DOI 10.21513/2410-8758-2016-2-119-142 УДК 521.524.3

ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ В ЯНВАРЕ – ИЮНЕ 2016 ГОДА

Г.В. Груза [1,2], *Э.Я. Ранькова* [1,2], *Э.В. Рочева* [1,2], *О.Ф. Самохина* [1]

[1] Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН, Россия, 107258, г. Москва, ул. Глебовская 20б; *ggruza@yandex.ru*
[2] Институт географии Российской академии наук, Россия, 119017, г. Москва, Старомонетный пер., 29; *ggruza@yandex.ru*

Резюме. Анализируются продленные по июнь 2016 г. данные об аномалиях и климатических изменениях приповерхностной температуры и их обобщения для Земного шара в целом, полушарий и крупных частей географического пространства - континентов, океанов, широтных поясов. Показано, что среднемесячная глобальная температура у поверхности Земного шара над сушей, океанами и в целом по Земному шару с мая 2015 года по июнь 2016 года остается самой высокой в истории метеорологических наблюдений. На поверхности Мирового океана (в целом) рекордные среднемесячные температуры наблюдаются непрерывно с июня 2014 года, исключая холодный период с декабря 2014 по март 2015 года. Первое полугодие 2016 года, в среднем по Земному шару и каждому полушарию, было самым теплым среди периодов «январь-июнь» за всю историю инструментальных наблюдений. Основной вклад принадлежит умеренным широтам северного полушария (31.8 %), арктическому поясу (30.9 %) и тропикам (30.8 %). Для суши Земного шара максимальным оказался вклад Евразии – 50.2 %. Ниже нормы температура была лишь в южной полярной области, включая Антарктиду. Согласно обновленным оценкам трендов, на большей части Земного шара сохраняется тенденция к потеплению (более 52 % оценок тренда были статистически значимы на 1 %-м уровне). В то же время в южной полярной области, в Северной Америке и в восточных районах Тихого океана выявляются области слабых отрицательных трендов, которые всюду, кроме отдельных районов Антарктиды, статистически незначимы.

Ключевые слова. Климат, изменение климата, приповерхностная температура, линейный тренд, глобальное потепление.

FEATURES OF THE SURFACE TEMPERATURE REGIME OVER THE GLOBE IN JANUARY – JUNE 2016

G.V. Gruza [1,2], *E.Ya. Rankova* [1,2], *E.V. Rocheva* [1,2], *O.F. Samokhina* [1]

[1] Institute of Global Climate and Ecology of Roshydromet and RAS,
20B, Glebovskaya str., 107258 Moscow, Russia; *ggruza@yandex.ru*
[2] Institute of Geography of Russian Academy of Sciences,
29, Staromonetniy lane, 119017 Moscow, Russia; *ggruza@yandex.ru*

Summary. Data on anomalies (by June 2016) and climatic trends for surface temperature and their generalizations for the Globe, Hemispheres and large parts of geographical space (continents, oceans, latitudinal belts) are analyzed. It is found that monthly mean surface temperature for the Globe (land+sea) for May 2015 – June 2016 remains unprecedented high throughout the history of meteorological observations. For oceans, unprecedented high monthly temperatures were observed since June 2014 (excluding period from December 2014 to March 2015). For all the history of meteorological observations, the first half of 2016 occurred most warm among January – June periods for the Globe and Hemispheres. The main contribution to this is from midlatitudes (31.8 %), Arctic (30.9 %) and tropical latitudes (30.8 %). The contribution of Euro-Asia (50.2%) are the biggest for the land on the global scale. Only temperatures of the south polar zone (including Antarctic) were below climatic mean values. According to updated assessment of trends, the warming tendency sustains over the most part of the Globe (more than 52 % estimated trends are significant at 1 % level). Nevertheless, some regions with weak negative trends (that are all statistically insignificant besides those for Antarctic) exist in the south polar zone, North America and eastern part of Pacific Ocean.

Keywords. Climate, climate change, surface temperature, linear trend, global warming.

Введение

Статья продолжает серию публикаций о современном состоянии климата Земного шара по разделу «Приземная температура» (Груза и др., 2015) на основе данных регулярного мониторинга климата *(www.climatechange.igce.ru)* в ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН».

Ведущие мировые метеорологические центры издают многочисленные обзоры и бюллетени мониторинга климата, содержащие обширную информацию о текущем состоянии климатической системы Земли (NOAA, 2016a; NOAA, 2016b; JMA, 2016; Jones, 2016; Kennedy et al, 2016). ВМО (Всемирная Метеорологическая Организация) регулярно обобщает эти материалы в ежегодных сообщениях о текущем состоянии климата (WMO, 2016c) и различных специальных выпусках (WMO, 2016a, WMO, 2016b).

Согласно пресс-релизу (WMO, 2016b), глобальная температура приземного воздуха в 2016 г. продолжает оставаться рекордно высокой. Отмечается, что особенно тепло было в Арктике. Арктический лед в этом году растаял рано и быстро, что является значимым показателем меняющегося климата. Площадь морского льда в Арктике на пике сезонного минимума, который наступает в сентябре, уменьшается со скоростью 13.4 %. Лед Гренландии в этом году также растаял очень рано – 20 июня. Площадь морского льда сейчас минимальна, она покрывает 40 % от того, что было в конце 1970-х и начале 1980-х. Концентрация CO2 превысила символическую величину 400 единиц на миллион. Она варьирует согласно сезонному ходу, но тенденция на повышение сохраняется – в июне она повысилась до 407 единиц, что на 4 единицы выше, чем в 2015 г. Средняя температура первых 6 месяцев года на 1.3 °C выше, чем в прединдустриальную эпоху, в конце 19 века.

Информация о современных изменениях климата на территории РФ представлена в оценочных докладах Росгидромета (ОД1, 2008; ОД2, 2014) и в ежегодных докладах о состоянии климата на территории России в истекшем году (Росгидромет, 2016). Данные о текущих климатических аномалиях на территории России регулярно публикуются в сезонных Бюллетенях мониторинга климата РФ (ИГКЭ, 2016а).

В предлагаемой статье представлены фактографические данные об аномалиях температуры на территории Земного шара в 2016 г. и обновленные оценки современных климатических изменений приземной температуры Земного шара, полученные авторами с учетом данных по июнь 2016 года включительно. Все публикуемые в статье результаты получены авторами в рамках регулярного мониторинга изменений климата Земного шара по разделу: «Температура приземного воздуха» (ИГКЭ, 2016б).

Данные

В статье используются данные наблюдений за приземной температурой из двух источников - «данные ИГКЭ» и «данные Hadley/CRU».

Данные ИГКЭ (набор данных Т3288) включают данные стандартных наблюдений за температурой приземного воздуха (температура на высоте 2 м, телеграммы КЛИМАТ) с 1901 года на глобальной сети 3288 станций. При формировании массива использованы станционные данные ИГКЭ (исторические ряды для 1383 станций с 1891 г. и оперативные данные телеграмм КЛИМАТ с 1985 г.), данные ВНИИГМИ-МЦД (массив «Температура воздуха», *http://www.meteo.ru*) и данные Hadley/CRU (станционные данные для CRUTEM4.4.0.0, *http://www.metoffice.gov.uk/hadobs*). В массив включены все станции (N=3288), отвечающие критериям контроля и имеющие в течение 1976-2010 гг. не менее 25 полных лет наблюдений. Отметим, что массив Т3288 содержит данные наземных наблюдений и потому относится к категории «только суша», хотя среди станций есть и островные.

Данные Hadley/CRU – это апробированные и признанные мировым научным сообществом данные Метеослужбы Великобритании (Hadley-

центр, Met Office, UK) и Университета Восточной Англии (CRU, UEA, UK). Комплект данных содержит три массива:

- CRUTEM 4.4.0.0: аномалии температуры приземного воздуха над сушей (на высоте 2м, данные CRU);

- HadSST 3.1.1.0: аномалии температуры воды в поверхностном слое морей и океанов (на глубине 8-10 м, данные Hadley-центра);

- HadCRUT 4.4.0.0: объединяет данные над сушей и океанами; получен в Hadley-центре (Met Office, UK) объединением и согласованием полей CRUTEM4.4.0.0 (над сушей) и HadSST3.1.1.0 (над океанами); часто упоминается как массив данных о приповерхностной температуре.

В настоящей статье термины "приповерхностная температура" и "приземная температура" используются как синонимы. Все три массива Hadley/CRU и соответствующие глобальные временные ряды ежемесячно обновляются с сайта источника *http://www.cru.uea.ac.uk/.* Массив Т3288 ежемесячно пополняется в системе мониторинга климата ИГКЭ (по данным телеграмм КЛИМАТ с каналов связи ГСТ).

Методика расчетов описана в первой статье данной серии (Груза и др., 2015). Каталог используемых станций и более подробный комментарий к представленным материалам (с картой сети станций) можно найти на Web-сайте ИГКЭ (ИГКЭ, 2016б). Отметим дополнительно, что все региональные оценки и временные ряды (средние по территории континентов, океанов и широтных поясов) приводятся в статье по двум источникам: по данным Т3288 (только суша) и HadCRUT4 (суша+море). Расчет их во всех случаях выполняется по методике ИГКЭ.

Глобальные оценки и глобальные временные ряды (для Земного шара и полушарий) по данным Hadley/CRU приводятся только по оригинальным данным Hadley/CRU. Это значит, что глобальные и полушарные временные ряды рассчитаны по методике ИГКЭ только по массиву Т3288; в остальных случаях (по данным CRUTEM4, HadSST3 и HadCRUT4) ряды скачиваются с сайта производителя *http://www.cru.uea.ac.uk/* и корректировке не подлежат.

