

Особенности температурного режима у поверхности земного шара в 2025 году. Современное состояние глобального потепления

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. 20Б

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

*Адрес для переписки: firankova@gmail.com

Реферат. Анализируется состояние температурного режима у поверхности Земного шара в 2025 году и его изменчивость в течение 1850-2025 гг. (с акцентом на состоянии современного глобального потепления). Как обычно, используются 4 набора данных о приземной температуре: базовый массив станционных наблюдений ИГКЭ (T3288, суша) и сеточные данные Великобритании: CRUTEM5 (суша), HadSST4 (море), HadCRUT5 (суша+море). Дополнительно рассматриваются некоторые оценки изменчивости сопутствующего режима осадков (по данным массива месячных сумм осадков R1383 из БД GCSM). Все данные продлены по декабрь 2025 г. и выражены в аномалиях относительно 1991-2020 гг.

По данным ИГКЭ, 2025 год был вторым самым теплым с 1901 года, а по всем данным Hadley/CRU – третьим. Глобальная аномалия приповерхностной температуры (HadCRUT5) составила в 2025 г. $+0.445^{\circ}\text{C}$, что на 0.152°C ниже рекорда 2024 года и на 1.280°C выше доиндустриальной средней (1850-1900 гг.). Экстремально теплыми были и сезоны (ранг не выше третьего).

Непрерывный период 5%-х месячных экстремумов тепла (глобальная температура выше 95-го перцентиля) длился более трех лет подряд: с декабря 2022 по декабрь 2025 (именно эти 3 года (2023, 2024, 2025) стали самыми теплыми в истории наблюдений с 1850 г.). За это время обновились температурные рекорды всех месяцев, кроме марта (рекорд $+0.616^{\circ}\text{C}$ был установлен в марте 2016 г. и актуален до сих пор). Из регионов выделяется северная часть Тихого океана (20-65N), где обновились все пять региональных рекордов: годовой и четырех сезонов.

Для характеристики современного состояния глобального потепления в статье, кроме материалов мониторинга, используются оценки скользящих средних и трендов, рассчитанных в широком диапазоне масштабов (от 10 до 100 лет) и представленных в форме двумерных диаграмм «длина периода оценивания – конечный год периода». Такая диаграмма содержит оценки состояния анализируемой величины в любой момент XX-XXI столетий и создает полную картину временной структуры ее изменений. В статье оценки приве-

дены для приземной температуры и осадков, пространственно осредненных по трем регионам: Земной шар (суша), Россия, Москва (станция 27612).

Показано, что на любых отрезках времени от 20 до 100 лет, завершившихся не раньше конца 1970-х гг., имеет место восходящий тренд температуры, статистически значимый после 1990 г. на периодах более 20-30 лет, а скользящие средние того же масштаба через несколько шагов (но не раньше 1990 г.) пересекают базовый уровень (значение средней всего ряда) и до конца (2025 г.) к нему не возвращаются. Это значит, что *современное глобальное потепление началось в конце 70-х годов прошлого столетия, к 1990 г. стало глобальным, продолжается в настоящее время и пока не затухает*. Вывод относится ко всем трем регионам, хотя в России (и еще заметнее в Москве) надежность оценок тренда (уровень доверия) с увеличением периода снижается. В последние 30-40 лет процесс потепления протекает в России и в Москве активнее. К настоящему времени 30-летние средние аномалии (относительно 1991-2020 гг.) по глобальной суше едва достигли 0.6-0.7°C, по России – превысили 0.95°C, а в Москве составили уже 1.6°C.

В ходе годовых сумм осадков в течение 1901-2025 гг. направленность изменений в рассматриваемых регионах (ЗШ, Россия, Москва), в целом, сходна и согласуется с изменениями в ходе температуры. Увеличение осадков после ~2005 г. подтверждается обеими диаграммами: средние больше 100%, а тренды на масштабах 30-60 лет – положительны и статистически значимы на 5%-уровне.

Для Москвы тренды на всех масштабах статистически не значимы.

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

Features of the temperature regime at the surface of the Globe in 2025. The current state of global warming

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

¹⁾Institute of Global Climate and Ecology named after Academician Y.A. Israel,
20B, Glebovskaya str., 107258, Moscow, Russian Federation

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

*Correspondence address: firankova@gmail.com

Abstract. The paper analyzes the state of the temperature regime at the Earth's surface in 2025 and its variability over the period 1850-2025, with a focus on the current state of global warming. As usual, four datasets on near-surface temperatures are used: the basic array of station observations from the IGCE: T3288(land) and gridded data from the UK: CRUTEM5(land), HadSST4(sea), and HadCRUT5 (land+sea). Additionally, some estimates of the variability of the accompanying precipitation regime are considered, based on the array of monthly precipitation totals

R1383 from the GCM database. All data are extended through December 2025 and expressed as anomalies relative to the 1991-2020 baseline period.

According to the annual mean data from IGCE, 2025 was the second warmest year since 1901; according to Hadley/CRU data, it was the third warmest. The global near-surface temperature anomaly (HadCRUT5 dataset, land+sea) in 2025 was $+0.445^{\circ}\text{C}$, which is 0.152°C below the 2024 record ($+0.597^{\circ}\text{C}$) and 1.280°C above the pre-industrial average (1850-1900, -0.835°C). The seasons were also extremely warm (rank no higher than third).

The continuous period of 5% monthly heat extremes (global temperature above the 95th percentile) lasted for more than three consecutive years: from December 2022 to December 2025 (these 3 years (2023, 2024, 2025) were the warmest in the history of observations since 1850). During this time, temperature records were broken for all months except March (the record of $+0.616^{\circ}\text{C}$ was set in March 2016 and remains valid to this day). Among the regions, the northern part of the Pacific Ocean (20-65°N) stands out, where regional records were broken – both for the annual average and for all four seasons.

To characterize the current state of global warming, this article, in addition to monitoring data, uses estimates of moving averages and trends calculated over a wide range of timescales (from 10 to 100 years) and presented as two-dimensional diagrams (length of the assessment period vs. end year of the period). Such a diagram contains estimates of the state of the analyzed value at any moment in the 20th-21st centuries and creates a complete picture of the time structure of its changes. The article presents estimates for three regions: the globe (land), Russia, and Moscow Station.

It has been shown that for any time interval from 20 to 100 years ending no earlier than the late 1970^s, there is an upward temperature trend, statistically significant after 1990 for periods longer than 20-30 years. Moving averages of the same scale will cross the baseline (the average of the entire series) after a few steps (but no earlier than 1990) and will not return to it until the end (2025). This means that modern global warming began in the late 1970^s, became global by 1990, and is currently ongoing and showing no signs of abating. The conclusion applies to all three regions, although in Russia (and even more noticeably in Moscow) the reliability of trend estimates (the level of trust) decreases with increasing period. In the last 30-40 years, the warming process has been more active in Russia and Moscow. Thus, by now, 30-year average anomalies (relative to 1991-2020) over the global land area have barely reached $0.6\text{-}0.7^{\circ}\text{C}$, over Russia they have exceeded 0.95°C , and in Moscow they have already reached 1.6°C .

In terms of annual precipitation totals from 1901 to 2025, the direction of change in the regions examined (West Siberia, Russia, Moscow) is generally similar and consistent with temperature changes. The increase in precipitation after 2005 is confirmed by both diagrams: the average is greater than 100%, and the trends on 30- to 60-year timescales are positive, statistically significant at the 5% level.

For Moscow, trends are statistically insignificant on all time scales.

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

Введение

Статья продолжает серию ежегодных публикаций в настоящем журнале в течение 2015-2025 гг. (Груза и др., 2015; Ранькова и др., 2025). Цель исследования – показать современное состояние температурного режима Земного шара и актуализировать количественные оценки тенденций температурного режима и режима осадков с учетом самых поздних 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 & CRU UEA, JMA, а также ECMWF Copernicus, группа Berkeley Earth и др. В результате ежегодные обзоры ВМО о состоянии глобального климата базируются на девяти базовых наборах данных: HadCRUT5, 1850-2025; NOAA GlobalTemp V6, 1850-2025; GISTEMP, 1880-2025; Berkeley Earth Hires, 1850-2025; JRA-3Q, 1947-2025; ERA5, 1940-2025, CMA-GMST (1850-2025), CMST (1850-2025), DCENT-I (1850-2025).

ВМО (WMO, 2026) на основе девяти перечисленных наборов данных подтвердила, что 2025 год стал вторым-третьим самым теплым годом в истории наблюдений (после рекордного 2024): на 0.80°C выше средней 1991-2020 гг. и на $\sim 1.5^{\circ}\text{C}$ выше доиндустриальной средней (1850-1900 гг.). При этом, несмотря на переход от Эль-Ниньо (начало 2024 года) к ЛаНинья в 2025, январь 2025 года стал самым тёплым январём в истории наблюдений, а последние три года – 2023, 2024, 2025 – самыми тёплыми годами в совокупной 176-летней истории наблюдений по суше и океану.

Забегая вперед, отметим, что полученные нами и представленные в статье результаты и выводы относительно температурного режима 2025 г., как и обновленные оценки климатических трендов, в целом хорошо согласуются с уже опубликованными оценками и выводами других авторов, по данным альтернативных источников.

Наряду с детальным представлением актуальных данных о приземном температурном режиме 2025 года, в заключительном разделе статьи обсуждается проблема оценки текущего состояния глобального потепления и его динамики на фоне общей картины временной изменчивости глобальной температуры на протяжении XX-XXI столетий. Для сравнения результаты представлены для трех регионов (в среднем по территории): Земной шар, Россия, Москва (станция 27612) для среднегодовой температуры и для годовых сумм осадков (для тех же регионов и за тот же период).

Отметим дополнительно два методических приема, детально представленных в статье в качестве эффективных средств климатологического анализа: (1) нормирование разномасштабных временных рядов с помощью эмпирической функции распределения; и (2) скользящие оценки средних и трендов в дву-

мерной окрестности временных масштабов. Первый особенно эффективен для выявления длительных экстремальных режимов в хронологически упорядоченных временных рядах месячной дискретности; а второй – для получения полной картины временной изменчивости с привязкой к реальному времени.

В качестве «глобальных» территорий в статье рассматриваются: Земной шар, Северное и Южное полушария – как в целом (суша+море), так и для территории суши и акваторий океанов порознь.

В тексте статьи допускаются сокращения: Земной шар (ЗШ), Северное полушарие (СП), Южное полушарие (ЮП), Атлантический океан (АО), Тихий океан (ТО), Северная Америка (С. Америка), Южная Америка (Ю. Америка).

Все выпуски сезонных бюллетеней и годовых обзоров ИГКЭ доступны на Web-сайте ИГКЭ (ИГКЭ, 2026), начиная с 2015 года (начало функционирования в ИГКЭ системы мониторинга глобального климата: GCCM – Global Climate Change Monitoring).

Данные и методика анализа

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

Данные ИГКЭ (массивы T3288, R3288) включают данные стандартных наблюдений за средней месячной температурой приземного воздуха и месячными суммами осадков с 1901 года на глобальной сети 3288 наземных станций. Описание массивов и каталог включенных в них станций можно найти на web-сайте ИГКЭ (<http://www.igce.ru/climatechange/monitoring-world/>). Массивы ежемесячно пополняются в квазиреальном времени оперативными данными с каналов связи ГСТ (сводки КЛИМАТ), после надлежащей процедуры контроля и верификации (ЦМКП, 2016). В 2020 году технология была наращена блоком контроля и заполнения пропусков в данных КЛИМАТ на основе оперативных станционных данных СИНОП.

Второй источник: данные Hadley/CRU – это признанные мировым научным сообществом данные Метеослужбы Великобритании и Университета Восточной Англии (CRU UEA, UK) о приповерхностной температуре на глобальной сети 5-градусных боксов (<http://www.metoffice.gov.uk>). Комплект содержит три категории данных: CRUTEM5 (только суша, версия 5.1.0.0), HadSST4 (только море, версия 4.2.0.0) и HadCRUT5 (суша+море, версия 5.1.0.0). В каждой категории содержатся глобальные сеточные поля и глобально осредненные временные ряды для Земного шара, Северного и Южного полушарий (полное описание данных см. на Web-сайте Met Office). В технологии мониторинга ИГКЭ обновленные (и продленные на месяц) данные Hadley/CRU ежемесячно скачиваются с сайта источника и включаются в Базу данных мониторинга. Из них реально используются сеточные поля объединенных данных HadCRUT5 (суша+море) и глобально осредненные времен-

ные ряды всех трех категорий данных. Данные Hadley/CRU используются без корректировки, в полном соответствии с данными источника.

Базовым массивом для оценки температурных условий на суше (локальных, региональных, глобальных) в системе GCCM служит массив стационарных данных T3288 (ИГКЭ). Глобальные данные HadCRUT5 (Hadley/CRU, суша+море) в данном выпуске используются, в основном, в оценках трендов, а для анализа аномалий используются поля температуры приземного воздуха SAT над сушей (массивы T3288 и CRUTEM5) и температуры воды на поверхности океанов SST (массив HadSST4).

Следует отметить, что при пополнении БД методикой предусмотрено сравнение рядов T3288 и CRUTEM5 и публикация результатов (графических и табличных) в каждом бюллетене. Ниже воспроизведен ход кривых (рис. 1) и основные оценочные статистики по состоянию на конец 2025 г.

