

Особенности температурного режима у поверхности Земного шара в 2023 году

Э.Я. Ранькова^{1)*}, О.Ф. Самохина¹⁾, У.И. Антипина^{1,2)}, В.Д. Смирнов¹⁾

¹⁾ Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля,
РФ, 107258, г. Москва, ул. Глебовская, д. 206

²⁾ Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук,
РФ, 119017, г. Москва, Пыжевский пер., д. 3

* Адрес для переписки: frankova@gmail.com

Реферат. Рассматривается состояние температурного режима у поверхности Земного шара в 2023 г. и его изменчивость в течение 1850-2023 гг. По данным инструментальных наблюдений, анализируются основные температурные аномалии 2023 года и текущие тенденции в их изменении.

Показано, что 2023 год был самым теплым в истории наблюдений (с 1850 г.) по всем категориям данных (суша, море, суша+море) и всем трем глобальным территориям (Земной шар, Северное и Южное полушария). В целом по Земному шару аномалия приповерхностной температуры составила $+0.533^{\circ}\text{C}$ (на суше $+0.738^{\circ}\text{C}$). Предыдущий максимум глобальной температуры $+0.345^{\circ}\text{C}$ был установлен в 2016 г.

Более 87% всех наблюдений (на суше 89%) оказались в среднем за год выше климатической нормы 1991-2020 гг. Среди них около 50% всех данных оказались выше 95-го перцентиля (5%-е экстремумы тепла), в том числе 15% стали для своих пунктов рекордными. Отрицательные аномалии составили лишь 8% всех данных (еще 5% практически равны нулю).

Все сезоны, как и месяцы, на акваториях океанов и на континентах обоих полушарий также были экстремально теплыми: бóльшая их часть попала в число 5%-х экстремумов тепла или глобальных температурных рекордов, сезонных и/или месячных.

Локальные оценки линейного тренда за 1976-2023 гг. уверенно подтверждают тенденцию потепления – 97% всех коэффициентов тренда положительны. Наибольшая интенсивность потепления, в среднем по территории региона, отмечается в Арктическом поясе ($+0.563^{\circ}\text{C}/10$ лет) и в Европе ($+0.498^{\circ}\text{C}/10$ лет).

За период современного глобального потепления (1976-2023 гг.) среднегодовая глобальная температура увеличилась (по линии тренда) на 0.925°C . За это время при использовании фиксированных значений перцентилей с базовым периодом 1911-2022 гг. площадь под экстремумами холода (значения меньше 5-го перцентиля) уменьшилась с 15-20% практически до нуля, а под

экстремумами тепла (значения, больше 95-го перцентиля) – напротив, увеличилась от нуля до 20-30%. В 2023 и 2016 гг. (самые теплые годы) площадь 5%-х экстремумов тепла подскочила до 45-50% всей территории Земного шара.

В целом по всей территории Земного шара и за год современное приповерхностное потепление 1976-2023 гг. на суше протекает вдвое активнее, чем на поверхности океанов, в Северном полушарии вдвое интенсивнее, чем в Южном, и в Северном полушарии ускорилось в сравнении с последним столетием более чем вдвое (на континентах и океанах). Однако в Южном полушарии над сушей коэффициент ускорения существенно ниже (лишь 1.6), а на поверхности океанов ускорения потепления практически не произошло.

Приведенные в статье актуализированные глобальные оценки приповерхностного температурного режима, полученные по данным массива T3288 (данные ФГБУ «ИГКЭ»), хорошо согласуются с оценками по данным массива CRUTEM5 (данные Hadley/CRU, один из базовых массивов ВМО).

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

Features of the surface temperature regime over the Globe in 2023

E.Ya. Rankova^{1)}, O.F. Samokhina¹⁾, U.I. Antipina^{1,2)}, V.D. Smirnov¹⁾*

¹⁾Yu.A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology,
20B, Glebovskaya str., 107258, Moscow, Russian Federation

²⁾Obukhov Institute of Atmospheric Physics, Russian Academy of Sciences,
3, Pyzhevskii lane, 119017, Moscow, Russian Federation

*Correspondence address: firankova@gmail.com

Abstract. The article considers the state of the temperature regime on the surface of the earth in 2023, as well as its variability over the period 1850-2023. Based on instrumental observations, main temperature anomalies in 2023 and current trends in change are analyzed. The results show that 2023 has been the warmest year on record (since 1850), for all data categories and all three global areas (the Globe, the Northern and Southern Hemispheres considered). The average surface temperature anomaly for the Globe was +0.533°C (on land +0.738°C). The previous maximum global temperature, +0.345°C, was recorded in 2016.

More than 87% (89% for land) of all annual observations were above the 1991-2020 climatic normal. Approximately 50% of these exceeded the 95th percentile (5% heat extremes), including 15% that set a record for their location. Only 8% of observations had negative anomalies, and another 5% were almost zero.

All seasons and months in oceans and continents of both hemispheres also experienced extremely warm conditions. Most of the continents and oceans were among the top 5% for extreme heat or global temperature records.

Local estimates of the linear trend from 1976 to 2023 strongly confirm the warming trend with 97% of trend coefficients being positive. The highest rate of temperature increase, on average, was observed in the Arctic zone (+0.563°C per decade) and in Europe (+0.498°C per decade).

During the period from 1976 to 2023, the average annual global temperature rose (following a linear trend) by 0.925 degrees Celsius. During this period, when using fixed percentile values based on a base period from 1911 to 2022, the areas under cold extremes (i.e., values less than the fifth percentile) decreased from approximately 15 to 20% to virtually zero. Meanwhile, areas under heat extremes (values greater than the 95th percentile) increased from zero to approximately 20-30%. In 2023 and 2016 (the warmest years), the areas of 5% of the heat extreme values occurred increased to 45-50% of the entire Globe.

Overall, over the Globe and over time, the current surface warming in the near-ground layer from 1976 to 2023 is twice as strong on land as on the ocean surface, with the Northern Hemisphere being twice as intense than the Southern Hemisphere. Additionally, the rate of warming in the Northern Hemisphere has accelerated more than doubled compared to the previous century on continents as well as oceans. However, the Southern Hemisphere shows a significantly lower acceleration coefficient over land (only 1.6) and there has been minimal or no acceleration in the rate of temperature increase on the ocean's surface.

The updated global temperature estimates presented in the article, based on the T3288 dataset (IGCE data), agree well with estimates from another commonly used dataset, CRUTEM5 (Hadley/CRU, one of WMO's base data sets).

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

Введение

Статья продолжает серию ежегодных публикаций в настоящем журнале (Груза и др., 2016-2023) о современном состоянии температурного режима Земного шара (приземная температура) на основе данных регулярного мониторинга климата в ФГБУ «ИГКЭ» (ЦМКП, 2016; Груза и др., 2017б). В обзорах и климатических бюллетенях ведущих научных центров мира регулярно публикуется информация о текущем состоянии климатической системы Земли, о наблюдаемых климатических аномалиях, рекордах и экстремальных событиях. Кроме того, Всемирная Метеорологическая организация (ВМО) обобщает материалы, которые разрабатываются и поддерживаются научными коллективами: NOAA/NCEI, NASA, Met Office Hadley Centre&CRUUEA, JMA, а также ECMWF Copernicus, группа Berkeley Earth и др. В результате ежегодные обзоры ВМО о состоянии глобального климата базируются на шести базовых наборах данных: HadCRUT5 (1850-2023), NOAA Global Temp (1850-2023), GISTEMP (1880-2023), Berkeley Earth (1850-2023), JRA (1958-2023), ERA5 (1940-2023).

Относительно 2023 г. ВМО уже в октябре сообщила, что 2023 год должен стать самым теплым годом в истории наблюдений, причем с огромным

океан (АО), Тихий океан (ТО), Северная Америка (С. Америка), Южная Америка (Ю. Америка).

Данные

Как и в предыдущих публикациях данной серии, все результаты получены в рамках действующей в ИГКЭ технологии мониторинга глобального климата по разделу «Приземная температура». Соответственно, все оценки получены, по данным наблюдений за приземной (приповерхностной) температурой, из двух источников – ИГКЭ и Hadley/CRU.

Данные ИГКЭ (массив T3288 (суша)) включают данные стандартных наблюдений за температурой приземного воздуха (температура на высоте 2 м) с 1901 года на глобальной сети 3288 наземных станций. Описание массива и каталог включенных в него станций можно найти на web-сайте ИГКЭ (ИГКЭ, 2016). Массив пополняется в квазиреальном времени оперативными данными с каналов связи ГСТ (сводки КЛИМАТ) после надлежащей процедуры контроля и верификации (ЦМКП, 2016). Для контроля и заполнения пропусков в данных КЛИМАТ используются также данные стационарных синоптических наблюдений (сводки СИНОП).

Данные Hadley/CRU – это признанные мировым научным сообществом данные Метеослужбы Великобритании (Met Office Hadley Center, UK) и Университета Восточной Англии (CRUUEA,UK) о приповерхностной температуре, в том числе: температура воздуха над сушей – CRUTEM5 (суша), температура воды на поверхности океанов – HadSST4 (море) и объединенные данные на всей территории – HadCRUT5 (суша+море). В каждой категории содержатся глобальные сеточные поля и глобально осредненные временные ряды для Земного шара, Северного и Южного полушарий (полное описание данных см. <http://www.metoffice.gov.uk>). Из этих данных в предлагаемом анализе использованы сеточные поля HadCRUT5 (суша+море) и глобально осредненные временные ряды для данных всех трех категорий: HadCRUT5, CRUTEM5, HadSST4.

Результаты

2023 год – самый теплый год в истории наблюдений

2023 год оказался самым теплым (с 1850 г.) по всем четырем наборам данных и трем глобальным территориям (Земной шар, Северное и Южное полушария). В целом по Земному шару (HadCRUT5, суша+море), среднегодовая аномалия температуры составила $+0.533^{\circ}\text{C}$, что больше предыдущего максимума на 0.188°C (2016 г.). Информация о шести самых теплых годах по всем видам данных приведена в табл. 1. Здесь же показано положение температуры 2023 года в соответствующих упорядоченных по убыванию временных рядах (ранг). Все анализируемые глобальные временные ряды приведены на рис. 1.

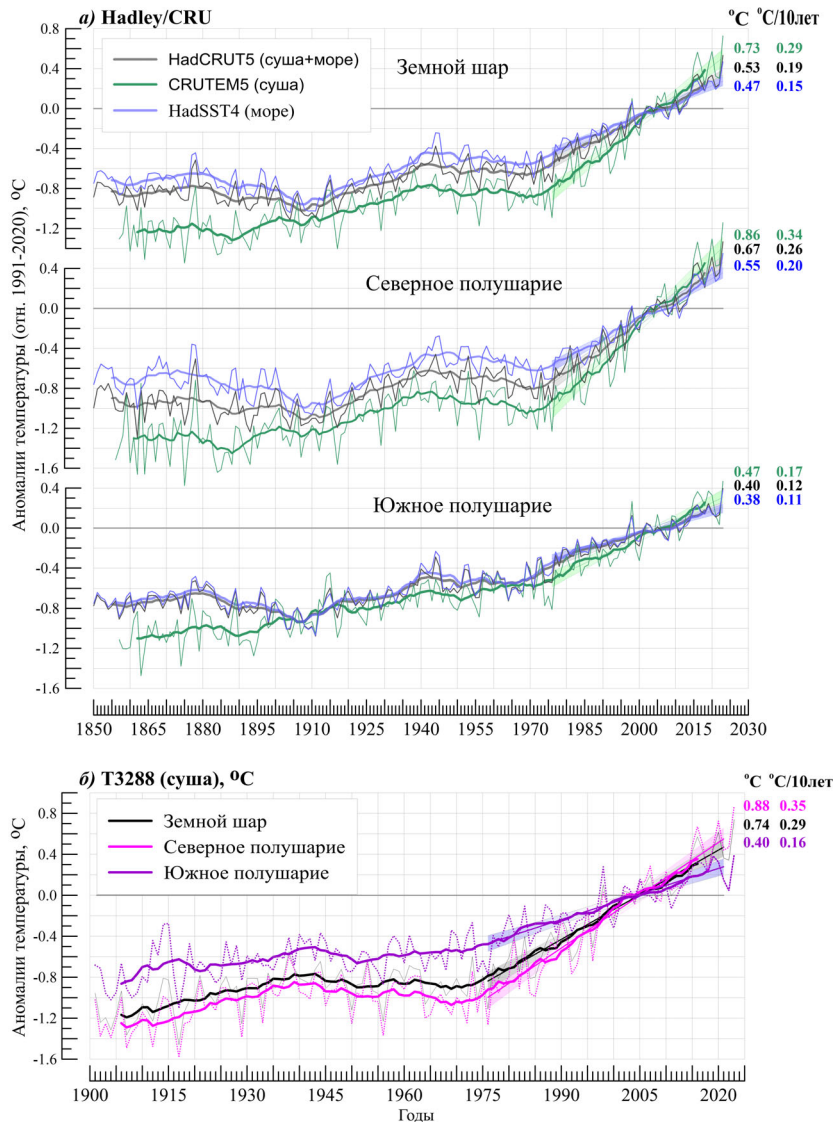


Рисунок 1. Временные ряды среднегодовых аномалий приземной температуры, осредненных по территории Земного шара, Северного и Южного полушарий, по данным:
 а) HadCRUT5 (суша+море, черные кривые), CRUTEM5 (суша, зеленые кривые), HadSST4 (море, синие кривые); использованы оригинальные ряды Hadley/CRU;
 б) T3288 (суша); использованы данные и методика пространственного осреднения ИГКЭ. Каждый временной ряд дополнен ходом 11-летних скользящих средних и линией тренда за 1976-2023 гг. с 95%-м доверительным интервалом. Справа приведены числовые значения среднегодовых аномалий 2023 г. и значения коэффициентов линейного тренда за 1976-2023 гг. (°C/10 лет)

Figure 1. Time series of mean annual surface temperature anomalies, averaged on the territory of the Globe, the Northern and Southern hemispheres according to:
 а) HadCRUT5 (land + sea, black curves), CRUTEM5 (land, green curves), HadSST4 (sea, blue curves); original Hadley/CRU series were used;
 б) T3288 (land); the data and the technique of spatial averaging of the IGCE were used. Each time series is supplemented with 11-year moving averages and a trend line for 1976-2023 with 95% confidence interval. On the right are the numerical values of the mean annual anomalies in 2023 and the values of the linear trend coefficients for 1976-2023 (°C/10 years)

Таблица 1. Самые теплые годы, по данным разных источников, в среднем по территории Земного шара, Северного и Южного полушарий: средняя за год аномалия температуры VT и год наблюдения

Table 1. Warmest years according to different sources on average over the territory of the Globe, the Northern and Southern hemispheres: yearly average temperature anomaly VT and year of observation

Ранг	Земной шар		Северное полушарие		Южное полушарие	
	VT, °C	Год	VT, °C	Год	VT, °C	Год
HadCRUT5 (Hadley/CRU, суша+море)						
1	0.533	2023	0.668	2023	0.397	2023
2	0.345	2016	0.514	2020	0.246	2019
3	0.335	2020	0.457	2016	0.233	2016
4	0.315	2015	0.424	2015	0.205	2015
5	0.307	2019	0.369	2019	0.166	2017
6	0.262	2017	0.358	2017	0.156	2020
T3288 (ИГКЭ, суша)						
1	0.738	2023	0.876	2023	0.399	2023
2	0.617	2020	0.724	2020	0.384	2019
3	0.570	2016	0.670	2016	0.328	2016
4	0.454	2019	0.492	2017	0.325	2020
5	0.438	2017	0.488	2015	0.310	2017
6	0.425	2015	0.482	2019	0.277	1998
CRUTEM5 (Hadley/CRU, суша)						
1	0.729	2023	0.859	2023	0.468	2023
2	0.573	2020	0.696	2020	0.370	2019
3	0.565	2016	0.664	2016	0.366	2016
4	0.429	2019	0.497	2015	0.329	2020
5	0.429	2015	0.480	2017	0.312	2017
6	0.424	2017	0.459	2019	0.293	2015
HadSST4 (Hadley/CRU, море)						
1	0.469	2023	0.552	2023	0.382	2023
2	0.281	2016	0.415	2020	0.230	2016
3	0.278	2019	0.346	2015	0.219	2019
4	0.271	2020	0.342	2019	0.186	2015
5	0.262	2015	0.341	2016	0.162	2022
6	0.235	2022	0.307	2022	0.154	2017

Для всех глобальных временных рядов (рис. 1) показан тренд за 1976-2023 гг. (условно принят за период «современного глобального потепления») и сглаженная кривая, отражающая ход 11-летней скользящей средней. Справа, у каждой кривой приведено значение аномалии в конечной точке (средняя за 2023 год) и коэффициент линейного тренда за 1976-2023 гг. (По-видимому, не вредно напомнить, что сближение всех кривых на конечном отрезке рядов объясняется выбором 1991-2020 гг. в качестве базового периода при расчете

аномалий. В результате все ряды приведены к единому (нулевому!) среднему значению в этом 30-летии.