Таким образом, в используемой методике обработки массив Т3288 служит базовым массивом для оценки состояния температурных условий на суше земного шара, а массив HadCRUT4 используется для создания полной *глобальной* картины *над сушей и океанами.*

Результаты

1. Глобальная температура у поверхности Земного шара. О масштабе происходящих в настоящее время глобальных изменений климата у поверхности земли можно судить, в частности, по кривым, представляющим ход приземной температуры, осредненной по территории Земного шара и/или полушарий, за период инструментальных наблюдений.

На рис. 1 такие кривые приведены для *суши* Земного шара по данным двух источников: Т3288 (данные и методика обработки ИГКЭ) и CRUTEM4 (оригинальные данные Hadley/CRU). Приведен ход осредненных за январь-июнь

аномалий температуры приземного воздуха с начала XIX столетия. Сопоставление этих рядов, полученных в разных центрах по единым станционным наблюдениям, но с использованием разных наборов станций и разных методик обработки должно дать представление о масштабе неопределенности получаемых оценок и, в определенной мере, о репрезентативности используемых наборов данных.

Визуально расхождение между рядами в сравнении с размахом самих значений пренебрежимо мало. Количественные оценки приведены в (Груза и др., 2015) для среднегодовых аномалий. В соответствии с ними, среднее различие за 1901 – 2014 гг. для Земного шара, Северного и Южного полушарий составило 0.003, 0.012 и 0.003 ^{o}C, а среднее абсолютное различие – 0.023, 0.021 и 0.028 ^{o}C. Аналогичные оценки для полугодовых аномалий (средних за январь-июнь) приведены в таблице 1 для различных отрезков времени в течение 1901 – 2016 гг.

Таблица 1. Среднее абсолютное различие (^{o}C) глобальных временных рядов полугодовых (январь-июнь) аномалий температуры, рассчитанных по методикам ИГКЭ и Hadley/CRU для суши Земного шара, Северного (СП) и Южного (СП) полушарий

Период	Земной шар	СП	ЮП
1901 – 2016	0.037	0.035	0.032
1901 – 1950	0.061	0.059	0.042
1951 – 2016	0.019	0.018	0.025
1971 – 2016	0.018	0.017	0.027
Std, 1901 – 2016	0.471	0.549	0.338

Примечание. В нижней строке приведены значения стандартного отклонения для рассматриваемых трех переменных, в среднем по каждой паре сравниваемых рядов за 1901 – 2016 гг.

Можно видеть, что расхождение между рядами заметно снизилось примерно с середины прошлого столетия. Несколько большее различие средних за первое полугодие, чем за весь год (0.03 – 0.04 против 0.02 – 0.03 ^{o}C) может быть связано с существенно более высокой изменчивостью зимних температур. В целом оценки, по-прежнему, указывают на тесное согласие рядов T3288 и CRUTEM4 в последние 50 – 60 лет (в большей мере, в Северном полушарии) и, следовательно, на репрезентативность массива T3288 как фактографической базы для анализа современных изменений климата.

Все три пары кривых на рис. 1 согласованно указывают на скачкообразное повышение температуры *приземного воздуха над сушей* от 2015 к 2016 году, особенно заметное в *Северном полушарии* (0.46 ^{o}C по данным T3288 и 0.49 ^{o}C по данным CRUTEM4 – рис.1). Более того, в среднем *по территории суши* Северного полушария (и Земного шара) скачкообразное потепление имело место также и в прошлом году, от 2014 к 2015 (около 0.3 ^{o}C). При этом 2-кратный «скачок» (*два года подряд*) такой интенсивности в этих рядах последний раз наблюдался в 1998 г. Возможно, этому способствовало развитие сильнейших эпизодов Эль-Ниньо в 1998 и 2015 – 2016 гг. (WMO, 2016a).

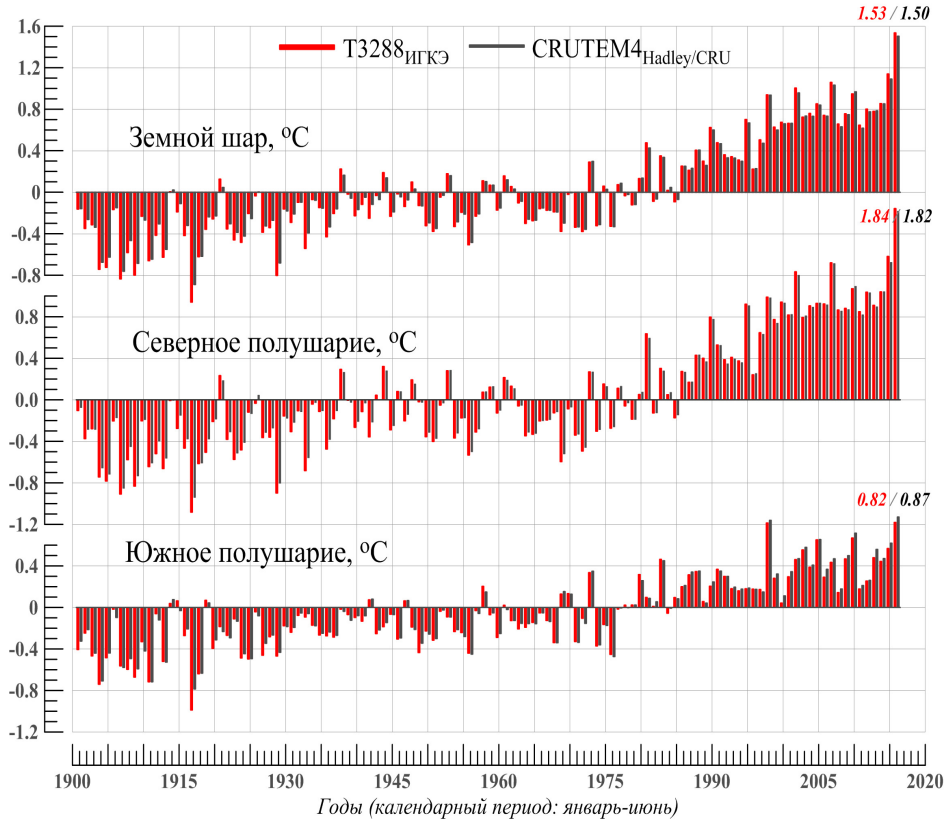

Рисунок 1. Временные ряды аномалий температуры приземного воздуха (°C, 1901 – 2016 гг.), осредненных за первое полугодие каждого года и по территории Земного шара, Северного и Южного полушарий.

Аномалии приведены в отклонениях от нормы 1961 – 1990 гг.

T3288 – данные и методика осреднения ИГКЭ

CRUTEM4 – данные и методика осреднения Hadley/CRU

На рис. 2 приведены ряды по данным одного источника – Hadley/CRU, но для всех компонентов: только *для суши* (CRUTEM4 - температура приземного воздуха), только *для океанов* (HadSST3 - температура поверхностного слоя воды) и *для всей территории в целом* (HadCRUT4 – объединенные данные, суша+море). Все эти кривые наглядно иллюстрируют сам факт современного глобального потепления, и его основные особенности:

(1) потепление приземного воздуха над сушей протекает гораздо активнее, чем потепление поверхностного слоя океанов, особенно в Северном полушарии;

(2) в Южном полушарии потепление (включая всплеск температуры в последние два года) выражено заметно слабее, особенно над сушей;

(3) Во всех случаях (по всем наборам данных) первое полугодие 2016 г. оказалось самым теплым в исторической перспективе (по крайней мере, с 1911 г.).

Отметим, что максимальное значение температуры (или аномалии) с 1911 г. можно рассматривать как максимум за весь период наблюдений с 1850 по 2016 гг. (рис. 2).

По-видимому, полезно подчеркнуть, что на рис. 2 для суши показаны временные ряды CRUTEM4 (а не T3288), чтобы исключить влияние методик обработки и более четко показать различие между потеплением у поверхности суши и на поверхности океанов.

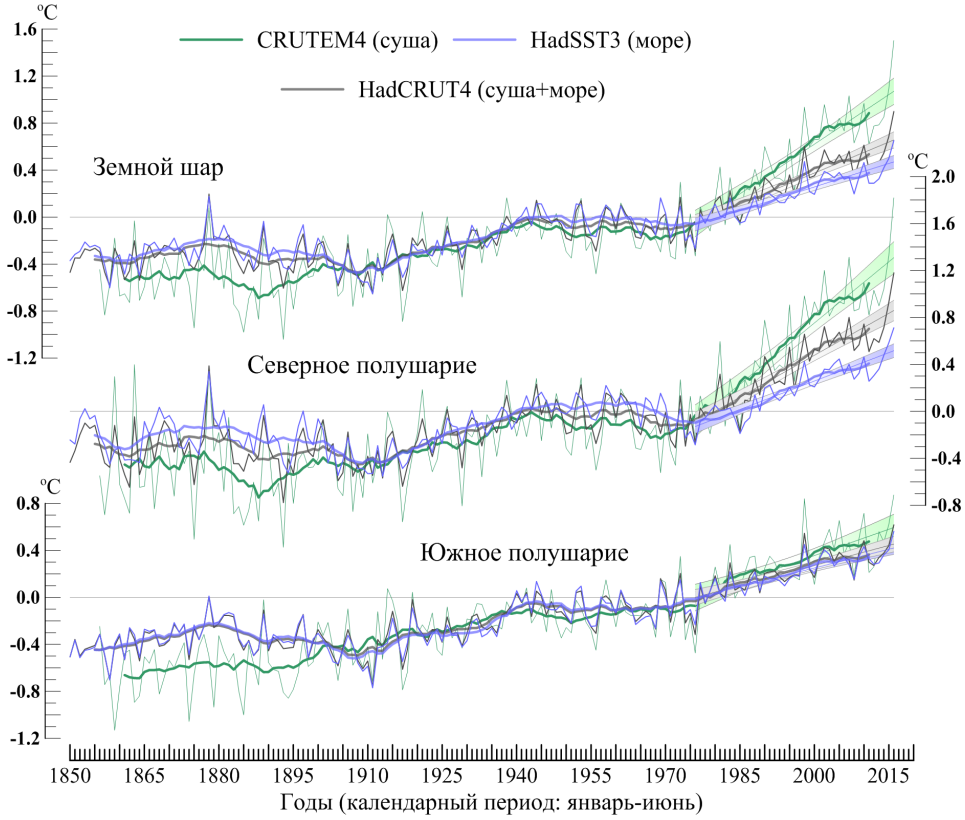

Рисунок 2. Изменение аномалий приземной температуры, осредненных за январь-июнь каждого года и по территории Земного шара, Северного и Южного полушарий.