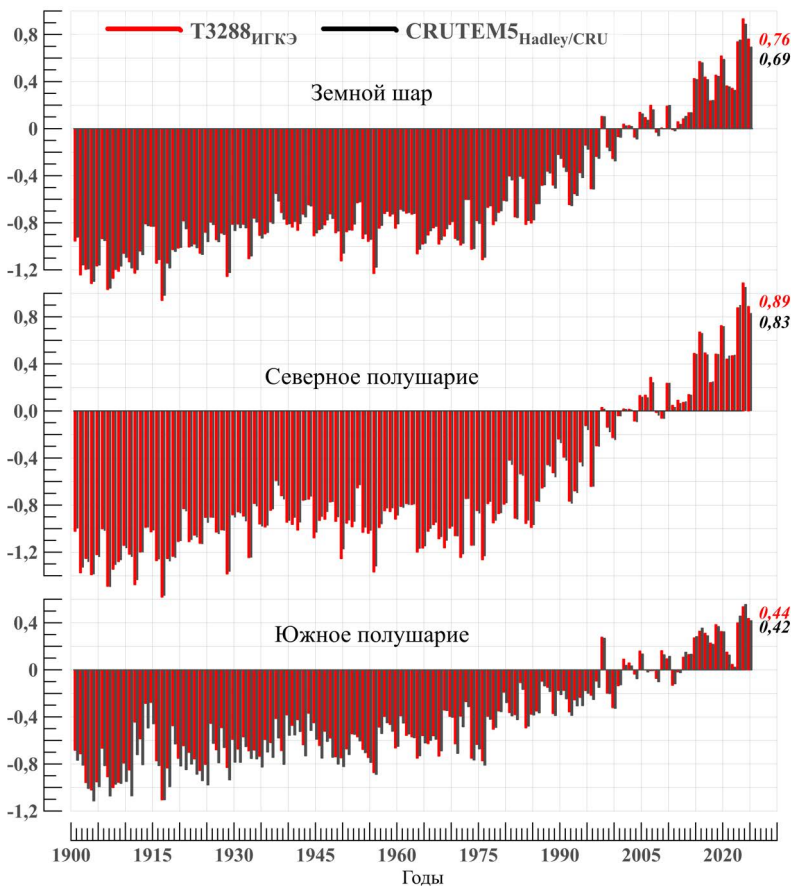


Рисунок 1. Временные ряды пространственно осредненных годовых аномалий температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) над сушей Земного шара, Северного и Южного полушарий. Используются временные ряды, рассчитанные по данным массива T3288 (ИГКЭ), и глобальные временные ряды CRUTEM5 (Hadley/CRU), 1901-2025 гг. Справа приведены числовые значения среднегодовых аномалий в 2025 г. (базовый период 1991-2020 гг.)

Figure 1. Time series of spatially averaged annual anomalies of surface air temperature over the land of the Globe, the Northern and Southern Hemispheres ($^{\circ}\text{C}$)

Global time series T3288 (IGCE) and CRUTEM5 (Hadley/CRU) for the period 1901-2025 are used. The numerical values of the annual anomalies in 2025 (the base period 1991-2020) are shown on the right

Так, различие рядов T3288 и CRUTEM5 – в среднем за 1976-2025 гг. – для всех трех глобальных территорий (ЗШ, СП и ЮП) меньше 0.02°C , а различия в конкретные годы никогда не достигали 0.1°C . При этом стандартное отклонение различий ($0.019\text{--}0.054^{\circ}\text{C}$) более чем на порядок ниже стандартного отклонения самих рядов ($0.263\text{--}0.541^{\circ}\text{C}$), и во всех случаях ряды характеризуются высокой корреляцией (выше 0.99) и предельно низким различием трендов (до $\pm 0.013^{\circ}\text{C}/10$ лет).

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

В соответствии с рекомендацией WMO-No.1203, все основные оценки приводятся в аномалиях относительно базового периода 1991-2020 гг. Развернутый комментарий с описанием используемых источников, сети станций и элементов методики мониторинга размещен на сайте ИГКЭ (<http://www.igce.ru/climatechange>). Термины «приземная температура» и «приповерхностная температура» используются в работе как синонимы.

На некоторых процедурах и приемах методики остановимся несколько подробнее.

1. Пространственное осреднение по территории региона. Процедура предусматривает сеточную структуру входных данных, при которой значения поля заданы в узлах регулярной широтно-долготной сетки (или в центрах «боксов», образованных ячейками сетки). Регион осреднения задан координатами вершин замкнутого многоугольника (граница региона), так что задача сводится к взвешенному осреднению значений поля в боксах, пересекающихся с территорией региона. Весовая функция при этом пропорциональна произведению доли площади ячейки внутри региона на косинус средней широты.

В случае станционных (рассеянных) данных, процедура двухступенчатая: сначала данные приводятся к сеточной структуре (путем осреднения значений поля внутри ячеек сетки с учетом плотности доступных точечных значений), после чего производится собственно осреднение по территории региона. Эта же процедура используется для расчета доли площади региона с осуществлением некоторого события, для чего предусмотрена дополнительная операция – замена значений поля соответствующей δ -функцией.

2. Нормирование разномасштабных временных рядов с помощью эмпирической функции распределения (прием эффективен для выявления длительных экстремумов, по данным месячного разрешения).

Для данных всех месяцев строится единая вероятностная шкала и единый хронологически упорядоченный временной ряд месячного разрешения. Каждое значение ряда заменяется долей не превышающих его значений среди данных того же месяца (эмпирическая частота, эмпирическая вероятность превышения). При таком преобразовании исключается не только сезонный ход средних (как и в аномалиях в натуральной, градусной, шкале), но и сезонные различия в масштабах изменчивости (Груза и др., 2017а; Ранькова и др.,

2022). Этот прием особенно эффективен для выявления длительных (много-месячных) экстремальных режимов (см., например, рис. 5).

3. Скользящие оценки средних и трендов в двумерной окрестности временных масштабов (подход близок вейвлетному анализу, но алгоритмически более простой и более наглядный для интерпретации). Выбранная статистика (среднее или коэффициент линейного тренда) рассматривается как функция двух переменных $f(x,y)$ и отобразится на двумерной диаграмме, координатами которой служат: абсцисса x – конечный год периода оценивания, ордината y – длина периода оценивания. В этом случае каждая точка диаграммы (x_0, y_0) характеризует состояние климата на конкретном отрезке времени $[x_0 - y_0 + 1, x_0]$, а в случае аномалий – изменение климата за этот период относительно базового периода. Впервые для анализа структуры временного ряда глобальной температуры мы использовали данный подход в (Груза и др., 1992), затем повторили его в (Груза и др., 2016), по данным ИГКЭ (Т3288, суша) за период 1901-2015 гг.

В заключение напомним, что в методике мониторинга осреднение по пространственно-временным координатам (основной используемый статистический оператор) означает физическое осреднение по формулам для генеральной совокупности. Оно вполне соответствует задачам описательной статистики и используется для фиксации характеристик климатической системы в конкретные периоды времени и в рамках рассматриваемых территорий (акваторий). В целом, этот подход подробно описан в (Груза, Ранькова, 1980) как «эмпирико-статистический», а получаемые в результате «эмпирические статистики» (эмпирическая средняя, эмпирическая дисперсия, и т.п.), как и их теоретические «проборазы», позволяют выявить ранее неизвестные особенности в изменении и изменчивости наблюдаемого климата для более глубокого изучения.

Таким образом, все приведенные в статье статистики являются эмпирическими, а «оценки значимости» – условными ориентирами для большего или меньшего им доверия. Следует лишь помнить, что при отсутствии необходимых допущений о вероятностной модели, в рамках которой рассматривается задача, вопрос об их реальности должен решаться не формальным использованием статистических критериев, а путем оценки точности и достоверности используемых данных и/или сравнением с выводами из альтернативных источников.

В качестве характеристик современного состояния климата в статье приведены: пространственные распределения аномалий и трендов; временные ряды в натуральной и вероятностной шкалах; двумерные (месяц-год) диаграммы аномалий глобальной температуры; и скользящие оценки средних и трендов всех временных масштабов от 10 до 100 лет для аномалий глобальной температуры и годовых сумм осадков.

Результаты

1. 2025 год – второй-третий самый теплый в истории наблюдений.

В соответствии со среднегодовыми оценками (табл. 1), 2025 год по всем трем глобальным территориям (ЗШ, СП, ЮП) был вторым самым теплым, по

данным массива ИГКЭ (Т3288, суша), и третьим – по всем трем наборам данных Hadley/CRU (суша, море, суша+море).

Таблица 1. Самые теплые годы для Земного шара (ЗШ), Северного (СП) и Южного (ЮП) полушарий, по данным разных источников: средняя за год аномалия VT и год наблюдения
Table 1. The warmest years for the globe (G), the Northern Hemisphere (NH), and the Southern Hemisphere (SH) according to different data sources: annual mean anomaly VT and the year of observation

Ранг	ЗШ		СП		ЮП	
	vT, °C	Год	vT, °C	Год	vT, °C	Год
HadCRUT5 (Hadley/CRU, суша+море)						
1	0.597	2024	0.775	2024	0.419	2024
2	0.556	2023	0.695	2023	0.416	2023
3	0.445	2025	0.545	2025	0.345	2025
4	0.348	2016	0.534	2020	0.237	2016
5	0.335	2020	0.460	2016	0.219	2019
Т3288 (ИГКЭ, суша)						
1	0.933	2024	1.087	2024	0.536	2024
2	0.761	2025	0.887	2025	0.436	2025
3	0.738	2023	0.876	2023	0.399	2023
4	0.617	2020	0.724	2020	0.384	2019
5	0.570	2016	0.670	2016	0.328	2016
CRUTEM5 (Hadley/CRU, суша)						
1	0.887	2024	1.053	2024	0.555	2024
2	0.752	2023	0.900	2023	0.456	2023
3	0.693	2025	0.831	2025	0.417	2025
4	0.588	2020	0.720	2020	0.367	2019
5	0.559	2016	0.661	2016	0.354	2016
HadSST4 (Hadley/CRU, море)						
1	0.506	2024	0.622	2024	0.409	2023
2	0.483	2023	0.553	2023	0.397	2024
3	0.395	2025	0.438	2025	0.352	2025
4	0.285	2016	0.416	2020	0.238	2016
5	0.267	2015	0.348	2015	0.193	2015

Глобальная среднегодовая аномалия приповерхностной температуры (массив HadCRUT5, «суша+море») составила в 2025 г. +0.445°C, что на 0.152°C ниже рекорда 2024 года (+0.597°C) и на 1.268°C выше доиндустриального уровня (1850-1900 гг., 0.823°C).

2. Географические и сезонные особенности распределения аномалий приповерхностной температуры в 2025 году

В настоящем разделе представлены данные об аномалиях температуры в 2025 году для года в целом и каждого сезона, локальные, региональные и глобальные.

Таблица 2. Регионально осредненные значения аномалии приземной температуры в 2025 г. и их вероятности непревышения (в среднем за год и в каждом из сезонов)

Table 2. Regionally averaged values of near-surface temperature anomaly in 2025 and their non-exceedance probabilities (annual mean and for each season)

Регион		Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
		νT	F%	νT	F%	νT	F%	νT	F%	νT	F%
HadCRUT5 (суша+море)											
Земной шар		0.45	98.2	0.56	98.2	0.48	99.1	0.41	98.2	0.40	98.2
Северное полушарие		0.55	98.2	0.69	97.4	0.55	97.4	0.53	98.2	0.53	98.2
Южное полушарие		0.35	98.2	0.43	99.1	0.41	99.1	0.29	98.2	0.27	97.4
Атлантика (15-70N)		0.40	98.2	0.53	99.1	0.30	97.4	0.45	98.2	0.38	96.5
Тихий океан (20-65N)		0.86	100	0.75	100	0.68	100	1.06	100	0.98	100
Широтные пояса	65-90N	1.06	98.2	1.93	99.1	0.80	91.2	0.62	96.5	0.90	95.6
	25-65N	0.87	98.2	0.96	99.1	0.87	100	0.88	99.1	0.85	98.2
	25S-25N	0.26	94.7	0.32	95.6	0.29	94.7	0.18	92.1	0.18	92.1
	65-25S	0.47	100	0.58	100	0.50	100	0.34	99.1	0.38	99.1
	90-65S	0.84	98.7	0.37	93.3	0.01	48.8	1.12	87.7	2.09	100
T3288 (суша)											
Земной шар		0.76	99.1	1.00	99.1	0.84	99.1	0.52	98.2	0.79	98.2
Северное полушарие		0.89	99.1	1.15	99.1	1.01	99.1	0.65	98.2	0.90	98.2
Южное полушарие		0.44	99.1	0.62	99.1	0.40	97.4	0.22	91.2	0.52	98.2
Северная Америка		0.85	97.4	1.05	94.7	1.01	97.4	0.50	93.9	1.81	100
Евразия		1.05	99.1	1.56	99.1	1.30	100	0.76	98.2	0.74	96.5
Южная Америка		0.35	96.5	0.48	98.2	0.26	89.5	0.00	74.6	0.43	96.5
Африка		0.61	97.4	0.72	97.4	0.65	97.4	0.41	93.9	0.46	94.7
Австралия		0.39	93.9	1.05	99.1	0.56	89.5	-0.63	38.6	0.46	92.1
Антарктида		1.00	100	0.52	90.1	0.28	65.4	1.41	95.1	1.95	100
Европа		1.50	100	2.19	99.1	1.48	100	0.75	93.9	1.60	99.1
Азия		0.93	99.1	1.40	99.1	1.26	99.1	0.77	98.2	0.50	93
CRUTEM5 (суша)											
Земной шар		0.69	98.2	0.89	97.4	0.80	98.2	0.53	98.2	0.68	98.2
Северное полушарие		0.83	98.2	1.05	97.4	0.98	99.1	0.66	98.2	0.80	98.2
Южное полушарие		0.42	98.2	0.58	99.1	0.44	99.1	0.28	93	0.45	97.4
HadSST4 (море)											
Земной шар		0.40	98.2	0.44	99.1	0.40	98.2	0.41	98.2	0.36	97.4
Северное полушарие		0.44	98.2	0.48	99.1	0.37	97.4	0.50	98.2	0.47	97.4
Южное полушарие		0.35	98.2	0.41	99.1	0.42	100	0.32	98.2	0.25	97.4

Примечания: Условные обозначения:

- 1. νT , °C – наблюдаемая аномалия в 2025 году (базовый период: 1991-2020);
- 2. F% – значение эмпирической функции распределения $F = \text{prob}(X \leq \nu T_{2025})$, по данным за 1911-2025 гг. (вероятность непревышения);
- 3. Красным шрифтом выделены абсолютные максимумы (наибольшие из всех значений ряда за 1911-2025 гг.), синим – отрицательные аномалии.