Географические и сезонные особенности распределения аномалий приповерхностной температуры в 2023 году

В настоящем разделе представлены данные о региональных особенностях температурного режима 2023 г. для года в целом, каждого сезона и отдельных месяцев.

В соответствии со среднегодовыми оценками (табл. 2, рис. 2) в 2023 году на территории Земного шара положительные аномалии температуры составили около 90% всех локальных данных (87%, по данным, в боксах и 89% – на станциях); из них около 50% (47% и 53%) оказались выше 95-го перцентиля (5%-е экстремумы тепла), в том числе более 15% стали для своих пунктов рекордными (абсолютные максимумы).

Такая ситуация сложилась за счет северных частей Тихого и Атлантического океанов, Северной и Южной Америк, Евразии и Африки, где больше половины (от 54 до 73%) локальных значений среднегодовой температуры были выше 95-го перцентиля, а 2023 год в среднем по территории каждого из этих регионов оказался в числе первых трех самых теплых лет в истории наблюдений.

Дополнительно отметим, что на 472 станциях земного шара (19.2% всех поступивших станционных данных) были зафиксированы новые абсолютные максимумы среднегодовой температуры (локальные рекорды), в т.ч. 89% наблюдались в Северном полушарии, 11% – в Южном. В свою очередь, локальные абсолютные минимумы отмечались только на трех станциях Австралии. По сеточным данным HadCRUT5 (суша+море), в 2023 г. абсолютные максимумы перекрыты в 223 боксах (15.3% ячеек глобальной сетки), в т.ч. 78% в Северном и 22% в Южном полушариях, а новых минимумов не выявлено.

Отрицательные среднегодовые аномалии (около 8% всех данных) также наблюдались и на суше, и на акваториях океанов. В Южном полушарии – это области на севере Австралии, в Антарктиде, на востоке Бразилии, в восточной части Индийского океана и в отдельных районах Тихого океана. В Антарктиде на шести станциях из 18-ти наблюдались отрицательные аномалии. В Северном полушарии отрицательные аномалии отмечены в западных штатах США и прилегающей акватории Тихого океана, в Скандинавии, в Северном море и на севере Индии.

Дополнительную информацию о сезонных особенностях температурного режима 2023 года дают поля локальных аномалий сезонной и месячной дискретности (рис. 3, 3а) и их региональные обобщения. Численные значения аномалий температуры в натуральной ($^{\circ}\text{C}$) и вероятностной (вероятность превышения, %) шкалах в каждом из рассматриваемых регионов приведены в табл. 3, 4, 4а с детализацией до сезона и месяца.

Таблица 2. Частотные распределения среднегодовых локальных аномалий на территории Земного шара в 2023 г., по данным массивов T3288 и HadCRUT4 (все значения приведены в процентах от NN)

Table 2. Frequency distributions of mean annual local anomalies on the territory of the Globe in 2023 according to the data of T3288 and HadCRUT4 arrays (all values are given as a percentage of NN)

Регион	NN-число боксов/станций	Число значений в каждой категории (в % от NN)							
		Аномалии (отн. 1991-2020 гг.)			5%-е экстремумы холода/тепла		Абсолютные экстремумы		
		V < 0	V = 0	V > 0	X ≤ P ₀₅	X ≥ P ₉₅	X = min	X = max	
HadCRUT5 (суша+море)									
ЗШ	1455	8.1	4.7	87.2	-	46.9	-	15.3	
СП	892	6.2	2.9	90.9	-	54.5	-	19.5	
ЮП	563	11.2	7.5	81.3	-	35.0	-	8.5	
АО, 15-70N	129	0.8	-	99.2	-	64.3	-	40.3	
ТО, 20-65N	149	1.3	5.4	93.3	-	72.5	-	24.2	
Широтные пояса	65-90N	83	20.5	2.4	77.1	-	19.3	-	4.0
	25-65N	522	4.0	1.7	94.3	-	58.8	-	22.0
	25S-25N	561	7.8	6.4	85.7	-	47.1	-	11.6
	65-25S	276	10.5	7.6	81.9	-	34.1	-	13.8
	90-65S	13	53.8	-	46.2	-	15.0	-	8.0
T3288 (только суша)									
ЗШ	2460	8.2	3.0	88.8	0.6	52.6	0.1	19.2	
СП	2089	6.0	2.1	91.9	0.0	55.5	-	20.2	
ЮП	371	20.5	8.1	71.4	3.5	36.4	0.8	13.5	
С. Америка	412	4.9	2.7	92.5	-	60.9	-	21.1	
Евразия	1471	6.5	1.8	91.7	0.1	53.8	-	19.2	
Ю. Америка	123	7.3	5.7	87.0	-	58.5	-	26.8	
Африка	120	2.5	5.0	92.5	-	56.7	-	15.8	
Австралия	137	36.5	9.5	54.0	8.0	18.2	2.2	2.9	
Антарктида	18	27.8	-	72.2	-	11.1	-	-	
Европа	539	6.5	1.5	92.0	-	68.6	-	23.9	
Азия	941	6.4	2.0	91.6	0.1	45.8	-	16.6	
Арктика, суша	146	7.5	3.4	89.0	-	28.1	-	2.7	

Условные обозначения.

1. $V < 0$, $V = 0$, $V > 0$ – категории аномалий;
2. P_{05} , P_{95} – 5-й и 95-й процентиля;
3. min , max – абсолютные экстремумы: наименьшее и наибольшее значения с 1911 г.

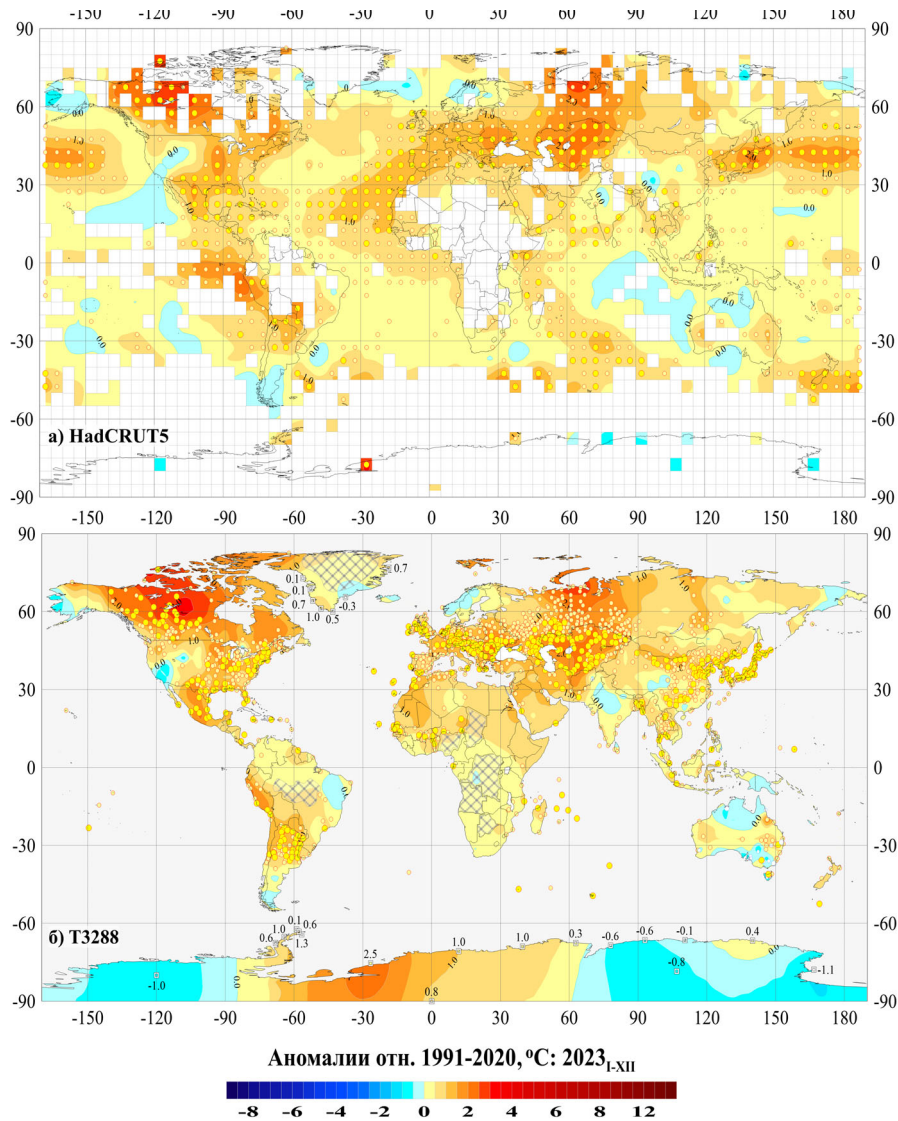


Рисунок 2. Пространственное распределение среднегодовых аномалий приземной температуры ($^{\circ}\text{C}$) на территории Земного шара в 2023 г.: а) по сеточным данным HadCRUT5 (суша+море, Hadley/CRU, UK); б) по станционным данным T3288 (только суша, ИГКЭ) Аномалии приведены в отклонениях от средних за 1991-2020 гг. Кругами белого (минимумы) и желтого (максимумы) цвета указано положение боксов/станций с рекордными значениями аномалий, а значками меньшего размера – положение 5%-х экстремумов того же знака. В точках расположения станций Антарктиды и Гренландии показаны числовые значения наблюдаемых аномалий. Пустыми боксами (а) и штриховкой (б) показаны области отсутствия наблюдений

Figure 2. Spatial distribution of the surface temperature annual anomalies ($^{\circ}\text{C}$) on the territory of the Globe in 2023: а) according to HadCRUT4 grid data (land + sea, Hadley/CRU, UK); б) according to station data T3288 (land only, IGCE) Anomalies are given in deviations from the average for 1991-2020. White (minimum) and yellow (maximum) circles indicate the position of boxes/stations with record values of anomalies. Smaller icons indicate the position of 5% extrema of the same sign. The numerical values of the observed anomalies are shown at the points of location of stations in Antarctica and Greenland. Empty boxes (а) and shading (б) show the areas of absence of observations

Таблица 3. Пространственно-осредненные значения аномалий приземной температуры на территории Земного шара в 2023 г. (°C) и их вероятности непревышения (в среднем за год и в каждом из сезонов)

Table 3. Spatially averaged values of surface temperature anomalies on the territory of the Globe in 2023 (°C) and their probabilities of not exceeding (on average per year and in each of the seasons)

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень		
	vT	F%	vT	F%	vT	F%	vT	F%	vT	F%	
HadCRUT5 (суша+море)											
Земной шар	0.53	100	0.28	97.3	0.39	99.1	0.60	100	0.71	100	
Северное полушарие	0.67	100	0.34	95.5	0.43	98.2	0.71	100	0.98	100	
Южное полушарие	0.40	100	0.22	96.4	0.36	100	0.49	100	0.45	100	
Атлантика (15-70N)	0.71	100	0.42	99.1	0.57	100	1.03	100	0.77	100	
Тихий океан (20-65N)	0.64	99.1	0.56	100	0.44	97.3	0.62	98.2	0.86	100	
Широтные пояса	65-90N	0.78	96.4	0.35	84.8	0.36	89.3	0.71	97.3	1.23	98.2
	25-65N	0.86	100	0.53	97.3	0.62	99.1	0.86	100	1.19	100
	25S-25N	0.41	100	0.05	87.5	0.25	94.6	0.53	100	0.63	100
	65-25S	0.43	100	0.46	100	0.47	100	0.45	100	0.34	100
	90-65S	0.16	76.9	-0.08	52.3	0.49	71.2	-0.22	60.8	0.65	87.3
T3288 (суша)											
Земной шар	0.74	100	0.31	94.6	0.46	96.4	0.77	100	1.11	100	
Северное полушарие	0.88	100	0.43	95.5	0.57	97.3	0.83	100	1.30	100	
Южное полушарие	0.40	100	0.02	83.0	0.22	92.0	0.62	100	0.65	100	
Северная Америка	1.25	100	0.65	92.0	0.31	88.4	1.00	100	1.55	100	
Евразия	0.93	99.1	0.39	89.3	0.71	93.7	0.81	100	1.54	100	
Южная Америка	0.67	100	0.22	92.0	0.59	99.1	0.94	100	1.04	100	
Африка	0.55	98.2	0.43	98.2	0.38	92.9	0.73	100	0.93	100	
Австралия	0.02	82.1	-0.81	22.3	-0.93	19.6	0.60	96.4	0.57	95.5	
Антарктида	0.10	74.7	-0.28	40.5	0.38	68.4	-0.26	58.2	0.66	93.7	
Европа	1.20	99.1	1.32	94.6	1.02	96.4	0.77	95.5	1.58	100	
Азия	0.85	100	0.14	83.9	0.62	92.9	0.82	100	1.52	100	
Арктика (суша)	1.19	97.3	0.39	84.8	0.82	90.2	1.15	100	2.23	99.1	
CRUTEM5 (суша)											
Земной шар	0.73	100	0.31	93.7	0.45	97.3	0.79	100	1.07	100	
Северное полушарие	0.86	100	0.45	95.5	0.50	96.4	0.84	100	1.29	100	
Южное полушарие	0.47	100	0.02	85.7	0.33	95.5	0.70	100	0.64	100	
HadSST4 (Hadley/CRU, море)											
Земной шар	0.47	100	0.28	98.2	0.38	100	0.55	100	0.59	100	
Северное полушарие	0.55	100	0.32	98.2	0.39	99.1	0.64	100	0.77	100	
Южное полушарие	0.38	100	0.25	97.3	0.37	100	0.45	100	0.40	100	

Условные обозначения.