Показаны: ход 11-летних скользящих средних, линейный тренд за 1976 – 2016 гг. и его 95 % доверительный интервал:

аномалии температуры приземного воздуха над сушей, CRUTEM4 (Hadley/CRU)

аномалии температуры поверхности океанов, HadSST3 (Hadley/CRU)

аномалии температуры приземного воздуха над сушей и поверхности воды в океанах, HadCRUT4 (Hadley/CRU).

Представляется также полезным обратить внимание на почти полное совпадение кривых HadCRUT4 и HadSST3 в Южном полушарии, особенно на раннем периоде наблюдений. Тем более, что обе кривые значительно удалены от кривой CRUTEM4 (суша). По-видимому, этот вопрос требует более глубокого изучения.

2. Первое полугодие 2016 года – самый теплый период «январь-июнь» в истории наблюдений. Более подробные данные, с детализацией по регионам (континенты, океаны, широтные пояса) и месяцам, приведены в табл. 1. Для Антарктиды данные доступны с 1944 г.; для остальных регионов временные ряды пространственно осредненных аномалий содержат данные за 1901 – 2016 гг. (без пропусков).

Таблица 2. Характеристики температурного режима у поверхности земли в январе-июне 2016 г., в среднем по Земному шару, полушариям, континентам, северным частям океанов и широтным поясам $\boldsymbol{V_R}$: $\boldsymbol{V}$ – аномалия 2016 г. (^oC), $\boldsymbol{R}$ – ранг в ряду за 1911-2016 гг.

Регион	Месяцы						Период
	I	II	III	IV	V	VI	I-VI
HadCRUT4 ***(Hadley/CRU, суша+море)***							
Земной шар*	**0.91$_1$**	**1.07$_1$**	**1.07$_1$**	**0.92$_1$**	0.68$_2$	**0.74$_1$**	**0.90$_1$**
Северное полушарие*	1.14$_2$	**1.50$_1$**	**1.37$_1$**	**1.16$_1$**	0.89$_2$	**1.02$_1$**	**1.18$_1$**
Южное полушарие*	**0.68$_1$**	**0.64$_1$**	**0.76$_1$**	**0.69$_1$**	0.48$_3$	0.46$_4$	**0.62$_1$**
Атлантика, 15-70N	**0.72$_1$**	0.67$_2$	0.58$_4$	0.57$_5$	0.72$_4$	0.83$_2$	**0.68$_1$**
Тихий океан, 20-65N	0.63$_2$	0.63$_2$	0.34$_6$	0.51$_3$	0.65$_2$	0.71$_3$	0.58$_2$
Арктический пояс, 65-90N	4.43$_4$	**4.19$_1$**	3.31$_3$	3.28$_3$	**2.39$_1$**	2.38$_2$	**3.42$_1$**
Умеренный пояс СП, 25-65N	1.02$_5$	**1.88$_1$**	**1.64$_1$**	**1.25$_1$**	0.84$_3$	**1.10$_1$**	**1.29$_1$**
Тропики, 25S-25N	**1.02$_1$**	**0.92$_1$**	**1.00$_1$**	**0.93$_1$**	**0.76$_1$**	**0.77$_1$**	**0.88$_1$**
Умеренный пояс ЮП, 65-25S	0.35$_{12}$	0.34$_{12}$	0.47$_5$	0.57$_3$	0.35$_{14}$	0.37$_{16}$	0.48$_4$
Антарктический пояс, 90-65S	**-0.55$_{69}$**	**-0.55$_{69}$**	**-0.98$_{76}$**	**-0.96$_{59}$**	1.22$_{12}$	**-1.67$_{61}$**	**-0.59$_{54}$**
T3288 ***(ИГКЭ, суша)***							
Земной шар	1.36$_2$	**2.12$_1$**	**1.95$_1$**	**1.62$_1$**	**1.06$_1$**	1.11$_2$	**1.54$_1$**
Северное полушарие	1.60$_3$	**2.61$_1$**	**2.37$_1$**	**1.91$_1$**	1.20$_2$	**1.34$_1$**	**1.84$_1$**
Южное полушарие	**0.81$_1$**	**1.04$_1$**	**1.03$_1$**	**0.91$_1$**	0.74$_3$	0.54$_9$	**0.82$_1$**
Северная Америка	3.28$_3$	2.93$_5$	2.84$_2$	1.00$_{17}$	1.24$_5$	**1.52$_1$**	**2.11$_1$**
Евразия	0.99$_{30}$	3.48$_2$	2.90$_3$	**2.46$_1$**	0.97$_{13}$	1.38$_5$	**2.03$_1$**
Южная Америка	0.94$_2$	**1.35$_1$**	0.74$_5$	0.83$_5$	0.11$_{44}$	**-0.11$_{71}$**	0.51$_8$
Африка	1.29$_2$	1.23$_4$	1.72$_2$	1.85$_2$	1.18$_5$	1.30$_2$	1.39$_2$
Австралия	0.44$_{26}$	0.90$_9$	1.56$_2$	1.93$_2$	1.94$_2$	1.33$_6$	**1.34$_1$**
Антарктида	**-0.27$_{47}$**	**-0.67$_{56}$**	**-1.27$_{64}$**	**-0.77$_{50}$**	1.79$_9$	**-1.24$_{61}$**	**-0.40$_{50}$**
CRUTEM4 ***(Hadley/CRU, суша)***							
Земной шар*	1.37$_2$	**2.04$_1$**	**1.90$_1$**	**1.58$_1$**	**1.04$_1$**	1.09$_2$	**1.50$_1$**
Северное полушарие*	1.62$_3$	**2.53$_1$**	**2.35$_1$**	**1.89$_1$**	1.19$_2$	**1.34$_1$**	**1.82$_1$**
Южное полушарие*	**0.87$_1$**	**1.07$_1$**	**1.00$_1$**	**0.94$_1$**	0.75$_3$	0.59$_9$	**0.87$_1$**

Примечания:

1. Звездочкой (*) в боковике таблицы выделены оригинальные временные ряды Hadley/CRU с сайта источника для Земного шара и обоих полушарий. Остальные ряды рассчитаны авторами по методике ИГКЭ (по данным HadCRUT4 или T3288, как указано в таблице).
2. Оценки рангов для Антарктиды получены по 73-летним рядам, а для остальных регионов ряды содержали 106 значений наблюденной температуры.
3. Красным шрифтом выделены абсолютные максимумы 1911-2016 гг. (их ранг равен 1). Отрицательные аномалии показаны синим шрифтом (наблюденная температура ниже климатической нормы)
4. Для календарного периода «I-VI» весь временной ряд получен осреднением аномалий за шесть первых месяцев года.

Из табл. 2 следует, что практически в течение всего текущего года (с января по июнь) глобальная приземная температура, в среднем по Земному шару и Северному полушарию, с учетом и без учета океанов, держится на рекордно высоком уровне. Все шесть месяцев были либо рекордно теплыми с 1911 года, либо на 2 – 3 месте среди самых теплых. Более того, средняя температура календарного периода «январь-июнь», в Северном полушарии и гло-

бально (по всем данным, с учетом и без учета океанов) была рекордно высокой уже два года подряд, в 2015 и 2016 гг. (табл. 3).

Максимальный вклад в температурную аномалию 2016 г. на территории Земного шара (над сушей и океанами) принадлежит умеренным широтам северного полушария (31.8 %), арктическому поясу (30.9 %) и тропикам (30.7 %). Для суши Земного шара максимальным оказался вклад Евразии – 50.2 %. Под вкладом региона здесь понимается аномалия, осредненная по территории региона и взвешенная пропорционально площади региона. Однако картина в целом очень неоднородна, существенно меняется и от месяца к месяцу, и от региона к региону. На общем фоне резко выделяется Антарктический регион и Южная полярная область (включая Антарктиду) устойчивыми отрицательными аномалиями в течение всего полугодия, кроме мая. В тропиках (в среднем по широтному поясу 25^{o}ю.ш. – 25^{o}с.ш.), напротив, в каждом из 6 месяцев устанавливался новый абсолютный максимум температуры.

Таблица 3. Пять самых теплых периодов (январь-июнь) для Земного шара (ЗШ), Северного (СП) и Южного (ЮП) полушарий по данным разных источников: средняя за январь-июнь аномалия температуры VT и год наблюдения

№	ЗШ		СП		ЮП	
	VT, ^{o}C	Год	VT,^{o}C	Год	VT,^{o}C	Год
HadCRUT4 (Hadley/CRU, суша+море)						
1	**0.899**	**2016**	**1.179**	**2016**	**0.617**	**2016**
2	0.685	2015	0.928	2015	0.545	1998
3	0.612	2010	0.799	2007	0.482	2010
4	0.601	1998	0.743	2010	0.441	2015
5	0.572	2002	0.721	2002	0.423	2002
T3288 (ИГКЭ, суша)						
1	**1.535**	**2016**	**1.842**	**2016**	**0.819**	**2016**
2	1.140	2015	1.381	2015	0.814	1998
3	1.058	2007	1.320	2007	0.669	2010
4	1.003	2002	1.233	2002	0.652	2005
5	0.947	2010	1.070	2010	0.568	2015
CRUTEM4 (Hadley/CRU, суша)						
1	**1.503**	**2016**	**1.819**	**2016**	**0.871**	**2016**
2	1.090	2015	1.325	2015	0.839	1998
3	1.032	2007	1.313	2007	0.716	2010
4	0.968	2010	1.201	2002	0.654	2005
5	0.957	2002	1.095	2010	0.620	2015

3. Географическое распределение аномалий. Поля аномалий (рис.3 – 4) подтверждают отмеченные региональные особенности (табл. 3), но дают более четкое представление о локализации очагов крупных аномалий. Так, в Евразии действительно период с января по июнь был очень теплым, кроме Камчатки и крайних южных районов Китая, где аномалии были отрицательными. Рекордно теплым в Евразии был апрель. В июне максимальные по всему Земному шару аномалии зафиксированы на обширной территории на севере Западной Сибири и Европейской части России (аномалии до 9.3 °С). Тогда же близкие по уровню интенсивности экстремальные аномалии тепла зафиксированы на Антарктическом полуострове и на юге Патагонии (аномалии до 6.1 °С).