Наряду с глобальными полями локальных аномалий (рис. 2, 3), анализируются их обобщения для Земного шара, полушарий и крупных регионов мира (континентов, океанов, широтных поясов) в виде пространственно осредненных значений локальных аномалий и их частотных распределений по регионам, по знаку и интенсивности.

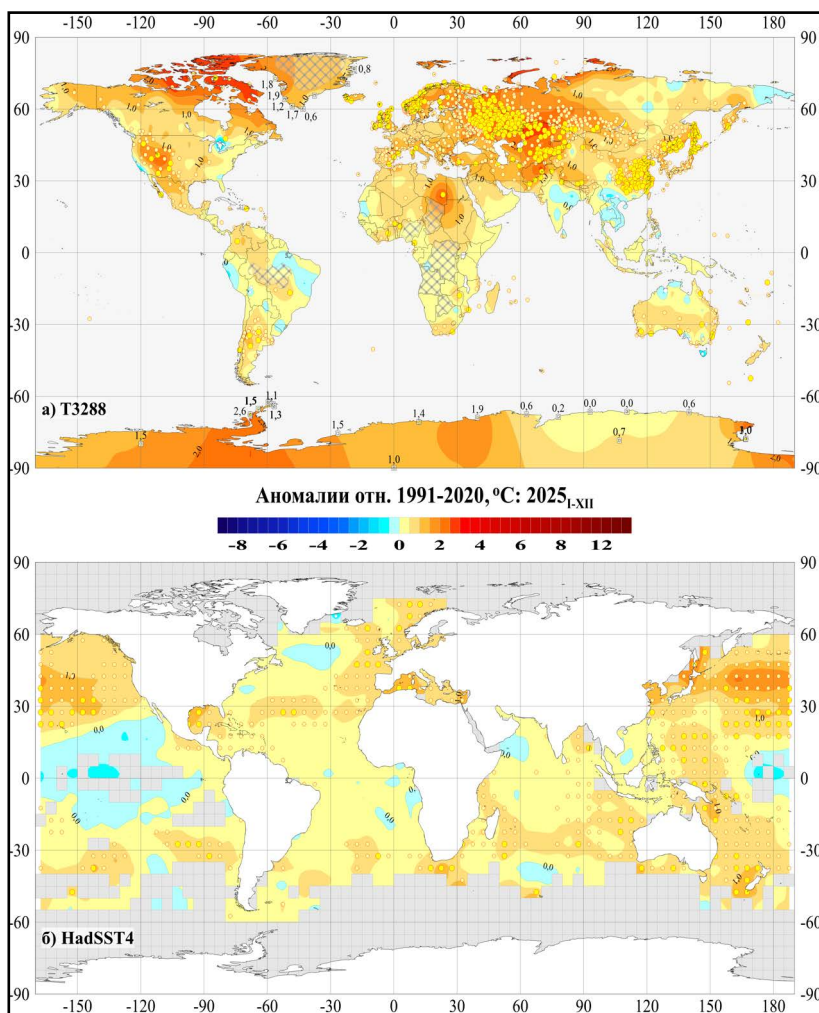


Рисунок 2. Пространственное распределение среднегодовых (январь-декабрь, 2025 г.) аномалий приземной температуры (°C): а) по станционным данным T3288 (ИГКЭ), б) по сеточным данным HadSST (Hadley/CRU, UK)

Аномалии приведены в отклонениях от средних за 1991-2020 гг. Кружками белого (минимумы) и желтого (максимумы) цвета указано положение боксов/станций с рекордными значениями. Значками меньшего размера указано положение 5%-х экстремумов того же знака. В точках расположения станций Антарктиды и Гренландии показаны числовые значения наблюдаемых аномалий. Штриховкой (а) и пустыми боксами (б)) показаны области отсутствия наблюдений

Figure 2. Spatial distribution of annual mean (January-December, 2025) near-surface temperature anomalies (°C): (a) based on station data T3288 (IGCE); (b) based on gridded data HadSST (Hadley/CRU, UK)

Anomalies are given as deviations from the 1991-2020 mean. White circles (minima) and yellow circles (maxima) indicate the locations of boxes/stations with record values. Smaller symbols indicate the locations of 5 % extremes of the same sign. At the locations of stations in Antarctica and Greenland, the numerical values of observed anomalies are shown. Hatched areas (a) and empty boxes (b) indicate regions with no observations

В соответствии со среднегодовыми оценками (рис. 2, табл. 2, 3), в 2025 г. на территории Земного шара положительные аномалии температуры составляли 89/86% всех локальных оценок (на станциях/в боксах); из них 48/45% оказались выше 95-го перцентиля (5%-е экстремумы тепла), а 17/10% стали для своих пунктов рекордными (абсолютные максимумы). Температура ниже нормы (в среднем за год), отмечена лишь на 8/10% всех станций/боксов, при- том слабой интенсивности и в небольших областях (в Бразилии и Перу, в Индии, Индокитае, на северо-востоке России и в Австралии плюс обширная область в центре Тихого океана).

Таблица 3. Частотное распределение локальных среднегодовых аномалий по категориям в крупных регионах Земного шара, по данным массивов HadCRUT5 и T3288, 2025 г.

Table 3. Frequency distribution of local annual mean anomalies by categories in large regions of the globe based on HadCRUT5 and T3288 data, 2025

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		1434	10.1	3.6	86.3	0.1	45.2	-	10.0
СП		845	9.5	2.6	87.9	0.2	51.8	-	12.1
ЮП		589	11.0	4.9	84.0	-	35.7	-	7.0
АО, 15-70N		129	8.5	0.8	90.7	1	45.7	-	8.5
ТО, 20-65N		145	0.7	-	99.3	-	81.4	-	14.5
Широтные пояса	65-90N	68	8.8	1.5	89.7	1	47.1	-	7
	25-65N	479	4.4	0.4	95.2	-	64.1	-	15.4
	25S-25N	585	16.8	6.5	76.8	0.2	32.0	-	6.0
	65-25S	289	6.6	3.1	90.3	-	40.8	-	9.7
	90-65S	13	7.7	7.7	84.6	-	31	-	8
T3288 (только суша)									
ЗШ		2419	7.7	3.1	89.2	0.6	48.1	0.1	16.6
СП		2065	6.7	2.2	91.1	0.3	50.2	0.0	18.3
ЮП		354	13.6	8.8	77.7	2.3	35.9	0.3	6.5
С. Америка		398	9.3	4.0	86.7	0.3	18.6	-	3.3
Евразия		1462	6.1	1.4	92.5	0.4	60.1	0.1	23.9
Ю. Америка		122	13.1	13.1	73.8	1.6	28.7	-	5.7
Африка		116	6.0	4.3	89.7	-	35.3	-	6.0
Австралия		133	20.3	6.0	73.7	4.5	34.6	0.8	6.0
Антарктида		18	-	11.1	88.9	-	50.0	-	11.1
Европа		542	0.2	-	99.8	-	78.0	-	29.9
Азия		929	9.5	2.3	88.3	0.6	49.5	0.1	20.3
Арктика, суша		144	3.5	2.1	94.4	-	54.9	-	13.9

Примечания: Условные обозначения:

- 1. V < 0, V = 0, V > 0 – категории аномалий;
- 2. P₀₅, P₉₅ – 5-я и 95-я перцентили.

Из рассматриваемых крупных регионов особо выделяется северная часть Тихого океана (20-65N), где, как уже отмечалось, осредненные по региону аномалии температуры были рекордными за год в целом и во все сезоны (табл. 2). Температурные рекорды и 5%-е экстремумы тепла (глобальные и региональные, годовые и сезонные) отмечались также и в других регионах, кроме приэкваториального пояса 25S-25N и Австралии.

В целом по Земному шару (суша+море, массив HadCRUT5) все сезоны были очень теплыми (ранг не выше 3), с аномалиями 0.56, 0.48, 0.41, 0.40°C. Регионально осредненные значения сезонных аномалий температуры были положительными также и для всех регионов, кроме Австралии (летняя аномалия 0.63°C). Более детальное представление о температурных условиях года дают *глобальные поля сезонных аномалий* (рис. 3).

3. Крупномасштабные особенности многолетнего хода температуры у поверхности Земного шара за период инструментальных наблюдений, 1850-2025 гг.

Межгодовые и межмесячные изменения глобальной температуры (рис. 4). В гидрометеорологической практике широко распространены диаграммы Хофмюллера (Hofmüller, 1949), построенные на пространственно-временных координатах (например, широта и время). В нашем случае обе координаты – временные: «год» (ось ординат OY) и «месяц» (ось абсцисс OX) наблюдения, так что по вертикали диаграмма отслеживает изменение температуры от года к году, а по горизонтали – от месяца к месяцу.

На рис. 4 представлены четыре компонента глобальной температуры, определяемые двумя факторами: полушарием (СП/ЮП) и поверхностью (суша/море). На территории суши анализируются аномалии температуры приземного воздуха (SAT), а на акваториях океанов – температуры поверхностного слоя воды (SST). Все данные представлены в отклонениях от среднего за 1850-1900 гг. (доиндустриальный период).

В результате, каждая из этих четырех диаграмм показывает изменение соответствующей компоненты на протяжении всего периода наблюдений (1850-2025 гг.) относительно ее «доиндустриального уровня». В частности, приведенные диаграммы позволяют отметить несколько существенных особенностей в динамике потепления каждой из компонент:

. Доиндустриальный период (1850-1900 гг.) можно характеризовать как период похолодания, пик которого пришелся на 1905-1915 гг.; при этом похолодание поверхности океанов было особенно ярким и охватило оба полушария, тогда как на суше оно сложилось раньше (уже к 1890-1900 гг.), после чего сменилось потеплением зимних сезонов.

. Потепление 1940-х, названное потеплением Арктики, отмечено в океанах обоих полушарий: в Северном (+0.176°C/10 лет) и Южном (+0.136°C/10 лет). Здесь особенно заметно почти полное отсутствие сезонного хода в океанах (см. диаграммы для SST слева), где межмесячные колебания практически отсутствуют, тогда как на суше (см. диаграммы для SAT, справа) началось

активное потепление зимних сезонов, а летом, вплоть до 80-90-х годов XX столетия сохранялись температурные условия доиндустриального уровня.

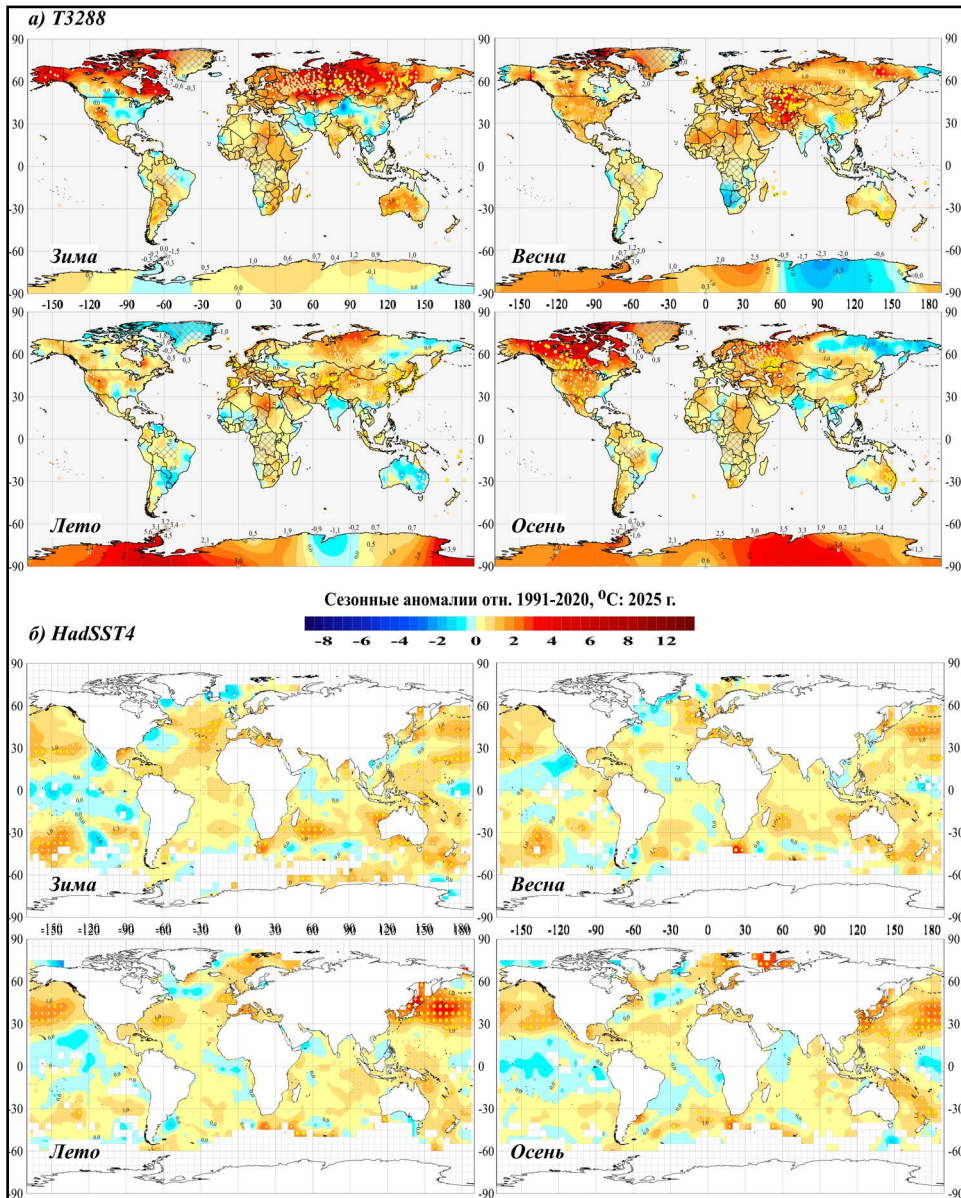


Рисунок 3. Пространственное распределение средних сезонных аномалий приземной температуры (зима, весна, лето, осень, °C):