1. vT, °C – наблюдаемая аномалия в 2023 году (базовый период 1991-2010 гг.);
2. F% – значение эмпирической функции распределения $F = \text{prob}(X \leq vT_{2023})$, по данным за 1911-2023 гг. (вероятность непревышения);
3. Красным шрифтом выделены абсолютные максимумы (наибольшие из всех значений ряда за 1911-2023 гг.), синим – отрицательные аномалии.

В целом по Земному шару (HadCRUT5, суша+море) все сезоны второго полугодия, как и большинство месяцев, были экстремально теплыми (ранг не выше 3). При этом на акваториях океанов (HadSST4, только море) такими были практически все месяцы года, кроме января-февраля в южном полушарии, а на суше (CRUTEM5/T3288, только суша) – начиная с июня.

Зима (рис. 3, 3а). В среднем по территории Земного шара зима 2023 г. стала четвертым самым теплым зимним сезоном (с 1850 г.), по данным HadCRUT5 (суша+море, аномалия $+0.28^{\circ}\text{C}$), седьмым/восьмым – по данным T3288/CRUTEM5 (только суша, $+0.31^{\circ}\text{C}$) и третьим – по данным HadSST4 (только море, $+0.28^{\circ}\text{C}$). Основной особенностью этой зимы является осуществление крупных аномалий обоих знаков, на континентах и океанах, в среднем за сезон и в отдельные месяцы.

В целом, положительные сезонные аномалии составили этой зимой 62% данных глобальной сети 5-градусных боксов (HadCRUT5, суша+море) и 60% всех данных наземных станций (T3288, суша). Из регионов выделяются: Европа, Африка и северные части Атлантического (АО) и Тихого (ТО) океанов, в каждом из которых 80-87% региональных данных составляли положительные аномалии. В южном умеренном поясе и в северных частях Атлантического и Тихого океанов обновлены региональные рекорды, сезонные и в отдельные месяцы, а на станциях Северной и Южной Америк, Европы и Африки (соответственно: 64, 44, 15, 15%) наблюдались локальные 5%-е экстремумы тепла (температура выше 95-го перцентиля).

Отрицательные сезонные аномалии отмечены, преимущественно, в Австралии (77% станций) и Антарктиде (50% станций), а также в Азии и в Арктическом и экваториальном широтных поясах. 5%-е экстремумы холода (температура ниже 5-го перцентиля) наблюдались лишь в Австралии и Антарктиде (в среднем за сезон и в декабре).

Весна (рис. 3). В среднем по всей территории Земного шара (HadCRUT5, суша+море), весна 2023 г. оказалась на третьем месте среди самых теплых весенних сезонов в истории наблюдений. Особенно теплым сезон был на акваториях океанов (по данным HadSST4): самым теплым – в целом по Земному шару и Южному полушарию, на втором месте – по Северному. На суше Северного полушария (по данным T3288/CRUTEM5) весна заняла в соответствующих рядах пятую/четвертую строку, а на суше Южного – десятую/шестую.

Основная особенность весны – экстремальные аномалии тепла (абсолютные максимумы и 5%-е экстремумы) в среднем по территории регионов. Абсолютные максимумы (вероятность не превышения $F=100\%$), сезонные и/или месячные, обновлены этой весной, в основном, на акваториях океанов: в среднем по Земному шару и полушариям, а также по северной части акватории Атлантики. На суше прежний максимум (в среднем, по континенту) обновлен только в Северной Америке (и только в мае). Экстремальные положительные аномалии (5%-е экстремумы тепла, $F\geq 95\%$), также сезонные и/или месячные, отмечены в Азии, Европе и Южной Америке.

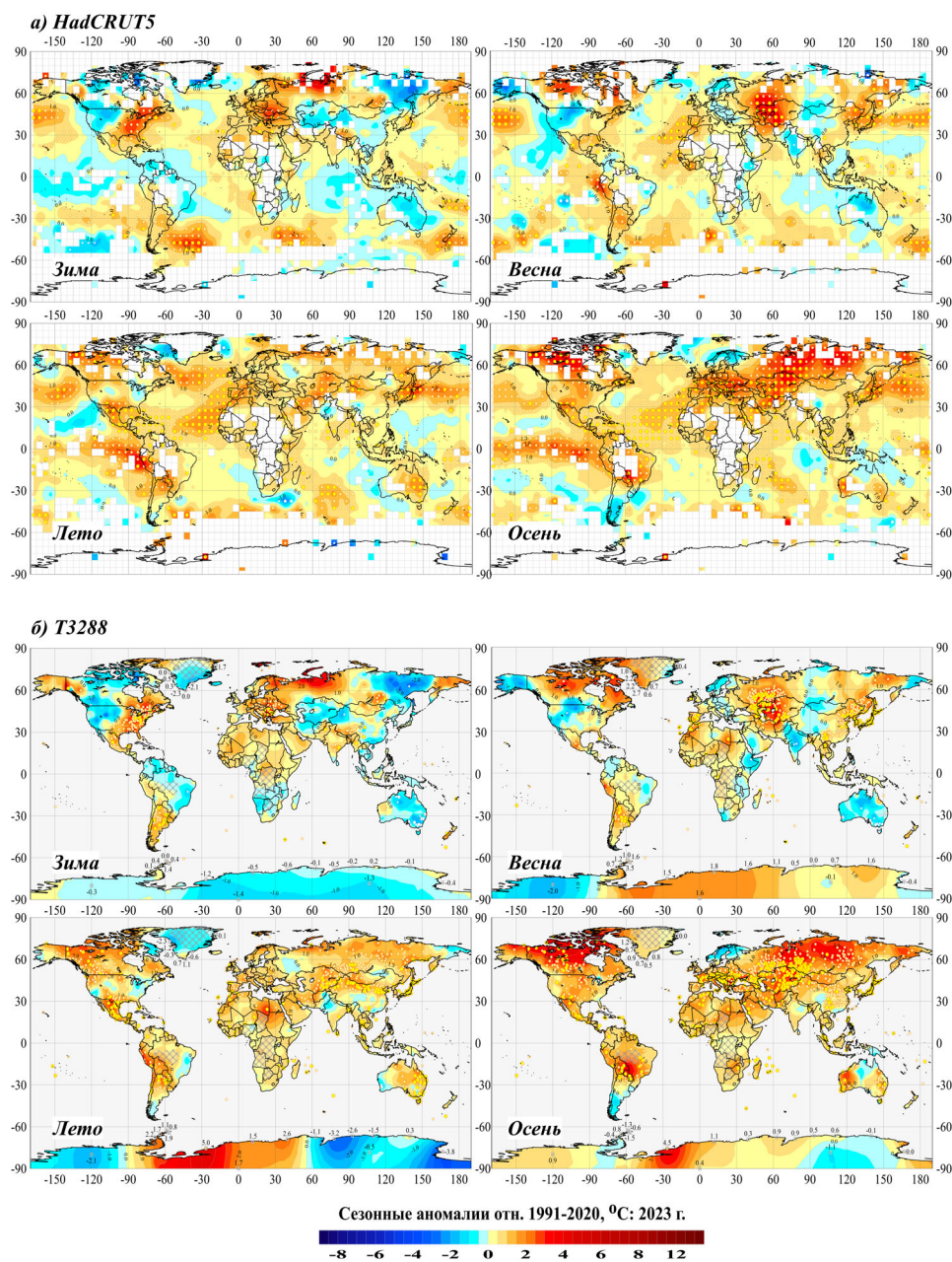


Рисунок 3. См. рис. 2, но для сезонных аномалий
Figure 3. See figure 2, but for seasonal anomalies

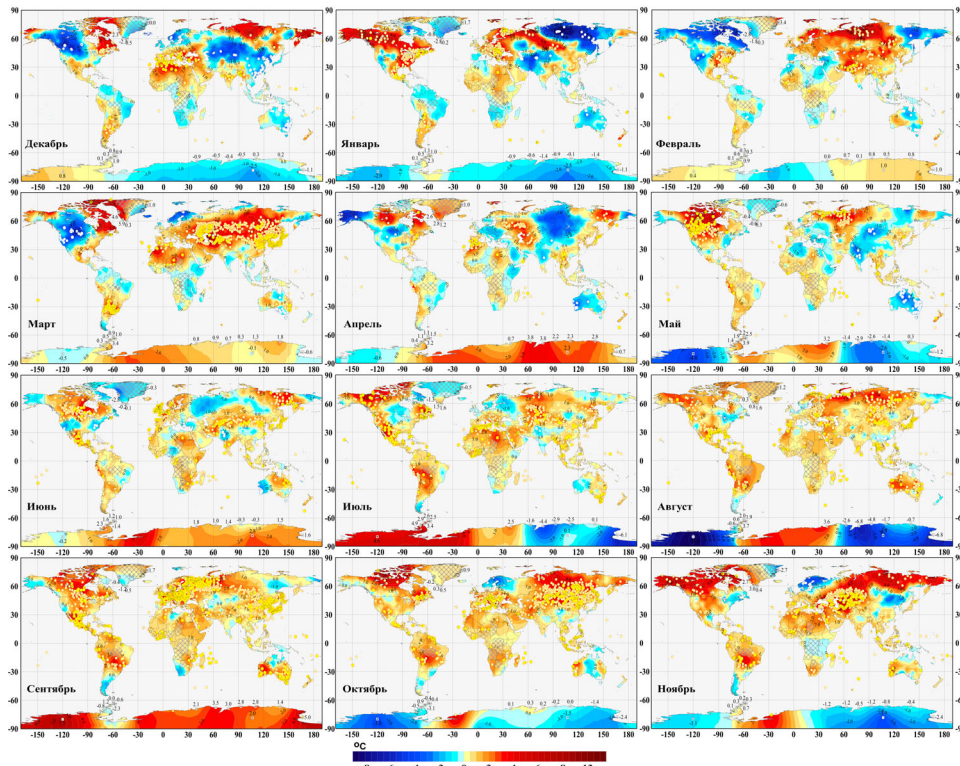


Рисунок 3а. См. Рис.2, но для месячных аномалий
Figure 3a. See Figure 2, but for monthly anomalies

Локализация и интенсивность аномалий от месяца к месяцу менялась. Лишь в Северной Атлантике и в северной части Тихого океана все три месяца сезона было экстремально тепло. В марте крупные положительные аномалии наблюдались на большей части Евразии и на севере Африки.

Лето (рис. 3) для Земного шара стало самым теплым летним сезоном с 1850 г. по всем наборам данных (T3288, HadCRUT5, CRUTEM5, HadSST4) и трем глобальным территориям (Земной шар, Северное и Южное полушарии).

Положительные сезонные аномалии составили более 80% всех локальных данных земного шара (на станциях и/или в центрах боксов), в числе которых более 35% превысили уровень 95-го перцентиля. Регионально-осредненные аномалии достигли рекордных значений на четырех (из 6) континентах: Северная и Южная Америки, Африка, Евразия (аномалия, +1.00, 0.94, 0.82, 0.81°C, соответственно), притом что рекорд Евразии сложился, по-видимому, за счет азиатской территории (рекордно высокая аномалия +0.82°C). По сеточным оценкам (с учетом всей территории: континентов и океанов) рекордно высокой оказалась температура в Северной Атлантике (+1.03°C) и в широтных поясах: 65-25N, 25S-25N и 25-65S (аномалии равны +0.86, +0.53 и +0.46°C, соответственно).

На отрицательные аномалии приходится менее 15% всех локальных данных (остальные менее 5% – значения, близкие к климатической норме 1991-2020 гг.), которые наблюдались в Антарктическом поясе (включая Антарктиду), в тропических широтах северного полушария, а также в Гренландии, в Тихом океане у берегов Индонезии и у берегов Австралии в Индийском океане.

Все три месяца летнего сезона были рекордно теплыми, 5%-е экстремумы тепла во все месяцы наблюдались на 24-30% станций Земного шара, в числе которых выделяются в июле – станции Африки и Антарктиды (48.9 и 16.7%, соответственно), в августе – станции Австралии и Арктики (40.6 и 52.6%).

Осень (рис. 3). Осенний сезон, как и летний, оказался рекордно теплым по всем глобальным наборам данных (суша, море, суша+море). Сезонные рекорды регионального масштаба (региональные максимумы) обновлены, во всех рассмотренных регионах, кроме обоих полярных широтных поясов и двух южных континентов (Австралия и Антарктида). Новые месячные рекорды установлены в Южной Америке, северной Атлантике и широтных поясах 25S-25N, 25-65N.

Таблица 4. Пространственно-осредненные значения среднемесячных аномалий приземной температуры в 2023 г. и их ранги (в целом по Земному шару и полушариям)

Table 4. Spatially averaged values of monthly surface temperature anomalies in 2023 and their ranks (over the Globe as a whole and Hemispheres)

Регион	Месяцы 2023 г.												Год I-XII
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<i>HadCRUT5 (суша+море)</i>													
ЗШ	0.30 ₅	0.32 ₄	0.50₃	0.30 ₄	0.37 ₁	0.50₁	0.63₁	0.67₁	0.73₁	0.68₁	0.73₁	0.66₁	0.53₁
СП	0.40 ₅	0.40 ₄	0.63₃	0.27 ₈	0.44 ₂	0.54₁	0.75₁	0.82₁	0.96₁	0.97₁	1.01₁	0.86₁	0.67₁
ЮП	0.19 ₆	0.24 ₆	0.38₂	0.37₁	0.31₁	0.45₁	0.50₁	0.52₁	0.51₁	0.39₁	0.45₁	0.45₁	0.40₁
<i>T3288 (суша)</i>													
ЗШ	0.41 ₆	0.44 ₆	0.85₃	0.15 ₁₅	0.38 ₄	0.61₁	0.82₁	0.90₁	1.11₁	1.08₁	1.12₁	1.07₂	0.74₁
СП	0.60 ₅	0.59 ₆	1.06₃	0.16 _{16.5}	0.47 ₄	0.63₂	0.90₁	0.98₁	1.23₁	1.30₁	1.37₁	1.25₂	0.88₁
ЮП	-0.05 ₂₅	0.10 ₁₇	0.34 ₆	0.14 ₁₄	0.16 ₁₂	0.57₁	0.61₁	0.68₁	0.82₁	0.55₁	0.55₃	0.64₂	0.40₁
<i>CRUTEM5 (суша)</i>													
ЗШ	0.41 ₆	0.46 _{4.5}	0.77₃	0.17 ₁₄	0.40 ₃	0.65₁	0.82₁	0.91₁	1.05₁	1.07₁	1.09₁	0.96₂	0.73₁
СП	0.63 ₅	0.64 ₅	0.98₃	0.08 ₁₇	0.45 ₅	0.65₂	0.90₁	0.97₁	1.19₁	1.32₁	1.35₁	1.17₂	0.86₁
ЮП	-0.03 ₂₂	0.11 ₁₅	0.36 ₆	0.34 ₇	0.29 ₈	0.64₁	0.68₁	0.79₁	0.76₁	0.56₁	0.58₁	0.538₃	0.47₁
<i>HadSST4 (море)</i>													
ЗШ	0.26₃	0.27₃	0.36₃	0.41₁	0.38₁	0.46₁	0.58₁	0.60₁	0.64₁	0.55₁	0.57₁	0.54₁	0.47₁
СП	0.31₃	0.28₃	0.34₃	0.41₂	0.43₁	0.51₁	0.68₁	0.72₁	0.82₁	0.74₁	0.75₁	0.66₁	0.55₁
ЮП	0.22 ₄	0.25 ₄	0.38₂	0.40₁	0.34₁	0.41₁	0.46₁	0.46₁	0.45₁	0.37₁	0.41₁	0.44₁	0.38₁

Примечание. Нижними индексами показаны ранги в соответствующих временных рядах (1911-2023 гг.). Красным цветом выделены абсолютные максимумы (ранг 1, жирный шрифт) и значения с рангами 2 и 3.