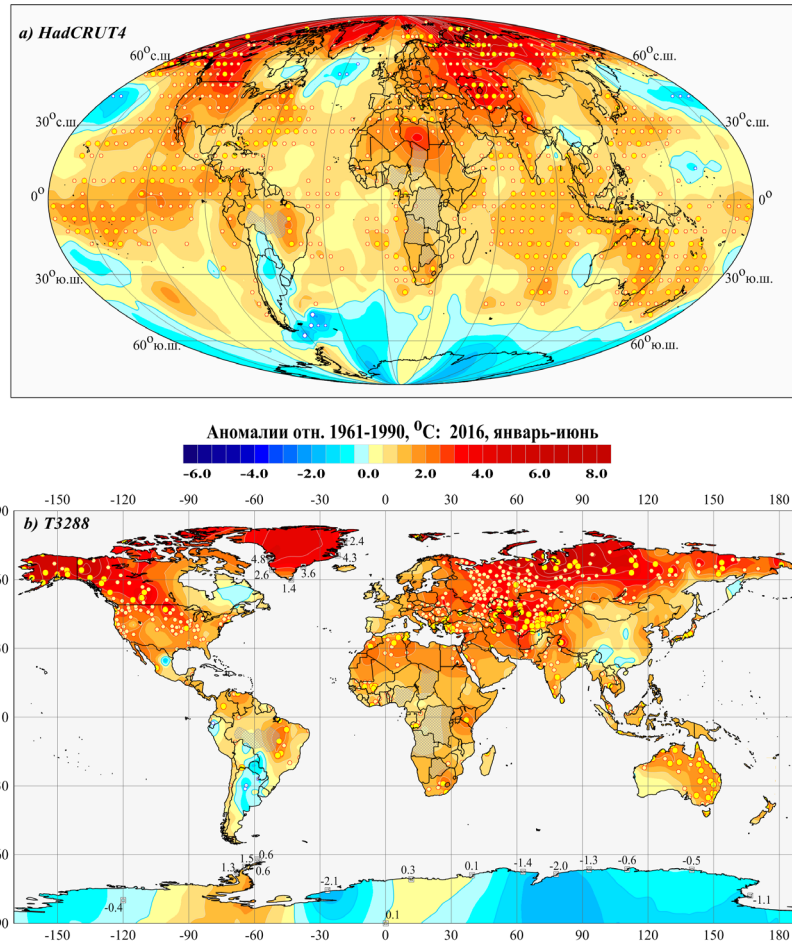

Рисунок 3. Пространственное распределение аномалий приземной температуры (°С), осредненных за январь – июнь 2016 г., на территории Земного шара.

Желтыми и белыми кружками указано положение станций с 5 %-ми экстремумами (теплыми и холодными, соответственно). Рекордные экстремумы показаны теми же значками большего размера. Аномалии приведены в отклонениях от средних за 1961 – 1990 гг.

а) данные о температуре приземного воздуха и поверхностного слоя воды в центрах 5-градусных боксов (Hadley/CRU, массив HadCRUT4, суша+море);б) данные наблюдений за температурой приземного воздуха на глобальной сети гидрометеорологических станций (ИГКЭ, массив T3288, только суша)

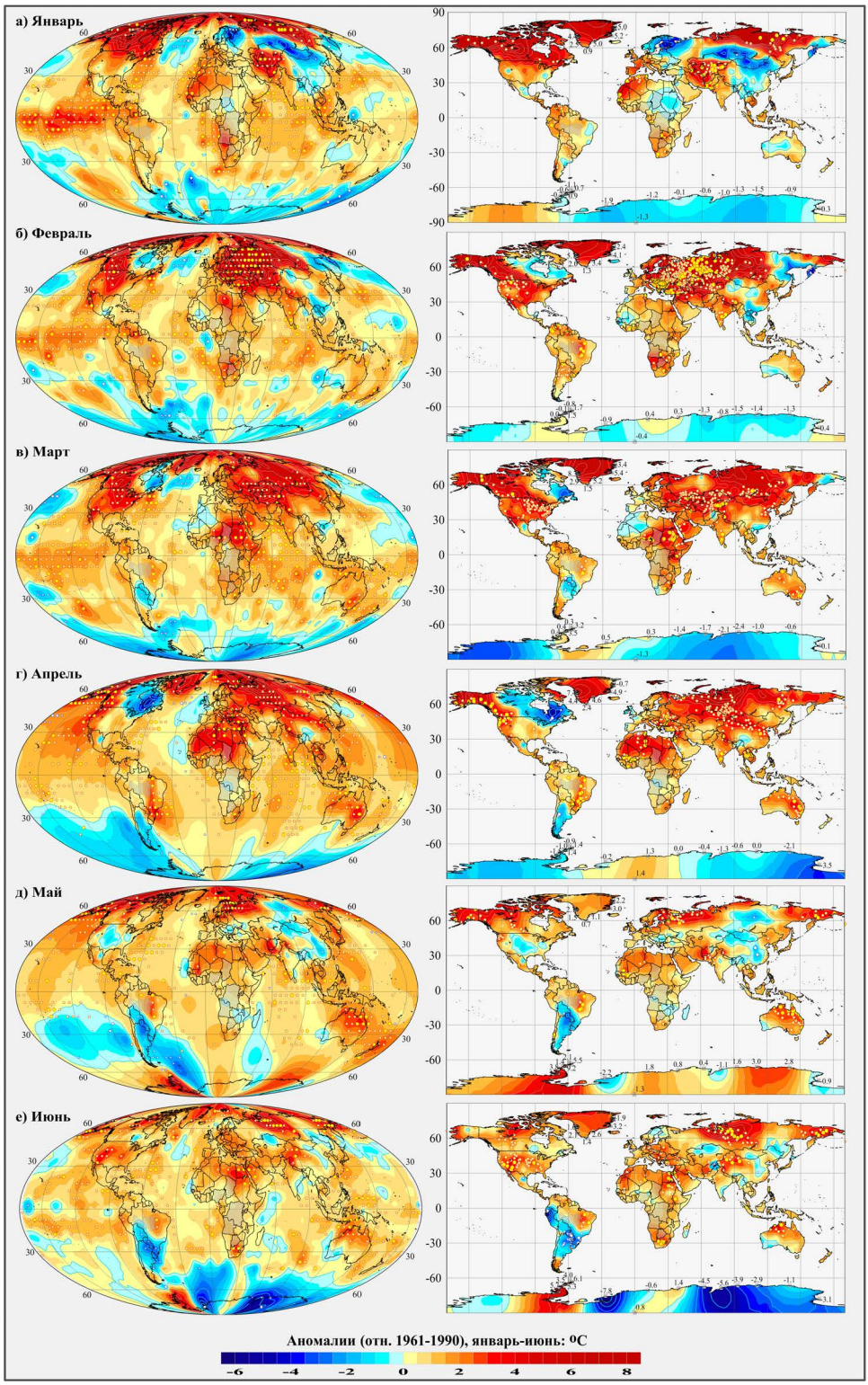

Рисунок 4. См. рис. 3, но для каждого месяца 2016 г., с января по июнь

4. Крупномасштабные особенности многолетних изменений температуры у поверхности земли (1850 – 2016 гг.). Самые общие представления о современных тенденциях в изменении температурного режима у поверхности земли дают временные ряды глобально осредненной температуры (рис.1, рис. 2). Диаграмма на рис. 5 существенно расширяет эти представления, поскольку на ней представлены не только межгодичные колебания за весь период наблюдений, но и сезонные флуктуации глобальных температур.

Четко видно, что на текущий момент (к июлю 2016 г.) сохраняется тенденция к глобальному потеплению с определенным повышением интенсивности, особенно в Северном полушарии. В среднем по территории Земного шара и каждого из полушарий, практически все месяцы текущего года (фактически – с мая 2015, 14 месяцев подряд!) были рекордно теплыми в истории наблюдений (май – вторым самым теплым, но теплее был только май 2015).

