DOI: 10.21513/2410-8758-2020-1-91-123 УДК 521.524.3

ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ШАРА В 2019 году

Г.В. Груза[1)], Э.Я. Ранькова[1,2)], И.А. Корнева[1)]*
О.Ф. Самохина[1)], У.И. Антипина[1)]

[1)] Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля,
РФ, 107258, г. Москва, ул. Глебовская, д. 20Б;
*адрес для переписки: *firankova@gmail.com*

[2)] Институт географии Российской академии наук,
РФ, 119017, Москва, Старомонетный пер., 29

Реферат. Рассматриваются состояние температурного режима у поверхности Земного шара в 2019 году и его изменчивость в течение 1901-2019 гг. По данным инструментальных наблюдений о среднемесячной температуре анализируются аномалии приповерхностной температуры и их тренды на различных временных интервалах и с разным масштабом пространственно-временного осреднения. В качестве базового периода для расчета аномалий использован период 1981-2010 гг. (в соответствии с рекомендациями ВМО).

Показано, что в целом по Земному шару и в каждом полушарии, 2019 г. стал одним из трех самых теплых лет, а период 2015-2019 гг. – самым теплым пятилетним периодом с 1901 года. В Южном полушарии год стал рекордно теплым в среднем по территории суши, а в Северном – по акваториям океанов. Таким образом, глобальная температура практически вернулась к уровню 2015 г. (после заметного снижения в 2017-2018), но рекордно теплым по-прежнему остается 2016 год.

Как и в предыдущие годы, на территории Земного шара в течение 2019 года преобладали положительные аномалии температуры (более 80-85% всех наблюдений); 35-40% оказались выше 95-го процентиля, и 10-15% стали для своих пунктов рекордными. Наряду с этим, на континентах отмечалось также повышенное количество отрицательных аномалий, особенно зимой и осенью (около 30% и 20% всех данных, соответственно).

На уверенную тенденцию к потеплению (уровень статистической значимости α<=0.05) указывают более 90% всех данных Земного шара, а в Северном полушарии – почти 99%. *Тенденция к похолоданию*, статистически значимая на 5%-уровне, на территории континентов обнаружена всего на 7 станциях. Все остальные станционные оценки, указывающие на тенденцию к похолоданию (n=29, 2.4%), не достигают и 0.1°С/10 лет и статистически не значимы.

Регион наиболее интенсивного потепления – Арктический широтный пояс: 0.59°С/10лет в среднем за год (весной 0.66°С/10лет); без учета океанов – Европа: +0.49°С/10лет (летом +0.51°С/10лет). При этом 99% всех локальных

оценок Европы и Арктики статистически значимы на 1%-м и 5%-м уровнях. Наименее выражено потепление на континентах Южного полушария: в Антарктиде, Австралии и Южной Америке.

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

Введение

Статья продолжает серию ежегодных публикаций о современном состоянии температурного режима Земного шара (приповерхностная температура) на основе данных регулярного мониторинга климата в ФГБУ «ИГКЭ» (ЦМКП, 2016; Груза и др., 2017; Груза и др., 2018; Груза и др., 2019).

В обзорах и климатических бюллетенях ведущих мировых научных центров регулярно публикуется информация о текущем состоянии климатической системы Земли, о наблюдаемых климатических аномалиях, рекордах и экстремальных погодных событиях (NOAA, 2020; NASA, NOAA, 2020a, 2020b; JMA, 2020; Bureau…, 2019). Всемирная Метеорологическая Организация (ВМО) обобщает эти материалы в пресс-релизах и ежегодных сообщениях о состоянии климата (WMO, 2019, 2020).

По данным практически всех ведущих метеорологических центров мира, 2019 год занял второе место среди самых теплых лет в истории наблюдений. Первое место в этом списке занимает по-прежнему 2016 г. (год мощнейшего Эль-Ниньо на фоне глобального потепления), а 2015-й отступил на третью строчку. Каждый месяц 2019 года вошел в пятерку самых теплых, а июнь и июль оказались рекордно теплыми (NOAA, 2020a). Рекордно высокими оказались и средние температуры последних 5 лет и 10 лет, причем начиная с 1980-х гг., каждое десятилетие было теплее предыдущего (WMO, 2020). По этим оценкам, по сравнению с доиндустриальным уровнем, к концу 2019 г. глобальная температура повысилась на 1.1 С.

Рекордно высокие среднегодовые температуры в 2019 году были отмечены станциями во многих регионах Земного шара – в Центральной Европе, Азии, Австралии, Южной Африке, Мадагаскаре, Новой Зеландии, Северной Америке и Южной Америке, а также на акваториях практически всех океанов (NOAA, 2020a). По оценкам (NOAA, 2020a), в Европе 2019 год стал вторым самым теплым после 2018 года, в Азии и Африке – третьим, в Южной Америке, Австралии и Океании – рекордно теплым. При этом в США год оказался самым холодным за последние 6 лет (NOAA, 2020b), а Северная Америка стала единственным континентом, для которого год не вошел в число трех самых теплых лет (NOAA, 2020a).

Повышение приповерхностной температуры продолжает вызывать таяние ледниковых систем, рост уровня моря, повышение теплосодержания океана и усиление его закисления, увеличение повторяемости опасных гидрометеорологических явлений (WMO, 2019). Среди таких явлений выделяются летние волны тепла, которые в 2019 г. наблюдались, по крайней мере, в двух регионах – в Европе (в июне-июле) и на юге Южной Америки, в Чили и Аргентине

(в январе-феврале). В мае 2019 г. температурные рекорды были зафиксированы в Японии, в июле – во многих европейских странах. Рекордных значений достигла приземная температура летнего сезона в Австралии, с максимумом в январе. Здесь аномальная жара и засуха привели к многочисленным пожарам, от которых пострадало население, экосистемы и инфраструктура (WMO, 2019; NOAA, 2020a).

Среди опасных явлений 2019 года были зафиксированы также сильные внетропические штормы в Европе летом и осенью, засухи на всех континентах, торнадо (в 2019 году был самый активный сезон торнадо в США с 2011 года), а также повышенная активность тропических циклонов в Северном полушарии (66 циклонов против 56 в среднем). В этом отношении наиболее активным был Индийский океан. Один из самых мощных в истории тропических циклонов Идай, который обрушился на восточное побережье Африки, вызвал ураганы и наводнения, сопровождавшиеся многочисленными разрушениями и человеческими жертвами в Мозамбике, Зимбабве, Малави. Среди самых сильных циклонов также можно отметить тропические циклоны Фани (Индия) и Дориан (западная Атлантика, Багамские острова, а также восточное побережье США и Канады) (WMO, 2020).

Согласно данным японского метеорологического центра, температура поверхности Мирового океана в 2019 году также стала максимальной (JMA, 2020), как и теплосодержание океана – в целом по Мировому океану и отдельно, по Атлантическому и Тихому океанам (Cheng et al., 2020; NOAA, 2020a). Глобальный уровень моря осенью 2019 года достиг рекордных значений с 1993 года.

По спутниковым данным, площадь арктического морского льда в сентябре 2019 года была второй самой низкой, а в некоторые месяцы года также рекордно низкой оказалась площадь морского льда в Антарктике (WMO, 2020).

В предлагаемой статье приводятся основные фактографические данные об аномалиях и экстремумах приповерхностной температуры в 2019 г. и обновленные оценки климатических трендов, полученные авторами в рамках действующей системы климатического мониторинга в ФГБУ «ИГКЭ». Рассматриваются как локальные оценки, так и их обобщения для Земного шара, полушарий и крупных регионов (континенты, океаны, широтные пояса). Полная информация доступна на Web-сайтах (ИГКЭ, 2020), где можно найти все выпуски сезонных бюллетеней и годовых обзоров ИГКЭ за время функционирования системы мониторинга климата (с 2015 г.).

Данные

В данной статье, как и во всех предыдущих публикациях данной серии, основные результаты относятся к температурному режиму суши Земного шара. Они получены авторами по данным метеорологических наблюдений (сводки КЛИМАТ) на 3288 станциях глобальной сети с началом наблюдений не позже 1970 г. (массив T3288). Массив включает данные о средней месячной температуре приземного воздуха на уровне станции (на высоте 2 м) за период 1901-2019 гг. и пополняется ежемесячно в процессе оперативного мониторинга кли-

мата (более подробные сведения о данных и каталог 3288 используемых станций можно найти на сайте ИГКЭ – http://climatechan-ge.igce.ru).

Для полноты глобальной картины в статье параллельно приводятся результаты по данным массива HadCRUT4 (версия 4.6.0.0), который создан и поддерживается совместно двумя научными коллективами – Метеослужба Великобритании (MetOffice Hadley Centre, http://www.MetOffice.gov.uk) и Университет Восточной Англии (CRU UEA, http://www.cru.uea.ac.uk). Массив содержит значения среднемесячных аномалий приповерхностной температуры за 1850-2019 гг. на глобальной сети 5-градусных боксов (над континентами и океанами). Под приповерхностной температурой здесь понимаются объединенные данные аномалий температуры приземного воздуха над сушей CRUTEM4.6.0.0 (на высоте 2 м) и аномалий температуры воды в поверхностном слое океанов HadSST3.1.1.0 (8-10 м). В данной статье термины «приповерхностная температура» и «приземная температура» используются как синонимы.

Помимо сеточных данных HadCRUT4, в статье использованы глобальные временные ряды всех трех категорий данных: CRUTEM4 (суша), HadSST3 (море) и HadCRUT4 (суша+море), также за период 1850-2019 гг. В системе мониторинга временные ряды (для Земного шара, Северного и Южного полушарий), как и сеточные данные, скачиваются с сайта MetOffice (http://www.metoffice.gov.uk/hadobs) и используются без какой-либо корректировки (понятно, что приведение аномалий к иному базовому периоду, как и пространственно-временное осреднение не являются корректировкой данных). В тексте статьи данные Великобритании упоминаются как «данные Hadley/CRU».

Глобально осредненные временные ряды CRUTEM4 (Hadly/CRU) играют в данном исследовании особую роль, т.к. они могут рассматриваться как реальная (широко апробированная и признанная мировым сообществом) альтернатива рядам, рассчитанным по методике ИГКЭ по массиву Т3288. Действительно, они базируются на единой системе стандартных станционных наблюдений (сводки CLIMAT), но при этом получены разными коллективами, с использованием разных наборов станций, разных методов и технологий сбора данных, их обработки и анализа. Сравнение результатов, полученных по этим двум рядам, позволит составить некоторое представление о мере неопределенности предлагаемых оценок и выводов. Дополнительно отметим, что результаты сравнения самих рядов по состоянию на конец 2018 г. представлены в предыдущем выпуске (Груза и др., 2019) и обновляются в каждом бюллетене для соответствующего временного интервала (http://climatechange.igce.ru).

Близость рядов Т3288 (ИГКЭ) и CRUTEM4(Hadley/CRU), по крайней мере, с середины прошлого столетия, видна уже визуально (рис. 1) и подтверждается количественными оценками – статистиками попарных разностей за 1976-2019 гг. и 1920-2019 гг. (табл. 1). Так, среднее различие рядов за 1920-2019 гг. не превышает 0.02°С, а за период 1976-2019 гг. и вовсе пренебрежимо мало. Стандартное отклонение различий за эти периоды (0.02-0.04°С) на порядок ниже стандартного отклонения самих рядов (0.3-0.5°С), а после 1976 г. индивидуальные значения рядов (в отдельные годы) различались не более, чем на 0.07°С. При этом во всех случаях ряды характеризуются исключи-

тельно высокой корреляцией (не ниже 0.99) и предельно низким различием трендов (до ±0.01°C/10 лет). Следует отметить, что эти оценки в течение последних 5 лет практически не менялись.

Таким образом, результаты сравнения рядов свидетельствуют об их близости и репрезентативности массива T3288. Следовательно, различия между полученными по ним оценками наблюдаемых изменений климата можно рассматривать как нижнюю границу их неопределенности.