Таблица 4а. Регионально осредненные значения аномалий и их ранги для северных частей Атлантического и Тихого океанов, основных широтных поясов и континентов Земного шара (за каждый месяц и в среднем за год)

Table 4a. Regionally averaged values of anomalies and their ranks for the northern parts of the Atlantic and Pacific Oceans, the main latitudinal belts and continents of the Globe (for each month and on average for the year)

Регион	Месяцы 2023 г.												Год I-XII
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<i>HadCRUT5 (суша+море)</i>													
АО,15-70 N	0.5₁	0.4₃	0.5₁	0.6₁	0.6₁	0.9₁	1.2₁	1.0₁	0.9₁	0.8₁	0.6₁	0.5₂	0.7₁
ТО,40-60N	0.5₁	0.5₁	0.5₂	0.5₃	0.4 ₅	0.4 ₅	0.7₂	0.8₃	0.9₂	0.8₂	0.9₁	0.8₁	0.6₂
65-90N	-0.5 ₄₅	0.2 ₂₇	0.3 ₁₆	-0.2 ₃₀	0.9 ₄	0.3 ₁₂	0.7 ₅	1.1₁	0.8 ₅	0.9 ₉	2.0₂	1.1 ₁₀	0.8 ₅
25-65N	0.7₃	0.6 ₆	1.1₁	0.3 ₉	0.5 ₆	0.6 ₃	0.9₁	1.0₁	1.2₁	1.2₁	1.2₁	1.0₂	0.9₁
25S-25N	0.0 ₁₅	0.1 ₁₃	0.1 ₉	0.3 ₆	0.3 ₆	0.4₁	0.5₁	0.6₁	0.6₁	0.6₁	0.7₁	0.7₁	0.4₁
65-25S	0.5₁	0.4₁	0.6₁	0.4₂	0.4₁	0.4₁	0.5₁	0.5₁	0.4₁	0.3₂	0.3₁	0.3₃	0.4₁
90-65S	-0.4 ₆₅	0.5 ₄	0.9₃	1.1 ₁₃	-0.7 ₄₇	1.4 ₉	0.2 ₂₅	-2.2 ₆₂	2.6₃	-0.2 ₃₅	-0.5 ₄₉	-0.4 ₆₄	0.2 ₁₉
<i>T3288 (суша)</i>													
С. Америка	2.8₂	-0.2 ₃₈	-0.7 ₅₀	-0.1 ₃₆	1.8₁	0.9₂	1.1₁	1.0₁	1.7₁	1.3 ₅	1.7₂	3.7₁	1.2₁
Евразия	0.0 ₃₀	1.3 ₇	2.1₂	-0.1 ₂₁	0.1 ₁₈	0.6 ₅	0.8₃	1.1₁	1.3₁	1.6₁	1.7₂	0.6 ₁₇	0.9₂
Ю. Америка	0.1 ₁₇	0.2 ₁₀	0.8₃	0.2 ₁₅	0.8₂	0.6 ₈	1.2₃	1.4₁	1.2₁	0.9₁	1.0₁	0.8₁	0.7₁
Африка	0.4 ₁₀	0.2 ₁₇	0.6 ₅	0.3 ₁₁	0.2 ₁₅	0.6₃	0.9₁	0.7₂	0.8₂	1.0₂	1.0₁	0.5 ₇	0.5₃
Австралия	-1.1 ₈₅	-0.4 ₅₇	0.1 ₄₀	-1.1 ₇₉	-1.8 ₁₀₇	0.3 ₂₂	0.0 ₂₈	1.4₂	1.1₃	0.1 ₂₄	0.5 ₁₅	1.0 ₇	0.0 ₂₁
Антарктида	-1,0 ₆₉	0,3 ₂₂	0,8 ₁₄	1,5 ₁₀	-1,2 ₅₈	1,0 ₁₇	1,3 ₁₆	-3,1 ₆₉	3,4₁	-1,0 ₆₀	-0,6 ₄₉	-0,6 ₆₂	0,1 ₂₁
Европа	1.9 ₈	1.8 ₁₇	1.6 ₁₀	0.7 ₁₃	0.8 ₁₃	0.4 ₂₀	0.4 ₁₉	1.5₂	2.7₁	1.1 ₇	1.0 ₂₁	0.6 ₂₄	1.2₂
Азия	-0.5 ₄₉	1.2 ₇	2.3₂	-0.3 ₂₈	-0.1 ₂₄	0.7₃	0.9₁	1.0₁	0.9₂	1.8₁	1.8₁	0.6 ₁₇	0.8₁
Арктика,суша	-0.3 ₃₆	0.3 ₂₈	0.7 ₁₇	0.2 ₂₄	1.6₂	0.5 ₁₀	1.1₂	1.9₁	1.4₃	2.1 ₅	3.1₂	1.5 ₆	0.4 ₁₈

Примечание. Нижними индексами показаны значения рангов (относительно 1911-2023). Красным шрифтом выделены абсолютные максимумы (ранг 1, жирный шрифт) и значения с рангами 2 и 3.

Положительные сезонные аномалии преобладали на территории всех континентов (кроме Антарктиды) и широтных поясов; в целом, на них приходится 87% всех наземных станций и 83% боксов. При этом 5%-е экстремумы тепла отмечены на 49% станций/46% боксов, во все месяцы и на территории всех континентов и широтных зон (кроме Антарктического пояса). Их пространственное распределение от месяца к месяцу менялось. Из месяцев особо выделяется сентябрь (экстремумы тепла наблюдались на ~46% станций и 36% боксов).

Отрицательные аномалии отмечены лишь в октябре-ноябре в Антарктическом широтном поясе и в Антарктиде.

Декабрь 2023 г. (рис. 3б). В упорядоченном по убыванию временном ряду декабрьских температур, глобальная температура 2023 г. оказалась

рекордно высокой (ранг 1) для всей территории Земного шара (HadCRUT5, суша+море: аномалия $+0.664^{\circ}\text{C}$) и для океанических акваторий (HadSST4, аномалия $+0.554^{\circ}\text{C}$). Основной вклад, по-видимому, принадлежит умеренным широтам Северного полушария за счет северных частей Атлантического и Тихого океанов, Северной Америки и юго-запада Евразии.

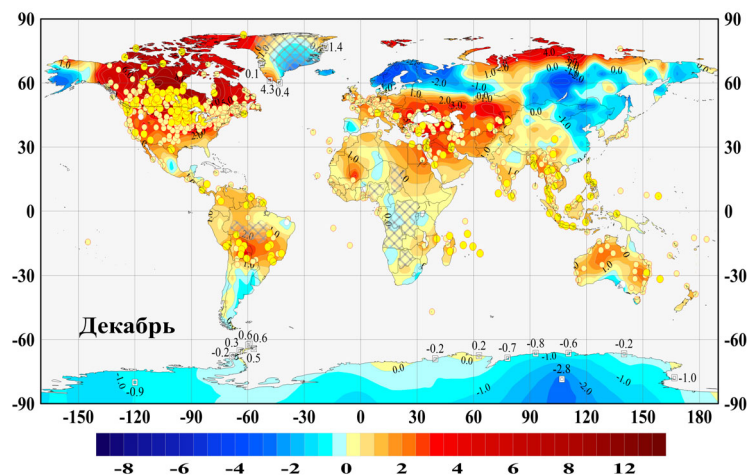


Рисунок 3б – См. рисунок 2, но для аномалий декабря 2023 г.

Figure 3b – See Figure 2, but for December 2023 anomalies

Области отрицательных аномалий сформировались на суше: на севере Европы, на востоке Азии, на Аляске и в Антарктиде.

Тенденции многолетних изменений приземной температуры в крупных регионах мира

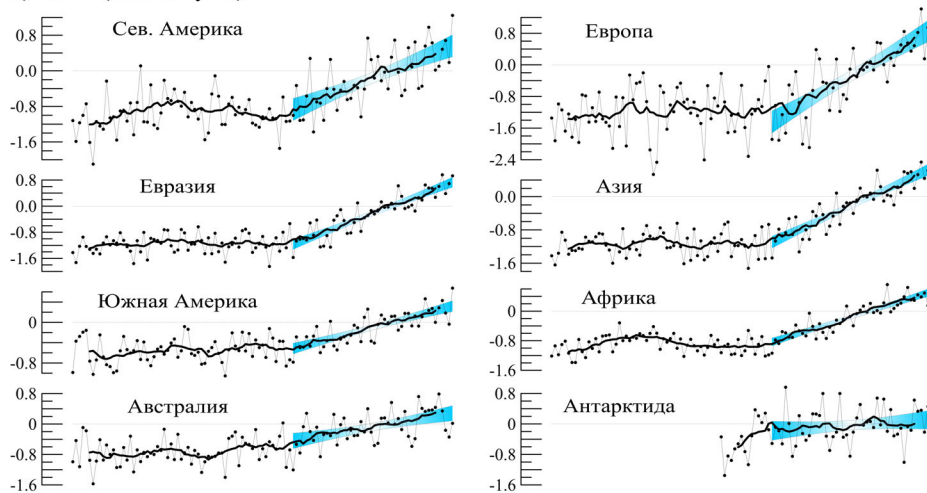
Современные тенденции в изменении приземной температуры анализируются здесь по временным рядам месячного, сезонного и годового разрешения за весь период наблюдений для глобальных территорий и крупных регионов мира (список регионов см., например, табл. 2). Для континентов ряды получены по стационарным данным T3288, а для широтных поясов и океанических акваторий – по сеточным данным HadCRUT5. Глобальные временные ряды и ряды для крупных регионов приведены здесь с годовым разрешением (рис. 1, 4), а числовые оценки линейных трендов за 1976-2023 гг. – для всех рассматриваемых территорий, для года в целом, каждого сезона и месяца (табл. 5, 6).

Оценки трендов (табл. 5) уверенно, с доверительной вероятностью не ниже 99%, указывают на тенденцию к потеплению глобального климата во все сезоны, в целом по Земному шару и полушариям, а также в среднем по территории большинства рассматриваемых регионов.

Исключение представляют Северная Америка (весной) и Австралия (зимой), когда тренд статистически значим на 5%-м уровне ($\alpha \leq 5\%$), а также Антарктический пояс в целом (включая Антарктиду), где сезонный тренд статистически значим только осенью ($\alpha \leq 1\%$), а в остальные сезоны не значим

даже на 10%-м уровне ($\alpha > 10\%$). Зимой и весной в Антарктиде и Антарктическом поясе оценки указывают еще и на тенденцию к похолоданию).

а) T3288 (только суша)



б) HadCRUT5 (суша+море)

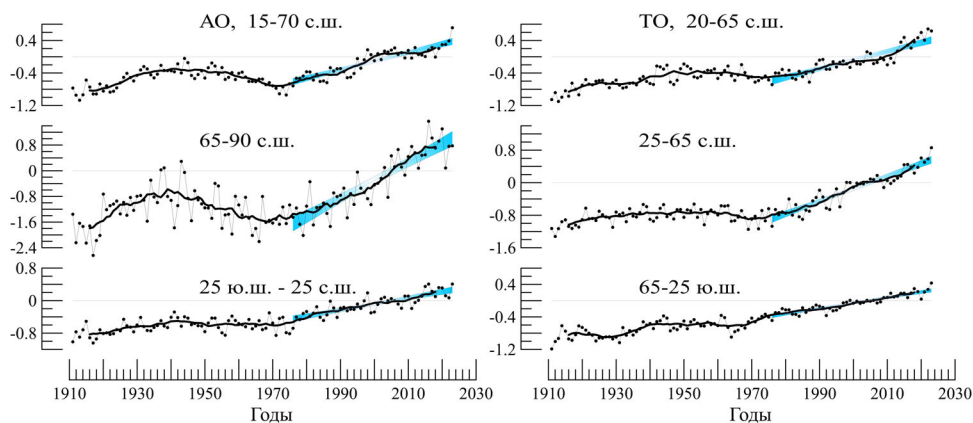


Рисунок 4. Временные ряды пространственно осредненных среднегодовых аномалий приземной температуры: а) для континентов, б) для северных частей Атлантического и Тихого океанов и основных широтных поясов Земного шара

Расчет пространственно осредненных аномалий выполнен по методике ИГКЭ, по данным: а) T3288 (для континентов), б) HadCRUT5 (для океанов и широтных поясов). Аномалии приведены в отклонениях от средних за 1991-2020 гг. Сглаженные кривые (жирная линия) получены 11-летним скользящим осреднением. Показан линейный тренд за 1976-2023 гг. с 95%-м доверительным интервалом (голубая заливка)

Figure 4. Time series of spatially averaged annual surface temperature anomalies: а) for continents, б) for the northern parts of the Atlantic and Pacific oceans and the main latitudinal belts of the Globe

Spatial averaging anomalies were performed by using the IGCE methodology according to the following data: а) T3288 (for continents), б) HadCRUT5 (for oceans and latitudinal belts). Anomalies are given as deviations from the average for 1991-2020. The smoothed curves (thick line) are obtained by 11-year moving average. A linear trend is shown for 1976-2023 with 95% confidence interval (blue shading)

Регион наиболее интенсивного потепления – Арктический широтный пояс (65-90N, суша+море), где оценки колеблются от +0.434°C/10 лет (летом) до +0.620°C/10 лет (весной).

Из континентов выделяется Евразия – тренд в среднем за год +0.405°C/10 лет, весной +0.506°C/10 лет. В Европе наиболее интенсивно потепление зимних (0.564°C/10 лет) и летних (0.531°C/10 лет) сезонов, в Азии – весенних (0.528°C/10 лет). Наименее выражено потепление на континентах Южного полушария: в Антарктиде (0.062°C/10 лет), Австралии (0.154°C/10 лет) и Южной Америке (0.178°C/10 лет).

