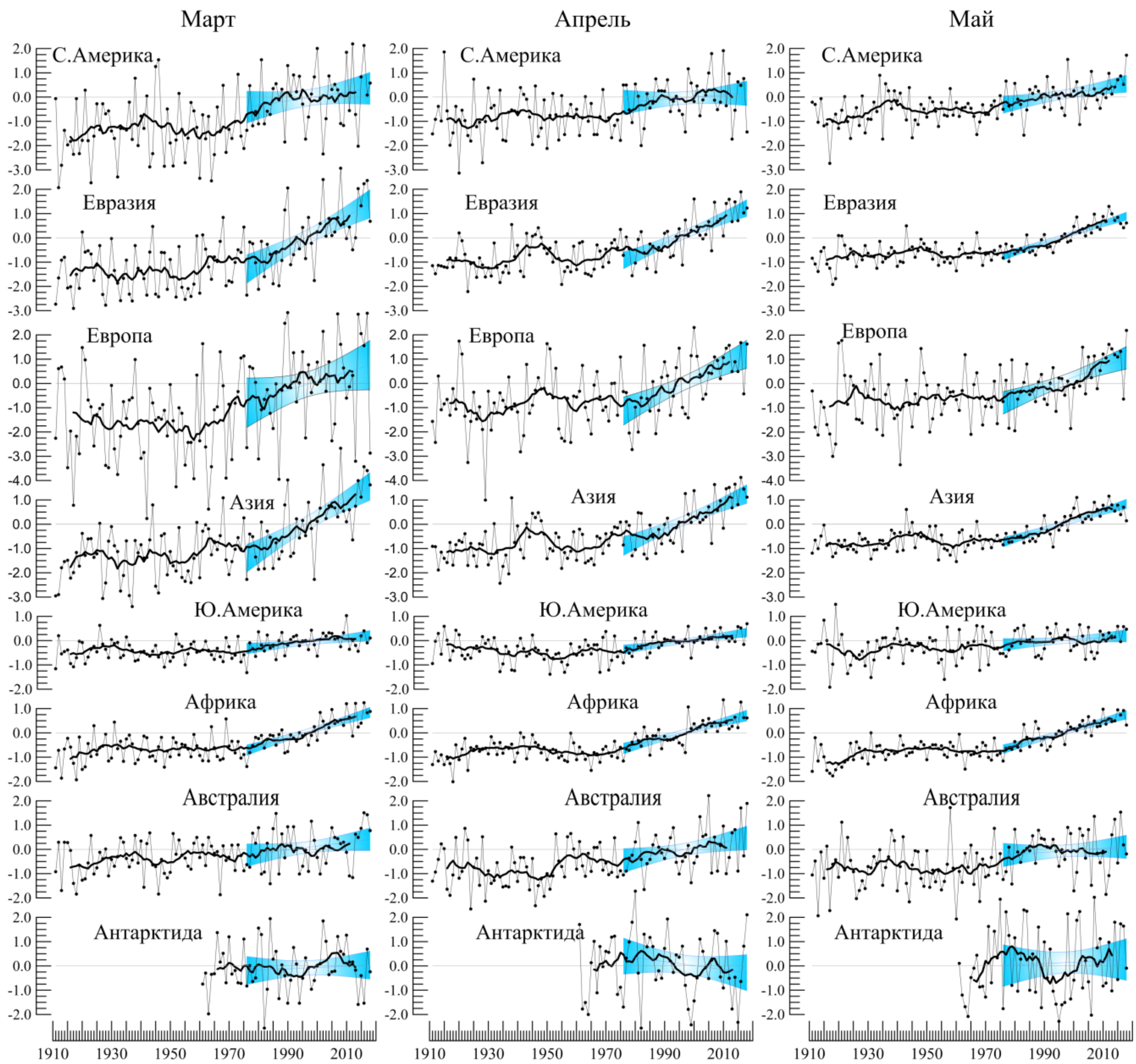


Рисунок 4.2 – См. рис. 4.1. но для аномалий весенних месяцев и только для континентов. *Расчеты выполнены по методике и данным ИГКЭ. Использован массив станционных данных T3288.*