Таблица 1. Оценки близости/различия глобальных временных рядов T3288 (ИГКЭ) и CRUTEM4 (Hadley/CRU) в среднем для суши Земного шара (ЗШ), Северного (СП) и Южного (ЮП) полушарий

Table 1. *Assessments of the similarity/difference between the global time series T3288 (IGCE) and CRUTEM4 (Hadley/CRU) for the Globe, Northern and Southern Hemispheres (over land only)*

Оценка		1976-2019			1920-2019		
		ЗШ	СП	ЮП	ЗШ	СП	ЮП
Корреляция рядов		0.999	0.999	0.996	0.999	0.999	0.993
Среднее различие, °C		0.003	0.002	0.000	-0.013	-0.017	0.013
СКО (сигма) различий, °C		0.021	0.020	0.022	0.029	0.029	0.037
Абсолютное различие, °C	Среднее	0.016	0.016	0.017	0.025	0.026	0.029
	Max	0.059	0.065	0.068	0.082	0.094	0.117
Разность коэфф. тренда, °C/10лет		0.009	0.006	-0.001	0.005	0.006	-0.006
СКО T3288, °C		0.399	0.470	0.254	0.432	0.490	0.310
СКО CRUTEM4, °C		0.386	0.461	0.253	0.413	0.472	0.317

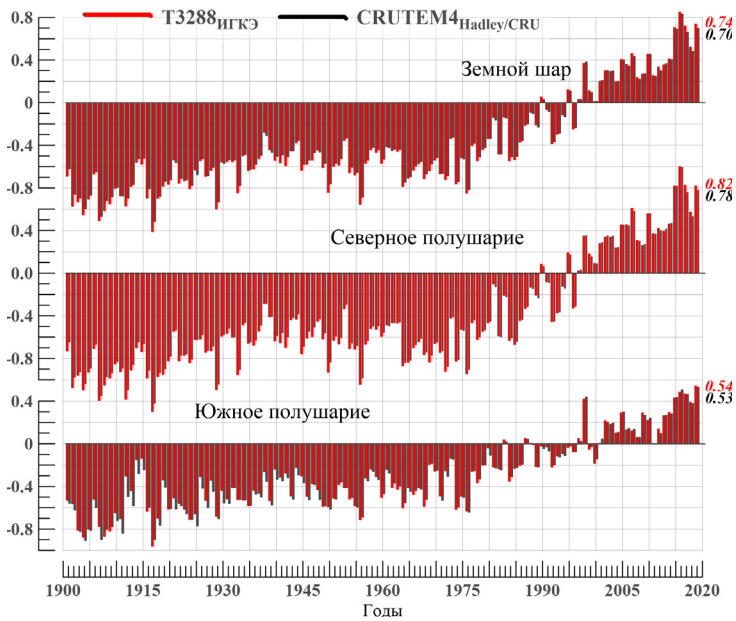

Рисунок 1. Временные ряды пространственно осредненных годовых аномалий температуры приземного воздуха над сушей Земного шара, Северного и Южного полушарий (°C, 1901-2019 гг., суша)
Использованы глобальные временные ряды T3288 (ИГКЭ) и CRUTEM4 (Hadley/CRU)

Figure 1. Annual surface air temperature anomalies, averaged over the Globe, Northern and Southern Hemispheres (°C, 1901-2019, land only).
The global time series T3288 (IGCE) and CRUTEM4 (Hadley/CRU) were used

Результаты

1. Любой период продолжительностью не менее 4 лет, завершающийся 2019 годом, – самый теплый из всех периодов той же продолжительности с 1901 года

(в среднем по территории Земного шара, с учетом и без учета океанов)

По данным всех рассматриваемых источников (ИГКЭ, Hadley/CRU) и категорий (суша, море, суша+море), 2019 год вошел в тройку самых теплых лет, а последний 5-летний период стал самым теплым пятилетием для Земного шара и Северного полушария по данным HadCRUT4 (Hadley/CRU). По данным для всей территории Земного шара (HadCRUT4, суша+море), 2019 год уступил только 2016 и 2015 гг., а по данным для суши (T3288, ИГКЭ и CRUTEM4, Hadley/CRU) только 2016 году и стал вторым самым теплым в истории наблюдений (табл. 2). При этом в Южном полушарии он стал рекордно теплым в среднем по территории суши (T3288, CRUTEM4), а в Северном полушарии – по акваториям океанов (HadSST3). Среднегодовая приповерхностная температура Земного шара (HadCRUT4) в 2019 году стала выше, чем в 2018 и 2017 г., на 0.139 и 0.059°C соответственно, в результате чего практически достигла уровня 2015 года. Эту динамику можно проследить на рис. 2, где представлены все глобальные временные ряды по данным: а) Hadley/CRU(суша+море, суша, море) и б) T3288(суша).

Таблица 2. Пять самых теплых лет для Земного шара, Северного и Южного полушарий по данным разных источников (средняя за год аномалия VT и год наблюдения)

***Table 2**. Five warmest years for the Globe, Northern and Southern Hemispheres from different datasets (VT – annual surface temperature anomaly and Year – year of occurrence)*

№	ЗШ		СП		ЮП	
	VT, °C	Год	VT, °C	Год	VT, °C	Год
HadCRUT4 (Hadley/CRU, суша+море)						
1	0.504	2016	0.701	2016	0.308	2016
2	0.470	2015	0.670	2015	0.279	**2019**
3	0.443	**2019**	0.609	**2019**	0.274	2015
4	0.384	2017	0.559	2017	0.242	1998
5	0.304	2018	0.426	2018	0.211	2017
T3288 (ИГКЭ, суша)						
1	0.848	2016	0.998	2016	0.542	**2019**
2	0.737	**2019**	0.822	2017	0.483	2016
3	0.718	2017	0.817	**2019**	0.466	2017
4	0.705	2015	0.816	2015	0.429	2015
5	0.520	2018	0.607	2007	0.419	1998
CRUTEM4 (Hadley/CRU, суша)						
1	0.831	2016	0.993	2016	0.530	**2019**
2	0.697	**2019**	0.817	2015	0.507	2016
3	0.690	2015	0.779	**2019**	0.462	2017
4	0.659	2017	0.757	2017	0.438	1998
5	0.480	2018	0.582	2007	0.434	2015

HadSST3 (Hadley/CRU, море)						
1	0.408	2016	0.535	**2019**	0.291	2016
2	0.387	2015	0.535	2016	0.230	2015
3	0.377	**2019**	0.526	2015	0.228	**2019**
4	0.300	2017	0.439	2017	0.199	1998
5	0.275	2018	0.409	2018	0.190	2017

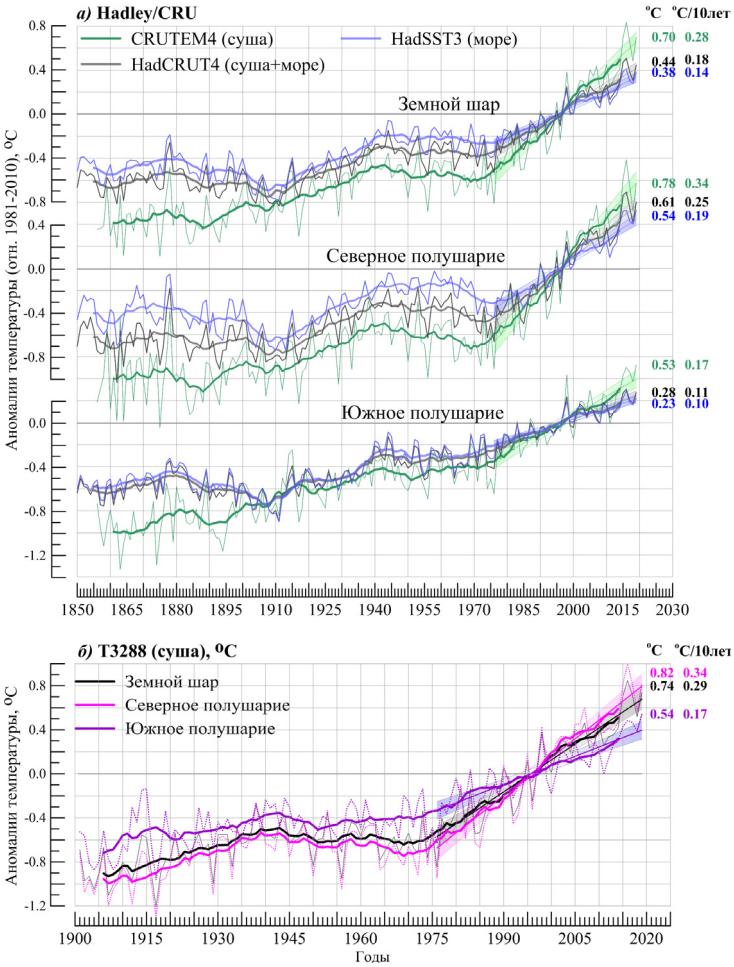

Рисунок 2. Временные ряды среднегодовых аномалий приземной температуры, осредненных по территории Земного шара, Северного и Южного полушарий

Использованы глобальные временные ряды:

а) Hadley/CRU: HadCRUT4 (суша+море), CRUTEM4 (суша), HadSST3 (море);

б) ИГКЭ: T3288 (суша)

Для всех рядов показан ход 11-летних скользящих средних и линейный тренд за 1976-2019 гг. с 95% доверительным интервалом. Справа приведены числовые значения среднегодовых аномалий в 2019 г. и значения коэффициентов линейного тренда за 1976-2019 гг. (°C/10лет)

Figure 2. Annual surface temperature anomalies averaged over the Globe, Northern and Southern Hemispheres

Data source: a) Hadley/CRU: HadCRUT4 (land+sea), CRUTEM4 (land only), HadSST3 (sea only); b) IGCE: T3288 (land only)

For all time-series the 11-year moving average and linear trend for 1976-2019 with the 95% confidence interval are shown. The 2019 anomalies and the 1976-2019 trend coefficients are presented on the right

Особенности пространственного распределения аномалий приповерхностной температуры в 2019 году

В данном разделе представлены данные об аномалиях температуры в 2019 году для года в целом, каждого сезона и отдельных месяцев. Наряду с пространственно осредненными данными для крупных регионов (табл. 3-5), анализируются глобальные поля локальных аномалий (рис. 3, 4) и их обобщения в виде частотных распределений по знаку и интенсивности для каждого региона (табл. 4, 5). В качестве регионов рассматриваются: Земной шар, полушария, континенты, океаны и основные широтные пояса.

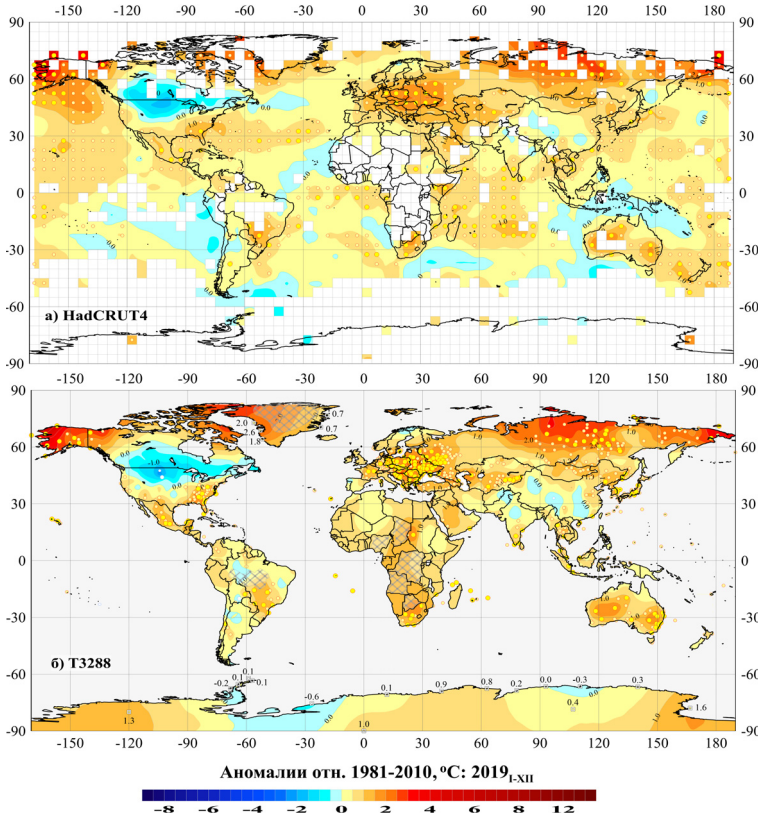

Рисунок 3. Пространственное распределение среднегодовых аномалий приземной температуры (°C) на территории Земного шара в 2019 г.: а) по сеточным данным HadCRUT4 (land+sea, Hadley/CRU); б) по станционным данным T3288 (land only, ИГКЭ)
Аномалии приведены в отклонениях от средних за 1981-2010 гг. Кружками 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

Figure 3. Annual surface temperature anomalies over the Globe in 2019: a) by the gridded data HadCRUT4 (Hadley/CRU, land+sea); b) by the station data T3288 (IGCE, land only)
Anomalies are calculated relative to the average for the period 1981-2010. White circles (the minima) and yellow circles (the maxima) indicate record values (absolute extremes). The circles of smaller size indicate the location of 5% extremes of the same sign. For stations in Antarctica and Greenland anomalies values are shown at corresponding locations. The areas with insufficient data are empty (a) or shading (b)

Среднегодовые аномалии. В соответствии с данными (рис. 3, табл. 3), в 2019 году, как обычно в последние годы, на территории Земного шара преобладали положительные аномалии температуры (более 80-85% всех наблюдений), среди которых 35-40% оказались экстремальными (выше 95-го процентиля) и 10-15% стали для своих пунктов рекордными.