Более подробно проследить особенности многолетнего хода приземной температуры в каждом регионе можно по временным рядам (рис. 1, 4) и оценкам тренда (табл. 5, 6). Дополнительно отметим, что оценки трендов, по данным о среднемесячных аномалиях (табл. 6), хорошо согласуются с сезонными оценками (табл. 5) и дополняют их.

Таблица 5. Коэффициенты линейного тренда (1976-2023 гг., °C/10 лет) пространственно-осредненных аномалий приземной температуры для Земного шара, полушарий и крупных регионов (в целом за год и по сезонам)

Table 5. Linear trend coefficients (1976-2023, °C/10 years) of spatially averaged surface temperature anomalies for the Globe, Hemispheres and major regions of the world (for the whole year and for seasons)

Регион	Год	Зима	Весна	Лето	Осень
HadCRUT5 (суша+море)					
Атлантика (15-70N)	0.210	0.204	0.183	0.223	0.238
Тихий океан (20-65N)	0.214	0.167	0.178	0.260	0.248
Арктический пояс (65-90N)	0.563	0.526	0.620	0.434	0.611
Умеренный пояс СП (25-65N)	0.308	0.274	0.303	0.332	0.325
Тропики (25S-25N)	0.150	0.140	0.149	0.156	0.153
Умеренный пояс ЮП (65-25S)	0.134	0.113	0.130	0.121	0.113
Антарктический пояс (90-65S)	*0.106	** -0.058	0.009	0.164	0.297
T3288 (суша)					
Северная Америка	0.305	0.377	*0.161	0.295	0.360
Евразия	0.405	0.344	0.506	0.378	0.391
Южная Америка	0.178	0.160	0.128	0.174	0.233
Африка	0.289	0.257	0.325	0.285	0.299
Австралия	0.154	*0.112	0.102	0.160	0.232
Антарктида	0.062	-0.047	-0.008	0.080	0.219
Европа	0.498	0.564	0.425	0.531	0.468
Азия	0.378	0.284	0.528	0.334	0.368
Арктика (суша)	0.645	0.575	0.749	0.450	0.806

Примечание. Оценки, статистически значимые на 1% уровне ($\alpha \leq 1\%$), приведены без выделения. Звездочкой (*) выделены оценки с 5%-м уровнем значимости $1\% < \alpha \leq 5\%$, двумя звездочками (**) – с 10%-м уровнем $5\% < \alpha \leq 10\%$. Затенены значения, не значимые даже на 10%-м уровне (высокая вероятность «ложного» тренда) т.е. отсутствия ненулевого тренда любого знака. Отрицательные значения коэффициентов тренда (тенденция к похолоданию) выделены шрифтом синего цвета.

Таблица 6. Сезонный ход коэффициентов линейного тренда приземной температуры (°C/10 лет), осредненной по территории крупных регионов Земного шара, 1976-2023 гг.

Table 6. Seasonal variation of linear trend coefficients of surface temperature (°C/10 years), spatially averaged over the major regions of the Globe, 1976-2023

Регион	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<i>HadCRUT5 (суша+море)</i>												
Земной шар	0.17	0.17	0.21	0.19	0.17	0.19	0.19	0.20	0.19	0.20	0.19	0.16
С. полушарие	0.23	0.24	0.28	0.24	0.23	0.25	0.26	0.28	0.27	0.28	0.27	0.23
Ю. полушарие	0.11	0.11	0.13	0.13	0.11	0.12	0.12	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10
АО, 15-70 N	0.21	0.19	0.17	0.19	0.19	0.20	0.21	0.26	0.25	0.25	0.21	0.21
ТО, 40-60 N	0.15	0.16	0.16	0.17	0.21	0.23	0.27	0.28	0.27	0.25	0.23	0.20
65-90 N	0.42	0.55	0.67	0.69	0.50	0.48	0.39	0.43	0.42	0.72	0.72	0.63
25-65 N	0.28	0.29	0.36	0.27	0.27	0.31	0.33	0.35	0.34	0.34	0.30	0.27
25 S-25 N	0.13	0.13	0.14	0.16	0.15	0.15	0.15	0.16	0.16	0.15	0.15	0.14
65-25 S	0.12	0.11	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12	0.10	0.12	0.11	0.11
90-65 S	*-0.08 ₅	-0.03 ₃₀	-0.01 ₉₅	-0.05 ₇₃	0.11 ₄₈	0.06 ₇₃	0.15 ₃₉	**0.28 ₉	*0.35 ₄	0.37	0.17 ₁	**0.07 ₈
<i>T3288 (суша)</i>												
Земной шар	0.29	0.28	0.35	0.29	0.25	0.19	0.19	0.20	0.30	0.33	0.306 ₀	0.26
С. полушарие	0.34	0.35	0.44	0.35	0.31	0.25	0.26	0.28	0.33	0.38	0.37	0.31
Ю. полушарие	0.15	0.12	0.14	0.15	0.11	0.12	0.12	0.13	0.23	0.21	0.16	0.15
С. Америка	0.57	0.11 ₅₈	**0.20 ₈	0.07 ₄₄	0.21	0.31	0.28	0.29	0.38	0.34	*0.36 ₁	0.54
Евразия	*0.30 ₁	0.50	0.67	0.48	0.37	0.39	0.35	0.39	0.35	0.44	0.38	*0.23 ₃
Ю. Америка	0.17	0.14	0.14	0.16	**0.08 ₉	0.18	*0.15 ₁	0.20	0.31	0.20	0.20	0.17
Африка	0.22	0.25	0.33	0.31	0.32	0.31	0.30	0.24	0.26	0.30	0.33	0.30
Австралия	*0.20 ₁	0.03 ₇₃	0.14 ₁₀	**0.17 ₆	-0.01 ₉₈	0.11 ₁₉	0.22	**0.14 ₈	0.30	0.28	0.13 ₁₈	0.12 ₁₃
Антарктида	-0.09 ₁₉	0.01 ₉₈	0.04 ₈₅	-0.07 ₆₈	0.03 ₉₅	-0.11 ₄₅	0.19 ₃₄	0.17 ₂₆	**0.29 ₆	*0.22 ₁	**0.13 ₆	-0.09 ₂₈
Европа	*0.54 ₂	*0.68 ₁	*0.44 ₂	0.48	0.35	0.45	0.51	0.62	0.45	0.47	0.49	*0.51 ₁
Азия	*0.24 ₃	0.45	0.73	0.48	0.37	0.37	0.31	0.33	0.32	0.43	0.36	0.15 ₁₄
Арктика, суша	*0.51 ₁	*0.56 ₁	0.80	0.85	0.60	0.55	0.36	0.43	0.47	1.01	0.93	0.73

Примечание. Оценки, статистически значимые на 1% уровне ($\alpha \leq 1\%$), приведены без выделения. Символом (*) выделены оценки с 5%-м уровнем значимости $1\% < \alpha \leq 5\%$, (**) – с 10%-м уровнем $5\% < \alpha \leq 10\%$. Затенены значения, не значимые даже на 10%-м уровне (высокая вероятность «ложного» тренда) т.е. отсутствия ненулевого тренда любого знака). Шрифтом синего цвета выделены отрицательные значения коэффициентов тренда (тенденция к похолоданию). Нижним индексом указаны критические уровни значимости (в %, с точностью до целых)

Вывод о потеплении осенних сезонов в Антарктическом поясе (90-65 S), Антарктиде и Австралии (при 1%-й статистической значимости) становится менее уверенным, если учесть, что в этих регионах в отдельные осенние месяцы критический уровень значимости α заметно слабее (выше 1%). Так, в Антарктическом поясе в сентябре $\alpha = 4\%$; в Антарктиде в ноябре $\alpha = 6\%$, а в Австралии в ноябре тренд не значим даже на 10%-м уровне ($\alpha=18\%$).

Обращают внимание и оценки тренда для Европы, для которых в зимние месяцы при высоких значениях коэффициентов тренда уровень значимости выше 1%. Это, по-видимому, может указывать на высокую межгодичную изменчивость регионального температурного режима в этом периоде.

Сезонный ход оценок тренда, представленный графически (рис. 5), более наглядно отражает особенности потепления на континентах и океанах в

разных регионах мира. Пунктирными линиями и пустыми кружками на нем показаны месяцы, когда оценки незначимы даже на 5%-м уровне. В подавляющем большинстве остальных случаев критический уровень статистической значимости полученных оценок $\alpha < 1\%$ (табл. 6).

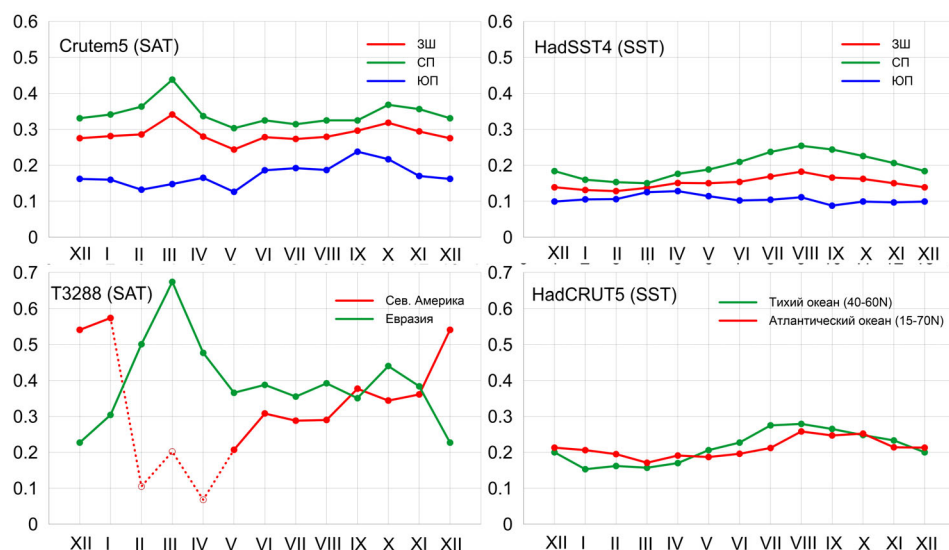


Рисунок 5. Сезонный ход коэффициентов линейного тренда регионально усредненной приповерхностной температуры, 1976-2023 гг. Использованы данные Hadley/CRU (CRUTEM5, HadSST4) и ИГКЭ (T3288): слева – SAT (температура приземного воздуха), справа – SST (температура воды на поверхности океанов); вверху – Земной шар, С. и Ю. полушария; внизу – континенты и океаны Северного полушария

Figure 5. Seasonal variation of the linear trend coefficients of the regional surface temperature, 1976-2023
 Hadley/CRU datasets (CRUTEM5, HadSST4, HadCRUT5) and IGCE ones (T3288) were used: left: SAT (surface air temperature), right: SST (sea surface temperature); above: the Globe and Northern and Southern Hemispheres; below: the continents and oceans of the Northern Hemisphere

Как следует из рис. 5, в обоих полушариях на поверхности океанов скорость потепления максимальна «осенью», а на суше – «весной» (с учетом сезонного календаря соответствующего полушария). Видно также, что средняя скорость потепления в Южном полушарии во все сезоны ниже, чем в Северном, и на суше всегда выше, чем на акваториях океанов. При этом различия между Южным и Северным полушариями особенно значительны также на суше. Таким образом, современное глобальное потепление протекает особенно активно на континентах Северного полушария в холодный период года. Этот вывод уточняется картиной потепления северных континентов на нижней панели рисунка. По-видимому, Евразия обеспечивает усиление потепления в феврале-апреле, а Северная Америка – в ноябре-декабре. В северных частях Тихого и Атлантического океанов более активное потепление происходит в летне-осенние месяцы.

Для более наглядного сравнения интенсивности (средней скорости) потепления в разных группах данных приведены показатели k_1 - k_3 (табл. 6а),

рассчитанные как отношение соответствующих коэффициентов тренда глобальных температур. Эти показатели количественно уточняют выводы, основанные на визуальном сопоставлении глобальных временных рядов (рис. 1) и оценок трендов (табл. 5).

Таблица 6а. Сравнение средней скорости глобального потепления у поверхности Земного шара в разных группах данных

Table 6a. Comparison of the average rate of global warming near the surface of the Globe in different data groups

	Показатель	1976-2023			1924-2023									
		ЗШ	СП	ЮП	ЗШ	СП	ЮП							
k ₁	$b_{T3288}/b_{HadSST4}$	2.1	1.8	1.7	1.6	1.7	1.1							
								2.1	2.0	1.4	1.9	2.4	1.0	
								2.0	2.1	1.1	1.8	2.2	1.0	
								1.7	1.4	1.6	1.3	1.2	1.1	
	$b_{CRUTEM5}/b_{HadSST4}$	2.0	1.8	1.8	1.5	1.7	1.2	1.4						
									2.1	2.1	1.2	1.8	2.2	1.1
									2.0	2.1	1.2	1.8	2.2	1.1
									1.7	1.4	1.8	1.3	1.2	1.3
k ₂	$b_{СП}/b_{ЮП}$	2.1	2.0	2.1	1.6	1.4	1.0							
								2.3	2.3	1.6	2.1	1.7	0.8	
								2.7	2.5	1.4	1.9	1.7	0.9	
								1.8	1.7	2.2	1.3	1.1	1.2	
	$b_{СП}/b_{ЮП}$	2.1	2.0	2.1	1.6	1.4	1.0	1.1						
									1.8	1.7	2.4	1.1	1.1	1.1
									1976-2023			1924-2023		
									T3288	CRUTEM	HadSST	T3288	CRUTEM	HadSST
k ₃	$b_{1976-2023}/b_{1924-2023}$	2.2	2.3	2.1	1.6	1.6	1.0							
								1.9	2.0	2.2	1.6	1.5	1.1	
								2.0	2.0	2.1	1.4	1.4	1.3	
								2.6	2.6	2.3	1.8	1.7	1.2	
	$b_{1976-2023}/b_{1924-2023}$	2.2	2.3	2.1	1.6	1.6	1.0	1.1						
									3.0	2.9	2.4	1.9	1.8	1.1
									СП			ЮП		
									T3288	CRUTEM	HadSST	T3288	CRUTEM	HadSST

Примечание. Жирным шрифтом выделены значения «годовых» показателей k₁-k₃ (получены как отношение соответствующих коэффициентов тренда среднегодовых глобальных температур); правее приведены «сезонные» показатели (сверху вниз: зима-весна-лето-осень)

Из этих оценок видно, что при глобальном рассмотрении (1976-2023 гг.) в целом по всей территории Земного шара и за год современное приповерхностное потепление:

- на суше протекает вдвое активнее, чем на поверхности океанов (k₁=2.0-2.1) (особенно заметно в СП зимой и весной, а в ЮП – летом и осенью);
- в Северном полушарии вдвое интенсивнее, чем в Южном (k₂=2.0-2.1) (также особенно заметно на суше – зимой и весной, в океанах – летом и осенью);
- в Северном полушарии, в сравнении со столетним (1924-2023), ускорилось более чем в два раза (k₃=2.1-2.3), как на суше, так и на акваториях океанов; при этом в Южном полушарии коэффициент ускорения на континентах значительно ниже, чем в Северном (k₃=1.6-1.7 против 2.1-2.3), а на поверхности океанов ускорения практически не произошло (k₃=1.0).