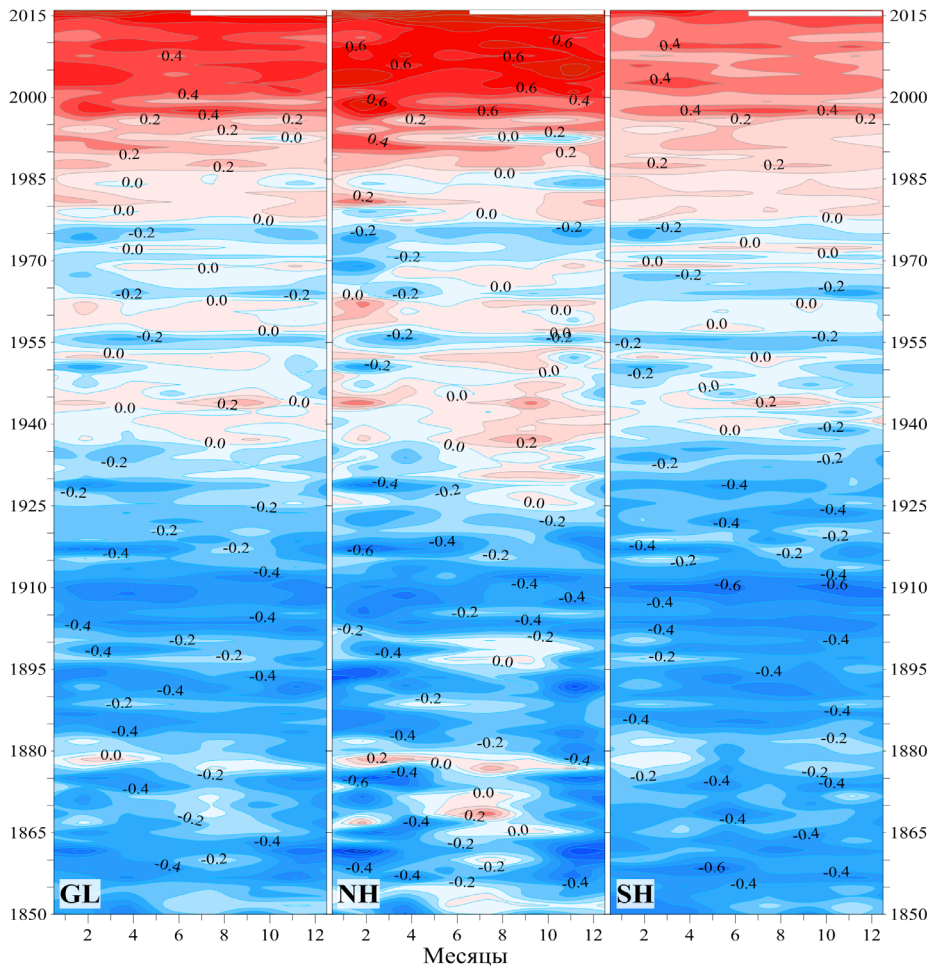

Рисунок 5. Изменение средней месячной приповерхностной температуры, осредненной по территории Земного шара (GL), Северного (NH) и Южного (SH) полушарий в течение периода с января 1850 г. по июнь 2016 г. (ось абсцисс – месяцы, ось ординат – годы.)
Использованы глобальные временные ряды Hadley/CRU (HadCRUT4, суша+море). 2016 г. – верхняя строка диаграммы (первые 6 месяцев)

Таблица 4. Коэффициенты линейного тренда (^{o}C/10 лет) приземной температуры за 1976 – 2016 и 1917 – 2016 гг. (январь – июнь) в среднем по Земному шару и полушариям

Регион	Январь I	Февраль II	Март III	Апрель IV	Май V	Июнь VI	Период: I – VI
1976 – 2016							
HadCRUT4 (Hadley/CRU, суша+море)							
Земной шар*	0.158	0.166	0.188	0.188	0.171	0.183	0.176
СП*	0.212	0.232	0.259	0.248	0.232	0.245	0.238
ЮП*	0.103	0.101	0.116	0.128	0.110	0.122	0.113
T3288 (ИГКЭ, суша)							
Земной шар	0.269	0.283	0.333	0.301	0.256	0.284	0.287
СП	0.315	0.346	0.419	0.377	0.324	0.329	0.353
ЮП	0.161	0.139	0.135	0.126	0.100	0.178	0.134
CRUTEM4 (Hadley/CRU, суша)							
Земной шар*	0.268	0.277	0.320	0.292	0.251	0.279	0.281
СП*	0.318	0.345	0.412	0.368	0.318	0.324	0.348
ЮП*	0.167	0.142	0.137	0.142	0.118	0.188	0.149
HadSST3 (Hadley/CRU, море)							
Земной шар*	0.121	0.121	0.121	0.143	0.144	0.148	0.133
СП*	0.152	0.149	0.130	0.161	0.180	0.195	0.161
ЮП*	0.093	0.097	0.113	0.125	0.109	0.102	0.106
1917 – 2016							
HadCRUT4 (Hadley/CRU, суша+море)							
Земной шар*	0.081	0.087	0.094	0.083	0.080	0.077	0.084
СП*	0.088	0.102	0.111	0.094	0.086	0.086	0.095
ЮП*	0.074	0.072	0.077	0.072	0.075	0.067	0.073
T3288 (ИГКЭ, суша)							
Земной шар	0.123	0.149	0.161	0.138	0.121	0.109	0.134
СП	0.135	0.175	0.192	0.159	0.135	0.121	0.154
ЮП	0.098	0.085	0.084	0.087	0.091	0.082	0.087
CRUTEM4 (Hadley/CRU, суша)							
Земной шар*	0.120	0.141	0.150	0.129	0.117	0.106	0.127
СП*	0.133	0.169	0.183	0.151	0.126	0.116	0.146
ЮП*	0.093	0.085	0.082	0.085	0.098	0.087	0.088
HadSST3 (Hadley/CRU, море)							
Земной шар*	0.063	0.062	0.066	0.063	0.065	0.066	0.064
СП*	0.056	0.054	0.055	0.056	0.060	0.068	0.058
ЮП*	0.072	0.071	0.077	0.071	0.070	0.066	0.071

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

Существенно дополняют информацию оценки линейных трендов, приведенные в табл. 4 для Земного шара и полушарий, интегрально (суша+море) и порознь (температура воздуха над сушей и температура воды на поверхности океанов). Все оценки приведены за 2 периода: 1976 – 2016 гг. – период современного глобального потепления; и 1917 – 2016 гг. – последние 100 лет.

Для наглядности и удобства сопоставления в табл. 5 приведены коэффициенты $\boldsymbol{k_1}$, $\boldsymbol{k_2}$ и $\boldsymbol{k_3}$, сравнивающие скорость потепления у поверхности суши и в

поверхностном слое океанов, в разных полушариях и в разные периоды. Они отвечают на вопрос, какая из двух сравниваемых категорий и в какой степени теплеет быстрее.

Коэффициент $k_1 = b_{\text{суша}} / b_{\text{море}}$ сравнивает тренды температуры приземного воздуха над сушей (SAT) и температуры поверхности океанов (SST). В статье (Груза и др., 2015) эта оценка (по состоянию на январь 2015 г.) рассчитывалась косвенно, через оценки трендов для CRUTEM (суша) и HadCRUT (суша+море). В данном случае для расчета использованы непосредственно оценки тренда температуры приземного воздуха над сушей (CRUTEM4 и T3288) и температуры поверхности океанов (HadSST3) из табл.4.

Коэффициент $k_2 = b_{\text{СП}} / b_{\text{ЮП}}$ сравнивает одноименные тренды в Северном и Южном полушарии по каждому из массивов HadCRUT4, T3288, CRUTEM4 и HadSST3.

Коэффициент $k_3 = b_{1976\text{-}2016} / b_{1917\text{-}2016}$ рассчитан как отношение трендов для двух периодов: 41-летнего и столетнего. Это соотношение, как оказалось, сохраняется примерно на одном уровне при использовании разных наборов данных. Поэтому в таблице приведены оценки для наиболее общего случая – HadCRUT4 (суша+море).

Таблица 5. Сравнение скорости глобального потепления приземного воздуха над сушей и поверхностного слоя океанов в 1976 – 2016 (январь – июнь)

Регион	I	II	III	IV	V	VI	Период I – VI
$k_1 = b_{T3288} / b_{HadSST3}$							
Земной шар	2.2	2.3	2.8	2.1	1.8	1.9	2.2
СП	2.1	2.3	3.2	2.3	1.8	1.7	2.2
ЮП	1.7	1.4	1.2	1.0	0.9	1.7	1.3
$k_1 = b_{CRUTEM4} / b_{HadSST3}$							
Земной шар	2.2	2.3	2.6	2.0	1.7	1.9	2.1
СП	2.1	2.3	3.2	2.3	1.8	1.7	2.2
ЮП	1.8	1.5	1.2	1.1	1.1	1.8	1.4
$k_2 = b_{СП} / b_{ЮП}$							
HadCRUT4 (суша+море)	2.1	2.3	2.2	1.9	2.1	2.0	2.1
T3288 (суша)	2.0	2.5	3.1	3.0	3.2	1.8	2.6
CRUTEM4 (суша)	1.9	2.4	3.0	2.6	2.7	1.7	2.3
HadSST3 (море)	1.6	1.5	1.2	1.3	1.7	1.9	1.5
$k_3 = b_{1976\text{-}2016} / b_{1917\text{-}2016}$, ***HadCRUT4*** **(суша+море)**							
Земной шар	2.0	1.9	2.0	2.3	2.1	2.4	2.1
СП	2.4	2.3	2.3	2.6	2.7	2.8	2.5
ЮП	1.4	1.4	1.5	1.8	1.5	1.8	1.5

Из полученных оценок (табл. 4, табл. 5) следует:

- В Южном полушарии разрыв между скоростью потепления у поверхности суши и океанов (см. k1 в табл. 5) существенно ниже, чем в Северном, а в апреле-мае практически отсутствует. В Северном полушарии суша теплеет примерно вдвое быстрее океанов (в марте – втрое).

- По всем наборам данных и во все месяцы рассмотренного периода значения коэффициента $k_2 > 1$ (табл. 5), т.е. во всех этих случаях потепление в Северном полушарии выражено ярче, чем в Южном.

- Потепление в последние 40 – 50 лет, в среднем, вдвое ускорилось в сравнении со столетием (см. k_3 в табл. 5) – в 2.5 раза в Северном полушарии и в 1.5 раза в Южном.

5. Изменение приземной температуры в крупных регионах мира, 1911 – 2016 гг. (январь – июнь). Все приводимые в данном разделе временные ряды (рис. 6) рассчитаны по методике ИГКЭ, по данным станционных наблюдений T3288 (для шести континентов) и по сеточным данным HadCRUT4 (для пяти широтных поясов и северных частей Атлантического и Тихого океанов). Данные до 1911 г. не приводятся, т.к. представляются недостаточно полными и надежными (особенно над океанами). На всех временных рядах показаны тренды за период 1976 – 2016 гг., условно принятый за период современного глобального потепления. Числовые оценки трендов приведены в таблице 6.