а) по станционным данным T3288 (ИГКЭ),

б) по сеточным данным HadSST (Hadley/CRU, UK)

Figure 3. Spatial distribution of seasonal mean near-surface temperature anomalies (winter, spring, summer, autumn, °C):

(a) based on station data T3288 (IGCE);

(b) based on gridded data HadSST (Hadley/CRU, UK)

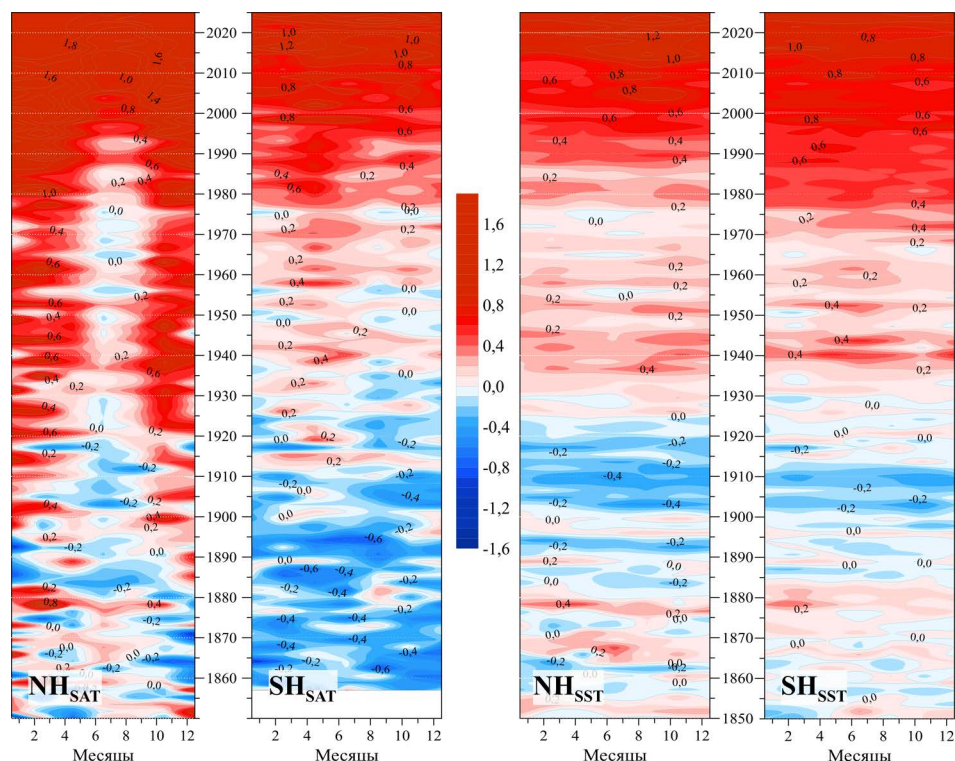


Рисунок 4. Двумерные изоплеты (год-месяц) среднемесячных аномалий глобальной температуры приземного воздуха SAT и поверхностного слоя воды SST для Северного (NH) и Южного (SH) полушарий, 1850-2025 гг.
 Использованы данные Hadley/CRU (CRUTEM5, SAT; HadSST, SST). Аномалии рассчитаны как отклонения от средней соответствующего месяца за 1850-1900 гг. (доиндустриальный период)

Figure 4. Two-dimensional isopleths (year-to-month) of global monthly anomalies of the surface air temperature (SAT) and sea surface temperature (SST) for the Northern (NH) and Southern (SH) Hemispheres, 1850-2025
 The data from Hadley/CRU (CRUTEM5, SAT; HadSST, SST) are used. Anomalies are calculated as deviations from the corresponding monthly mean for 1850-1900 (pre-industrial period)

1. Доиндустриальный период (1850-1900 гг.) можно характеризовать как период похолодания, пик которого пришелся на 1905-1915 гг.; при этом похолодание поверхности океанов было особенно ярким и охватило оба полушария, тогда как на суше оно сложилось раньше (уже к 1890-1900 гг.), после чего сменилось потеплением зимних сезонов.

2. Потепление 1940-х, названное потеплением Арктики, отмечено в океанах обоих полушарий: в Северном ($+0.176^{\circ}\text{C}/10$ лет) и Южном ($+0.136^{\circ}\text{C}/10$ лет). Здесь особенно заметно почти полное отсутствие сезонного хода в океанах (см. диаграммы для SST слева), где межмесячные колебания практически отсутствуют, тогда как на суше (см. диаграммы для SAT, справа) началось активное потепление зимних сезонов, а летом, вплоть до 80-90-х годов XX столетия сохранялись температурные условия доиндустриального уровня.

3. Далее, уже в начале 1970-х на суше Южного полушария фиксируется современное потепление, которое до 1990-2000 гг. протекает здесь более активно, особенно на океанических акваториях.

4. К 1990 г. потепление становится глобальным, наиболее активно протекает на суше и в Северном полушарии, усиливается сначала после 2000 г., затем – в 2010, 2016 и 2024 гг.

5. К 2025 г. аномалии относительно доиндустриального уровня (потепление относительно средней 1850-1900 гг.) колебались в диапазоне 1.0-2.0°C в Северном полушарии и 1.0-1.6°C в Южном. Относительно средней всего ряда (1850-2025 гг.) амплитуда колебаний несколько ниже: 1.0-1.4°C в Северном полушарии и 0.6-1.0°C в Южном.

Представление экстремальных температурных режимов в вероятностной шкале. Как было указано выше, данный прием эффективен для выявления длительных (многомесячных!) экстремумов во временных рядах месячной дискретности (рис. 5). В них значение ряда X_{ym} в каждый момент времени (y, m) заменяется значением функции распределения $F_m = \text{Prob}(x_m \leq X_{ym})$ (аналог ранга в упорядоченном по возрастанию временном ряду), т.е. частотой превышения значения X_{ym} среди данных того же месяца на всем периоде наблюдений. Здесь функция распределения используется как способ нормирования данных, при котором исключается не только сезонный ход средних, но и сезонные различия в масштабах изменчивости. Рекордные значения ряда в этих случаях выделяются автоматически, т.к. автоматически выносятся на верхнюю ($F = 100\%$) или нижнюю ($F = 0\%$) граничную шкалу рисунка.

На рис. 5 воспроизведены три независимых фрагмента временного ряда, иллюстрирующие 13-летние периоды в ходе глобальной температуры (HadCRUT5, суша+море, Земной шар) в вероятностной шкале. Напомним, что ось абсцисс соответствует шкале времени (с шагом месяц), а ось ординат – вероятности не превышения $F_m = \text{Prob}(x_m \leq X_{ym})$. Значение $F_m = 0$ соответствует осуществлению рекордно холодного месяца, а $F_m = 1$ – рекордно теплого.

Каждый из периодов заканчивается экстремальными значениями глобальной температуры, в том числе:

- Верхний фрагмент, 2004-2016 гг.: 23-месячный период 5%-х экстремумов тепла (2014₁₂-2016₁₀), включая 11 месячных рекордов. По-видимому, высокий уровень глобальной температуры связан с активным Эль-Ниньо и с выявленной длительной аномалией в северном Тихом океане;
- Средний фрагмент, 2009-2021 гг.: также 23-месячный период 5%-х экстремумов тепла (2018₁₂-2020₁₀);
- Нижний фрагмент, 2013-2025 гг.: 37-месячный период 5%-х экстремумов тепла (2022₁₂-2025₁₂), включая 10 месячных рекордов.

С 2016 года актуальным остался лишь рекорд марта (рис. 5, нижний фрагмент).

Можно видеть, что действительно все три периода длительных экстремумов четко выделяются на рисунке: все месячные рекорды выделяются на верхней оси абсцисс, а 5%-е экстремумы тепла отсекаются параллелью $F = 95\%$.

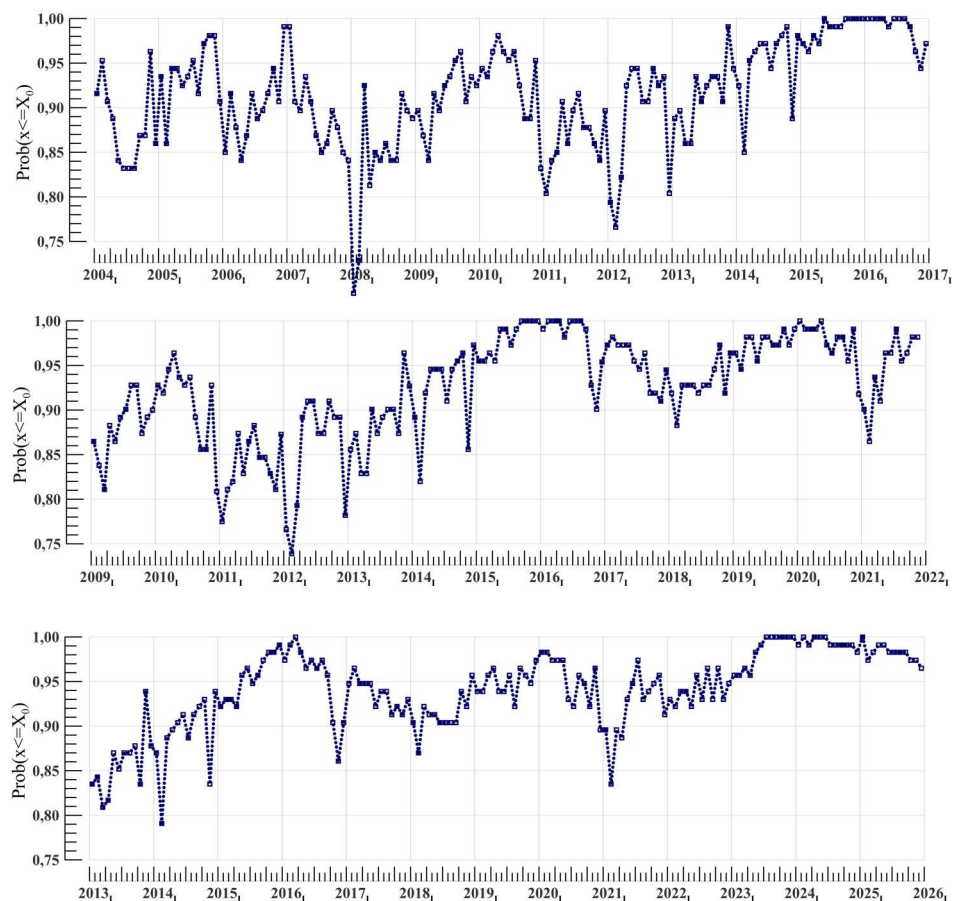


Рисунок 5. Временные ряды среднемесячных аномалий глобальной приповерхностной температуры в вероятностной шкале

Использованы данные HadCRUT5 (суша+море) для Земного шара в целом. Вероятности непревышения рассчитаны по состоянию ряда на 2016, 2021 и 2025 гг. (сверху вниз)

Figure 5. Time series of monthly mean near-surface temperature anomalies in probabilistic scale
Data from HadCRUT5 (land and ocean) for the globe as a whole were used. Non-exceedance probabilities were calculated based on the state of the series as of 2016, 2021, and 2025 (from top to bottom)

4. Глобальные временные ряды как интегральная характеристика климата и его изменений (приземная температура)

Интегральную характеристику наблюдаемых изменений приземной температуры и оценку их интенсивности дают глобально осредненные временные ряды для Земного шара, Северного и Южного полушарий (рис. 6, базовый период 1991-2020 гг.) и оценки линейного тренда среднегодовой глобальной температуры, °C/10 лет на различных участках временного ряда (табл. 4).

Уже визуально можно видеть основные переломные моменты в ходе глобальной температуры, общие для всех представленных рядов. Первый такой момент – минимум в начале XIX столетия (1905-1910 гг.), за ним – максимум в первой половине 1940-х гг., далее – колебания без определенной направленности (или с небольшим нисходящим трендом) до середины 1970-х,

сменившиеся резким потеплением, продолжающимся до наших дней. Именно этот последний период принято считать современным глобальным потеплением (условно – с 1976 года, хотя даже из приведенного рис. 7 ясно, что в разных полушариях (Северное/Южное) и средах (суша/море) этот срок определяется не так однозначно).