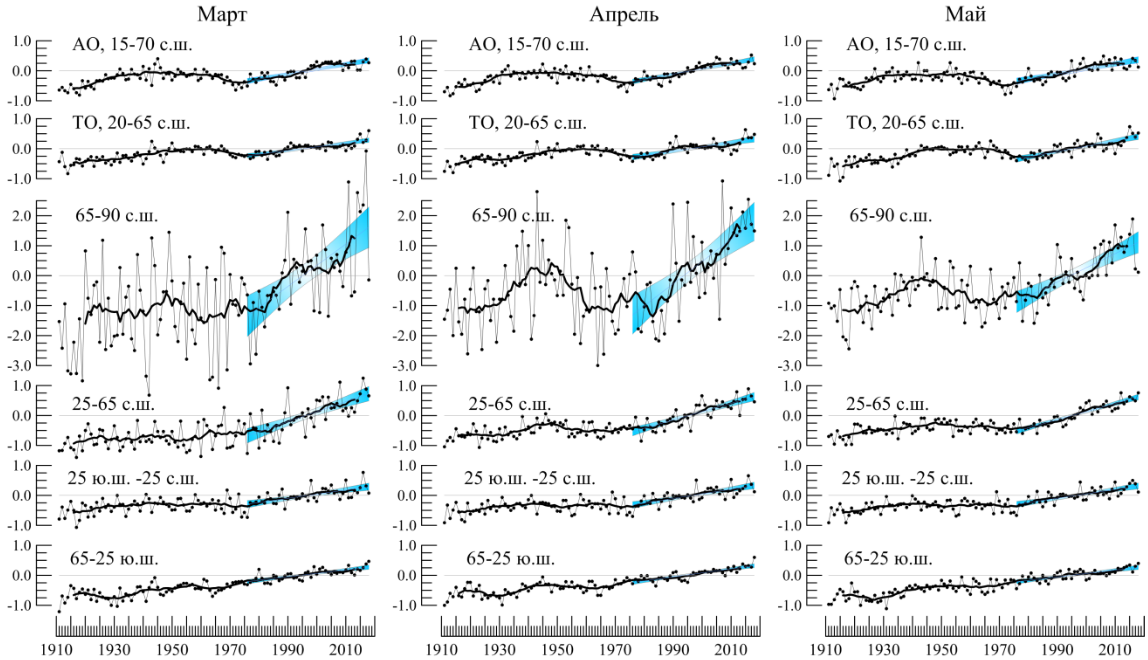


Рисунок 4.3 – См. рис. 4.2., но для океанов и широтных поясов земного шара. *Использованы сеточные данные Hadley/CRU (HadCRUT4. суша+море). Расчеты выполнены по методике ИГКЭ.*

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

Использованы данные наблюдений на 1768 станциях (массив T3288) и в центрах 1632 боксов (массив HadCRUT4), для которых своевременно поступили оперативные данные за весенние месяцы 2018 г. и временные ряды охватывают не менее 35 лет.

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 их 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 (весенний сезон)*** в зависимости от знака коэффициента тренда ***b*** и уровня значимости ***α***

	Данные	N	b<0 Всего	b<0 в том числе α <=1	b<0 в том числе α <=5	b<0 в том числе α <=10	b>=0 Всего	b>=0 в том числе α <=1	b>=0 в том числе α <=5	b>=0 в том числе α <=10
T3288	ЗШ	1768	123	4	9	16	1645	946	1198	1287
			7.0%	0.2%	0.5%	0.9%	93.0%	53.5%	67.8%	72.8%
	СП	1467	80	3	6	7	1387	882	1088	1159
			5.5%	0.2%	0.4%	0.5%	94.5%	60.1%	74.2%	79.0%
	ЮП	302	43	1	3	9	259	64	110	129
			14.2%	0.3%	1.0%	3.0%	85.8%	21.2%	36.4%	42.7%
HadCRUT4	ЗШ	1632	120	3	7	12	1512	784	993	1106
			7.4%	0.2%	0.4%	0.7%	92.6%	48.0%	60.8%	67.8%
	СП	952	35				917	540	669	727
			3.7%				96.3%	56.7%	70.3%	76.4%
	ЮП	680	85	3	7	12	595	244	324	379
			12.5%	0.4%	1.0%	1.8%	87.5%	35.9%	47.6%	55.7%

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 весенних сезонов наблюдается на большей части земного шара – положительные тренды составляют 93% всех оценок, а из отрицательных (остальные 7% оценок) лишь 0.2% значимы на 1%-м уровне (табл. 5.1). Области наиболее интенсивного потепления находятся в Арктическом поясе, на территории Азии и на севере Мексики. Тенденция к похолоданию отмечена в центре Канады, в Восточной Антарктиде и на акваториях Южного океана (рис. 5.1).