Таблица 3. Пространственно осредненные значения аномалии приповерхностной температуры на территории Земного шара в 2019 г. (°C) и их вероятности непревышения (в среднем за год и в каждом из сезонов)

Table 3. *Spatially averaged surface temperature anomalies over the Globe in 2019 (°C) and their cumulative probabilities (on average for a year and by season)*

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	vT	*F%*	*vT*	*F%*	*vT*	*F%*	*vT*	*F%*	*vT*	*F%*
HadCRUT4 (суша+море)										
Земной шар	0.44	98	0.37	96	0.46	98	0.42	98	0.44	99
Северное полушарие	0.61	98	0.44	96	0.58	98	0.63	99	0.66	99
Южное полушарие	0.28	99	0.3	98	0.33	98	0.21	95	0.23	97
Атлантика (15-70N)	0.41	97	0.28	92	0.3	94	**0.57**	**100**	0.43	94
Тихий океан (20-65N)	**0.73**	**100**	**0.59**	**100**	0.53	99	**0.87**	**100**	**0.93**	**100**
Арктический пояс (65-90N)	1.56	98	1.48	94	**2.38**	**100**	1.03	97	1.66	99
Умеренный пояс СП (25-65N)	0.66	98	0.4	92	0.62	97	0.72	99	0.69	99
Тропики (25S-25N)	0.39	98	0.36	97	0.37	97	0.36	97	0.41	98
Умеренный пояс ЮП (65-25S)	0.3	98	0.34	99	0.36	99	0.3	99	0.21	95
Антарктический пояс (90-65S)	0.29	84	0.26	90	0.07	59	0.56	85	0.38	77
IGCE-T3288 (суша)										
Земной шар	0.74	99	0.56	96	0.84	99	0.61	99	0.70	99
Северное полушарие	0.82	98	0.54	93	0.96	99	0.67	97	0.77	97
Южное полушарие	**0.54**	**100**	0.6	99	0.56	99	0.48	97	0.55	99
Северная Америка	0.41	89	**-0.24**	**65**	0.48	89	0.55	94	0.57	86
Евразия	0.97	98	0.67	91	1.23	96	0.72	96	0.78	95
Европа	1.26	99	1.32	87	1.26	95	0.67	92	0.96	90
Азия	0.87	96	0.48	89	1.21	96	0.71	97	0.72	94
Южная Америка	0.45	99	0.22	91	0.37	93	0.45	93	**0.63**	**100**
Африка	0.74	98	0.47	91	0.90	98	0.74	99	0.65	97
Австралия	**0.99**	**100**	**1.61**	**100**	0.94	98	0.33	87	0.81	96
Антарктида	0.41	88	0.27	81	**-0.15**	**47**	0.82	87	0.47	79
CRUTEM4 (суша)										
Земной шар	0.7	99	0.58	96	0.75	99	0.61	98	0.66	99
Северное полушарие	0.78	98	0.59	95	0.88	99	0.68	98	0.72	97
Южное полушарие	**0.53**	**100**	0.55	99	0.5	98	0.45	96	0.54	99

Примечания: *Условные обозначения:*

1. *vT*, °C – наблюденная аномалия в 2019 году (базовый период 1981-2010 гг.);
2. *F%* – значение эмпирической функции распределения F=prob ($X \leq vT_{2019}$) по данным за 1911-2019 гг. (вероятность непревышения)
3. Красным шрифтом выделены абсолютные максимумы (наибольшие из всех значений ряда за 1911-2019 гг.), синим – отрицательные аномалии

Из континентов наибольшая доля положительных аномалий наблюдалась в Европе – около 99% всех данных, в том числе почти 30% – абсолютные максимумы и еще 33% – выше 95-го процентиля. Интенсивные очаги тепла сформировались также на азиатской территории – в Восточной Сибири, на Дальнем Востоке, в Казахстане, на северо-востоке Китая, в Монголии и Японии (рис. 3).

Центральная часть североамериканского континента, напротив, была занята областью холода (аномалии до -3.0°С на севере США), а очаги тепла наблюдались на Аляске (аномалии до +5.1°С), в Мексике и на юго-востоке США. В Южном полушарии, в среднем по территории суши, год стал рекордно теплым (табл. 3, 4) – по-видимому, за счет Австралии (60% значений выше 95-го процентиля и абсолютный максимум в среднем по континенту) и южной территории Африки (26% – 5%-е экстремумы тепла и 14% из них – абсолютные максимумы).

С учетом океанов (рис. 3, табл. 4), доля положительных аномалий выше всего в Арктическом поясе (97% всех данных), из них около 12% – абсолютные максимумы и еще 25% - 5% -е экстремумы тепла. К регионам с высокой долей экстремальных аномалий (более 40% значений выше 95-го процентиля) относятся также тропический широтный пояс и пояс умеренных широт Северного полушария. В северной части Тихого океана (20-65°с.ш.) средняя по региону температура перекрыла региональный рекорд не только в среднем за год, но и во все сезоны 2019 г. (табл. 3), кроме весны (при этом весенние сезоны 2019 и 2018 гг. разделили 2-3 место после лидирующего 2016 года).

Таблица 4. Частотные распределения среднегодовых локальных аномалий на территории регионов Земного шара в 2019 г. по данным массивов Т3288 и HadCRUT4 (все значения приведены в процентах от NN)

Table 4. *Frequency distributions of the annual local surface temperature anomalies for the regions of the Globe in 2019 using T3288 and HadCRUT4 datasets (all values are in percentage from NN)*

Регион	NN - число боксов/ станций	Число значений в каждой категории (в % от NN)						
		Аномалии (отн. 1981-2010 гг.)			5%-е экстремумы холода/тепла		Абсолютные экстремумы	
		$V < 0$	$V=0$	$V > 0$	$X \le P_{05}$	$X \ge P_{95}$	X=min	X=max
HadCRUT4 (суша+море)								
ЗШ	1525	14.0	4.7	81.4	–	36.2	–	8.7
СП	909	8.4	2.9	88.8	–	41.8	–	8.7
ЮП	616	22.2	7.3	70.5	–	27.9	–	8.8
90-65S	14	28.6	7.1	64.3	–	14.3	–	–
65-25S	302	21.9	6.0	72.2	–	21.5	–	5.3
25S-25N	598	14.5	6.2	79.3	–	40.3	–	10.7
25-65N	533	10.1	2.8	87.1	–	40.3	–	8.3
65-90N	78	2.6	–	97.4	–	37.2	–	11.5
Т3288 (только суша)								
ЗШ	1662	10.5	3.0	86.5	0.4	40.7	0.2	13.5
СП	1372	10.8	1.7	87.5	0.3	42.3	0.1	13.3
ЮП	290	9.3	9.0	81.7	0.7	33.1	0.7	14.8
С. Америка	302	34.1	3.3	62.6	1.0	28.8	0.3	8.6
Евразия	882	4.1	0.8	95.1	0.1	46.1	0.0	15.5
Ю. Америка	140	13.6	13.6	72.9	0.7	17.1	0.7	7.1
Африка	57	10.5	12.3	77.2	–	26.3	–	14.0

Австралия	72	–	2.8	97.2	–	59.7	–	23.6
Антарктида	18	16.7	11.1	72.2	5.6	5.6	–	–
Европа	327	1.2	0.3	98.5	–	63.6	–	29.4
Азия	562	5.7	1.1	93.2	0.2	36.5	–	7.7

Примечания: *Условные обозначения:*

1. $V<0$, $V=0$, $V>0$ – категории среднегодовых аномалий;
2. P_{05}, P_{95} – 5-я и 95-я процентили;
3. *min, max* – наименьшее и наибольшее значения с 1911 г.

Учитывая повышенное внимание к Арктике как одному из регионов повышенной повторяемости климатических экстремумов и наиболее интенсивного потепления, в табл. 4а дополнительно приведены сравнительные данные о количестве в этом регионе локальных 5%-х экстремумов тепла (значений выше 95-го процентиля) в течение последних 4-х лет.

Таблица 4а. Доля 5%-х экстремумов тепла в Арктике (севернее 65с.ш.) в 2016-2019 гг. (в среднем за год и по сезонам, в % от числа станций/боксов с данными)

Table 4a. *The fraction of 5% warm extremes (%) from all local anomalies in the Arctic (to the north from 65 °N) in each of 2016-2019 on average for* a *year and by season*

Дата	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	T3288	HadCRUT4	T3288	HadCRUT4	T3288	HadCRUT4	T3288	HadCRUT4	T3288	HadCRUT4
2016	74	77	35	36	33	35	45	48	47	49
2017	46	49	23	32	36	35	5	14	20	27
2018	34	35	43	38	12	12	23	22	23	24
2019	37	37	5	12	19	24	38	30	16	19

Сезонные особенности распределения аномалий. Более полное представление о температурных аномалиях 2019 года дают ежемесячные глобальные поля аномалий, сгруппированные по сезонам на рис. 4а-4г (рисунки для океанических акваторий не приведены, но основные особенности полей указаны в тексте). В табл. 5 приведены их числовые характеристики для каждого месяца 2019 года.

Зимний сезон (рис. 4а)**.** Экстремально теплые условия (вероятность непревышения регионально осредненной аномалии 99-100%) сложились в этом сезоне в северной части Тихого океана, в Австралии и в целом на суше Южного полушария (табл. 3, 5). Большое количество локальных экстремумов тепла отмечалось также в Азии (западная территория Азии, Дальний Восток) и на Аляске.

Однако главной особенностью сезона является, по-видимому, *повышенное количество локальных отрицательных аномалий на суше Земного шара* (чуть более 30% всех станционных данных в Северном полушарии и 25% в Южном). При этом наиболее интенсивные из них *в декабре* были расположены на территории Азии, *в январе,* в основном, в Северной Америке, *в феврале* на обоих континентах Северного полушария, но более интенсивные – в Северной Америке (до -15°С). Кроме того, в этот зимний сезон доля крупных аномалий тепла в Арктике (регионе наиболее быстрого потепления) была ниже, чем в предыдущие годы. Эта тенденция также характерна и для осеннего сезона (табл. 4а).

Весенний сезон (рис. 4б) практически повсеместно был исключительно теплым, кроме Южной полярной области. Региональные сезонные аномалии почти для всех регионов (кроме Антарктического пояса, Антарктиды и Северной Америки) превысили уровень 95-го процентиля или были близки к нему.

Таблица 5. Пространственно осредненные значения аномалий приповерхностной температуры в 2019 г. для континентов, северных частей Атлантического и Тихого океанов и основных широтных поясов Земного шара (за каждый месяц и в среднем за год)

Table 5. Spatially averaged surface temperature anomalies in 2019 over the continents, Northern parts of Atlantic and Pacific oceans and the main latitudinal belts (for every month and the year as a whole)