Детально проследить, как меняются введенные показатели от сезона к сезону, можно по табл. 6а. Здесь отметим лишь еще одно важное наблюдение:

на столетнем временном интервале в зимне-весеннем периоде потепление поверхности океанов активнее протекает не в Северном полушарии, а в Южном ($k_2 < 1$). Напомним, что сезоны во всем тексте указаны по календарю Северного полушария.

Географические особенности современных изменений климата, 1976-2023 гг.

Рассматриваются пространственные распределения локальных оценок температурных трендов на территории Земного шара (в среднем за год и за каждый сезон) и их частотные распределения по крупным регионам Земного шара, в зависимости от интенсивности тренда и его статистической значимости α (рис. 6-7, табл. 7). Эти данные существенно дополняют и уточняют представления о структуре трендов на основе региональных оценок (табл. 5, 6).

Анализ выполнен по данным наблюдений на 2406 станциях (массив T3288) и в 1417 боксах (массив HadCRUT5), для которых временные ряды охватывают не менее 35 лет наблюдений, включая последний год (в данном случае – 2023). При этом не допускается наличие в ряду более двух пропусков (разрозненных!).

Можно видеть (рис. 6), что на территории Земного шара по-прежнему доминирует тенденция к потеплению. Положительные тренды составляют около 97% всех локальных оценок, с учетом (данные HadCRUT5) и без учета (данные T3288) океанов (табл. 7). Область наиболее интенсивного потепления – Арктика, где положительны все оценки тренда (на суше и во всем широтном поясе) и почти все из них (99.3 и 97.5%) статистически значимы хотя бы на 5%-м уровне. На суше, вдоль побережья Северного Ледовитого океана практически всюду тренд достигает $+0.6-0.8^\circ\text{C}/10$ лет и более.

Из континентов выделяется Европа – все оценки тренда положительны и 99.4% из них статистически значимы на 5%-м уровне (табл. 7). В Восточной Европе скорость потепления достигает $+0.7-0.8^\circ\text{C}/10$ лет, а, в среднем по всей европейской территории, тренд составил $0.50^\circ\text{C}/10$ лет. Близкая ситуация в Азии ($0.38^\circ\text{C}/10$ лет) и, как результат, в Евразии в целом ($0.41^\circ\text{C}/10$ лет). Большая часть океанической поверхности в Северном полушарии (регионы АО и ТО, до $0.3-0.4^\circ\text{C}/10$ лет) и в тропическом поясе (кроме Тихого океана у побережья Южной Америки) также характеризуется статистически значимым трендом к потеплению (рис. 6).

Тенденция к похолоданию подтверждена статистически значимыми оценками ($\alpha \leq 5\%$) лишь в менее 0.5% всех наблюдений (на суше и океанах). На суше таких станций 12, из них три в Северном полушарии (в горных районах Центральной Азии) и девять – в Южном (на востоке Австралии и Антарктиды). На акваториях океанов отрицательный тренд отмечен в Тихом океане у побережья Южной Америки (до $-0.1^\circ\text{C}/10$ лет) и на юго-западе Атлантики у берегов Огненной Земли (до $0.2^\circ\text{C}/10$ лет). Среди них статистически значимы на 5%-уровне лишь значения в двух боксах в Тихом океане.

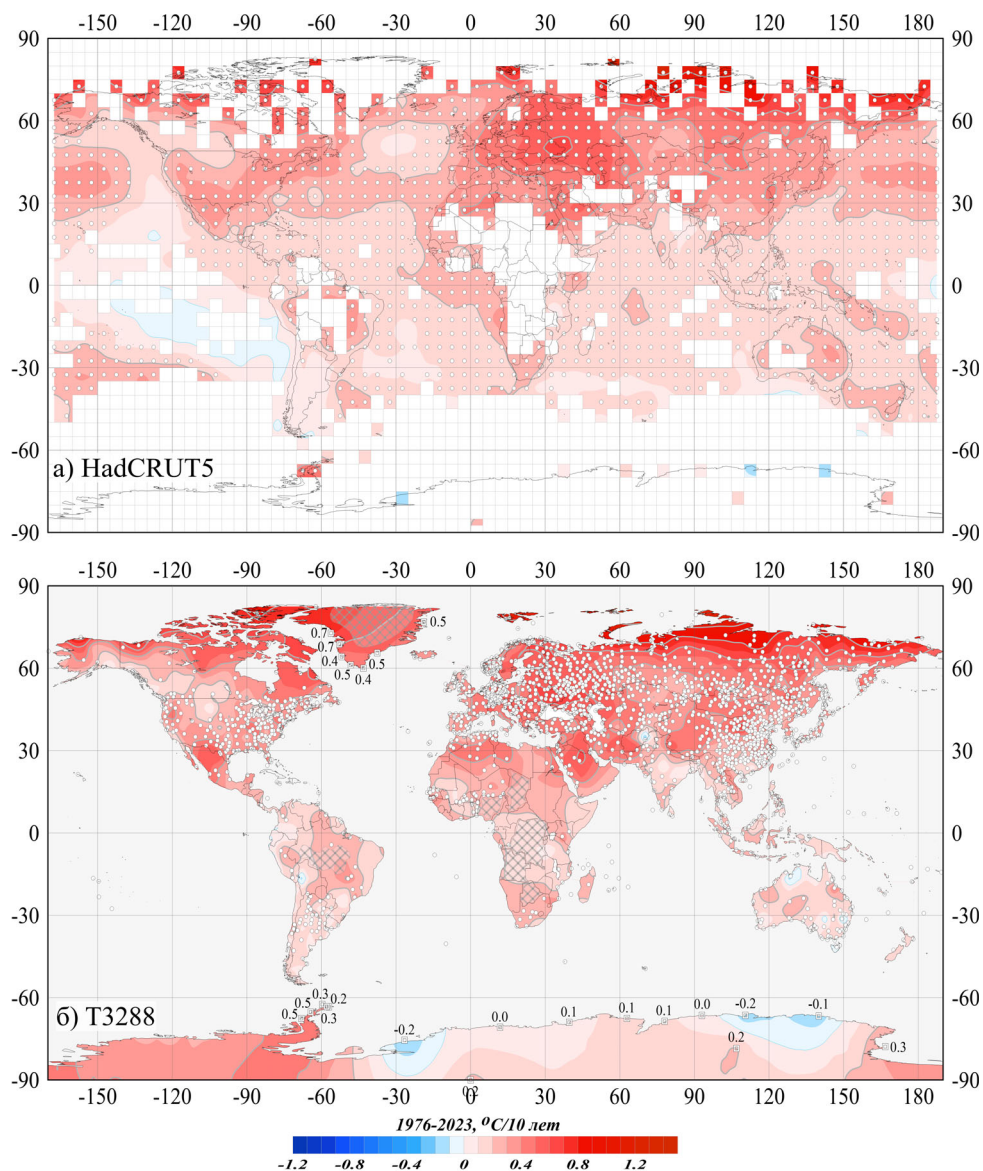


Рисунок 6. Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда среднегодовой температуры у поверхности Земного шара, 1976-2023 гг. ($^{\circ}\text{C}/10$ лет)

Использованы данные: а) HadCRUT5 – сеточные данные Hadley/CRU, UK (суша+море), б) T3288 – станционные данные ИГКЭ (суша). Пустыми боксами (а) и штриховкой (б) показаны области отсутствия наблюдений. В точках расположения станций Антарктиды и Гренландии приведены числовые значения коэффициентов тренда. Белыми кружками выделены боксы/станции, в которых тренд статистически значим на 1%-м уровне

Figure 6. Spatial distribution of the linear trend coefficients of the annual surface temperature, over the Globe, 1976-2023 ($^{\circ}\text{C}/10$ years).

Data used: a) HadCRUT5 – grid data Hadley/CRU, UK (land + sea), b) T3288 – station data of IGCE (on land only). Empty boxes (a) and shading (b) show the areas of absence of observations. Numerical values of the trend coefficients are given at the points of location of stations in Antarctica and Greenland. White circles indicate boxes/stations in which the trend is statistically significant at the 1% level

Таблица 7. Частотное распределение локальных оценок тренда (1976-2023) по регионам и категориям коэффициента линейного тренда b и уровня значимости α
Table 7. Frequency distribution of local trend estimates (1976-2023) by regions and categories of linear trend coefficient b and significance level α

Регион	NN	$b < 0$			$b = 0$	$b > 0$			
		всего	$\alpha \leq 0,05$	$\alpha > 0,1$		всего	$\alpha \leq 0,05$	$\alpha > 0,1$	
HadCRUT5 (суша+море)									
Земной шар	1417	2.5	0.1	2.1	0.6	96.8	87.9	6.6	
Северное полушарие	887	0.3	-	0.3	0.2	99.4	93.5	4.1	
Южное полушарие	530	6.2	0.2	5.1	1.3	92.5	78.7	10.9	
Атлантика, 15-70N	129	-	-	-	-	100.0	96.1	2.3	
Тихий океан, 20-65N	148	-	-	-	-	100.0	100.0	-	
Широтные пояса	65-90N	81	-	-	-	100.0	97.5	-	
	25-65N	521	-	-	-	100.0	95.2	3.3	
	25S-25N	558	4.5	-	3.8	0.9	94.6	85.1	7.5
	65-25S	245	3.3	-	3.3	1.6	95.1	78.0	13.1
	90-65S	12	25.0	8.3	8.3	-	75.0	41.7	25.0
T3288 (только суша)									
Земной шар	2406	2.4	0.5	1.7	0.2	97.3	88.4	6.8	
Северное полушарие	2057	0.9	0.1	0.6	0.1	99.0	92.1	5.0	
Южное полушарие	349	11.5	2.3	8.0	0.9	87.7	66.5	17.2	
С. Америка	404	1.5	-	1.0	-	98.5	76.2	16.6	
Евразия	1462	0.5	0.1	0.3	0.1	99.5	96.7	2.0	
Ю. Америка	119	10.1	1.7	7.6	1.7	88.2	65.5	18.5	
Африка	100	2.0	1.0	1.0	-	98.0	92.0	5.0	
Австралия	129	17.1	3.1	13.2	0.8	82.2	58.1	20.2	
Антарктида	17	17,6	5,9	-	-	82,4	47,1	23,5	
Европа	538	-	-	-	-	100.0	99.4	0.4	
Азия	933	0.8	0.2	0.4	0.1	99.1	95.2	2.9	
Арктика (суша)	145	-	-	-	-	100.0	99.3	0.7	

Примечание. Процентное содержание рассчитано относительно NN, где NN – общее количество станций/боксов в регионе.

Зима (рис. 7, 7а). В географическом распределении трендов, в среднем для зимнего сезона и для каждого зимнего месяца, преобладает тенденция к потеплению. Наиболее интенсивное потепление (более 1.0 C/10 лет, $\alpha = 1\%$) – в Гренландии, на западе США, в Скандинавии, в Восточной Европе, в Юго-Восточной Азии.

Локальная максимальная скорость потепления отмечается на островах Карского и Баренцева морей (на архипелаге Земля Франца Иосифа до +2.5°C/10 лет). Значительный положительный тренд (значимый на 1% уровне) отмечен в декабре и январе на востоке Северной Америки и на севере Европы (в декабре еще на северо-востоке Евразии, а в январе еще в Якутии); в феврале – на большей части Евразии.

Тренд к похолоданию зимой просматривается в Антарктиде (за сезон в целом и в месяцы), в центре Евразии (в декабре и январе), в Северной Америке (в феврале) и в Тихом океане у побережья Южной Америки (за сезон и в отдельные месяцы). На всех континентах выделяются области слабого положительного тренда (а местами и слабого отрицательного), статистически не значимого даже на 10%-м уровне (за сезон и в месяцы).

Весна (рис. 7, 7а). Наиболее активное потепление весенних сезонов (по площади охвата и по интенсивности) отмечается в Евразии. Статистически значимый восходящий тренд (до $+1.4^{\circ}\text{C}/10$ лет на Таймыре и Чукотке, $\alpha < 0.01$) охватывает всю территорию Евразии, за исключением севера Восточно-Европейской равнины и Индии. Несколько ниже тенденция к потеплению в Гренландии и на Канадском архипелаге (до $+0.9^{\circ}\text{C}/10$ лет), на юге Северной Америки и на севере Африки (до $+0.7^{\circ}\text{C}/10$ лет). На акваториях океанов (всех, кроме Южного) – тенденция к потеплению $+0.2-0.3^{\circ}\text{C}/10$ лет.

Отрицательные тренды отмечаются во все месяцы сезона в Северной Америке, Австралии и Антарктиде, в Тихом океане у берегов Южной Америки и в умеренных широтах Южного полушария. Наибольшая доля станций со значимыми (на 5% уровне) отрицательными трендами отмечена в Австралии (17.7% в мае).

Летом (рис. 7, 7а) также преобладает тенденция к потеплению. Регионы наиболее интенсивного потепления летних сезонов – Европа (до $+0.62^{\circ}\text{C}/10$ лет в августе) и Арктический пояс, 65-90N (до $+0.48^{\circ}\text{C}/10$ лет в июне). В пространственном распределении наиболее высокая скорость потепления в течение всего сезона отмечается в Европе, Малой и Передней Азии и Монголии, в Антарктиде и на территории США (до $+0.8 - +1.1^{\circ}\text{C}/10$ лет). Интенсивное потепление (до $+1.4^{\circ}\text{C}/10$ лет в июне), статистически значимое на 1% уровне, отмечено на Северо-Сибирской низменности и на севере Среднесибирского плоскогорья.

Отрицательные тренды обнаружены на менее 4% станций/боксов, но из них статистически значимы хотя бы на 5%-м уровне всего 0.8/0.3% (в Австралии, Северной и Южной Америках, Антарктиде). Кроме того, имеются значительные области статистически незначимого положительного тренда на всех континентах в целом за сезон и в отдельные месяцы.

Осень (рис. 7, 7а). Область наиболее интенсивного потепления – Арктика ($+1.9^{\circ}\text{C}/10$ лет, в отдельные месяцы – до $+2.5$), а также Европа, Юго-Восточная Азия и США (до $0.6-0.8^{\circ}\text{C}/10$ лет). Тенденция к похолоданию, как правило, статистически незначимая, отмечена в октябре на территории Канады и США; в ноябре – в Сибири и Центральной Азии. На сезонной карте им соответствуют области с практически нулевым трендом.