Отмеченные тенденции в изменении сезонных температур, практически сохраняются от месяца к месяцу (рис. 5.2). В марте области отрицательных трендов отмечены на севере ЕЧР и Урала и в Северной Америке – на западе Канады и на Аляске. В апреле тенденция к похолоданию охватила практически всю территорию Антарктиды (до -1.0 ^{o}C/10 лет на станции Халли).

В целом, глобальная картина трендов, локализация очагов и их интенсивность очень близки к оценкам за предыдущий весенний сезон (бюллетень 2017.II доступен по адресу http://climatechange.igce.ru/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=31&Itemid=75&lang=ru).

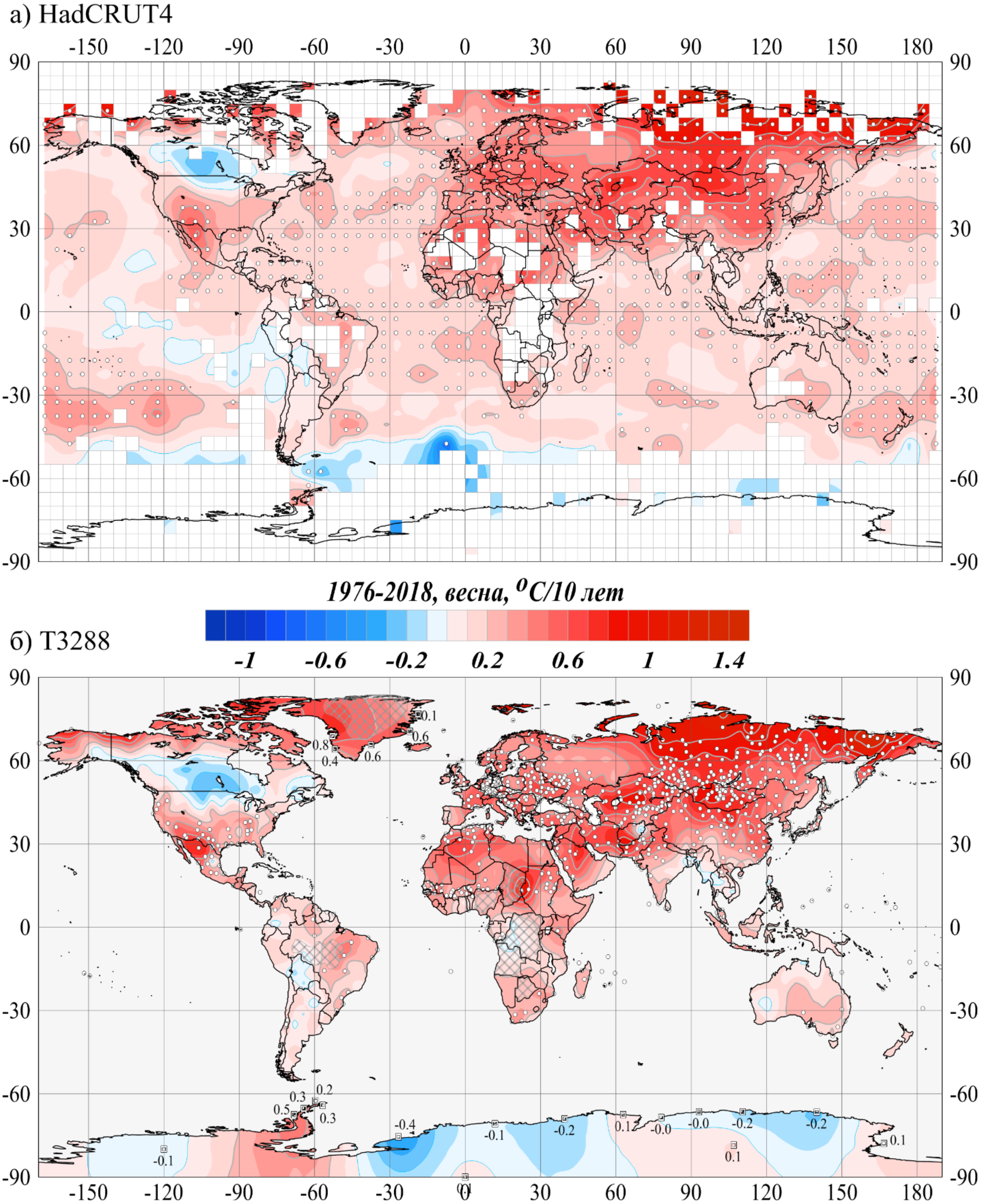


Рисунок 5.1 - Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда температуры весеннего сезона у поверхности Земного шара за период 1976-2018 гг. (°С/10 лет).

Использованы данные: а) HadCRUT4 - сеточные данные Hadley/CRU, UK (суша+море); б) Т3288 – 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.