Таблица 6. Коэффициенты линейного тренда приземной температуры в январе – июле 1976 – 2016 гг., в среднем для северных частей Атлантического и Тихого океанов, основных широтных поясов и континентов земного шара (в $^oC/10$ *лет*)

Регион	Месяцы						Период: I-VI
	I	II	III	IV	V	VI	
HadCRUT4 (Hadley/CRU, суша+море)							
Атлантика (15-70N)	0.208	0.183	0.167	0.179	0.178	0.191	0.183
Тихий океан (20-65N)	0.124	0.138	0.111	0.133	0.173	0.191	0.145
Арктический пояс (65-90N)	0.432	0.575	0.677	0.753	0.537	0.527	0.590
Умеренный пояс СП (25-65N)	0.246	0.258	0.324	0.275	0.264	0.289	0.276
Тропики (25S-25N)	0.142	0.150	0.143	0.159	0.150	0.158	0.150
Умеренный пояс ЮП (65-25S)	0.091	0.090	0.113	0.142	0.123	0.141	0.136
Антарктический пояс (90-65S)	-0.064	*-0.068	-0.07	-0.205	0.079	0.021	-0.047
T3288 (ИГКЭ, суша)							
Северная Америка	0.535	0.220	0.183	0.128	*0.159	0.293	0.251
Евразия	*0.242	0.434	0.632	0.515	0.411	0.387	0.437
Южная Америка	0.191	0.173	0.140	0.165	0.065	0.224	0.155
Африка	0.237	0.287	0.358	0.334	0.337	0.336	0.324
Австралия	*0.209	0.073	0.097	0.180	0.089	0.172	*0.135
Антарктида	0.032	-0.078	0.066	*-0.325	0.061	-0.132	-0.070

Примечание. Оценки, выделенные серой заливкой, статистически незначимы даже на 10 %-м уровне; звездочкой отмечены оценки с уровнем значимости 3 %$\leq \alpha \leq$10 %. В остальных случаях уровень значимости $\alpha \leq 1$ %.

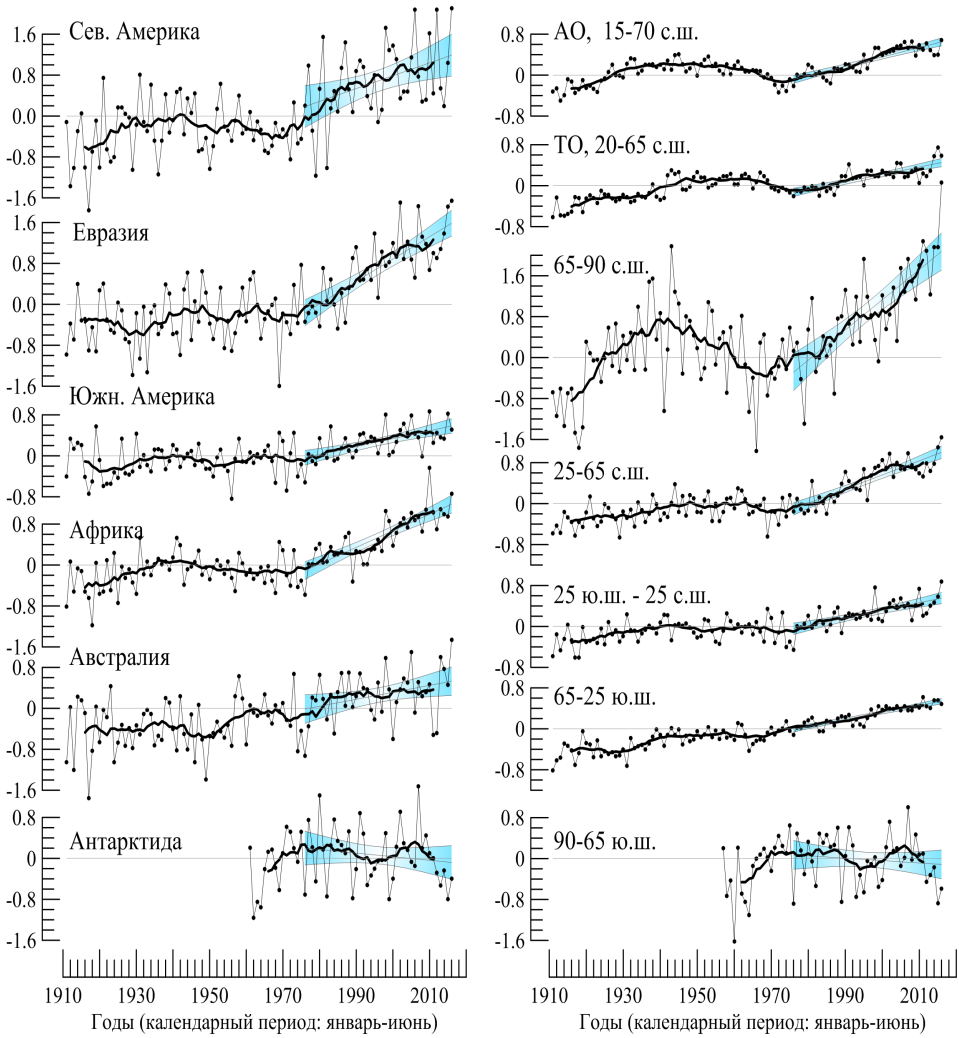

Рисунок 6. Временные ряды аномалий приземной температуры, осредненных за январь-июнь каждого года и по территории континентов (слева), северных частей Атлантического и Тихого океанов (справа вверху) и основных широтных поясов земного шара (справа внизу).

Аномалии приведены в отклонениях от средних за 1961 – 1990 гг. Показаны 11-летние скользящие средние (жирные кривые), линейный тренд за 1976 – 2016 гг. и его 95 % доверительный интервал (голубая заливка). Расчеты выполнены по методике ИГКЭ: слева – по данным T3288 (ИГКЭ), справа - по данным HadCRUT4 (Hadley/CRU).

В среднем по территории всех рассматриваемых регионов северного полушария и тропических широт (материков, океанов, широтных поясов), по-прежнему наблюдается потепление, которое всюду, кроме Северной Америки в отдельные месяцы, статистически значимо на 1 %-м уровне. В южном полушарии практически на всей территории, кроме приэкваториальных широт и Африки, потепление определенно ослабло. В Антарктической области наметилась тенденция к похолоданию, статистически значимая на 5 %-уровне в феврале (в Антарктическом широтном поясе) и в апреле (на территории Антарктиды).

6. Географические особенности современных изменений приземной температуры земного шара (1976 – 2016 гг., январь – июнь). На рис. 7 приведены пространственные распределения оценок локальных трендов на территории земного шара, рассчитанные за 1976-2016 гг., в среднем за рассматриваемый календарный период (январь-июнь). На верхнем фрагменте представлены оценки по данным HadCRUT4 над всей территорией земного шара, а на нижнем – только над сушей, по станционным данным T3288. Распределения коэффициентов трендов для каждого из месяцев представлены на рис. 8, также в двух вариантах: слева - по данным HadCRUT4 (суша+море), справа – по данным T3288 (только суша).

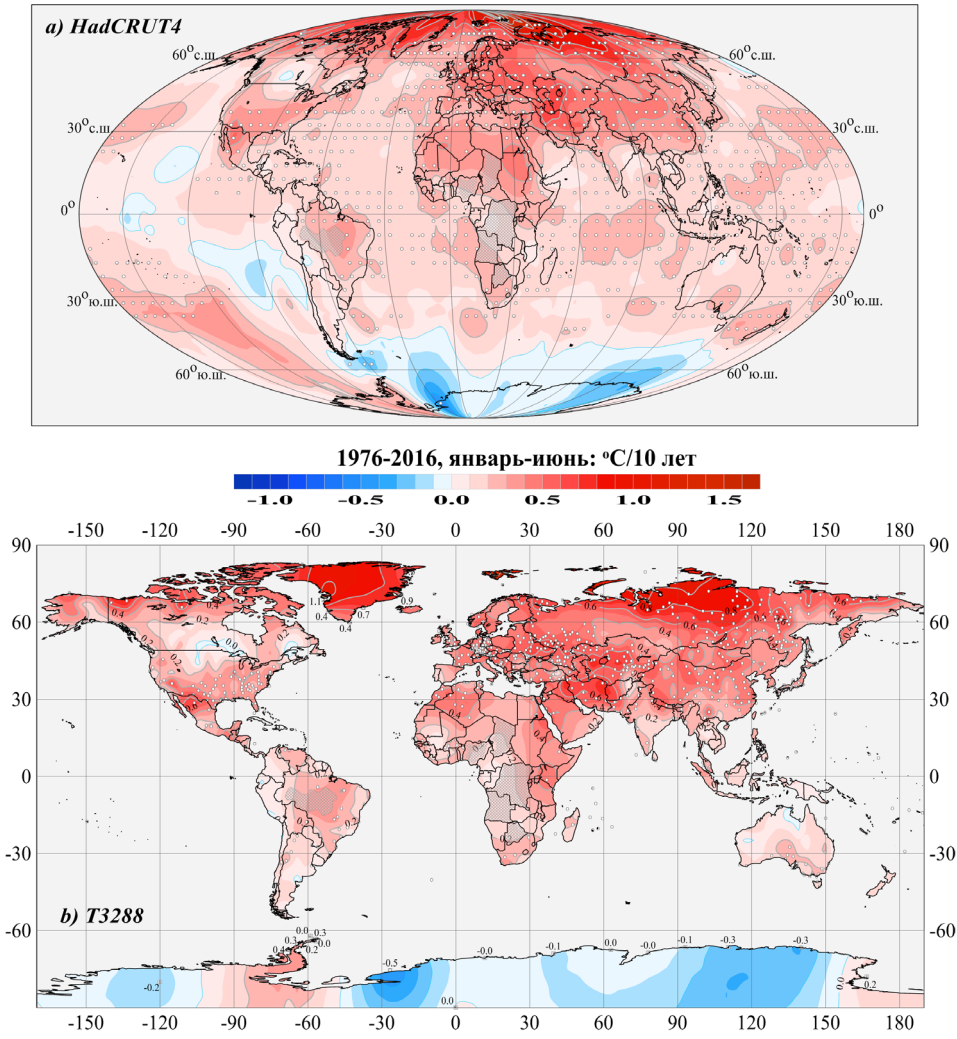

Рисунок 7. Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда приземной температуры за 1976 – 2016 гг. для календарного периода «январь – июнь» (в °C/10 лет).