Регион	Месяцы 2019 года												Год *I-XII*
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
HadCRUT4 (суша+море)													
АО,15-70 N	0.29 $_{12}$	0.44 3	0.35 3	0.26 $_{8}$	0.28 $_{10}$	0.40 $_{8}$	**0.62** $_{1}$	0.68 $_{2}$	0.51 $_{5}$	0.40 $_{10}$	0.38 $_{7}$	0.46 $_{4}$	0.41 $_{4}$
ТО,40-60 N	**0.58** $_{1}$	0.54 2	0.58 2	0.53 $_{2}$	0.50 $_{4}$	0.65 $_{2}$	**0.82** $_{1}$	**1.11** $_{1}$	**1.07** $_{1}$	**0.85** $_{1}$	0.86 $_{2}$	**0.66** $_{1}$	**0.73** $_{1}$
65-90 N	0.34 $_{38}$	2.31 $_{8}$	3.43 $_{2}$	2.29 $_{6}$	1.35 $_{4}$	1.14 5	0.57 $_{9}$	1.38 $_{2}$	1.55 $_{2}$	1.74 $_{5}$	1.66 $_{12}$	1.28 $_{19}$	1.56 $_{3}$
25-65 N	0.62 $_{4}$	0.22 $_{16}$	0.92 $_{4}$	0.62 $_{5}$	0.33 $_{12}$	0.70 $_{3}$	0.67 $_{5}$	0.77 $_{2}$	0.91 $_{2}$	**0.74** $_{1}$	0.42 $_{11}$	1.05 $_{2}$	0.66 $_{3}$
25 S-25 N	0.39 $_{4}$	0.34 $_{4}$	0.38 $_{4}$	0.41 $_{4}$	0.34 $_{6}$	0.39 $_{4}$	0.38 $_{3}$	0.32 $_{5}$	0.32 $_{4}$	0.40 $_{3}$	0.53 $_{2}$	0.55 $_{3}$	0.39 $_{3}$
65-25 S	0.36 $_{3}$	0.28 $_{4}$	0.33 $_{4}$	0.42 $_{2}$	0.33 $_{3}$	0.26 $_{4}$	**0.32** $_{1}$	0.23 $_{8}$	0.16 $_{10}$	0.24 $_{5}$	0.21 $_{7}$	0.26 $_{4}$	0.30 $_{3}$
90-65 S	0.02 $_{36}$	0.34 $_{7}$	0.25 $_{19}$	0.28 $_{27}$	-0.37 $_{39}$	-0.58 $_{39}$	0.78 $_{17}$	1.39 $_{12}$	-1.07 $_{50}$	1.10 $_{7}$	1.00 $_{6}$	0.47 $_{9}$	0.29 $_{13}$
T3288 (суша)													
С.Америка	0.42 $_{27}$	-1.76 $_{80}$	0.68 $_{16}$	0.60 $_{12}$	0.13 $_{29}$	0.29 $_{23}$	0.79 $_{5}$	0.54 $_{9}$	**1.50** $_{1}$	0.08 $_{51}$	0.16 $_{38}$	1.45 $_{14}$	0.41 $_{13}$
Евразия	0.98 $_{6}$	1.03 $_{11}$	1.99 $_{7}$	1.20 $_{8}$	0.47 $_{13}$	1.14 $_{2}$	0.42 $_{14}$	0.57 $_{9}$	0.76 $_{6}$	1.19 $_{3}$	0.42 $_{23}$	1.44 $_{4}$	0.97 $_{3}$
Европа	-0.08 $_{43}$	2.81 $_{9}$	2.16 $_{6}$	1.11 $_{14}$	0.45 $_{23}$	**1.99** $_{1}$	-0.33 $_{51}$	0.27 $_{30}$	0.43 $_{35}$	1.22 $_{6}$	1.22 $_{29}$	3.78 $_{3}$	1.26 $_{2}$
Азия	1.23 $_{5}$	0.55 $_{17}$	1.96 $_{5}$	1.24 $_{9}$	0.42 $_{13}$	0.84 $_{6}$	0.63 $_{6}$	0.66 $_{6}$	0.86 $_{4}$	1.15 $_{4}$	0.18 $_{28}$	0.79 $_{15}$	0.87 $_{5}$
Ю.Америка	0.36 $_{10}$	0.32 $_{10}$	-0.06 $_{34}$	0.56 $_{5}$	0.57 $_{8}$	1.00 $_{2}$	0.25 $_{28}$	0.09 $_{28}$	0.79 $_{8}$	0.27 $_{11}$	0.86 $_{2}$	0.35 $_{8}$	0.45 $_{2}$
Африка	0.47 $_{14}$	0.29 $_{24}$	0.61 $_{9}$	0.79 $_{4}$	0.72 $_{5}$	0.80 $_{2}$	**0.93** $_{1}$	0.66 $_{2}$	0.67 $_{3}$	0.48 $_{10}$	0.75 $_{5}$	0.73 $_{5}$	0.74 $_{3}$
Австралия	**2.25** $_{1}$	0.79 $_{10}$	**1.66** $_{1}$	0.86 $_{9}$	0.28 $_{23}$	0.07 $_{41}$	1.15 $_{5}$	-0.27 $_{46}$	0.24 $_{26}$	1.64 $_{3}$	0.67 $_{15}$	**2.88** $_{1}$	**0.99** $_{1}$
Антарктида	-0.39 $_{44}$	0.84 $_{7}$	0.36 $_{20}$	0.18 $_{37}$	-1.12 $_{54}$	-0.74 $_{37}$	1.60 $_{12}$	1.60 $_{7}$	-0.19 $_{33}$	0.42 $_{22}$	1.18 $_{4}$	0.88 $_{11}$	0.41 $_{10}$

Примечание. Нижними индексами показаны ранги в упорядоченных по убыванию временных рядах для соответствующего месяца 1911-2019 гг. Красным шрифтом выделены абсолютные максимумы (ранг 1, жирный шрифт) и значения с рангами 2 и 3, синим шрифтом – отрицательные аномалии (температура ниже климатической нормы 1981-2010 гг.).

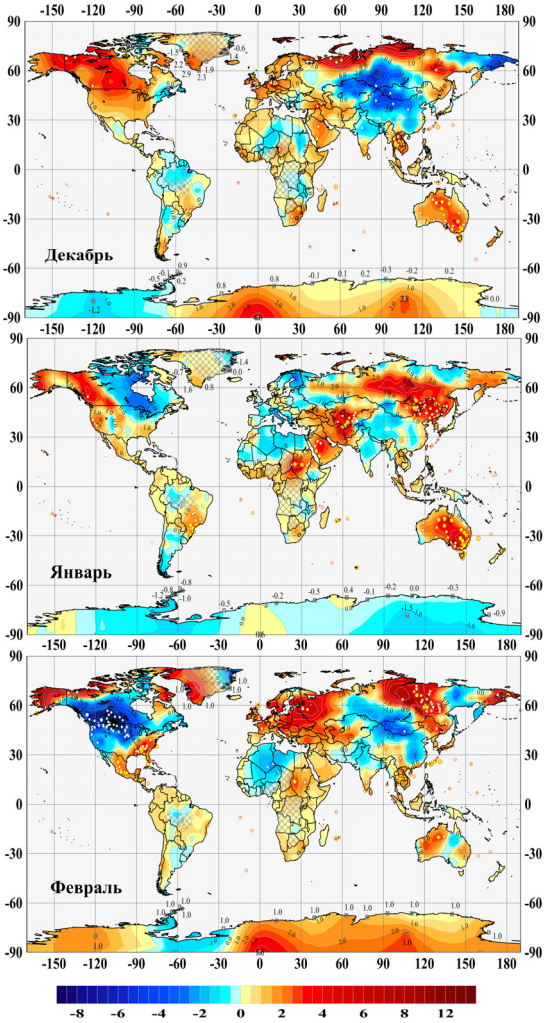

Рисунок 4а. Аномалии среднемесячной температуры приземного воздуха (°С) зимой 2018/2019 гг.: декабрь 2018 – февраль 2019 (данные ИГКЭ: Т3288)

Figure 4a. Monthly SAT (surface air temperature) anomalies: December 2018 – February 2019 (ICGE: T3288)

Положительные аномалии охватили почти 90% территории Евразии, 80%. Австралии и более 50% каждого из остальных континентов. Доля положительных аномалий в Арктике составила около 95% всех данных, в том числе 24% 5%-х экстремумов тепла, из них 7% – абсолютные максимумы. Основные очаги тепла расположены вдоль арктического побережья России: в Архангельской области (до 4.7°С), Красноярском крае и Якутии, на Аляске (с максимумом 8.4°С) и в Канадском арктическом архипелаге (до +4.1°С). На территории Африки 20% доступных станционных данных превысили уровень 95-го процентиля, из них более половины – абсолютные максимумы (до +4.1°С в центре материка и до 3.3°С на юге). Высокая доля положительных экстремумов отмечена в тропическом поясе – 24.5% (4% – рекордные).

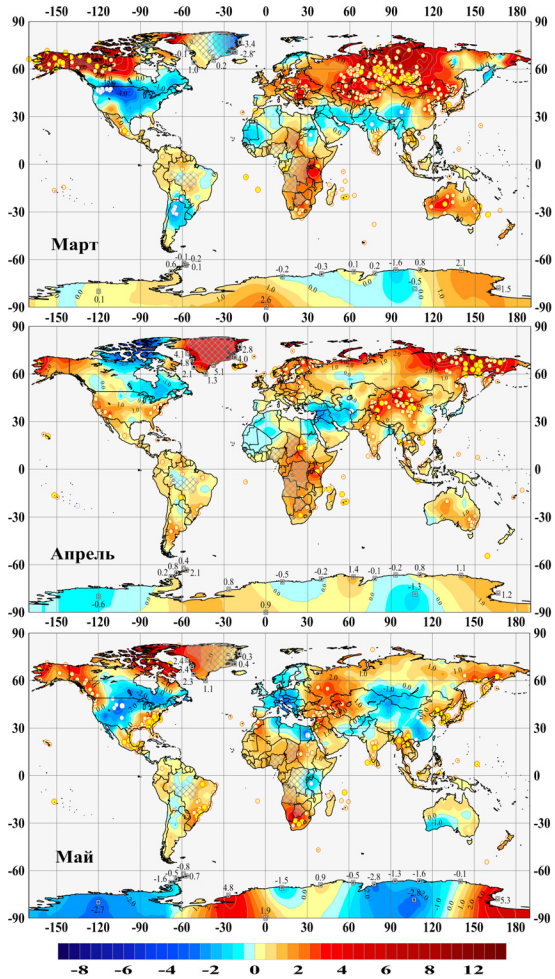

Рисунок 4б. См. рис. 4а, но для весенних месяцев: март - май 2019 г.

Figure 4b. See Fig.4a, but for Spring: Mart – May 2019

Обширные области холода весной наблюдались в центральной части и на северо-востоке Северной Америки (до -3.4°С в США), а также на севере Африки и в Передней Азии (до -2.0°С в Египте), в Южной Америке (до -1.5°С в Аргентине) и на акваториях соседних океанов, на восточных станциях Антарктиды (до -1.6°С). *В марте* обширный очаг тепла занял большую часть Евразии, от Европы до Дальнего Востока, а *в мае* практически вся территория Европы, а также Средиземноморье, Монголия, Китай и Казахстан были охвачены отрицательными аномалиями.

Лето (рис. 4в*)*. Положительные аномалии летнего сезона составили 66%, при этом отмечалось достаточно большое количество экстремумов тепла выше 95-го процентиля – 26%, из которых 6% – абсолютные максимумы. Доля 5%-х экстремумов тепла по сезонным оценкам составила: в Северной Америке – 23%, в Евразии – 27%, в Европе 35%, а в Африке достигла 39%, из которых 13% перекрыли прежний максимум. Области наиболее интенсивных

сезонных аномалий тепла с многочисленными экстремумами располагались на Аляске-Чукотке, в Центральной Европе, в Сибири (до 3.6°С) и в тропиках Северного полушария. В течение всего сезона положительные аномалии сохранялись в Западной Европе и на юге Северной Америки. Отрицательные аномалии были зафиксированы в центральной и северо-западной частях Канады (до -2.5°С), на ЕЧР, на Дальнем Востоке (до -1.6°С), в Китае и Антарктиде (до -2.8°С). *Июнь* стал рекордно теплым для Земного шара (суша) и для Европы (табл. 5).

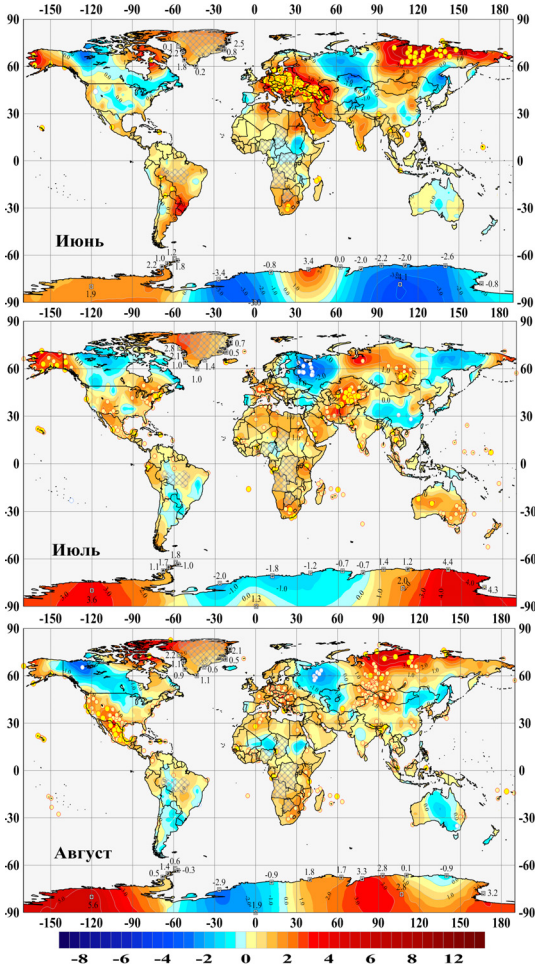

Рисунок 4в. См. рис. 4а, но для летних месяцев: июнь - август 2019 г.

Figure 4c. See Fig.4a, but for Summer: June-August 2019

На акваториях океанов летний сезон оказался рекордно теплым в северных частях Атлантики и Тихого океана, причем в Тихом океане экстремально теплыми были *все летние месяцы*, а в Северной Атлантике – *июль*, за счет очагов тепла вблизи западного побережья Гренландии и в тропиках (табл. 3, 5). Глобально на поверхности океанов прежний максимум был перекрыт *в августе*, а на океанах Северного полушария – еще и *в июле*.

Осенью (рис. 4г) на всех континентах были отмечены ареалы отрицательных аномалий: в Северной Америке – 32-мя процентами станций, в Австралии – 21%, в Антарктиде – 44%. Наиболее обширные области располагались в Северной Америке (на границе США-Канада,), в Евразии (северная Европа, Казахстан, Средняя Азия) и Антарктиде. Интенсивны эти аномалии были в Северной Америке *в октябре-ноябре* и в Евразии – *в ноябре*. Наиболее крупные положительные аномалии наблюдались на севере Канады и на Аляске (до 6.8°С), в Гренландии (до 3.3°С), в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. В целом, 23% сезонных аномалий были выше 95-го процентиля, в том числе 5% – рекордно высокие.