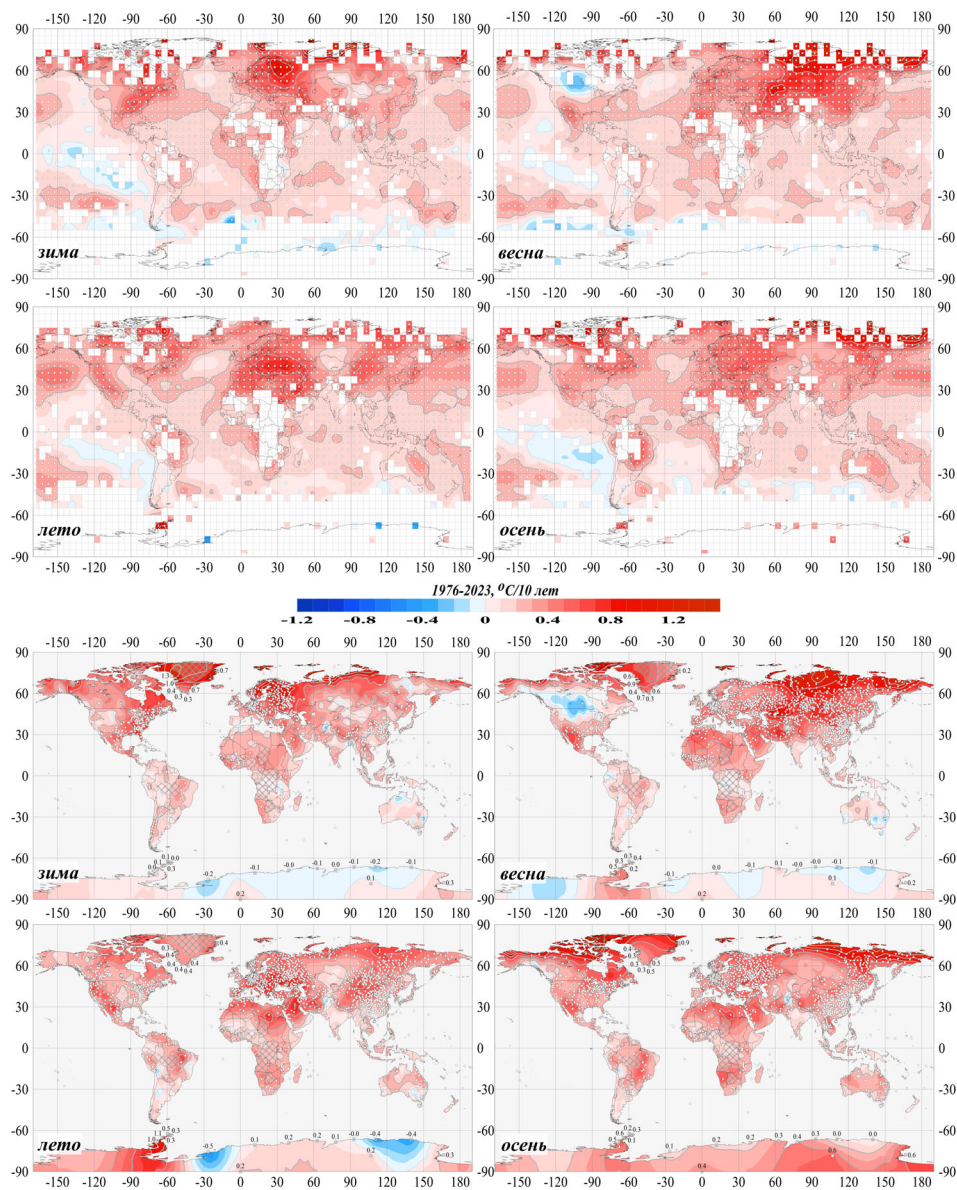


Рисунок 7. См. рис. 6, но для сезонных аномалий температуры

Figure 7. See fig. 6, but for seasonal temperature anomalies

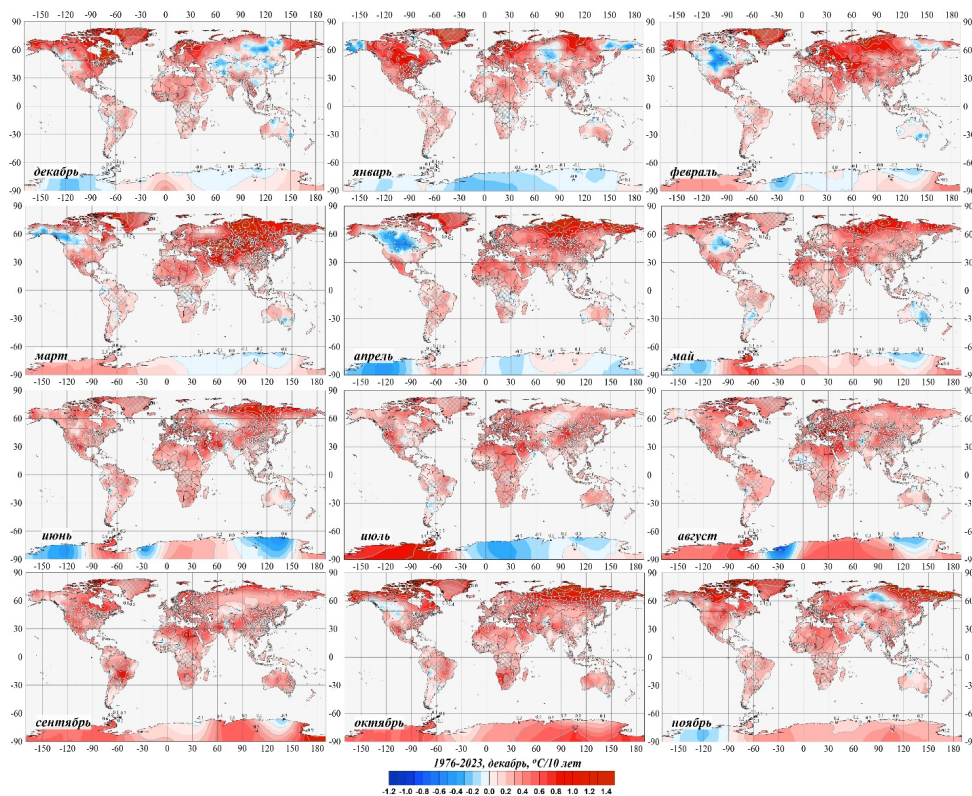


Рисунок 7а. См. рис. 6, но для среднемесячных аномалий температуры

Figure 7a. See fig. 6, but for monthly temperature anomalies

Обсуждение

Ниже анализируются особенности изменения площади Земного шара (и полушарий) под аномалиями температуры разной интенсивности (рис. 8). В зависимости от значения функции распределения $F(x \leq X)$ рассматриваются три градации аномалий, в том числе: экстремальные значения, попавшие в 5% самых холодных ($F \leq 5\%$) и в 5% самых теплых ($F \geq 95\%$), и наиболее «холодная половина» всех значений ряда ($F \leq 50\%$).

Для удобства описания будем считать, что 50-й процентиль соответствует «климатической норме» ряда. Тогда градация $F = \langle 0-50\% \rangle$ соответствует значениям «ниже нормы», а градации «0-5%» и «95-100%» соответствуют 5%-м экстремумам холода и тепла, соответственно.

Значениями «ниже нормы» и на суше, и на поверхности океанов до 1930-х гг. были заняты не менее 70-80% территории, в 1940-х – лишь 50-60%, к 1970-м – опять 70-80%, а с середины 1970-х до настоящего времени эта величина уменьшилась до 20%.

Площадь под «5%-ми экстремумами холода» до 1920-х гг. составляла в Северном полушарии 20-40% всей территории (в Южном – до 1910-х), а к

настоящему времени уменьшилась практически до нуля – эти особенности сохраняются во все сезоны. Площадь под «5%-ми экстремумами тепла», напротив, до 1970-х не превышала 5-10% всей территории, а затем увеличилась в Северном полушарии до 30%, в Южном – до 20%. Сезонные особенности на континентах, как и на поверхности океанов, проявляются слабо (здесь не показаны).

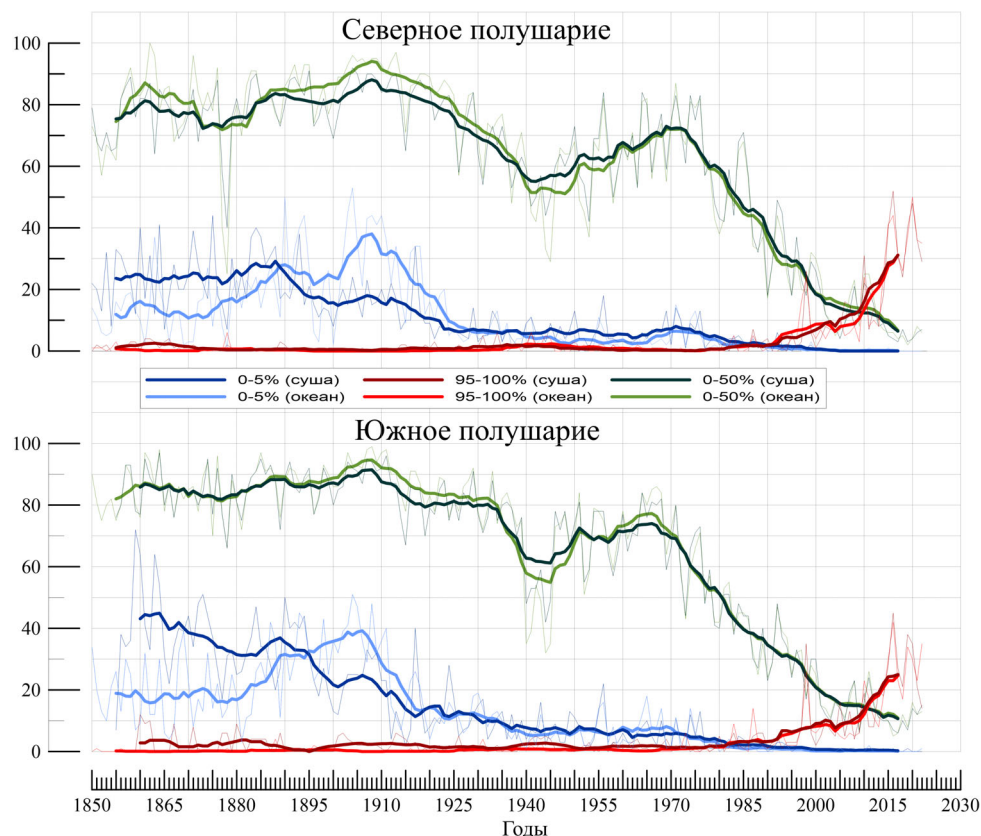


Рисунок 8. Доля площади Северного (вверху) и Южного (внизу) полушарий под аномалиями: 0-5%, 0-50%, 95-100%, в среднем за год (для суши и акваторий океанов)

Figure 8. Proportion of the area of the Northern (top) and Southern (bottom) hemispheres under annual anomalies: 0-5%, 0-50%, 95-100% (data SAT and SST were used)

На рис. 9 показано изменение самих значений процентилей температуры (5-, 50- и 95-го) за скользящие 100-летние периоды (с шагом 1 год), начиная с периода 1850-1949 гг. и заканчивая периодом 1923-2022 гг. (всего таких периодов 74).

Как видно, значение 50-го перцентиля таких столетних отрезков ряда уже с конца 50-х годов прошлого столетия увеличивалось монотонно, от -0.82°C до -0.52°C . После 1970-х и 2010-х годов заметно определенное ускорение этой тенденции (повышение скорости увеличения). 95-й перцентиль, в отличие от 50-го, вплоть до конца 1970-х сохранялся на уровне -0.52°C , после чего стал резко увеличиваться и к настоящему времени достиг отметки $+0.25^{\circ}\text{C}$. Наконец, 5-й перцентиль сохранялся неизменным еще дольше (до

начала 2000-х: -1.06°C) и к настоящему времени достиг -0.82°C . Таким образом, скачкообразные повышения температуры в 2009-2010 и 2015-2016 гг. проявляются в ходе всех перцентилей, как, впрочем, и пауза 2000-х.

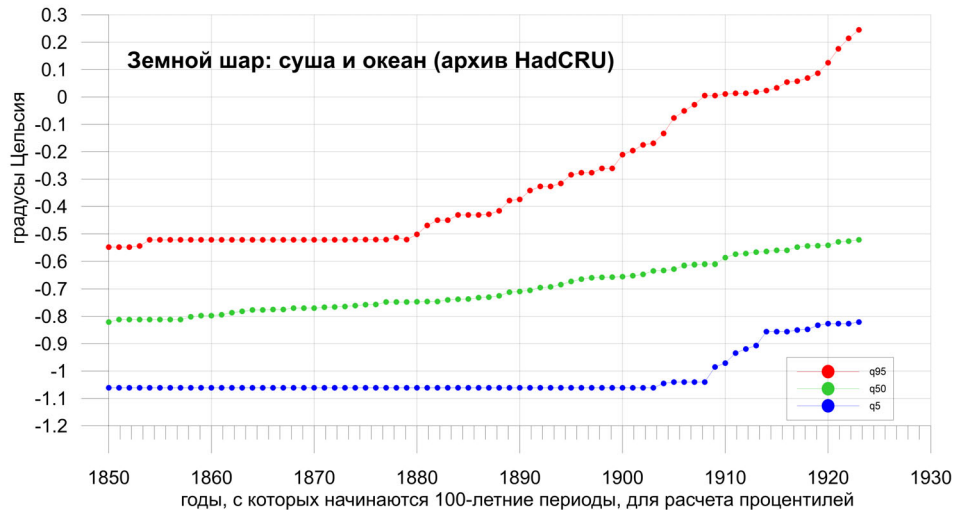


Рисунок 9. Изменение перцентилей температуры (5, 50 и 95%) за скользящие 100-летние периоды (на оси абсцисс показаны конечные годы периодов оценивания).

Figure 9. Variation of temperature percentiles (5, 50, and 95%) over the moving 100-years periods (axis OX show ending years of estimation periods)

Уже из этих результатов можно заключить, что повышение температуры и, следовательно, повышение скользящих оценок перцентилей, при использовании их фиксированных значений (как в данном исследовании), приводит к занижению числа точек под кривой распределения и, напротив, к увеличению их над кривой. Это, в свою очередь, означает снижение оценки площади под отрицательными аномалиями (градации «около нормы» и «экстремумы холода») и завышение ее под положительными (градация «экстремумы тепла»).

Хорошей иллюстрацией к этому выводу служит рис. 10, где представлен ход коэффициентов тренда площади под аномалиями трех введенных выше категорий за скользящие периоды длительностью 30, 50 и 70 лет с шагом 10 лет.

Расчет выполнен, по данным Hadley/CRU, для Северного и Южного полушарий: CRUTEM5 (SAT, суша) и HadSST4 (SST, море). Отметим, что наиболее общую картину изменений дают скользящие тренды с периодом 70 лет, а 30- и 50-летние тренды лишь уточняют некоторые детали для суши и океанов.

В целом картина соответствует ходу пространственно-осредненной температуры (рис. 5-6) и сформулированному выше выводу (рис.9). Особенно ярко это видно на последнем этапе резкого потепления и самых крупных последних рекордов, начиная с ~ 2010 г. Действительно, синие и зеленые кривые направлены вниз (тренд площади под отрицательными аномалиями отрицательный и усиливается), а красные кривые – вверх (тренд площади под экстремумами тепла положительный и также усиливается).