Таблица 4. Оценки линейного тренда среднегодовой глобальной температуры, °C/10 лет на различных участках временного ряда (по разным наборам данных)
Table 4. Estimates of the linear trend of the global annual temperature, °C/10 years for the different periods and by different datasets

Регион	Период оценивания			
	1911-1945	1946-1975	1976-2005	1976-2025
HadCRUT5 (Hadley/CRU, суша+море)				
Земной шар	0.140 ₀₁	-0.004 ₉₅	0.194 ₀₁	0.195 ₀₁
Северное полушарие	0.161 ₀₁	-0.053 ₀₃	0.264 ₀₁	0.266 ₀₁
Южное полушарие	0.118 ₀₁	0.045 ₀₅	0.124 ₀₁	0.123 ₀₁
T3288 (ИГКЭ, только суша)				
Земной шар	0.109 ₀₁	-0.002 ₉₉	0.305 ₀₁	0.304 ₀₁
Северное полушарие	0.130 ₀₁	-0.031 ₃₉	0.362 ₀₁	0.361 ₀₁
Южное полушарие	0.048 ₁₂	0.048 ₁₂	0.175 ₀₁	0.170 ₀₁
CRUTEM5 (Hadley/CRU, только суша)				
Земной шар	0.111 ₀₁	-0.008 ₈₉	0.294 ₀₁	0.300 ₀₁
Северное полушарие	0.135 ₀₁	-0.044 ₁₉	0.353 ₀₁	0.360 ₀₁
Южное полушарие	0.064 ₀₂	0.064 ₁₃	0.176 ₀₁	0.179 ₀₁
HadSST (Hadley/CRU, только море)				
Земной шар	0.161 ₀₁	-0.015 ₄₃	0.154 ₀₁	0.159 ₀₁
Северное полушарие	0.176 ₀₁	-0.061 ₀₁	0.200 ₀₁	0.206 ₀₁
Южное полушарие	0.136 ₀₁	0.038 ₁₀	0.109 ₀₁	0.114 ₀₁

Примечание. В качестве нижнего индекса приведен критический уровень значимости (в %).

5. Географические и сезонные особенности современных изменений климата на территории Земного шара, 1976-2025 гг.

Анализ современных тенденций в изменении приземной температуры на территории Земного шара, локальных и региональных, базируется на данных наблюдений на 2376 станциях (массив T3288, суша, ИГКЭ) и в центрах 1391 пятиградусных боксов (массив HadCRUT5, суша+море, Hadley/CRU). Данные выражены в аномалиях относительно базового периода 1991-2020 гг. и охватывают не менее 35 лет наблюдений, включая последний. В качестве регионов рассматриваются глобальные территории (ЗШ, СП, ЮП) и введенные выше крупные регионы мира: континенты, северные океаны и основные широтные пояса. Для континентов ряды получены по станционным данным T3288 с 1901 г., а для широтных поясов и океанов – по сеточным данным HadCRUT5 с 1850 г. (для океанов это фактически HadSST).

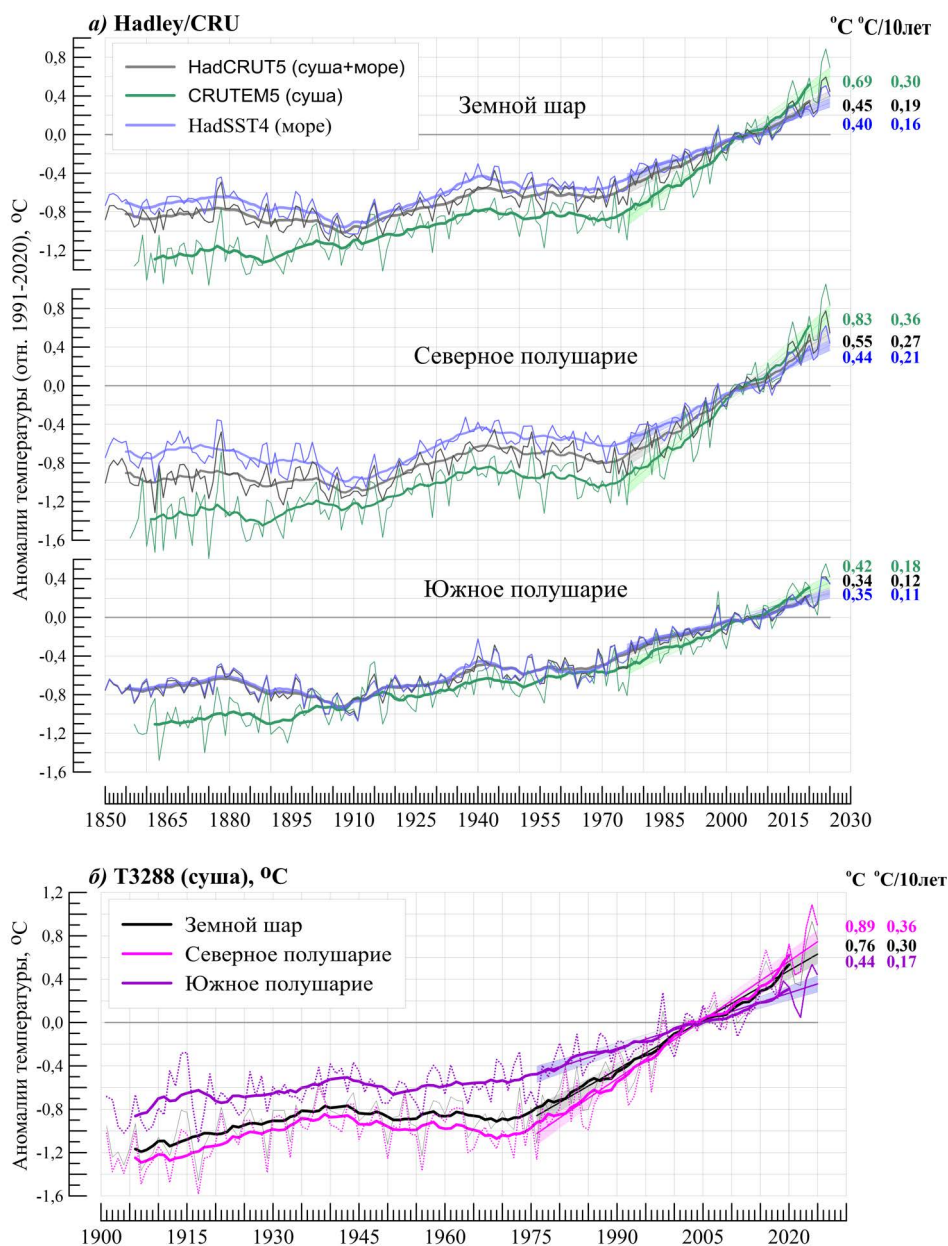


Рисунок 6. Временные ряды среднегодовых аномалий приземной температуры, осредненных по территории Земного шара, Северного и Южного полушарий:

а) по данным Hadley/CRU: HadCRUT5 (суша+море), CRUTEM5 (суша), HadSST4 (море),
 б) по данным ИГКЭ: T3288 (суша)

Для всех рядов показан ход 11-летних скользящих средних и линейный тренд за 1976-2025 гг. с 95% доверительным интервалом. Справа приведены числовые значения среднегодовых аномалий в 2025 г. и значения коэффициентов линейного тренда за 1976-2025 гг. (°C/10лет)

Figure 6. Time series of annual near-surface temperature anomalies, spatially averaged over the Globe, Northern and Southern hemispheres: а) Hadley/CRU data, 1850-2025: HadCRUT5 (land + sea), CRUTEM5 (land), HadSST4 (sea); б) IGCE data, 1901-2025: T3288 (land)

All data are given in anomalies relative to the base period 1991-2020. For each series, the course of the 11-year moving averages and the linear trend for 1976-2025 with a 5% confidence interval are additionally shown. On the right, the numerical values of anomalies in 2025 and trend coefficients are given

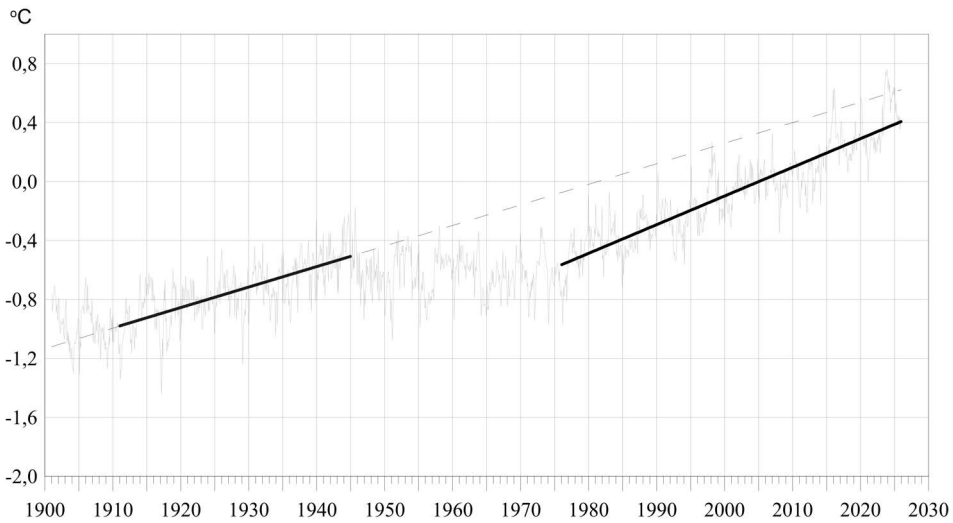


Рисунок 7. Временной ряд среднемесячных аномалий глобальной температуры с шагом 1 месяц HadCRUT5, (суша+море), 1901-2025 гг.

Деления на шкале ОХ соответствуют годам (месяцы не показаны). Прямыми линиями показаны восходящие тренды за периоды 1911-1945 гг. и 1976-2025 гг.

Figure 7. Monthly time series of global near-surface temperature anomalies HadCRUT5, (land+sea), 1901-2025

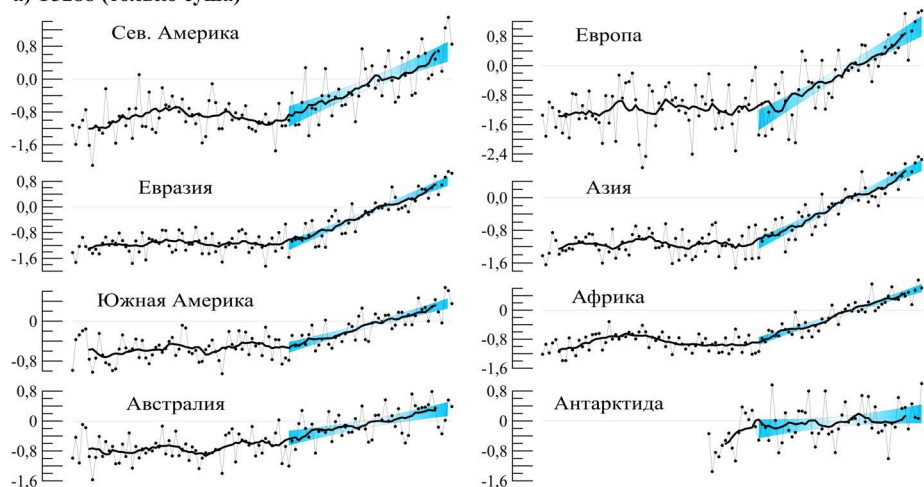
The divisions on the OX scale correspond to years (months are not shown). Straight lines show the upward trends for the periods 1911-1945 and 1976-2025

Далее приводятся: временные ряды регионально-осредненных аномалий для введенных 15 крупных регионов Земного шара (рис. 8); полученные по ним годовые и сезонные региональные оценки тренда (табл. 5); глобальные поля локальных среднегодовых оценок тренда (рис. 9); и их частотные распределения по регионам в зависимости от интенсивности тренда b и его статистической значимости α (табл. 7).

Как следует из оценок трендов (табл. 6, рис. 9), **тенденция к потеплению** наблюдается практически на всей территории Земного шара: положительные коэффициенты тренда составляют около 97% всех локальных оценок, станционных и в боксах, в том числе почти 90% – статистически значимы, по крайней мере, на 5% -уровне.

В соответствии с региональными оценками (табл. 5), тенденция к потеплению климата подтверждается (с доверительной вероятностью не ниже 99%) во все сезоны и на территории всех рассмотренных крупных регионов, кроме Южной полярной области. Здесь, в антарктическом поясе и Антарктиде, оценки указывают на твердое статистически значимое (на 1%-уровне) потепление только осенью. Зимой и весной в этих регионах оценки не только не подтверждают потепление, но еще и обнаруживают тенденцию к похолоданию.