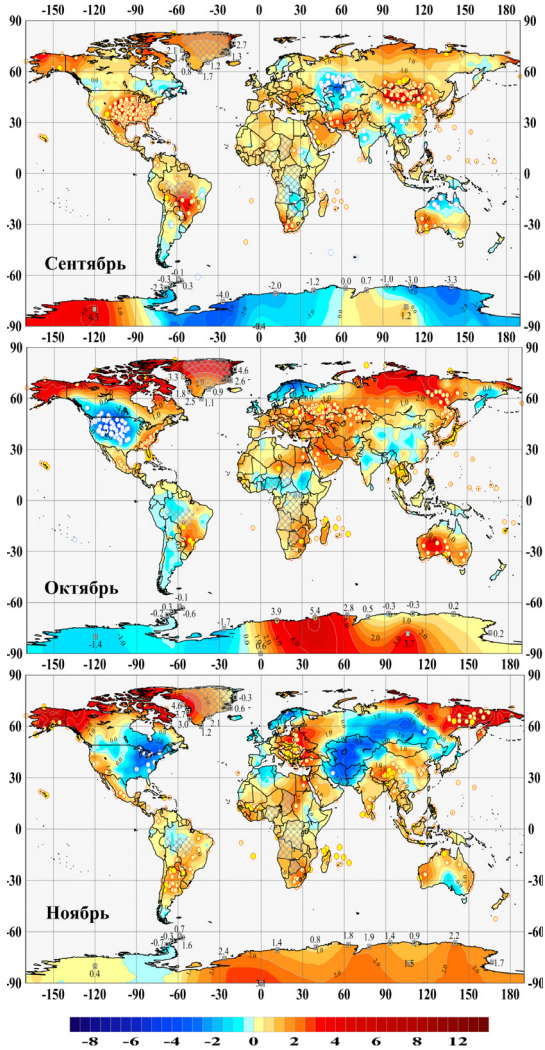

Рисунок 4г. См. рис. 4а, но для осенних месяцев: сентябрь – ноябрь 2019 г.

Figure 4d. See Fig.4a, but for Autumn: September – November 2019

В Евразии доля 5%-х экстремумов тепла – 22%, столько же в Африке (9% – рекордные), в Южной Америке – 19%, в Европе – 30%. Абсолютного мак-

симума достигла осредненная по региону сезонная аномалия в Южной Америке и в северной части Тихого океана (табл. 3). Обширные очаги тепла наблюдались в районе Мексиканского залива, в Индийском океане и экваториальной части Тихого и Атлантического океанов. *Сентябрь* стал рекордно теплым для Северной Америки, северной части Тихого океана и в целом для северных океанических акваторий. *Октябрь* стал в этом году самым теплым в истории наблюдений для суши Земного шара и Северного полушария, а *ноябрь* – для Южного полушария.

В декабре большая часть территории Евразии и Северной Америки были заняты обширными очагами тепла (рис. 4д), с многочисленными рекордами (в Европе до 7.7°C, в США до 5.9°C). Рекордно теплым был Тихий океан (северная часть), как и практически всю вторую половину 2019 года (табл. 5). В Южном полушарии месяц стал рекордно теплым на суше, в том числе для Австралии (табл. 5), где было повсеместно экстремально тепло с многочисленными экстремумами (до 5.0°C). Отрицательные аномалии наблюдались в этом месяце в Восточной Сибири, Китае, Индии, на северо-востоке Канады, Аляске и в центральной части Южной Америки.

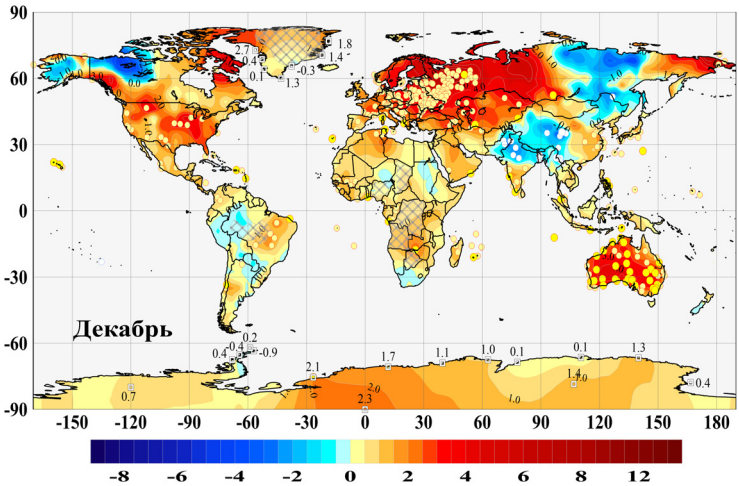

Рисунок 4д. См. рис. 4а, но для декабря 2019 г.

Figure 4e. See Fig.4a, but for December 2019

3. Тенденции многолетних изменений приземной температуры в крупных регионах мира

Современные тенденции в изменении приземной температуры в крупных регионах Земного шара анализируются здесь по данным о регионально осредненных аномалиях для континентов, основных широтных поясов и северных океанов – Атлантического и Тихого, индивидуально для каждого месяца, сезона и года в целом за весь период наблюдений. Для континентов ряды получены по станционным данным T3288 (с 1901 г.), а для широтных поясов и океанов – по сеточным данным HadCRUT4 (с 1850 г.). Глобальные временные ряды (рис. 2) и ряды для перечисленных регионов (рис. 5) приведены для

среднегодовых аномалий, а числовые оценки линейных трендов за 1976-2019 гг. для всех перечисленных территорий – для года в среднем и для каждого сезона (табл. 6).

Таблица 6. Коэффициенты линейного тренда (1976-2019 гг.,°С/10 лет) пространственно-осредненных аномалий приповерхностной температуры для Земного шара, полушарий и крупных регионов (в целом за год и по сезонам)

Table 6. *Linear trend coefficients (1976-2019, °C/decade) of the surface temperature anomalies on the average for the Globe, Hemispheres and major regions (for the year as a whole and by season)*

	Регион	Год	Зима	Весна	Лето	Осень
HadCRUT4	***Вся территория: суша+море***					
	Земной шар	0.177	0.165	0.185	0.182	0.180
	Северное полушарие	0.247	0.229	0.250	0.252	0.255
	Южное полушарие	0.108	0.100	0.119	0.112	0.104
	Атлантика (15-70N)	0.197	0.203	0.168	0.204	0.225
	Тихий океан (20-65N)	0.189	0.148	0.154	0.234	0.217
	Арктический пояс (65-90N)	0.594	0.603	0.664	0.425	0.629
	Умеренный пояс СП (25-65N)	0.287	0.249	0.293	0.308	0.297
	Тропики (25S-25N)	0.147	0.145	0.148	0.147	0.147
	Умеренный пояс ЮП (65-25S)	0.127	0.095	0.125	0.115	0.100
	Антарктический пояс (90-65S)	0.068	***-0.069**	**-0.023**	0.118	0.233
T3288	***Только суша***					
	Земной шар	0.290	0.278	0.306	0.272	0.301
	Северное полушарие	0.341	0.327	0.375	0.316	0.343
	Южное полушарие	0.169	0.164	0.148	0.170	0.204
	Северная Америка	0.286	0.388	*0.165	0.266	0.322
	Евразия	0.398	0.320	0.516	0.378	0.367
	Южная Америка	0.174	0.172	0.131	0.167	0.224
	Африка	0.294	0.247	0.353	0.293	0.295
	Австралия	0.207	0.178	*0.171	0.175	0.290
	Антарктида	0.057	**-0.03**	**-0.029**	0.065	0.208
	Европа	0.487	0.489	0.464	0.511	0.448
	Азия	0.372	0.274	0.529	0.338	0.343

Примечания: Оценки, отмеченные звездочкой «*», статистически значимы на 5%-уровне, затененные серой заливкой – статистически не значимы (уровень значимости от 20% до 92%). Остальные оценки статистически значимы на 1%-м уровне. Синим жирным шрифтом показаны отрицательные значения (тенденция к похолоданию).

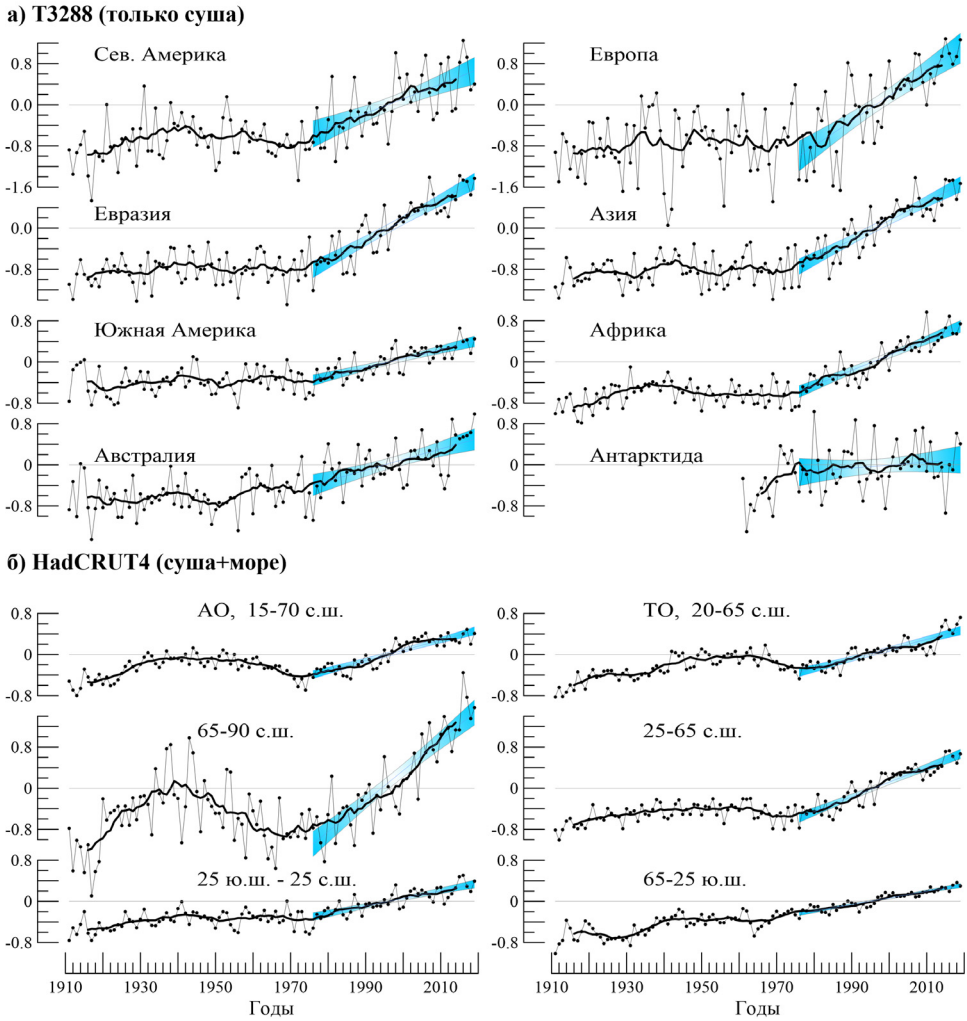

Рисунок 5. Временные ряды пространственно осредненных среднегодовых аномалий приповерхностной температуры для континентов (а), северных частей Атлантического и Тихого океанов (б, вверху) и основных широтных поясов Земного шара (б, внизу)
Расчеты пространственно осредненных аномалий выполнены по методике ИГКЭ по данным: а) T3288 (для континентов); б) HadCRUT4 (для океанов и широтных поясов). Аномалии приведены в отклонениях от средних за 1981–2010 гг. Сглаженные кривые (жирная линия) получены 11-летним скользящим осреднением. Показан линейный тренд за 1976-2019 гг. с 95%-м доверительным интервалом (голубая заливка)

Figure 5. Time series of the annual surface temperature anomalies spatially averaged over the continents (a), northern parts of Atlantic and Pacific oceans (b, above) and the latitudinal belts (b, below).
Spatial averaging was made by IGCE technique using the data: a) T3288 (over the continents); b) HadCRUT4 (over the oceans and latitudinal belts). Anomalies are calculated relative to 1981-2010. Smooth curves (bold lines) are 11-year moving averages. The linear trend for 1976-2019 with 95% confidence level is presented by blue shading

Для всех трех глобальных территорий (Земной шар, Северное и Южное полушария) средняя скорость потепления на территории суши выше, чем с учетом акваторий океанов: «0.29, 0.34, 0.17 против 0.18, 0.25, 0.11 (°С/10лет); и для Северного полушария выше, чем для Южного: 0.34, 0.25 против 0.17, 0.11 (°С/10лет). Регион самого интенсивного потепления – Арктический пояс (суша+море): 0.59°С/10лет в среднем за год (весной 0.66°С/10лет). Из континентов выделяется Европа, где тренд составляет, в среднем за год, 0.49°С/10лет (летом +0.51°С/10лет). Наименее выражено потепление на континентах Южного полушария: в Антарктиде, Австралии и Южной Америке. В Антарктическом регионе оценки указывают на тенденцию к похолоданию зимой и весной, но в целом в этом регионе, для года и всех сезонов, кроме осени, оценки менее надежны (временные ряды короче, величина коэффициентов тренда ниже и заметно ниже их доверительная вероятность).