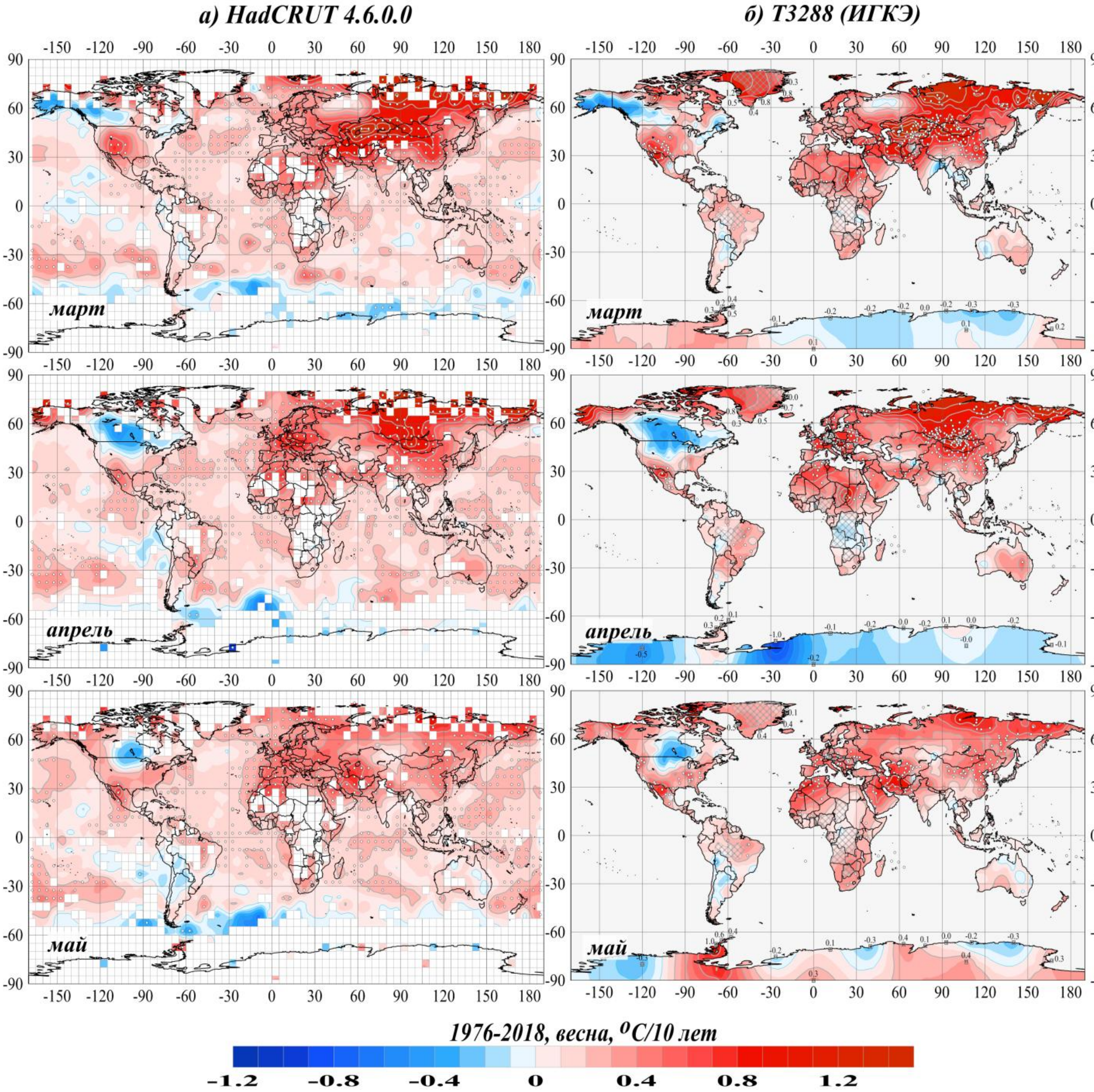


Рисунок 5.2 – См. рис. 5.1., но для коэффициентов тренда среднемесячных аномалий температуры весенних месяцев.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В среднем по всей территории Земного шара, кроме суши Южного полушария, в ходе приповерхностной температуры весеннего сезона отмечается последовательное двукратное (в 2017 и 2018 гг.) снижение, которое полностью скомпенсировало ее скачкообразное повышение в 2016 г.

2. Весна 2018 года занимает 3 место среди самых теплых весенних сезонов над сушей Южного полушария и входит в восемь самых теплых по всем показателям (над сушей и океанами, над Земным шаром и полушариями). Самой теплой за всю историю наблюдений, по-прежнему, остается весна 2016 года.

3. Аномалия глобальной приповерхностной температуры, в среднем для Земного шара, Северного и Южного полушарий, весной 2018 г. составила по станционным данным над сушей 0.62, 0.67, 0.51°C (T3288, только суша), а по данным на полной сетке (HadCRUT4, суша+море) 0.32, 0.44 и 0.18°C, соответственно.

4. Весна в текущем году была рекордно теплой в умеренных широтах Южного полушария (предыдущие максимумы, в среднем по региону, были в 2014 и 2017 гг.) и второй самой теплой в северной части Тихого океана (первой была весна 2015 г., третьей – 2016 г.). В полярных широтных поясах, арктическом и антарктическом, напротив, степень потепления, в сравнении с последними годами, снизилась (ранги 24 и 22, соответственно).