а) T3288 (только суша)



б) HadCRUT5 (суша+море)

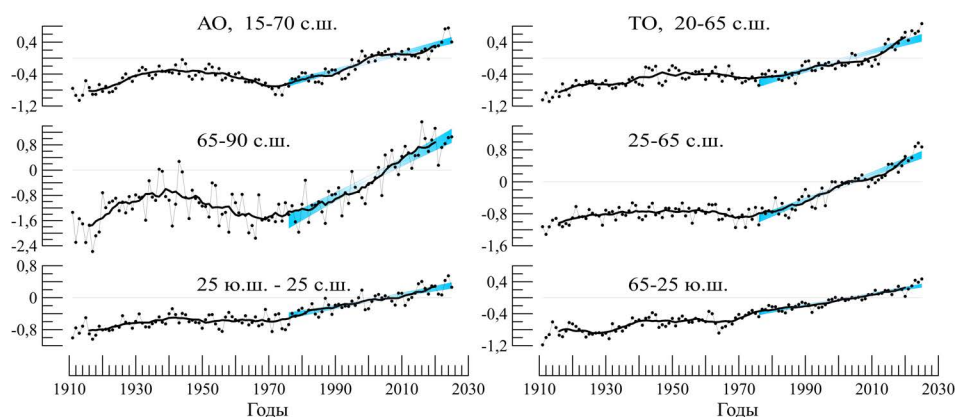


Рисунок 8. Временные ряды пространственно-осредненных среднегодовых аномалий приземной температуры (а) для континентов и (б) северных частей Атлантического и Тихого океанов и основных широтных поясов Земного шара

Аномалии приведены в отклонениях от средних за 1991-2020 гг. Сглаженные кривые (жирная линия) получены 11-летним скользящим усреднением. Показан линейный тренд за 1976-2025 гг. с 95%-м доверительным интервалом (голубая заливка). Расчет пространственно-осредненных аномалий выполнен по методике ИГКЭ по данным: а) T3288 (для континентов); б) HadCRUT5 (для океанов и широтных поясов)

Figure 8. Time series of spatially averaged annual surface temperature anomalies: (a) for all continents, and separately for Europe and Asia; (b) for the northern parts of the Atlantic and Pacific Oceans, and for major latitudinal zones

Anomalies are calculated relative to the 1991-2020 baseline. Smoothed curves (bold line) are obtained by an 11-year moving averaging. Linear trends for 1976-2024 are shown with a 95% confidence interval (blue shading). The calculation of spatially averaged anomalies was performed using the IGCE procedure based on the data of T3288 (a) and HadCRUT5 (b)

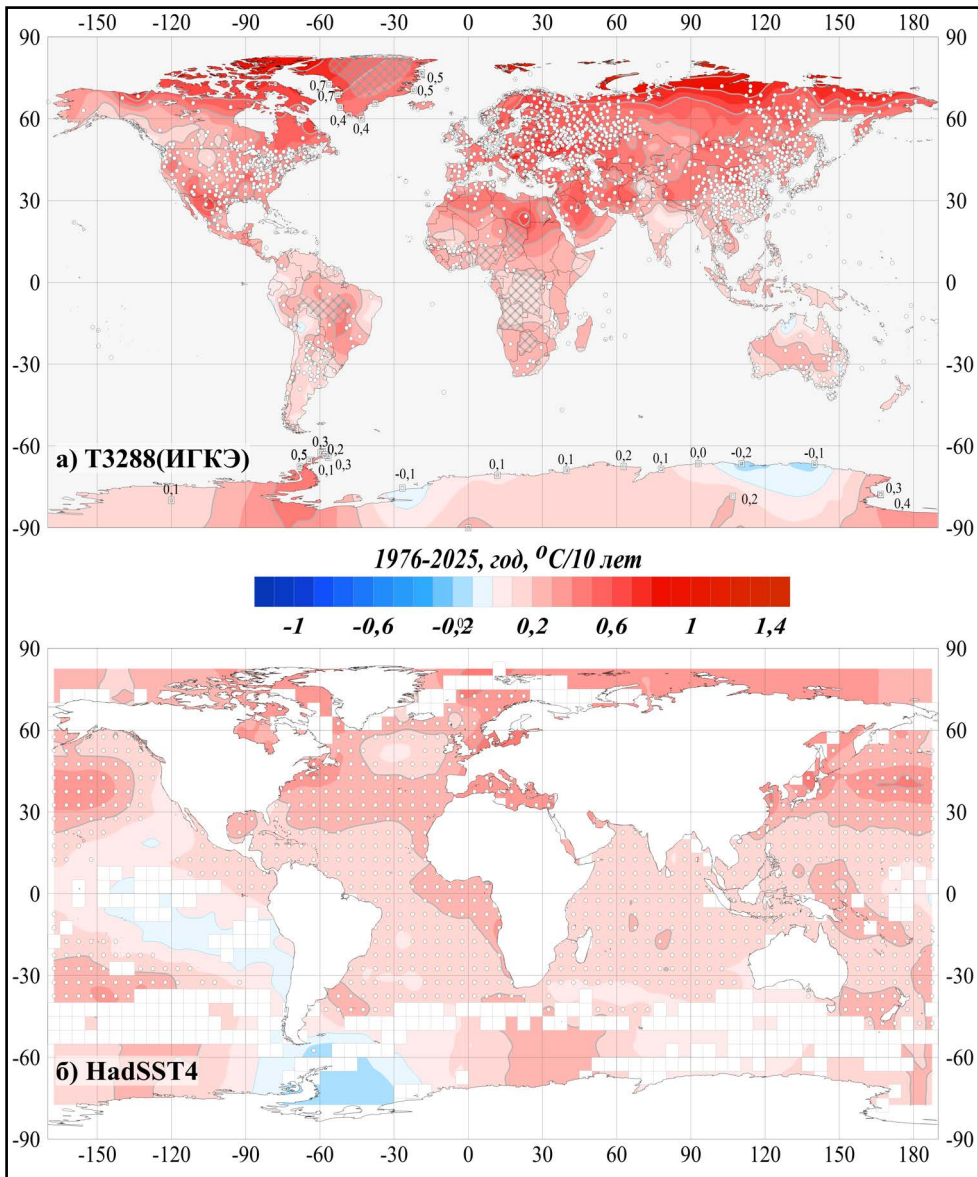


Рисунок 9. Пространственное распределение локальных коэффициентов линейного тренда среднегодовой температуры у поверхности Земного шара, 1976-2025 гг. ($^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$):
а) SAT – температура приземного воздуха (станционные данные T3288, ИГКЭ, суша),
б) SST – температура поверхностного слоя воды (сеточные данные HadSST (Hadley/CRU, море)
Штриховкой (а) и пустыми боксами (б) показаны области отсутствия наблюдений. В точках расположения станций Антарктиды и Гренландии приведены числовые значения коэффициентов тренда (с точностью до $0.1^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$). Белыми кружками выделены боксы/станции, в которых тренд статистически значим на 1%-м уровне

Figure 9. Spatial distribution of local coefficients of the linear trend of annual mean surface temperature (1976-2025, $^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$):

(а) SAT – near-surface air temperature (station data T3288, IGCE, land),
(б) SST – sea surface temperature (gridded data HadSST, Hadley/CRU, ocean)
Areas without observations are shown by hatching (a) and empty boxes (b). Numerical values of trend coefficients (to $0.1^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$) are given at the locations of Antarctic and Greenland stations. White circles mark boxes/stations with trends statistically significant at the 1% level

Таблица 5. Коэффициенты линейного тренда (1976-2025 гг., °C/10 лет) регионально осредненных аномалий приземной температуры (в целом за год и по сезонам)
Table 5. Linear trend coefficients (1976-2025, °C/10 years) of spatially averaged surface temperature anomalies (for the year as a whole and by seasons)

Регион	Год	Зима	Весна	Лето	Осень
<i>HadCRUT5 (суша+море)</i>					
Земной шар	0.195	0.186	0.196	0.198	0.200
Северное полушарие	0.266	0.253	0.261	0.271	0.280
Южное полушарие	0.123	0.120	0.131	0.124	0.120
Атлантика (15-70N)	0.217	0.214	0.191	0.232	0.239
Тихий океан (20-65N)	0.232	0.186	0.192	0.278	0.269
Арктический пояс (65-90N)	0.553	0.545	0.579	0.412	0.598
Умеренный пояс СП (25-65N)	0.326	0.297	0.317	0.346	0.345
Тропики (25S-25N)	0.154	0.151	0.156	0.155	0.151
Умеренный пояс ЮП (65-25S)	0.141	0.125	0.135	0.125	0.122
Антарктический пояс (90-65S)	*0.113	** -0.052	-0.008	*0.198	0.302
<i>T3288 (суша)</i>					
Земной шар	0.304	0.299	0.310	0.281	0.325
Северное полушарие	0.361	0.359	0.384	0.327	0.374
Южное полушарие	0.170	0.161	0.139	0.175	0.211
Северная Америка	0.330	0.428	0.200	0.299	0.406
Евразия	0.418	0.365	0.516	0.386	0.402
Южная Америка	0.184	0.181	0.137	0.169	0.246
Африка	0.296	0.271	0.341	0.288	0.288
Австралия	0.162	0.142	0.095	0.141	0.246
Антарктида	**0.081	-0.047	-0.003	0.140	0.231
Европа	0.521	0.586	0.452	0.532	0.499
Азия	0.388	0.304	0.532	0.343	0.373
Арктика (суша)	0.330	0.428	0.200	0.299	0.406
<i>HadSST4 (море)</i>					
Земной шар	0.159	0.145	0.154	0.174	0.164
Северное полушарие	0.206	0.178	0.180	0.239	0.229
Южное полушарие	0.114	0.115	0.131	0.112	0.101

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

Регион наиболее интенсивного потепления – арктический широтный пояс (суша+море), где оценки колеблются от +0.424°C/10 лет (летом) до +0.611°C/10 лет (осенью). Из континентов выделяется Евразия – тренд в среднем за год 0.413°C/10 лет, весной 0.509°C/10 лет. В Европе наиболее интенсивно потепление зимних и летних сезонов (0.560 и 0.541°C/10 лет), в Азии – весенних (0.528°C/10 лет). Наименее выражено потепление на континентах

Южного полушария: в Антарктиде, Австралии и Южной Америке (соответственно, 0.061, 0.161 и 0.184°C/10 лет).

Дополнительно отметим, что тренд современного потепления (1976-2025 гг.) для трех глобальных территорий (ЗШ, СП, ЮП) составляет 0.30, 0.36, 0.17°C/10 лет над сушей (по данным T3288; по данным CRUTEM5 практически также: 0.30, 0.36, 0.18) и только 0.16, 0.21, 0.11°C/10 лет на океанских акваториях (по данным HadSST4). Современное глобальное потепление, таким образом, особенно значительно над сушей Северного полушария.

Таблица 6. Частотное распределение локальных оценок тренда по регионам, в зависимости от знака коэффициента тренда b и уровня значимости α , 1976-2025 гг. (значения в ячейках таблицы представлены в процентах от NN)

Table 6. Frequency distribution of local trend estimates by regions, depending on the sign of the trend coefficient b and the significance level α , 1976-2025. Values in the table cells are given as percentages of NN

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		1391	2.9	0.4	2.6	0.9	96.1	88.4	6.0
Северное полушарие		842	0.6	0.1	0.5	0.4	99.0	94.8	3.3
Южное полушарие		549	6.6	0.7	5.8	1.8	91.6	78.5	10.0
Атлантика, 15-70N		129	-	-	-	-	100.0	97.7	2.3
Тихий океан, 20-65N		145	-	-	-	-	100.0	100.0	-
Широтные пояса	65-90N	68	1.5	1.5	-	-	98.5	97.1	1.5
	25-65N	479	-	-	-	-	100.0	97.7	1.7
	25S-25N	581	4.3	-	4.3	1.2	94.5	84.9	7.9
	65-25S	250	4.8	0.8	4.0	2.4	92.8	78.8	9.6
	90-65S	13	23.1	15.4	7.7	-	76.9	38.5	30.8
T3288 (только суша)									
Земной шар		2376	2.3	0.7	1.4	0.3	97.4	90.9	4.8
Северное полушарие		2040	0.8	0.2	0.5	0.2	99.0	94.3	3.3
Южное полушарие		336	11.3	3.6	6.8	0.9	87.8	70.2	13.7
С. Америка		393	1.0	0.5	0.5	0.5	98.5	84.0	10.2
Евразия		1455	0.5	0.1	0.3	0.1	99.4	97.4	1.4
Ю. Америка		116	8.6	1.7	6.0	-	91.4	69.8	16.4
Африка		101	2.0	1.0	1.0	-	98.0	94.1	4.0
Австралия		127	16.5	5.5	9.4	0.8	82.7	64.6	14.2
Антарктида		18	16.7	11.1	5.6	-	83.3	55.6	27.8
Европа		541	-	-	-	-	100.0	99.8	0.2
Азия		923	0.8	0.1	0.5	0.2	99.0	96.0	2.2
Арктика (суша)		144	-	-	-	-	100.0	99.3	-

Примечание. NN – общее количество боксов/станций в регионе.

Сезонные особенности трендов температуры хорошо иллюстрируются данными табл. 7. Тенденция к потеплению доминирует на территории Земного шара как в целом за год (97.4% локальных оценок тренда – положительные), так и в каждом из четырех сезонов (доля положительных локальных оценок тренда не менее 91.9%). Однако зимой из них статистически значимы на 1%-ом уровне

лишь 48.7%, а в остальные сезоны – более 70% (на 5%-ом уровне соответственно, 78.2% и более 90%). Весной доля отрицательных трендов 7.7%, в остальные сезоны – менее 5% и при этом доля значимых на 1%-ом уровне до 0.6% , т.е. до 15 станций (на 5%-м уровне – до 0.8% или до 20 станций).

Таблица 7. Распределение коэффициентов тренда температуры на станциях Земного шара по знаку *b* и уровню значимости *α*
Table 7. Distribution of seasonal and annual temperature trends at global stations by direction and significance level

	Количество станций с данными	<i>b</i> > 0		<i>b</i> < 0		<i>b</i> = 0
		всего	<i>α</i> < 1%	всего	<i>α</i> < 1%	всего
зима	2525	94.7%	48.7%	4.8%	0.4%	0.5%
весна	2509	91.9%	71.1%	7.7%	0.6%	0.4%
лето	2496	95.6%	74.7%	3.9%	0.5%	0.5%
осень	2504	97.0%	75.8%	2.6%	0.2%	0.4%
год	2376	97.4%	87.8%	2.3%	0.3%	0.3%

6. Продукция системы GCCM (Global Climate Change Monitoring)

Результаты мониторинга климата и изменений климата (глобального и на территории России) в ФГБУ «ИГКЭ» представлены в сезонных и годовых бюллетенях и ежегодных докладах, которые размещаются и хранятся на сайтах ИГКЭ (<http://www.igce.ru/climatechange/>) и СЕАКИЦ (<http://seakc.meteo-info.ru>), а также публикуются в постоянной рубрике «Мониторинг климата» журнала «Фундаментальная и прикладная климатология». Ежегодная продукция системы GCCM представлена на рис. 10 и подробно описана в табл. 8.