Более подробно проследить особенности многолетнего хода приземной температуры в каждом регионе можно по временным рядам (рис. 5) и оценкам тренда для каждого месяца (табл. 7). Полезно отметить, что оценки в затененных ячейках таблицы статистически не значимы на 5%-уровне, а те из них, которые выделены еще и звездочкой, большей частью не значимы даже на уровне 30% и выше (до 99%).

4. Географические особенности современных изменений климата, 1976-2019 гг.

Рассматриваются пространственные распределения локальных оценок температурных трендов на территории Земного шара, в среднем за год и за каждый сезон (рис. 6) и их частотные распределения по категориям коэффициентов тренда $\boldsymbol{b}$ и их статистической значимости α (табл. 8), которые существенно дополняют и уточняют представленные выше региональные оценки (табл. 6, 7).

Отметим, что пространственная картина «глобального потепления» (без учета сезонных особенностей), которая складывается на основе региональных оценок (табл. 6,7), сводится к очень краткому описанию: повсеместное потепление, более активное на суше Северного полушария; области наиболее интенсивного потепления – Арктический пояс и Европа; плюс слабые указания на тенденцию к похолоданию в Антарктическом поясе.

Все они четко прослеживаются на рис. 6, где представлены поля годовых коэффициентов тренда с ареалами их значимости. Действительно, на глобальной карте можно заметить лишь небольшие островки отрицательных коэффициентов тренда у берегов Южной Америки (в тропиках восточного сектора Тихого океана и на юге Атлантики) и в Антарктиде, тогда как практически на всей территории Земного шара тренды положительны. На береговых станциях Гренландии и вдоль всего арктического побережья России тренд достигает +0.8°С/10лет и более, притом что на островах Баренцева и Карского морей – до +1.5°С/10лет, на Таймыре и на Камчатке – до +1.2°С/10лет, в Европе (Германия, Украина, ЕЧР) – до +0.7°С/10лет. Наиболее активное потепление на акваториях океанов – на севере Атлантики и Тихого океана (до +0.3-0.4°С/10 лет).

Таблица 7. Сезонный ход коэффициентов линейного тренда приземной температуры, осредненной по территории континентов, северных частей Атлантического и Тихого океанов и основных широтных поясов Земного шара, 1976-2019 гг. (°C/10 лет)

Table 7. *Seasonal course of the linear trend coefficients of a surface temperature on the average for the continents, northern parts of Atlantic and Pacific oceans and main latitudinal belts, 1976-2019 (°C/10 ys)*

Регион	Месяцы												Год I-XII
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	X1	XII	
HadCRUT4 (суша+море)													
АО,15-70 N	!0.21	!0.19	!0.16	!0.17	!0.17	!0.18	!0.19	!0.24	!0.23	!0.24	!0.21	!0.21	!0.20
ТО,40-60 N	!0.13	!0.15	!0.13	!0.15	!0.18	!0.20	!0.25	!0.25	!0.23	!0.22	!0.21	!0.17	!0.19
65-90 N	!0.46	!0.68	!0.76	!0.76	!0.48	!0.49	!0.38	!0.43	!0.44	!0.74	!0.72	!0.72	!0.59
25-65 N	!0.25	!0.26	!0.34	!0.28	!0.26	!0.29	!0.31	!0.33	!0.31	!0.31	!0.27	!0.25	!0.29
25 S-25 N	!0.14	!0.14	!0.14	!0.16	!0.15	!0.15	!0.14	!0.15	!0.14	!0.15	!0.15	!0.14	!0.15
65-25 S	!0.10	!0.10	!0.12	!0.14	!0.12	!0.12	!0.11	!0.11	!0.09	!0.11	!0.09	!0.09	!0.13
90-65 S	**-0.08**	**-0.05**	**-0.06**	**-0.10**	0.08	0.00	0.06	0.3	0.18	!0.32	!0.20	**-0.06**	0.07
T3288 (только суша)													
С.Америка	!0.52	0.2	0.19	0.1	!0.19	!0.28	!0.26	!0.26	!0.35	!0.30	*0.32	!0.48	!0.29
Евразия	*0.28	!0.44	!0.66	!0.51	!0.38	!0.39	!0.35	!0.39	!0.34	!0.43	!0.34	*0.28	!0.40
Ю.Америка	!0.19	!0.16	*0.12	!0.17	#0.10	!0.21	0.11	!0.17	!0.29	!0.19	!0.20	!0.16	!0.17
Африка	!0.21	!0.27	!0.36	!0.32	!0.34	!0.32	!0.31	!0.25	!0.25	!0.30	!0.32	!0.26	!0.29
Австралия	!0.29	0.11	#0.19	*0.23	0.09	0.14	!0.29	0.09	!0.28	!0.38	*0.22	*0.19	!0.21
Антарктида	**-0.03**	0.01	0.06	**-0.15**	0.02	**-0.21**	0.1	#0.32	0.16	!0.27	*0.18	**-0.06**	0.06
Европа	0.42	#0.58	#0.41	!0.55	!0.42	!0.41	!0.52	!0.59	!0.46	!0.42	*0.47	*0.60	!0.49
Азия	#0.24	!0.40	!0.72	!0.51	!0.36	!0.38	!0.30	!0.33	!0.30	!0.43	*0.30	0.19	!0.37

Примечание. Оценки, дополненные префиксом «!», статистически значимы на 1%-уровне, звездочкой «*» – на 5%-уровне, символом «#» – на 10%. Остальные оценки (затененные) статистически не значимы. Синим жирным шрифтом показаны отрицательные значения (тенденция к похолоданию).

Еще более четкую информацию о географических особенностях наблюдаемого глобального потепления дают частотные распределения локальных оценок тренда по категориям ***(b, α)*** в табл. 8.

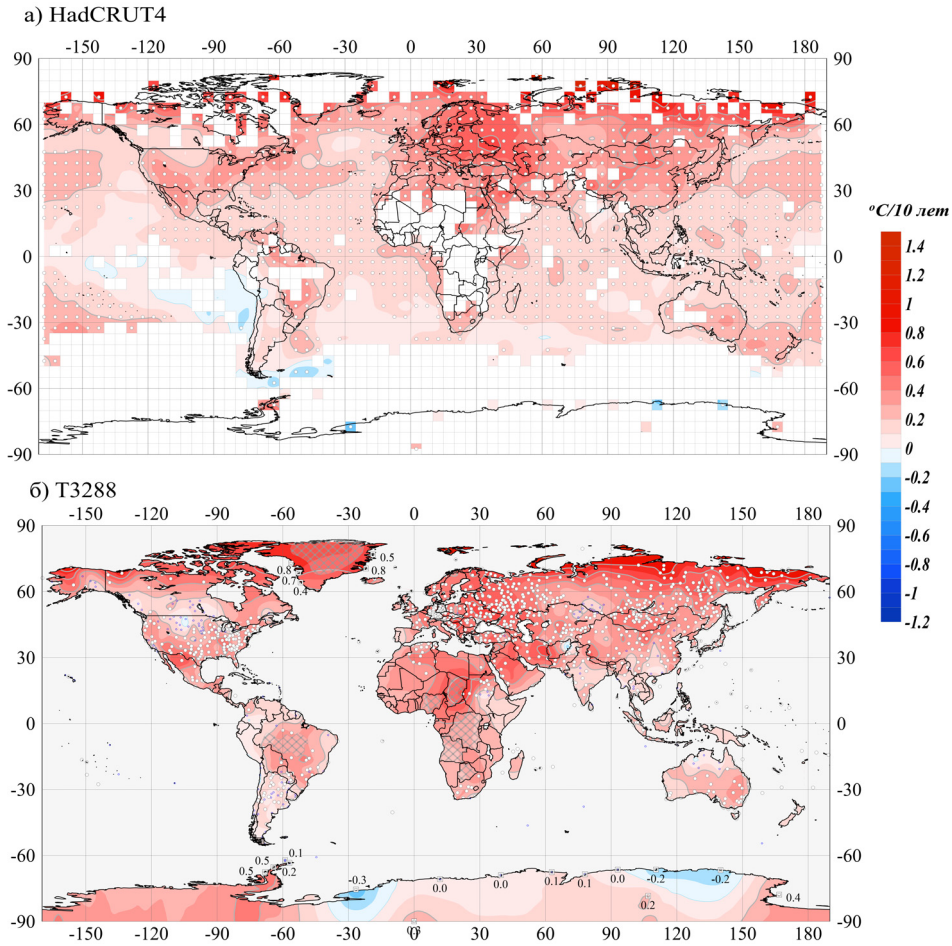

Рисунок 6. Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда среднегодовой температуры у поверхности Земного шара, 1976-2019 гг. (°С/10лет)
Использованы данные: а) HadCRUT4 – сеточные данные Hadley/CRU (суша+море); б) T3288 – станционные данные ИГКЭ (только суша). Пустыми боксами (а) и штриховкой (б) показаны области отсутствия наблюдений. Для станций Антарктиды и Гренландии в точках расположения станций приведены числовые значения коэффициентов тренда. Белыми кружками показаны боксы/станции, в которых тренд статистически значим на 1%-м уровне

Figure 6. The annual surface temperature: pattern of linear trend coefficients over the Globe for 1976-2019 (°C/10ys)
The data used: a) HadCRUT4 – gridded data over land and sea, Hadley/CRU; b) T3288 – station data, IGCE (land only). The areas with insufficient data are shown as empty (a) or shading (b). For stations in Antarctica and Greenland the values of a trend coefficient are shown at corresponding locations. White circles indicate a location of grid boxes/stations with statistically significant trend at 1% level

Таблица 8. Частотное распределение локальных оценок тренда (1976-2019) по категориям коэффициента линейного тренда ***b*** и уровня значимости ***α*** для Земного шара, Северного и Южного полушарий

Table 8. *Frequency distribution of the local linear trend estimates (1976-2019) for the Globe, Northern and Southern Hemispheres depending on a trend coefficient* ***b*** *and significance level* ***α***

Регион	Всего станций NN	*b*<0			*b*=0	*b*>0		
		всего	*α*<=0.01	*α*<=0.05		Всего	*α*<=0.01	*α*<=0.05
HadCRUT4 (суша+море)								
Земной шар	1461	43	6	10	10	1408	1061	1184
		3%	0.4%	1%	1%	96%	73%	81%
Северное полушарие	906	2	-	-	2	902	740	810
		0.2%	-	-	0.2%	~100%	82%	89%
Южное полушарие	555	41	6	10	8	506	321	374
		7%	1%	2%	1%	91%	58%	67%
T3288 (только суша)								
Земной шар	1616	36	2	7	5	1575	1251	1389
		2%	0.1%	0.4%	0.3%	98%	77%	86%
Северное полушарие	1353	17	1	3	4	1332	1088	1205
		1%	0.1%	0.2%	0.3%	98%	80%	89%
Южное полушарие	263	19	1	4	1	243	163	184
		7%	0.4%	2%	0.4%	92%	62%	70%

Примечание. Таблица обобщает распределение оценок на рис. 6. Для каждого региона представлены: ***NN*** – общее число станций/боксов с оценками тренда; ***N*** – число оценок в каждой категории (в верхней строке) и ***f=N/NN (%)*** – соответствующая частота (в нижней строке). Значения менее 1% (кроме 0) приведены с точностью до 0.1%.

Поскольку южное полушарие существенно хуже освещено данными наблюдений, чем северное (555 боксов против 906 в HadCRUT4 и 263 станции против 1353 в T3288), в таблице, наряду с числом наблюдений (верхняя подстрока), в каждой категории приведены еще и процентные значения частот (вторая подстрока).

Прежде всего, отметим, что положительные тренды составляют 98% всех станционных оценок (данные T3288) и более 96% по данным HadCRUT4. Среди них порядка 80% оценок статистически значимы на 1%-м уровне и еще 10% – на 5%, т.е. действительно *уверенная тенденция к потеплению охватывает более 90% всей территории Земного шара, а в Северном полушарии – почти 99%* (по данным HadCRUT4 – 99.6%, по T3288 98.4%).