Белыми кружками показано положение станций/боксов, на которых тренд статистически значим на 1 %-м уровне. Расчет выполнен по методике ИГКЭ: (а) по данным Hadley/CRU в центрах 5-градусных боксов (массив HadCRUT4, суша+море, N=1505) и (б) по данным ИГКЭ на глобальной сети гидрометеорологических станций (массив T3288, только суша, N=1635).

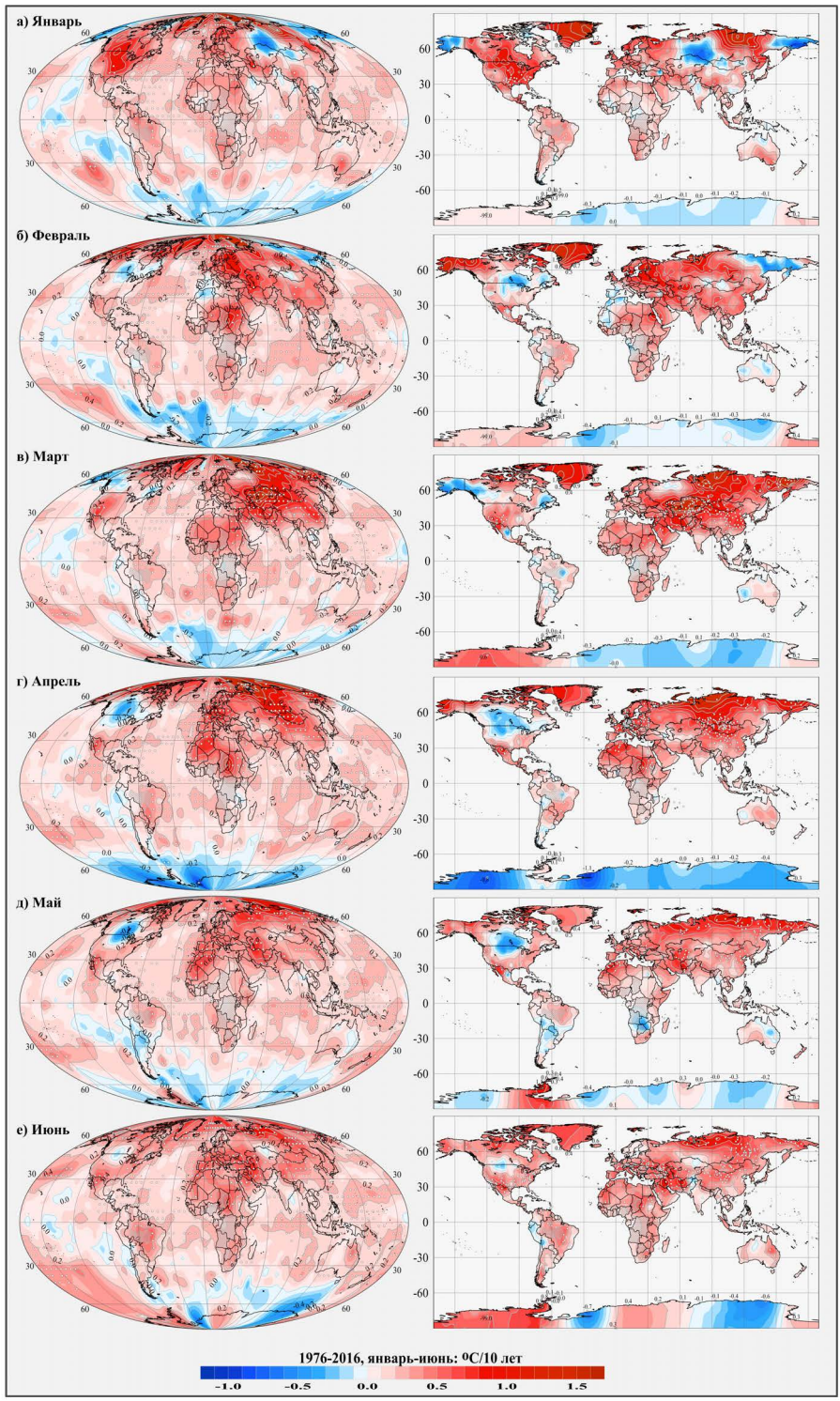

Рисунок 8. См. рис. 6, но для коэффициентов линейного тренда средней месячной приземной температуры на территории Земного шара за 1976 – 2016 гг.: слева – по данным Hadley/CRU (HadCRUT4, суша+море), справа – по данным ИГКЭ (Т3288, суша).

Как следует из рисунков, тенденция к потеплению отмечается на большей части земного шара (более 52 % оценок статистически значимы на 1 %-м уровне). В то же время в южной полярной области, в Северной Америке и в восточных районах Тихого океана в от месяца к месяцу сохраняется тенденция к слабому похолоданию, которая практически всюду, кроме отдельных районов Антарктиды, статистически незначима. В Антарктиде можно говорить о некотором усилении тенденции к похолоданию в апреле, когда область отрицательных трендов распространилась на всю территорию материка, кроме Антарктического п-ова. На Антарктическом п-ове в мае-июне усилилась тенденция к потеплению.

Выводы

1. Период с января по июнь 2016 г., в среднем по территории Земного шара и каждого полушария, был рекордно теплым в истории инструментальных наблюдений. Столь высокие аномалии обеспечены рекордно высокими температурами также и в каждом месяце этого полугодия, кроме января в Северном полушарии (третий самый теплый) и мая (второй самый теплый после мая 2015). Это подтверждается всеми источниками данных HadCRUT4 (Hadley/CRU, суша+море), T3288 (ИГКЭ, только суша), CRUTEM4 (Hadley/CRU, только суша).

2. Аномалия глобальной температуры за январь-июнь 2016 г. по данным на полной сетке (HadCRUT4, суша+море) составила 0.899 ^{o}C, что выше температуры 2015 г. на 0.21 ^{o}C. Повышение приземной температуры от 2015 года к 2016 особенно заметно *на суше Северного полушария, где оно составило* 0.46 ^{o}C по данным T3288 и 0.49 ^{o}C по данным CRUTEM4. Более того, в среднем *по территории суши* Северного полушария (и Земного шара) скачкообразное потепление имело место также и в прошлом году, от 2014 к 2015 (около 0.3 ^{o}C). При этом двукратный «скачок» такой интенсивности (*два года подряд*) в этих рядах последний раз наблюдался в 1998 г. В Южном полушарии эти особенности гораздо слабее.

3. Максимальный вклад в температурный рекорд 2016 г. для Земного шара в целом (над сушей и океанами) принадлежит умеренным широтам северного полушария (31.8 %), арктическому поясу (30.9 %) и тропикам (30.7 %). Для суши Земного шара максимальным оказался вклад Евразии – 50.2 %. В среднем по территории регионов, первое полугодие 2016 г. было рекордно теплым во всех регионах Северного полушария, в тропическом широтном поясе и Австралии. Ниже нормы температура была лишь в южной полярной области (Антарктическом широтном поясе, включая Антарктиду). Лишь в мае средняя по территории Антарктиды аномалия была положительной (+1.8 ^{o}C) и притом девятой среди самых высоких.

4. На текущий момент (к июню 2016 г.) сохраняется тенденция к глобальному потеплению с определенным повышением интенсивности, особенно в Северном полушарии. В среднем по территории Земного шара, Северного и Южного полушарий, тренд (средняя скорость) потепления периода с января по июнь в течение

1976 – 2016 гг., составляет 0.287, 0.353, 0.134 ^{o}C/10 лет (по данным T3288, ИГКЭ, только суша) и 0.176, 0.238, 0.113 ^{o}C/10 лет (по данным HadCRUT4, суша+море).

5. Современное потепление (1976 – 2016 гг.) у поверхности океанов происходит, в среднем, в 2 раза медленнее, чем у поверхности континентов (в Южном полушарии – менее чем в 1.5 раза, а в Северном полушарии в марте - втрое), и в Северном полушарии в 1.5 – 2 раза быстрее, чем в Южном. В сравнении со столетием 1917 – 2016, оно ускорилось, в среднем, почти в 2.5 раза в Северном полушарии и в 1.5 раза в Южном (на суше коэффициент ускорения несколько выше).

6. Тенденция к потеплению сохраняется на большей части земного шара (более 52 % оценок статистически значимы на 1 %-м уровне). В то же время в южной полярной области, в Северной Америке и в восточных районах Тихого океана отмечается тенденция к слабому похолоданию, которая практически всюду, кроме отдельных районов Антарктиды, статистически незначима. В Антарктиде можно говорить о некотором усилении тенденции к похолоданию в апреле.

Обсуждение

Приведем некоторые дополнительные данные, позволяющие судить об уровне аномальности температурного режима у поверхности Земного шара в первом полугодии 2016 года.

1. Поля средних полугодовых (январь - июнь) аномалий температуры представлены на рис. 3 по данным двух независимых источников: (а) Hadley/CRU - значения аномалий в центрах 5-градусных боксов по всему земному шару (суша+море) и (б) ИГКЭ – значения аномалий непосредственно по станционным наблюдениям на суше (локальные значения в точках расположения станций). Использованы доступные по оперативным данным значения в 1531 боксах (из 2592) и на 1741 станциях (из 3288). Среди них число крупных положительных аномалий (выше 95-го процентиля) составило, соответственно, 695 и 720, и в их числе 234 и 194 значений стали абсолютными максимумами в соответствующих временных рядах. С другой стороны, крупные отрицательные аномалии температуры (ниже 5-го процентиля) наблюдались в 14 боксах и на 6 станциях, а значения в 3 боксах (из 14) оказались абсолютными (рекордными) минимумами. На станциях рекордных минимумов не зафиксировано.