Рисунок 10. Ежегодная продукция системы GCCM (Global Climate Change System)
Figure 10. Annual output of the GCCM (Global Climate Change System)

Таблица 8. Состав продукции мониторинга климата в ФГБУ «ИГКЭ»

Table 8. Composition of climate monitoring products at the IGCE

N N	Наименование	Период выпуска	Руководящие документы
1	Доклад об особенностях климата на территории РФ	2005-2025	Выпускается с 1997 года в статусе Материалов для Государственного доклада Роскомгидромета. С 2007 года получил статус ежегодного официального издания гидрометеослужбы (приказ № 15 от 06.01.2007). Выпуски доступны с 2005 г.
2	Сводное ежегодное сообщение о состоянии и изменении климата на территории государств-участников СНГ	2011-2025	Выпускается в соответствии с решением 3.3/23 23-й сессии Межгосударственного совета по гидрометеорологии СНГ (г. Астана, 28-29 сентября 2011 г.)
3	Бюллетень изменения климата России	2002-2025	Технология мониторинга климата на территории РФ утверждена ЦМКП Росгидромета Решением от 13.12. 2013 г.
4	Бюллетень мониторинга изменений климата Земного шара. Приземная температура (с 2025 г., включая Мировой океан)	2016-2025	Выпускается с 2016 г. (2015-2016 гг. – экспериментальные выпуски). Технология мониторинга глобального климата (подсистема «Приземная температура») утверждена Решением ЦМКП от 20.12.2016
5	Ежемесячный обзор климатических условий у поверхности Земного шара и России. Экспресс-бюллетень: температура и осадки текущего месяца	2024-2025	Выпускается с 2025 г., ежемесячно (по решению руководства ФГБУ «ИГКЭ»)
6	Ежегодный обзор состояния и тенденций изменения климата СНГ	2009-2025	Выпускается с 2009 г.
7	Бюллетень вихревой активности	2021-2025	Выпускается с 2021 г. один раз в год
8	Бюллетень «Индексы экстремумов температуры»	2021-2025	Выпускается с 2021 г. один раз в год
9	Материалы по российской Арктике	2020-2025	Выпускается для «Обзора загрязнений окружающей среды»
10	Состояние и изменение климата Каспийского региона		Выпускается по запросу руководства

Примечание. Все выпуски бюллетеней и Докладов доступны на сайте ИГКЭ (<http://www.igce.ru/climatechange/>).

ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ временной изменчивости по данным инструментальных наблюдений, 1901-2025 гг. (с акцентом на состоянии глобального потепления)

Анализ текущих тенденций в изменении климата и сравнение текущего состояния климата с историческим прошлым выполнен здесь с помощью скользящих оценок средних и трендов в достаточно широком диапазоне масштабов (от 10 до 100 лет), по данным всей доступной 125-летней истории инструментальных наблюдений (метод кратко описан выше, в разделе «Данные и методика анализа»). На рис. 11, 12 приведены результаты анализа временных рядов аномалий среднегодовой температуры (в «отклонениях от нормы», °C) и годовых сумм осадков (в процентах от нормы), в среднем для территории Земного шара (суша), территории России и для станции Москва ВДНХ (индекс 27612). Анализируемые временные ряды и все оценки по ним получены по методике и данным ИГКЭ (массивы T3288 и R1383). Аномалии рассчитаны относительно средней анализируемого ряда (по всему периоду 1901-2025 гг.).

Для удобства условимся называть эту «полную» среднюю «базовой», а статистику скользящих участков ряда – «локальной». Напомним, что значение диаграммы в точке (x_0 , y_0) не что иное, как значение локальной статистики на отрезке $[x_0 - y_0 + 1, x_0]$. На диаграммах «mean» – это разность между локальной и базовой средней (изменение климата), а на диаграммах «trend» – локальная скорость изменения климата в ед./10 лет). В целом, диаграмма показывает, как менялся «базовый» климат региона на протяжении всей 125-летней истории наблюдений. При этом на рисунках приведены оценки для всех временных масштабов от 10 до 100 лет.).

Температура приземного воздуха (массив T3288, данные ИГКЭ: отклонения от средней за 1901-2025 гг., °C).

Можно видеть, что на диаграммах (рис. 11) для Земного шара и России 10-летние средние (значения на оси абсцисс) к началу 1990-х пересекли нулевую отметку и больше к ней не возвращались, т.е. в среднем по территории региона средняя за ~1981-1990 гг. (и все последующие по 2016-2025 гг.) стала выше базовой 125-летней.

Это значит, что процесс потепления к началу 1990-х охватил сушу Земного шара в целом (т.е. потепление уже стало глобальным), как и всю территорию России. Но локально, в Москве, потепление проявилось позже (средняя 10-летняя стала больше 125-летней после 2005 г.), хотя тренд (см. нижний фрагмент) стал восходящим гораздо раньше (по крайней мере, не позже 1978-1980 гг.).

В последние 30-40 лет (т.е. уже в период глобального потепления) процесс потепления протекает в России и в Москве активнее. К настоящему времени 30-летние средние аномалии (относительно средней 1901-2025 гг.) по глобальной суше едва достигли 0.6-0.7°C, по России – превысили 0.95°C, а в Москве составили уже 1.6°C.

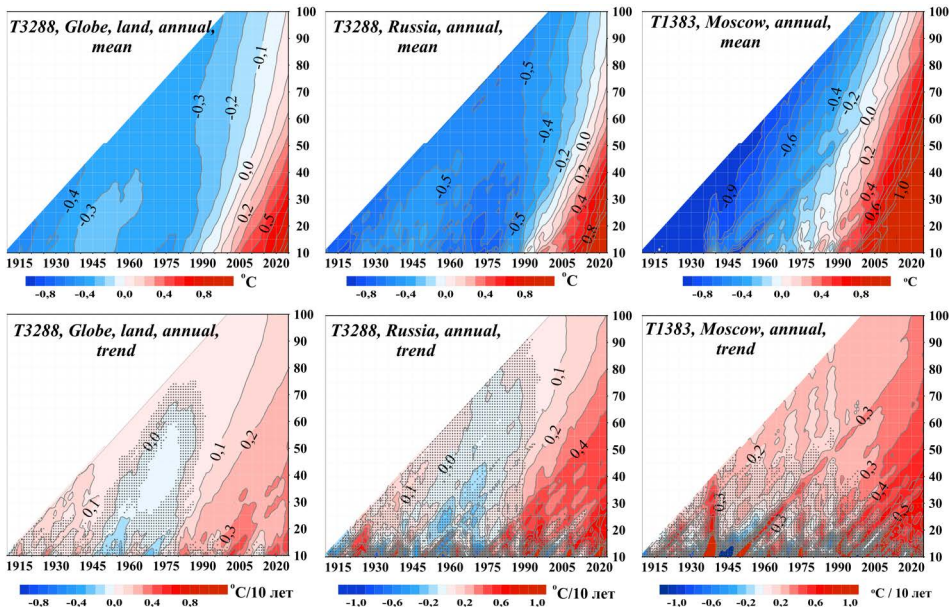


Рисунок 11. Многолетние средние (вверху) и коэффициенты тренда (внизу) аномалий среднегодовой температуры приземного воздуха, в среднем для Земного шара (суша), территории России и станции Москва (индекс 27612) в зависимости от длины периода оценивания (оУ) и его конечного года (оХ)

Анализируемые временные ряды и оценки диаграмм получены по данным массива T3288 (данные и методика расчета ИГКЭ) для всех скользящих периодов от 10 до 100 лет в течение 1901-2025 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от средней всего ряда (за 1901-2025 гг.)

Figure 11. Long-term averages (top) and trend coefficients (bottom) of annual mean near-surface air temperature anomalies, averaged over the globe (land), Russia, and the Moscow station (index 27612), depending on the length of the evaluation period (y-axis) and its end year (x-axis)

The time series and diagram estimates were obtained from the T3288 dataset (IGCE data and methodology) for all moving periods from 10 to 100 years within 1901-2025. Anomalies are calculated as deviations from the mean of the entire series (1901-2025)

На всех трех диаграммах, с каждым увеличением периода осреднения (от 10 лет к 100), пересечение нулевой отметки смещается к более позднему сроку, и все последующие локальные средние того же масштаба, вплоть до конца ряда (до конца 2025 г.), остаются больше 125-летней средней, то есть потепление продолжается. Следует подчеркнуть, что момент пересечения базового уровня для каждого масштаба (периода осреднения) свой, но всегда позже 1976-1990 гг.

Диаграммы для трендов (нижние фрагменты) уточняют вывод: в любой точке с абсциссой $x > 1978-1980$ и ординатой $y > 20-30$ лет, для всех трех регионов, тренды положительны и статистически значимы на 5%-уровне, но с увеличением длины периода осреднения тренды становятся менее интенсивными.

Дополнительно заметим, что на этой диаграмме видны практически все отмеченные выше вехи в изменении глобальной температуры: арктическое потепление 1940-х; отсутствие выраженных линейных трендов в 1940-1970 гг.;

эпизодические усиления потепления в 1980-1990 гг., сменившиеся 15-летней «паузой» («global-warming hiatus») на стыке столетий и новыми «всплесками» тепла после 2010 года. В целом, такая диаграмма содержит оценки состояния глобального режима температуры) в любой момент XX-XIX столетия и создает полную картину временной структуры его изменений в пределах доступного периода наблюдений.

Таким образом, по актуализированным и максимально продленным данным показано, что на любых промежутках времени от 20 до 100 лет, завершающихся не раньше конца 1970-х г., над сушей Земного шара по-прежнему имеет место статистически значимый восходящий тренд глобальной температуры, при котором любые «локальные» средние с какого-то момента (но не раньше конца 1970-х) превышают среднюю всего ряда (в первой редакции этот вывод был опубликован нами в 2022 г.).

Этот результат, на наш взгляд, означает: *«потепление 1976-2025 гг., начавшееся в 1970-1980-х гг., ставшее глобальным к 1990-м гг. и усилившееся после 2010 г., продолжается в настоящее время и пока не затухает».*

Годовые суммы осадков¹⁾ (массив R1383, данные ИГКЭ, только суша: аномалии в % от нормы за 1901-2025 гг.).

Временные ряды годовых сумм осадков рассчитаны сначала для каждой станции (осреднением за 12 месяцев, в мм/мес), после чего осреднены по всем доступным наземным станциям на территории региона. Далее все три региональных ряда преобразованы в относительные аномалии (региональные годовые суммы в % от 125-летней средней) (рис. 12).

Диаграммы построены точно так же, как для температуры. Единственное отличие – диаграмма для Москвы, как и данные для этой станции в массиве R1383, охватывают период 1949-2025 гг. и потому оценки для Москвы на диаграмме приведены в координатной области: $x = 1958-2025$ и $y = 10-75$.

Приведенные диаграммы, на наш взгляд, представляют интерес, в основном, для анализа режима осадков (глобального и, возможно, крупных регионов) в связи с динамикой температурного режима в течение 1901-2025 гг. и, прежде всего, в связи с глобальным потеплением. В этом отношении представляются интересными несколько следующих наблюдений.

- Во-первых, низкая временная изменчивость суммарных осадков: изменения средних любого временного масштаба (от 10 до 100 лет) не выходят за пределы $\pm 5\%$ базовой нормы, а для Земного шара – даже меньше. При этом на всех анализируемых периодах локальные средние оставались меньше базовой нормы вплоть до начала XXI-го столетия (изолинии 95%, 97.5%), за исключением периода между двумя потеплениями (примерно 1940-1970 гг.), которому на диаграмме соответствует область годовых сумм осадков более 100%.

¹⁾ Для осадков глобальные оценки публикуются нами впервые. Их следует воспринимать как предварительные, поскольку использована версия массива R1383, в которой при расчете локальных годовых сумм осадков на станциях допускался пропуск данных наблюдений для одного из 12 месяцев года, что противоречит рекомендации ВМО. Работа по верификации массива в настоящее время не завершена.