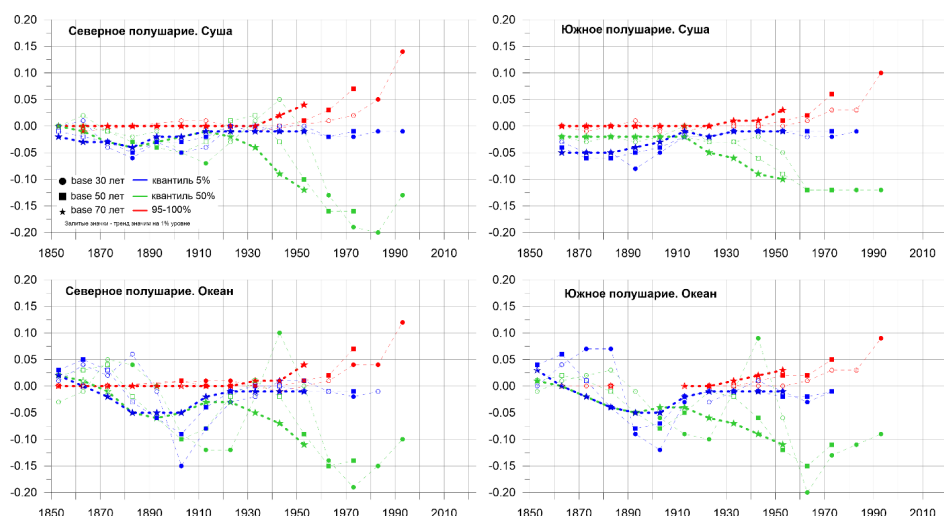


Рисунок 10. Скользящие тренды площади под аномалиями трех категорий с периодами оценивания 30, 50, 70 лет и с шагом 10 лет (см. разъяснения в тексте)

Figure 10. Moving trends of the area under three anomaly categories with estimation periods of 30, 50 and 70 years and with a step of decade (see explanation in the text)

Заклучение

1. В соответствии с полученными оценками 2023 год был самым теплым в истории наблюдений (с 1850 года) по всем четырем наборам данных и трем глобальным территориям: Земной шар, Северное и Южное полушарии. В целом по Земному шару и за 2023 год глобальная аномалия температуры составила: $+0.533^{\circ}\text{C}$ (HadCRUT5, суша+море), $+0.738^{\circ}\text{C}$ (T3288, суша), $+0.729^{\circ}\text{C}$ (CRUTEM5, суша) и $+0.469^{\circ}\text{C}$ (HadSST4, море). Базовый период при расчете аномалий: 1991-2020 гг.

2. В 2023 г. превышение глобальной температуры над «доиндустриальным уровнем» по линии тренда составило, по тем же данным, 1.20°C , 1.45°C , 1.42°C , 1.09°C , соответственно. Для сравнения, соответствующие значения в экстремальном 2016 году были: 1.04°C , 1.22°C , 1.19°C , 0.97°C .

3. В 2023 г. на территории Земного шара, попрежнему, доминируют положительные аномалии: на них приходится около 90% всех данных (87% станций / 89% боксов). Около 50% этих данных оказались выше 95-го перцентиля (5%-е экстремумы тепла) и более 15% стали для своих пунктов рекордными (абсолютные максимумы).

4. Практически во всех крупных регионах мира (континенты, океаны, широтные зоны), как и глобально (Земной шар, полушария), экстремально теплые условия сохранялись в течение всего года (вероятность неперевышения оставалась не ниже 85%). Единственное исключение: Антарктический пояс (включая Антарктиду) плюс Австралия, где вероятность неперевышения сезонных аномалий опускалась в первом полугодии до 19-20%. Однако, начи-

ная с июня, подавляющее большинство рассмотренных регионов каждый месяц и сезон обновляли свои температурные рекорды.

5. Локальные оценки линейного тренда (1976-2023 гг.) уверенно подтверждают тенденцию потепления – 97% всех коэффициентов тренда положительны. Наибольшая интенсивность потепления отмечается в Арктическом поясе (65-90N) и на территории Европы, где средняя по территории региона скорость потепления равна $0.563^{\circ}\text{C}/10$ лет и $0.498^{\circ}\text{C}/10$ лет, соответственно.

6. Современное глобальное потепление протекает особенно активно на континентах Северного полушария в холодный период года. При этом в феврале-апреле усиление потепления обеспечивает Евразия, а в ноябре-декабре – Северная Америка.

7. За период современного глобального потепления (1976-2023 гг.) среднегодовая глобальная температура увеличилась (по линии тренда) на 0.925°C . За это время при использовании фиксированных значений процентилей с базовым периодом 1911-2022 гг. площадь под аномалиями «ниже нормы» ($F \leq 50\%$) уменьшилась с 70-80 до 10-20% всей территории (на суше и акваториях океанов). За тот же период площадь под 5-м процентилем (экстремумы холода) уменьшилась с 15-20% практически до нуля, а над 95-м процентилем (экстремумы тепла) – напротив, увеличилась с нуля до 20-30%. В 2023 и 2016 гг. (2 самых теплых года) площадь 5%-х экстремумов тепла в обоих полушариях подскочила до 45-50% всей территории Земного шара.

8. В целом по Земному шару и за год современное приповерхностное потепление 1976-2023 гг. на суше протекает вдвое активнее, чем на поверхности океанов, в Северном полушарии вдвое интенсивнее, чем в Южном, и ускорилось в сравнении с последним столетием в Северном полушарии в 2.1-2.3 раза (над сушей и на поверхности океанов). В Южном полушарии над сушей коэффициент ускорения существенно ниже (1.6), а на акваториях океанов ускорения практически не произошло.

Благодарности

За поддержку, оказанную в подготовке разных разделов этой работы, авторы выражают благодарность проекту «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 2020-2024 гг., НИР 3.2.

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., Самохина, О.Ф. (2017а) Особенности температурных аномалий у поверхности земного шара в 2016 году, *Фундаментальная и прикладная климатология*, № 1, с. 124-146.

Груза, Г.В., Ранькова, Э.Я., Рочева, Э.В. (2017б) 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*, № 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*, № 1, с. 97-127.

Груза, Г.В., Ранькова, Э.Я., Корнева, И.А., Самохина, О.Ф., Антипина, У.И. (2020) Особенности температурного режима у поверхности Земного шара в 2019 году, *Фундаментальная и прикладная климатология*, № 1, с. 89-122.

Груза, Г.В., Ранькова, Э.Я., Самохина, О.Ф. (2021) Особенности температурного режима у поверхности Земного шара в 2020 г., *Фундаментальная и прикладная климатология*, т. 7, № 2, с. 28-58, doi:10.21513/2410-8758-2021-2-28-58.

ИГКЭ (2023) *Мониторинг изменений климата Земного шара*, URL: [http://www.igce.ru/climate change](http://www.igce.ru/climate%20change).

Ранькова, Э.Я., Самохина, О.Ф., Антипина, У.И. (2022) Особенности температурного режима у поверхности Земного шара в 2021 году, *Фундаментальная и прикладная климатология*, т. 8, № 2, с. 258-290, doi: 10.21513/2410-8758-2022-2-258-290.

Ранькова, Э.Я., Самохина, О.Ф., Антипина, У.И., Смирнов, В.Д. (2023) Особенности температурного режима у поверхности Земного шара в 2022 году, *Фундаментальная и прикладная климатология*, т. 9, № 3, с. 330-368, doi:10.21513/2410-8758-2023-3-330-368.

Парижское соглашение в рамках Рамочной конвенции ООН об изменении климата (2015) URL: https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_russian_.pdf.

ЦМКП (2016) *Решение Центральной методической комиссии по гидрометеорологическим и гелиогеофизическим прогнозам от 20 декабря 2016 г.*, URL: <http://method.meteorf.rum>.

JMA (2023) *Global temperature for 2023 to be the highest since 1891(Preliminary)*, URL: https://ds.data.jma.go.jp/tcc/data/news/press_20231222.pdf.

NASA (2024) *NASA Analysis Confirms 2023 as Warmest Year on Record*, URL: <https://www.nasa.gov/news-release/nasa-analysis-confirms-2023-as-warmest-year-on-record>.

The Copernicus Climate Change Service (C3S) (2023) *Global Climate Highlights*, URL: <https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2023>.

NOAANCEI National Centers for Environmental Information (2024a) *Assessing the Global Climate in 2023*, retrieved on April 15, 2021, URL: from <https://www.ncei.noaa.gov/news/global-climate-202312>.

NOAANCEI National Centers for Environmental Information (2024b) *Monthly Global Climate Report for Annual 2023*, published online January 2024, retrieved on February 9, 2024, URL: <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202313>.

WMO (2023a) *2023 shatters climate records, with major impacts*, Press Release retrieved on February 9, 2024, URL: <https://wmo.int/news/media-centre/2023-shatters-climate-records-major-impacts>.

WMO (2023b) *WMO confirms that 2023 smashes global temperature record*, Press Release retrieved on February 9, 2024, URL: <https://wmo.int/news/media-centre/wmo-confirms-2023-smashes-global-temperature-record>.

References

Gruza, G.V., Rankova, E.Ya., Rocheva, E.V., Samokhina, O.F. (2016) Osobennosti temperaturnykh anomalii u poverkhnosti zemnogo shara v 2015 godu [Climatic features of the temperature regime at the Earth's surface in 2015], *Fundamental and Applied Climatology*, no. 1, pp. 104-136.

Gruza G.V., Rankova, E.Ya., Rocheva, E.V., Samokhina, O.F. (2017a) Osobennosti temperaturnykh anomalii u poverkhnosti zemnogo shara v 2016 godu [Features of temperature anomalies near the surface of the globe in 2016], *Fundamental and Applied Climatology*, no. 1, pp. 124-146.

Gruza, G.V., Rankova, E.Ya., Roch'eva, E.V. 2017(b) Methodology "Monitoring of climate changes of the globe: surface temperature" and the results of its testing [Metodika «Monitoring izmeneniy klimata zemnogo shara: prizemnaya temperatura» i rezultaty eye ispytaniya], *Results of testing of new and improved technologies, models and methods of hydrometeorological forecasts*, 2017, no. 44, pp. 3-11.

Gruza, G.V., Rankova, E.Ya., Rocheva, E.V., Samokhina, O.F., Korneva, I.A., Alyoshina, M.A. (2018) Osobennosti temperaturnogo rezhima u poverkhnosti Zemnogo shara v 2017 g. [Features of the temperature regime at the surface of the Globe in 2017], *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 poverkhnosti Zemnogo shara v 2018 g. [Features of the temperature regime at the surface of the globe in 2018], *Fundamental and Applied Climatology*, no. 1, pp. 97-127.

Gruza G.V., Rankova, E.Ya., Korneva, I.A., Samokhina, O.F., Antipina, U.I. (2020) Osobennosti temperaturnogo rezhima u poverkhnosti Zemnogo shara v

2019 г. [Features of the temperature regime at the surface of the globe in 2019], *Fundamental and Applied Climatology*, no. 1, pp. 89-122.

Gruza, G.V., Rankova, E.Ya., Samokhina, O.F. (2021) Osobennosti temperaturnogo rezhima u poverkhnosti Zemnogo shara v 2020 g. [Features of the temperature regime at the surface of the Globe in 2020], *Fundamental and Applied Climatology*, vol. 7, no. 2, pp. 28-58, doi:10.21513/2410-8758-2021-2-28-58.

IGCE (2023b) *Monitoring izmeneniy klimata Zemnogo shara* [Monitoring of global climate change], URL: <http://www.igce.ru/climatechange>.

Rankova, E.Ya., Samokhina, O.F., Antipina, U.I. (2022) Osobennosti temperaturnogo rezhima u poverkhnosti Zemnogo shara v 2021 g. [Features of the temperature regime at the surface of the Globe in 2021], *Fundamental and Applied Climatology*, vol. 8, no. 2, pp. 258-290, doi: 10.21513/2410-8758-2022-2-258-290.

Rankova, E.Ya., Samokhina, O.F., Antipina, U.I. Smirnov, V.D. (2023) Osobennosti temperaturnogo rezhima u poverkhnosti Zemnogo shara v 2022 g. [Features of the temperature regime at the surface of the globe in 2022], *Fundamental and Applied Climatology*, vol. 9, no. 3, pp. 330-368, doi:10.21513/2410-8758-2023-3-330-368.

Parizhskoye soglasheniye v ramkakh Ramochnoy konventsii OON ob izmenenii klimata [The Paris Agreement under the UNFC on Climate Change] (2015) URL: https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_russian_.pdf.

CMCP (2016) *Resheniye Tsentralnoy metodicheskoy komissii po gidrometeorologicheskim i geliogeofizicheskim prognozam ot 20 dekabrya 2016 g.* [Decision of the Central Methodological Commission on Hydrometeorological and Heliogeophysical Forecasts dated December 20, 2016], URL <http://method.meteorf.ru>.

JMA (2023) *Global temperature for 2023 to be the highest since 1891 (Preliminary)*, URL: https://ds.data.jma.go.jp/tcc/data/news/press_20231222.pdf.

NASA (2024) *NASA Analysis Confirms 2023 as Warmest Year on Record*, URL: <https://www.nasa.gov/news-release/nasa-analysis-confirms-2023-as-warmest-year-on-record>.

The Copernicus Climate Change Service (C3S) (2023) Global Climate Highlights, URL: <https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2023>.

NOAANCEI National Centers for Environmental Information (2024a) *Assessing the Global Climate in 2023, retrieved on April 15, 2021*, URL: <https://www.ncei.noaa.gov/news/global-climate-202312>

NOAANCEI National Centers for Environmental Information (2024b) *Monthly Global Climate Report for Annual 2023, published online January 2024, retrieved on February 9, 2024*, URL: <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202313>.

WMO (2023a) *2023 shatters climate records, with major impacts*, Press Release retrieved on February 9, 2024, URL: <https://wmo.int/news/media-centre/2023-shatters-climate-records-major-impacts>.

WMO (2023b) *WMO confirms that 2023 smashes global temperature record*, Press Release retrieved on February 9, 2024, URL: <https://wmo.int/news/media-centre/wmo-confirms-2023-smashes-global-temperature-record>.

Статья поступила в редакцию (Received): 04.03.2024.

Статья доработана после рецензирования (Revised): 26.03.2024.

Принята к публикации (Accepted): 16.04.2024.

Для цитирования / For citation:

Ранькова, Э.Я., Самохина, О.Ф., Антипина, У.И., Смирнов, В.Д. (2024) Особенности температурного режима у поверхности Земного шара в 2023 году, *Фундаментальная и прикладная климатология*, т. 10, № 2, с. 288-323, doi:10.21513/2410-8758-2024-2-288-323.

Rankova, E.Ya., Samokhina, O.F., Antipina, U.I., Smirnov, V.D. (2024) Features of the surface temperature regime over the Globe in 2023, *Fundamental and Applied Climatology*, vol. 10, no. 2, pp. 288-323, doi:10.21513/2410-8758-2024-2-288-323.