5. Весной 2018 г., на фоне положительных аномалий глобальных температур, отмечается необычно высокая доля локальных отрицательных аномалий (25% всех станций и 29% боксов). В тропических широтах океанов Южного полушария и Атлантики, а также на северо-востоке Атлантики, отрицательные аномалии сохранялись на протяжении всего сезона. Обширная отрицательная аномалия в Евразии достигла максимальной интенсивности (до -7.2 ^{o}C) и протяженности (от Европы до Дальнего Востока) в марте, а на североамериканском континенте – в апреле. Соответственно, средняя аномалия по Европейскому региону в марте составила -2.88^{o}C, а по Северной Америке в апреле -1.44 ^{o}C.

6. На большей части Земного шара продолжается потепление весенних сезонов: положительные тренды составляют 93% всех оценок, а из отрицательных (остальные 7% оценок) только 0.2% статистически значимы на 1%-м уровне. Наиболее интенсивно современное потепление происходит в Арктическом широтном поясе (в среднем по региону 0.64^{o}C/10 лет) и Азиатской части Евразии (в среднем по региону 0.53^{o}C/10лет). Локальные оценки достигают 1.1-1.4^{o}C/10 лет на севере Азиатской территории России.

7. Потепление весенних сезонов, как современное (1976-2018 гг.), так и столетнее (1919-2018 гг.), над сушей протекает быстрее, чем над океанами, и в Северном полушарии быстрее, чем в Южном. Исключение составляет Южное полушарие, для которого *скорость потепления у поверхности суши и океанов практически одинакова*, а скорость столетнего потепления в Северном полушарии *ниже*, чем в Южном.

8. Отмеченные тенденции в современных изменениях средней температуры весеннего сезона почти не изменились с добавлением данных 2018 г. и практически не меняются от месяца к месяцу.