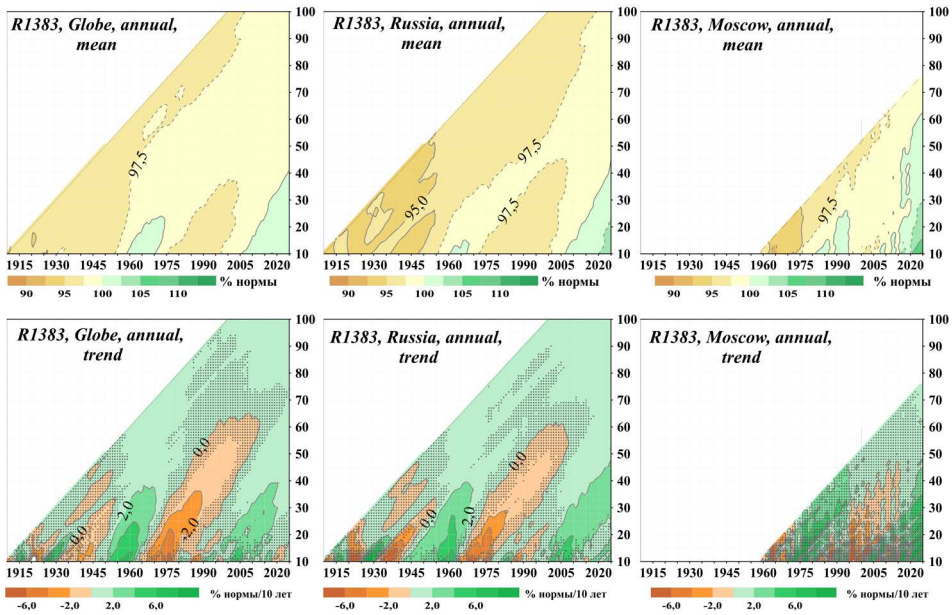


Рисунок 12. См. Рис. 10, но для аномалий годовых сумм осадков (в % от нормы
Использован массив R1383, станционные данные ИГКЭ (только суша, 1901-2025 гг.).
Аномалии рассчитаны относительно средней всего ряда

Figure 12. See Fig. 10, but for anomalies of annual precipitation totals (as a percentage of the norm)
Station data R1383 (IGCE, land only, 1901-2025) were used. Anomalies are calculated relative
to the mean of the entire series

- На протяжении всего рассматриваемого периода (1901-2025 гг.), направленность изменений в ходе годовых сумм осадков в трех рассматриваемых регионах (рис. 11) очень близка и согласуется с изменениями в ходе температуры (рис. 10). Так, периодам потепления в XX столетии (потепление 1940-х и 1976-2000 гг.) в осадках сопутствуют периоды относительной засухливости (локальные средние меньше базовой и нисходящий тренд), а между потеплениями (в 1940-1970-х гг.) отсутствие выраженных линейных трендов в ходе температуры вполне согласуется с небольшим увеличением осадков (по крайней мере, в целом по Земному шару и по России).

- Увеличение осадков с началом 2000 гг. четко проявляется на обеих диаграммах: средние всех масштабов после 2005 г. становятся больше 100%, (больше 125-летней средней), а тренды после 1978-1980 гг. – все восходящие и после 2005 года статистически значимы на временных масштабах более 30 лет (кроме 70-80 лет для Земного шара).

- Для Москвы в течение 1949-2025 гг. основные черты в изменении режима осадков также имеют место, но тренды на всех масштабах статистически незначимы.

Выводы

1. 2025 год по всем трем глобальным территориям (ЗШ, СП, ЮП) стал третьим самым теплым годом в истории наблюдений по всем наборам данных Hadley/CRU (суша, море, суша+море) и вторым – по данным ИГКЭ (массив T3288, суша). Среднегодовая аномалия глобальной температуры (HadCRUT5, «суша+море») относительно 1991-2020 гг. составила в 2025 г. $+0.445^{\circ}\text{C}$, что на 0.152°C ниже рекорда 2024 года ($+0.597^{\circ}\text{C}$) и на 1.268°C выше доиндустриального уровня (1850-1900 гг., 0.823°C). По данным ИГКЭ (T3288, суша), соответствующие значения составляют: $+0.761^{\circ}\text{C}$, что на 0.172°C ниже рекорда 2024 года ($+0.933^{\circ}\text{C}$). (По данным Hadley/CRU (массив GRUTEM5, суша) аномалия температуры составила в 2025 г. $+0.693^{\circ}\text{C}$, что на 0.194°C ниже рекорда 2024 года ($+0.887^{\circ}\text{C}$) и на 1.930°C выше доиндустриального уровня (1857-1900 гг., 1.237°C)).

2. По всем трем глобальным территориям (ЗШ, СП, ЮП), три последние года стали самыми теплыми в истории наблюдений, по данным обоих источников: Hadley/CRU и ИГКЭ, с той разницей, что по данным ИГКЭ – это: 2024, 2025, 2023 гг., а по данным Hadley/CRU – 2024, 2023, 2025 гг.. По-видимому, с этим рекордом связан и второй рекорд: *37 месяцев подряд!* (2022_{12} - 2025_{12}) сохранялись условия глобальных 5%-х экстремумов тепла (глобальная температура выше 95-го процентиля). За это время обновились температурные рекорды всех месяцев, кроме марта (рекорд $+0.616^{\circ}\text{C}$ был установлен в марте 2016 г. и остается актуален до сих пор).

3. Глобально (Земной шар: суша+море) все сезоны 2025 года также были очень теплыми: весна (аномалия $+0.48^{\circ}\text{C}$) была второй самой теплой, а зима, лето и осень – третьими ($+0.56$, $+0.41$, $+0.40^{\circ}\text{C}$).

4. Из регионов выделяется Тихий океан (20-65N) – за год в целом и в каждом из сезонов осредненная по региону аномалия температуры была рекордной. К нему ближе всех Азия, где экстремально тепло было в январе и весь теплый период года (с апреля по сентябрь).

5. Глобально (по всему Земному шару и за год) на протяжении XX-XXI веков, (1901-2025 гг.) прослеживаются два периода потепления: до середины 1940 гг. (1911-1945 гг.: $0.140^{\circ}\text{C}/10$ лет) и современный, с середины 1970 гг. (1976-2025 гг.: $0.195^{\circ}\text{C}/10$ лет) и между ними – период ненаправленных флуктуаций с очень слабым нисходящим, статистически не значимым трендом (1946-1975 гг.: $0.004^{\circ}\text{C}/10$ лет, $\alpha=95\%$).

6. По данным наземных станций (только суша!), средняя скорость современного потепления (1976-2025 гг.) на территории Земного шара, Северного и Южного полушарий составляет по данным ИГКЭ (T3288): $0.304/0.361/0.170^{\circ}\text{C}/10$ лет и практически столько же по данным Hadley/CRU (CRUTEM5): $0.300/0.360/0.179^{\circ}\text{C}/10$ лет. Тенденция к потеплению (1976-2025 гг.) наблюдается практически повсеместно: положительные коэффициенты тренда составляют около 97% всех локальных оценок, станционных и в боксах, в том числе почти 90% статистически значимы на 5%-уровне.

7. Регион наиболее интенсивного потепления – арктический широтный пояс (суша+море), где оценки колеблются от $+0.424^{\circ}\text{C}/10$ лет (летом) до $+0.611^{\circ}\text{C}/10$ лет (осенью). Из континентов выделяется Евразия: тренд в среднем за год $+0.413^{\circ}\text{C}/10$ лет (весной – до $0.509^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Однако, в антарктическом поясе и Антарктиде оценки указывают на твердое статистически значимое (на 1%-уровне) потепление только осенью. Зимой и весной в этих регионах оценки не только не подтверждают потепление, но еще и обнаруживают тенденцию к похолоданию.

8. С использованием максимально доступных данных за 125-летнюю историю наблюдений над сушей Земного шара (1901-2025 гг.), показано, что по-прежнему на любых отрезках времени от 20 до 100 лет, завершающихся не раньше конца 1970-х гг., у поверхности Земного шара имеет место восходящий тренд глобальной температуры, статистически значимый, по крайней мере, на 5%-м уровне. Это значит, что *современное глобальное потепление (1976-2025 гг.) началось в конце 70-х годов прошлого столетия, продолжается в настоящее время и пока не затухает.*

9. Изменения в режиме осадков на территории Земного шара и в России (в течение XX-XXI столетий), в целом, близки между собой и согласуются с режимом температуры. Так, периодам потепления сопутствуют «периоды определенного увеличения засушливости», а в течение 30-летия между ними в ходе осадков отмечается некоторое увеличение локальных средних.

10. Увеличение осадков с началом XXI столетия четко проявилось на всех диаграммах. Действительно, после 2005 г. локальные средние на всех масштабах до 40 лет пересекли изолинию 100%, т.е. стали больше базовой (125-летней) нормы, а положительный статистически значимый тренд проявился, по крайней мере, на временных масштабах 30-60 лет.

11. Для Москвы направленность основных изменений режима осадков, в целом, сохраняется, но на всех масштабах локальные тренды статистически незначимы.

По-видимому, анализ сопутствующих изменений в режимах осадков и температуры на территории Земного шара и крупных регионов мира целесообразно продолжить с привлечением дополнительных данных и после верификации данных об осадках.

Список литературы

Груза, Г.В., Ранькова, Э.Я., Рочева, Э.В. (1992) *Структура долгопериодных трендов глобальной температуры воздуха*, в сб.: Мониторинг и вероятностный прогноз климата, С.-Петербург, Гидрометеиздат, с. 3-20.

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

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.

ИГКЭ (2026) *Мониторинг изменений климата Земного шара*, электронный ресурс, URL: <http://www.igce.ru/climatechange> (дата обращения 27.04.2026).

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. (2025) Особенности температурного режима у поверхности Земного шара в 2024 году. Современное состояние глобального потепления, *Фундаментальная и прикладная климатология*, № 2, с. 244-271, doi:10.21513/2410-8758-2025-2-237-279.

ЦМКП (2016) *Решение Центральной методической комиссии по гидрометеорологическим и геологическим прогнозам от 20 декабря 2016 г.*, электронный ресурс, URL: <https://method.meteorf.ru/> (дата обращения 19 марта 2025).

Hovmöller, E. (1949) The Trough-and-Ridge Diagram, *Tellus*, vol. 1, no. 2, pp. 62-66.

WMO (2026) *State of the Global Climate 2024*, WMO-No. 1391, URL: <https://library.wmo.int/ru/records/item/69807-state-of-the-global-climate-2025>.

References

Gruza, G.V., Ran'kova, E.Ya., Rocheva, E.V. (1992) Struktura dolgoperiodnykh trendov global'noj temperatury vozduha [Structure of long-term trends in global air temperature], *Monitoring i veroyatnostnyj prognoz klimata* [Monitoring and probabilistic climate forecasting], Hydrometeoizdat, St. Petersburg, Russia, pp. 3-20.

Gruza, G.V., Ran'kova, E.Ya., Rocheva, E.V., Smirnov, V.D. (2015) Geograficheskie i sezonnye osobennosti sovremennogo global'nogo potepleniya [Geographical and seasonal features of modern global warming], *Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya*, no. 2, pp. 41-62.

Gruza, G.V., Ran'kova, E.Ya., Rocheva, E.V., Samohina, O.F. (2016) Klimaticheskie osobennosti temperaturnogo rezhima u poverhnosti Zemli v 2015 g. [Climatic features of the temperature regime at the Earth's surface in 2015], *Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya*, no. 1, pp. 104-136.

Gruza, G.V., Ran'kova, E.Ya., Rocheva, E.V., Samohina, O.F. (2017a) Osobennosti temperaturnykh anomalij u poverhnosti Zemnogo shara v 2016 godu [Features of temperature anomalies at the Earth's surface in 2016], *Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya*, no. 1, pp. 124-146.

Gruza, G.V., Ran'kova, E.Ya., Rocheva, E.V. (2017b) *Metodika «Monitoring izmenenij klimata zemnogo shara: prizemnaya temperatura» i rezul'taty ee ispytaniya. Rezul'taty ispytaniya novykh i usovershenstvovannykh tekhnologij, modelej i metodov gidrometeorologicheskikh prognozov* [The methodology "Monitoring climate change on the globe: surface temperature" and the results of its testing. Results of testing new and improved technologies, models and methods of hydrometeorological forecasts], no. 44, pp. 3-11.

IGKE (2026) *Monitoring izmenenij klimata Zemnogo shara*, elektronnyj resurs, URL: <http://www.igce.ru/climatechange> (accessed 27.04.2026).

Ran'kova, E.Ya., Samohina, O.F., Antipina, U.I. (2022) Osobennosti temperaturnogo rezhima u poverhnosti Zemnogo shara v 2021 godu [Temperature conditions at the Earth's surface in 2021], *Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya*, vol. 8, no. 2, pp. 258-290, doi:10.21513/2410-8758-2022-2-258-290.

Ran'kova, E.Ya., Samohina, O.F., Antipina, U.I., Smirnov, V.D. (2025) Osobennosti temperaturnogo rezhima u poverhnosti Zemnogo shara v 2024 godu. Sovremennoe sostoyanie global'nogo potepleniya [Temperature conditions at the Earth's surface in 2024. Current state of global warming], *Fundamental and applied climatology*, vol. 11, no. 2, pp. 237-279, doi: 10.21513/2410-8758-2025-2-237-279.

CMKP (2016) *Reshenie Central'noj metodicheskoy komissii po gidrometeorologicheskim i geliogeofizicheskim prognozam ot 20 dekabrya 2016 g.* [Decision of the Central Methodological Commission for Hydrometeorological and Heliogeophysical Forecasts dated December 20, 2016], URL: <https://method.meteor.ru/> (data obrashcheniya 27 aprelya 2026).

Hovmöller, E. (1949) The Trough-and-Ridge Diagram, *Tellus*, vol. 1, no. 2, pp. 62-66.

WMO (2026) *State of the Global Climate 2025*, WMO-No. 1391, available at: https://library.wmo.int/records/item/69807-state-of-the-global-climate-2025?back=/&open_stats=1&language_id=13 (accessed 27 April 2026).

Статья поступила в редакцию (Received): 10.05.2026.

Статья доработана после рецензирования (Revised): 23.05.2026.

Принята к публикации (Accepted): 27.05.2026.

Для цитирования / For citation

Ранькова, Э.Я., Самохина, О.Ф., Антипина, У.И., Смирнов, В.Д. (2026) Особенности температурного режима у поверхности земного шара в 2025 году. Современное состояние глобального потепления, *Фундаментальная и*

прикладная климатология, т. 12, № 3, с. 428-462, doi:10.24412/2410-8758-2026-3-428-462.

Rankova, E.Ya., Samokhina, O.F., Antipina, U.I., Smirnov, V.D. (2026) Features of the temperature regime at the surface of the Globe in 2025. The current state of global warming, *Fundamental and Applied Climatology*, vol. 12, no. 3, pp. 428-462, doi:10.24412/2410-8758-2026-3-428-462.