Тенденция к похолоданию, статистически значимая на 5%-уровне, на территории континентов *(по данным T3288)* обнаружена всего на 7 станциях, и на двух из них тренд статистически значим на 1%-уровне (табл. 8). Это береговые станции: Вашингтон, США (-0.32°C/10 лет) и Dumont Durville, Антарктика (-0.20°C/10 лет). Все остальные станционные оценки, указывающие на

тенденцию к похолоданию, не достигают и 0.1°С/10 лет и статистически не значимы. По данным HadCRUT4 в Северном полушарии тенденция к похолоданию обнаружена только в 2-х боксах, и в обоих тренд статистически не значим (по крайней мере, на 5% уровне).

Наконец, в табл. 9 приведены аналогичные оценки для рассматриваемых крупных регионов – широтных поясов (по данным HadCRUT4) и континентов (по данным T3288). На наш взгляд, эта информация наиболее интересна.

Таблица 9. Частотные распределения локальных оценок тренда (1976-2019) по категориям коэффициента линейного тренда ***b*** и уровня значимости ***α*** для основных широтных поясов (суша+море) и континентов (только суша)

Table 9. *Frequency distribution of the local linear trend estimates (1976-2019) on categories depending on a trend coefficient* ***b*** *and a significance level* ***α*** *for main latitudinal belts (land+sea) and continents (land only)*

Регион	Всего станций NN	*b*<0			*b*=0	*b*>0		
		всего	*α*<=0.01	*α*<=0.05		Всего	*α*<=0.01	*α*<=0.05
HadCRUT4 (суша+море)								
Арктический пояс (65-90N)	76	-	-	-	-	76	72	75
		-	-	-	-	100%	95%	99%
Умеренный пояс СП (25-65N)	533	-	-	-	-	533	437	482
		-	-	-	-	100%	82%	90%
Тропики (25S-25N)	592	21	-	-	7	564	427	469
		4%	-	-	1%	95%	72%	79%
Умеренный пояс ЮП (65-25S)	247	19	4	7	2	226	121	154
		8%	2%	3%	1%	92%	49%	62%
Антарктический пояс (90-65S)	13	3	2	3	1	9	4	4
		23%	15%	23%	8%	69%	31%	31%
T3288 (только суша)								
Северная Америка	294	9	1	2	2	283	180	219
		3%	0.3%	1%	1%	96%	61%	75%
Европа	327	-	-	-	-	327	323	323
		-	-	-	-	100%	99%	99%
Азия	558	6	-	1	-	552	444	510
		1%	-	0.2%	-	99%	80%	91%
Южная Америка	116	9	-	-	1	106	58	72
		8%	-	-	1%	91%	50%	62%
Африка	51	-	-	-	2	49	42	46
		-	-	-	4%	96%	82%	90%
Австралия	72	3	-	-	-	69	59	63
		4%	-	-	-	96%	82%	88%
Антарктида	17	3	1	3	-	14	3	3
		18%	6%	18%	-	82%	18%	18%

В этой таблице бросается в глаза полное отсутствие отрицательных трендов в арктическом регионе и умеренных широтах Северного полушария, а также в Европе и Африке. Более того, из нее следует, что 99% всех локальных оценок Европы и Арктики (а они положительны!) статистически значимы на 1%-м и 5%-м уровнях, соответственно (в том числе 95% оценок по данным арктических станций статистически значимы на 1%-м уровне). Таким образом, сформулированное ранее наблюдение «регионы наиболее активного потепления – Европа и Арктика» получило определенное количественное подтверждение.

К этой группе регионов с явным доминированием трендов потепления, по-видимому, можно присоединить азиатский континент и тропики, учитывая достаточно низкое процентное содержание и значимость отрицательных оценок на их территории. Кроме того, в тропиках, как уже было отмечено, практически все боксы с отрицательными трендами расположены в Южном полушарии, и эти тренды близки к нулевым.

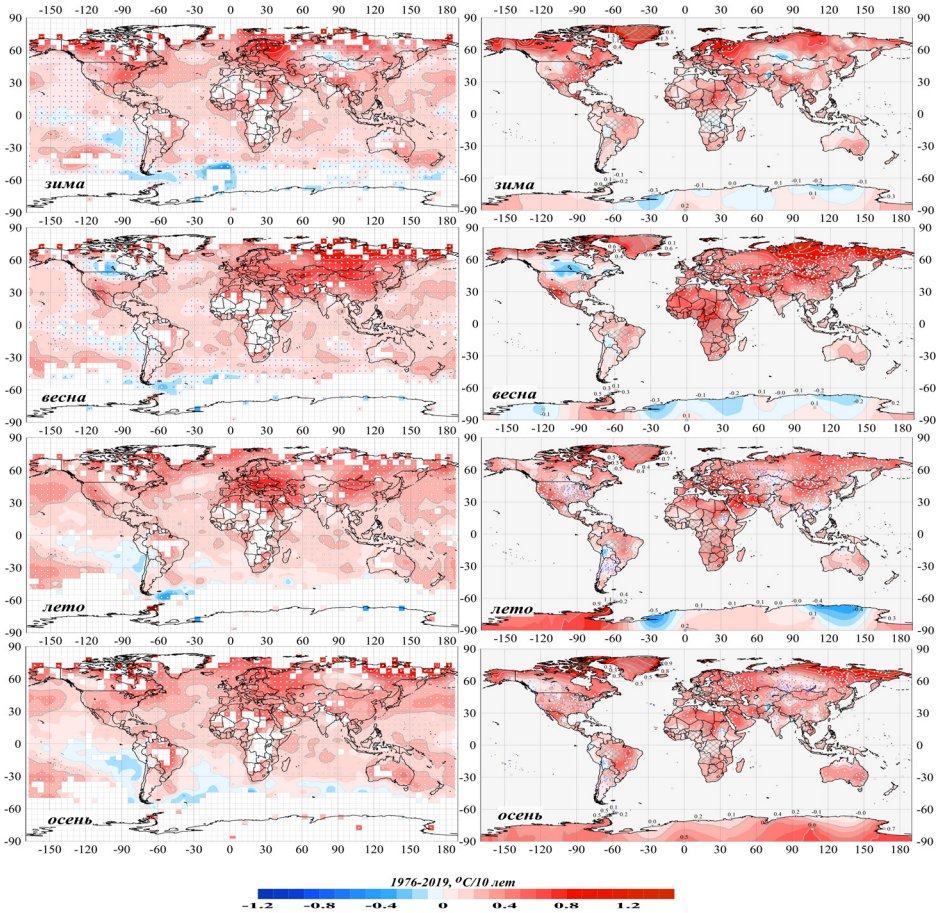

Рисунок 7. См. рис. 6, но для коэффициентов тренда сезонных аномалий температуры

Figure 7. See Fig. 6, but for trend coefficients of seasonal surface temperature anomalies

В результате, определилась еще одна группа регионов с признаками локального ослабления тенденции к потеплению. Ее формальным индикатором может быть пониженная доля станций/боксов с уверенной тенденцией к потеплению. К ней можно отнести из континентов Антарктиду и Южную Америку, а с учетом океанов – полярные и умеренные широты Южного полушария. Например, в Антарктиде доля станций с уверенной тенденцией к потеплению – 18%; столько же – с уверенной тенденцией к похолоданию, а остальные 64% – с тенденцией к потеплению, но статистически не значимой. По-видимому, станции этой группы и их данные могут оказаться предвестниками новых поворотов в череде предстоящих климатических изменений.

Заметим, что именно области с отсутствием статистически значимого потепления являются **о**бщей особенностью сезонных распределений коэффициентов трендов (рис. 7, табл. 7). Наиболее ярко такие области проявляются на континентах Северного полушария: в центре Евразии – зимой (до -0.3°С/10 лет) и на территории Канады и северной части США – весной (до -0.4°С /10 лет), но они статистически не значимы. С максимальной скоростью потепления картина обратная: в Евразии максимум приходится на весну, а в Северной Америке – на зиму. В Южном полушарии, как на континентах, так и на акваториях океанов межсезонные различия невелики. Заметная, но статистически незначимая тенденция к похолоданию отмечается здесь в Антарктиде (кроме осени), в тропической части Тихого океана вблизи побережья Южной Америки, на юге Атлантического океана. При этом некоторые отрицательные значения коэффициентов тренда на юге Атлантики значимы на 1%-м уровне, остальные – не значимы даже на 10%-м уровне.

5. Многолетние и межмесячные изменения глобальной температуры за период 1850-2019 гг.

На рис. 8 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 «климатической нормы доиндустриального периода» (средняя температура 1850-1879 гг.).

На рисунке хорошо прослеживаются и похолодание в начале 20-го столетия, и «арктическое» потепление 1940-х, и современное особенно активное потепление, охватившее все сезоны лишь с середины 1990-х. Наиболее ярко оно проявляется в Северном полушарии и особенно усилилось в XXI в. (сначала – в нулевых годах, затем – в середине 2010-х). Представляется интересным период с середины 1930-х гг. до 1970-х и далее до 1990-х, когда один за другим следуют периоды кратковременного подъема температуры с максимальной амплитудой до 0.4°С в осенне-зимний сезон Северного полушария и возврата к базовому уровню в летний сезон. В Южном полушарии процесс более однородный: внутригодовая изменчивость и, соответственно, размах колебаний заметно меньше, но сезонность аналогична, т.е. максимум

приходится на осенне-зимние месяцы Южного полушария, а минимумы – на летние, но минимум остается выше базового (доиндустриального) уровня.

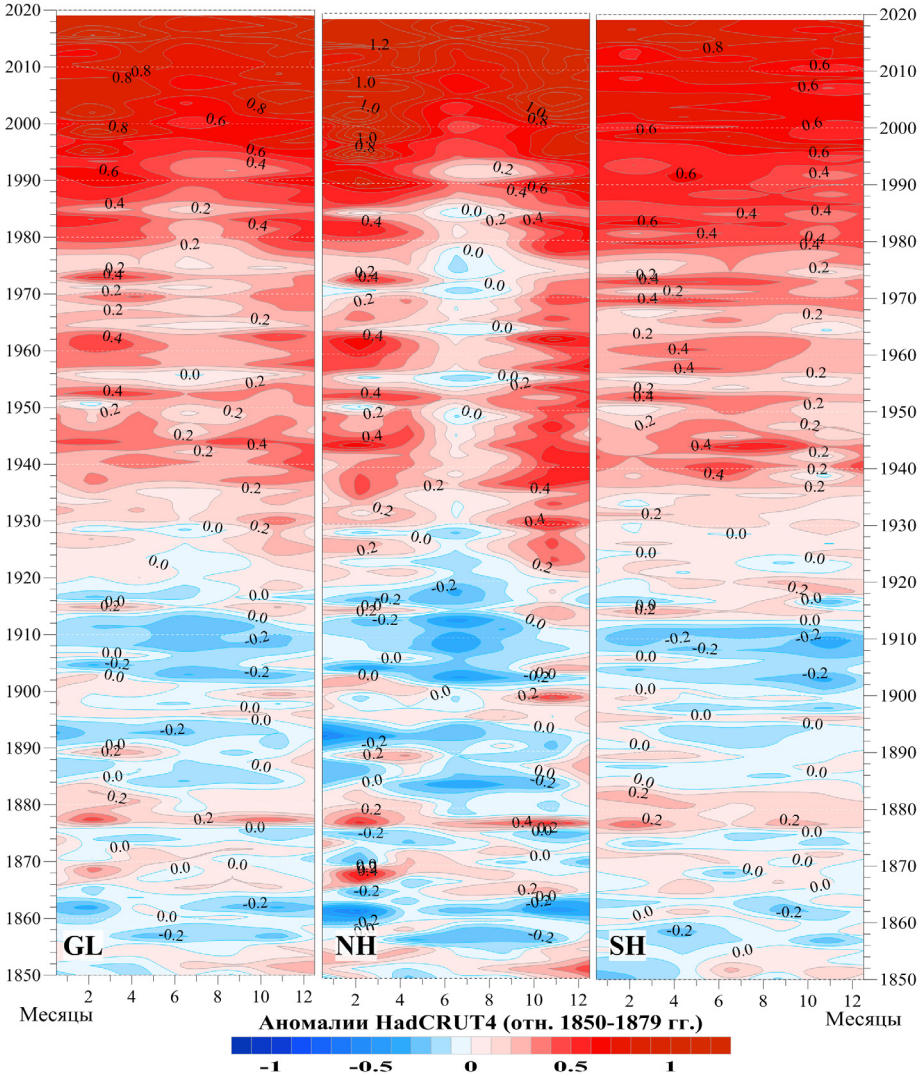

Рисунок 8. Изменение аномалий среднемесячной приповерхностной температуры, осредненной по всей территории (суша+море) Земного шара (GL), Северного (NH) и Южного (SH) полушарий с января 1850 г. по декабрь 2019
Аномалии выражены в отклонениях от средней за 1850-1879 гг. Использованы глобальные временные ряды Hadley/CRU (HadCRUT4, суша+море)
Figure 8. Evolution of the monthly surface temperature anomalies, averaged over land+sea for the Globe (GL), Northern Hemisphere (NH) and Southern Hemisphere (SH), from January 1850 to December 2019 (using the data HadCRUT4, Hadley/CRU, UK).
Anomalies are calculated relative to the average for the period 1850-1879

Заключение

В статье представлены данные об основных аномалиях приповерхностной температуры Земного шара в 2019 г. и современных тенденциях в их изменении, полученные с учетом оперативных наблюдений (сводки КЛИМАТ, СИНОП), доступных в настоящее время в системе отечественного мониторинга климата.