Таким образом, в среднем за первые 6 месяцев 2016 г., теплые 5 %-е экстремумы осуществились в более 40 % пунктов (45.4 % боксов и 41.4 % станций), а холодные – менее, чем в 1 % (0.9 % боксов и 0.3 % станций). Это значит, что почти на половине территории земного шара наблюдались условия, близкие к 5 % самых теплых в истории наблюдений для этого сезона и почти отсутствовали очень холодные.

2. Следующее замечание касается представления данных об изменении температуры крупных регионов от года к году, месяц-за-месяцем.

На рис. 9 (нижний фрагмент) приведен временной ряд среднемесячных аномалий глобальной приповерхностной температуры месячного разреше-

ния (данные HadCRUT4, суша+море) и сглаженная кривая, полученная 13-месячным скользящим осреднением. На верхнем фрагменте тот же ряд представлен его эмпирической функцией распределения или эмпирическими «вероятностями непревышения» $F_m=Prob(x_{.m}\leq X_{ym})$, в котором каждое значение X_{ym} заменено частотой его непревышения среди данных того же месяца на всем периоде наблюдений 1911 – 2016 гг. (аналог ранга в упорядоченном по возрастанию временном ряду). Здесь функция распределения использована как способ нормирования данных, при котором исключается не только сезонный ход средних, но и сезонные различия в масштабах изменчивости.

На рис. 10 изображен в более крупном масштабе ход вероятностей непревышения в последние годы, с января 2010 г. по июнь 2016 г. Приведены все три ряда Hadley/CRU, а именно: HadCRUT4 (суша+море), CRUTEM4 (только суша) и HadSST3 (только море). На этом рисунке экстремально теплый период последних двух лет выделяется исключительно четко, с деталями и различиями для суши и океанов.

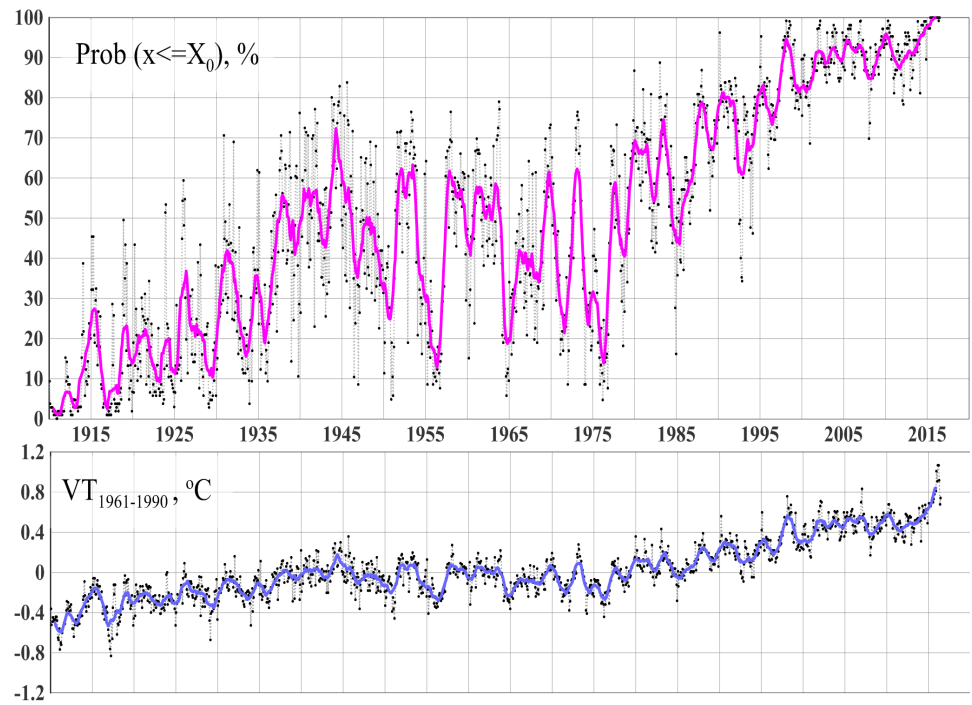

Рисунок 9. Изменение среднемесячных аномалий глобальной приповерхностной температуры Земного шара в течение 1911 – 2016 гг. (внизу) и соответствующих значений эмпирической функции распределения (вверху). Сглаженные кривые получены 13-месячным скользящим осреднением. Использованы данные Hadley/CRU (HadCRUT4, суша+море)

Рисунок 10. Ход вероятностей непревышения среднемесячных аномалий глобальной приповерхностной температуры с января 2010 по июнь 2016 г. по данным глобальных временных рядов Hadley/CRU для Земного шара: а) HadCRUT4 – объединенные данные (суша+море); б) CRUTEM4 – температура приземного воздуха над сушей; в) HadSST3 – температура поверхностного слоя океанов

HadCRUT4 (суша+море). Глобальная температура (рис. 10а) остается на рекордно высоком (для своего месяца) уровне с мая 2015 по июнь 2016 г. – уже в течение 14 месяцев подряд! На первый взгляд, два месяца не были рекордно теплыми – июнь 2015 и май 2016. Но июнь 2015 уступил первое место июню 2016 (аномалии 0.730, 0.737 ^{o}C), т.е. в 2015 г. он был рекордно теплым. Май 2016 оказался вторым после мая 2015 (аномалии 0.681, 0.696 ^{o}C), т.е. последние два майских месяца, оба, были теплее всех предыдущих. Таким образом, подряд *в течение 14 последних месяцев глобальная температура* у поверхности Земного шара (над сушей и океанами в целом) остается самой высокой (среди одноименных месяцев в прошлом).

HadSST3 (океаны). На поверхности океанов в среднем по Земному шару (рис. 10в) рекордная ситуация длится непрерывно *с июня 2014 г., исключая 4 месяца с декабря 2014 по март 2015 года*, так что июнь остается рекордно теплым уже три года подряд.

CRUTEM4 (суша). В целом для суши Земного шара (рис. 10б) ситуация существенно менее определенная. Рекордно теплым в целом над сушей Зем-

ного шара был 4-месячный период с февраля по май 2016 года. Условно экстремально теплым можно назвать весь период с сентября 2015 г. по июнь 2016 г., но за этот период три месяца (ноябрь 2015, январь и июнь 2016 г.) были вторыми среди самых теплых.

Заметим, что при таком представлении временного ряда более четко видны крупные аномалии (как четыре холодные зимы в 2010 – 2014 гг.), их даты и продолжительность, а также наличие тренда во временном ряду и даже его форма. При отсутствии тренда (случайная выборка) переход к вероятностям непревышения приводит к беспорядочным колебаниям вокруг горизонтали «p=1/N» (все значения равновероятны). В данном случае четко выделяются периоды потепления: до 1940-х и затем – с середины 1970-х. Период после 1995 (и особенно четко – после 2000-го) можно определить как устойчивый экстремально теплый период (с некоторыми флуктуациями).

В целом представляется, что переход к эмпирической функции распределения (наряду с анализом погодичных временных рядов) – эффективный прием нормирования метеорологических данных для исключения сезонного хода и выявления крупных аномалий во временных рядах месячного разрешения.

Список литературы

Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Рочева Э.В., Самохина О.Ф. 2016. Климатические особенности температурного режима у поверхности земли в 2015 г. – Фундаментальная и прикладная климатология, №1, с. 104 – 136.

Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Рочева Э.В., Смирнов В.Д. 2015. Географические и сезонные особенности современного глобального потепления. – Фундаментальная и прикладная климатология, №2, с. 41 – 62.

ИГКЭ 2016а. Мониторинг климата России. *http://climatechange.igce.ru/index.php? option=com_docman&task=cat_view&gid=32&Itemid=75&lang=en*

ИГКЭ 2016б. Мониторинг изменений климата Земного шара. *http://climatechange.igce.ru/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=31&Itemid=75&lang=en*

ОД1 2008. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. т. 1. Изменения климата. – М., Росгидромет, 2008, 227 с.

ОД2 2014. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. – М., Росгидромет, 2014, 235 с.

Росгидромет 2016. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2015 г. – М.: Росгидромет, 107 с. *http://climatechange.igce.ru/index.php?option=com_docman&Itemid=73&gid=27&lang=ru*

JMA 2016. Monthly Anomalies of Global Average Surface Temperature in June (1891 - 2016). *http://ds.data.jma.go.jp/tcc/tcc/products/gwp/temp.html*

Jones Ph, 2016. Global Temperature Record. – CRU Info sheet 1. *http://www.cru.uea.ac.uk/documents/421974/1295957/Info+sheet+%231_jan2016.pdf/*

Kennedy J., C. Morice, D. Parker, M. Kendon. 2016. Global and regional climate in2015. Weather, vol.71, No 8, p.185 – 192.

NOAA 2016a. NOAA National Centers for Environmental Information. Climate monitoring. *http://www.ncdc.noaa.gov/climate-monitoring/*

NOAA 2016b. NOAA National Centers for Environmental Information, State of the Climate: Global Analysis for June 2016, published online July 2016, retrieved on August 29, 2016 from *http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201606*

WMO 2016a. Exceptionally strong El Niño has passed its peak, but impacts continue, Press Release No 3, 18 February 2016.

WMO 2016b. Gobal-climate-breaks-new-records-january-june-2016. Press Release No 8, 21 July 2016.

WMO 2016c. WMO statement on the status of the global climate in 2015. WMO - No. 1167. ISBN 978-92-63-11167-8. http://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_1167_en.pdf

Статья поступила:04.09.2016.