По всем источникам данных (суша, море, суша+море) и всем трем гло-бальным территориям (Земной шар, Северное и Южное полушария), 2019 год оказался в первой тройке самых теплых лет (вместе с 2016 и 2015 гг.). При этом в Южном полушарии он стал рекордно теплым в среднем по территории суши, а в Северном полушарии – по акваториям океанов. Последний 5-летний период стал самым теплым по данным для Земного шара и Северного полу-шария (данные HadCRUT4, суша+море).

В 2019 г. глобальная температура практически вернулась к уровню 2015 г. (после заметного снижения в 2017-2018), но рекордным по-прежнему остается 2016 год. Среднегодовые аномалии температуры для суши Земного шара, Северного и Южного полушарий в 2019 году, по данным CRUTEM4-T3288 (только суша), составили 0.70-0.74°C (ранг 2), 0.78-0.82°C (ранг 3) и 0.53-0.54°C (ранг 1), соответственно. С учетом океанов им соответствуют оценки: 0.44°C (ранг 3), 0.61°C (ранг 3) и 0.28°C (ранг 2), по данным HadCRUT4 (суша+море).

Как и в последние годы, в 2019 году на территории Земного шара преобладали положительные аномалии температуры (более 80-85% всех наблюдений); 35-40% оказались выше 95-го процентиля, и 10-15% стали для своих пунктов рекордными. Из континентов по доле положительных аномалий выделяется Европа (около 99% всех данных), с учетом океанов – Арктика (97% всех боксов с данными).

В ряде регионов были перекрыты годовые и сезонные рекорды и наблюдались многочисленные локальные экстремумы тепла. К ним относятся: Австралия, Арктика, Южная Америка, территория суши Южного полушария, северные части Тихого и Атлантического океанов. При этом на континентах отмечалось повышенное количество отрицательных аномалий, особенно зимой и осенью – около 30% и 20% всех данных соответственно. В результате, как и в 2018 году, *наличие на территории суши в течение всех сезонов интенсивных аномалий противоположного знака, по-видимому, становится главной особенностью 2019 года.*

На большей части Земного шара продолжается потепление. Все последние периоды продолжительностью не менее 4 лет (т.е. завершающиеся 2019 годом) – самые теплые среди периодов той же продолжительности с 1901 г.

На *уверенную тенденцию к потеплению (уровень статистической значимости α<=0.05) указывают* более 90% всех данных Земного шара, а в Северном полушарии – почти 99% (с учетом океанов – 99.6%, только суша – 98.4%). *Тенденция к похолоданию,* статистически значимая на 5%-уровне, на террито-

рии континентов обнаружена всего на 7 станциях. Все остальные станционные оценки, указывающие на тенденцию к похолоданию, не достигают и 0.1°С/10 лет и статистически не значимы.

Регион наиболее интенсивного потепления – Арктический широтный пояс: 0.59°С/10лет в среднем за год (весной 0.66°С/10лет); без учета океанов – Европа: +0.49°С/10лет (летом +0.51°С/10лет). При этом 99% всех локальных оценок Европы и Арктики статистически значимы на 1%-м и 5%-м уровнях. Наименее выражено потепление на континентах Южного полушария: в Антарктиде, Австралии и Южной Америке.

Благодарности

За поддержку, оказанную разным разделам этой работы, авторы выражают благодарность проектам:

- (проект 3.2) Мониторинг глобального климата и климата Российской Федерации и ее регионов, включая Арктику. Развитие и модернизация технологий мониторинга». План научно-исследовательских и технологических работ НИУ Росгидромета на 2020 год

- (рег. № 0148-2018-0028) Исследование совместных изменений климатических норм и показателей изменчивости температуры в приповерхностном слое и их влияния на погодные экстремумы, воздействия и риски для экосистем и здоровья населения на территории России и соседних стран. Программа Президиума РАН №51 "Изменение климата: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования"

Список литературы

ИГКЭ, 2020. Мониторинг изменений климата Земного шара. – Электронный ресурс. URL: http://climatechange.igce.ru/ index.php? option=com_docman &task=cat_view&gid=31&Itemid=75&lang=en.

Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Рочева Э.В. 2017. Методика «Мониторинг изменений климата земного шара: приземная температура» и результаты ее испытания. – Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов, № 44, с. 3-11.

Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Рочева Э.В., Самохина О.Ф., Корнева И.А., Алешина М.А. 2018. Особенности температурного режима у поверхности Земного шара в 2017 г. – Фундаментальная и прикладная климатология, т. 1, с. 112-136.

Груза Г.В, Ранькова Э.Я., Корнева И.А., Самохина О.Ф., Щенин М.В. 2019. Особенности температурного режима у поверхности земного шара в 2018 году. – Фундаментальная и прикладная климатология, т. 1, с. 97-127.

ЦМКП, 2016. Решение Центральной методической комиссии по гидрометеорологическим и гелиогеофизическим прогнозам от 20 декабря 2016 г. – Электронный ресурс. URL: http://method.meteorf.rum.

Bureau of Meteorology, Australia Gov. 2019. Annual climate statement 2019: Australia's climate in 2019 – Available at: http://www.bom.gov.au/climate/current/annual/aus/#tabs=Global.

Cheng L. et al. 2020. Record-setting ocean warmth continued in 2019. – Adv. Atmos. Sci., vol. 37(2), pp. 137-142. – Available at: https://doi.org/10.1007/s00376-020-9283-7.

JMA, 2020. Sea surface temperatures (global). – Available at: https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/english/long_term_sst_global/glb_warm_e.html.

NASA, NOAA. 2020a. NASA, NOAA Analyses Reveal 2019 Second Warmest Year on Record. – Available at: https://climate.nasa.gov/news/2945/nasa-noaa-analyses-reveal-2019-second-warmest-year-on-record/.

NASA, NOAA. 2020b. Annual Global Analysis for 2019. – Available at: https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/briefings/20200115.pdf.

NOAA, 2020a. NOAA National Centers for Environmental Information, State of the Climate: Global Climate Report for Annual 2019, published online January 2020, retrieved on February 24, 2020. – Available at: https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201913.

NOAA, 2020b. NOAA National Centers for Environmental Information, State of the Climate: National Climate Report for Annual 2019, published online January 2020, retrieved on March 10, 2020. – Available at: https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/national/201913.

WMO, 2019. WMO Provisional Statement on the State of the Global Climate in 2019. – Available at: https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21626#.Xmvdx3L7TIW.

WMO, 2020. WMO Statement on the State of the Global Climate in 2019. – Available at: https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21700#.XmvdcHL7TIU.

Статья поступила в редакцию: 18.03.2020 г. *После переработки:23.03.2020 г.*

FEATURES OF THE SURFACE TEMPERATURE REGIME OVER THE GLOBE IN 2019

G.V. Gruza[1)], E.Ya. Rankova[1,2)], I.A. Korneva[1)], O.F. Samokhina[1)], U.I. Antipina[1)]

[1)] Yu.A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology,
20B, Glebovskaya str.,107258, Moscow, Russian Federation;
*corresponding author: *firankova@gmail.com*

[2)] Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences,
29, Staromonetny lane, 119017, Moscow, Russian Federation

Abstract. The state of surface temperature regime in 2019 and its variability during 1901-2019 are considered. Surface temperature anomalies and trends at different time intervals and with various spatio-temporal averaging scales are analyzed using the data from instrumental observations. Temperature anomalies are calculated relative to the 1981-2010 reference period (in accordance with the recent recommendation of the World Meteorological Organization).

It is shown that for the Globe as a whole, as well as in each Hemisphere, 2019 appeared to be among the three warmest years on record, while the 2015-2019 period – the warmest five-year period since 1901. This year became record warmest over the land of the Southern Hemisphere, but over the ocean of the Northern Hemisphere. Thus, the global surface temperature almost came back to the level of 2015 (after notable decrease in 2017-2018), but the year 2016 remains the record warmest.

As in the previous years, positive anomalies of surface temperature dominated over the Globe in 2019 (more than 80-85% of all data); 35-40% among them were above the 95th percentile and 10-15% broke the records. At the same time on the continents, an increased number of negative anomalies was noted, especially in winter and autumn (about 30% and 20% of all data, respectively).

The linear trends estimated for 1976-2019 confidently confirm the steady tendency of climate warming over more than 90% of the Globe and almost 99% of the Northern Hemisphere (the level of statistical significance 0.01-0.05).The surface cooling (statistically significant at 5% level) on the continents is observed only at 7 stations. Rest of the station trendsshowing the tendency of cooling (n=29, 1.8%) are less than 0.1^{o}C/ decade and are statistically insignificant.

The most intense warming is observed in the Arctic: 0.59°C/decade on average for the year and 0.66°C/decade in spring; if taking into account only land - in Europe (0.49°C/decade, in summer +0.51°C/decade). 99% of all local estimations in Europe and in the Arctic are statistically significant at 1% and 5% levels. The warming is less pronounced on the continents of Southern Hemisphere: in Antarctica, Australia and South America.

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

References

IGCE, 2020. *Monitoring izmenenij klimata Zemnogo shara* [Monitoring of climate changes of the Globe]. Available at: http://climatechange.igce.ru/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=31&Itemid=75&lang=en.

Gruza G.V., Rankova E.Ya., Rocheva E.V. 2017. Metodika «Monitoring izmenenij klimata Zemnogo shara: prizemnaya temperatura» i rezul'taty ee ispytaniya [Methodology "Monitoring of climate changes of the globe: surface temperature" and the results of its testing]. *Rezul'taty ispytaniya novyh i usovershenstvovannyh tekhnologij, modelej i metodov gidrometeorologicheskih prognozov* [Results of testing new and improved technologies, models and methods of hydrometeorological forecasts], no. 44, pp. 3-11.

Gruza G.V., Rankova E.Ya., Rocheva E.V., Samokhina O.F., Korneva I.A., Aleshina M.A. 2018. Osobennosti temperaturnogo rezhima u poverhnosti Zemnogo shara, v 2017 g. [Features of the surface temperature regime in 2017 over the Globe]. *Fundamental'naya I prikladnaya klimatologiya – Fundamental and applied climatology*, no. 1, pp. 112-136.

Gruza G.V., Rankova E.Ya., Korneva I.A., Samokhina O.F., Shchenin M.V. 2019. Osobennosti temperaturnogo rezhima u poverhnosti Zemnogo shara v 2018 g. [Features of the surface temperature regime in 2018 over the Globe]. *Fundamental'naya I prikladnaya klimatologiya – Fundamental and applied climatology*, no. 1, pp. 97-127.

CMCP. 2016. *Reshenie Central'noj metodicheskoj komissii po gidrometeorologicheskim i geliogeofizicheskim prognozam ot 20 dekabrya 2016 g.* [Decision of the Central Methodical Commission for Hydrometeorological and Heliogeophysical Forecasts of December 20, 2016]. Available at: http://method.meteorf.rum.

Bureau of Meteorology, Australia Gov. 2019. Annual climate statement 2019: Australia's climate in 2019 – Available at: http://www.bom.gov.au/climate/current/annual/aus/#tabs=Global.

Cheng L. et al. 2020. Record-setting ocean warmth continued in 2019. – Adv. Atmos. Sci., vol. 37(2), pp. 137-142. – Available at: https://doi.org/10.1007/s00376-020-9283-7.

JMA, 2020. Sea surface temperatures (global). – Available at: https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/english/long_term_sst_global/glb_warm_e.html.

NASA, NOAA. 2020a. NASA, NOAA Analyses Reveal 2019 Second Warmest Year on Record. – Available at: https://climate.nasa.gov/news/2945/nasa-noaa-analyses-reveal-2019-second-warmest-year-on-record/.

NASA, NOAA. 2020b. Annual Global Analysis for 2019. – Available at: https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/briefings/20200115.pdf.

NOAA, 2020a. NOAA National Centers for Environmental Information, State of the Climate: Global Climate Report for Annual 2019, published online January 2020, retrieved on February 24, 2020. – Available at: https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201913.

NOAA, 2020b. NOAA National Centers for Environmental Information, State of the Climate: National Climate Report for Annual 2019, published online January 2020, retrieved on March 10, 2020. – Available at: https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/national/201913.

WMO, 2019. WMO Provisional Statement on the State of the Global Climate in 2019. – Available at: https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21626 #.Xmvdx3L7TIW.

WMO, 2020. WMO Statement on the State of the Global Climate in 2019. – Available at: https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21700#.XmvdcHL7TIU.