

География

УДК 551.583.14

КЛИМАТ МОСКВЫ И ЕГО МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ

М. А. ЛОКОЩЕНКО *

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия*

Исследованы изменения климата Москвы за 245 лет регулярных метеорологических наблюдений. Показано, что в среднем за весь период с 1780 до 2024 гг. температура воздуха (T) на городской периферии увеличивалась со скоростью $0,012^{\circ}\text{C}/\text{год}$, а в центре Москвы – со скоростью $0,017^{\circ}\text{C}/\text{год}$, что частично связано с влиянием городского “острова тепла”. В фоновой местности Московского региона на широте Москвы T повысилась не менее чем на $1,5^{\circ}\text{C}$: вероятно, на $2,0^{\circ}\text{C}$ за последние 245 лет. Потепление сильнее происходит в зимние и весенние месяцы: превышение современной климатической нормы за период 1991–2020 гг. по сравнению с условиями конца XVIII века статистически значимо в октябре и с декабря по апрель. Вследствие этого амплитуда годового хода T и степень континентальности климата Москвы постепенно уменьшаются. Никакой устойчивой цикличности с периодами больше года в изменениях T не выявлено.

<https://doi.org/10.46991/PYSUC.2025.59.2.360>

Keywords: climate changes, early meteorological observations, Little Ice Age, climate norm, statistical significance, continentality of climate.

Введение. Быстрые климатические изменения требуют более точной их оценки как в глобальном, так и в региональном масштабах. В связи с этим особо ценными являются ряды ранних инструментальных наблюдений. Во многих трудах исторической климатологии обобщены известные данные о температуре воздуха (T) в Европе и Северной Америке, полученные в конце малого ледникового периода в XVII и XVIII вв. [1–3]. При всей ограниченной в то время точности калибровки термометров и их установки как правило у северных стен зданий, результаты даже ранних измерений служат гораздо более надежным источником данных о климате по сравнению с качественными описаниями погоды в летописях и климатическими реконструкциями. Климат Москвы в прошлом был исследован в ряде работ, начиная с [4, 5]. Однако сведения о нем требуют обновления с учетом произошедших климатических изменений. Задачей настоящей статьи явилось исследование температуры воздуха в Москве по данным инструментальных измерений T за последние 245 лет. Она является продолжением и развитием ранее опубликованных автором работ [6–10].

* E-mail: loko@geogr.msu.su

Материалы и методы исследования. Эпизодические метеорологические измерения (в первую очередь температуры воздуха и атмосферного давления) были начаты в Москве в 1731 г., а регулярные – со времени начала работы здесь одной из станций сети Мангеймского Палатинского общества в октябре 1779 г. [2, 3, 11]. На рис. 1 показано местоположение первых станций в Москве в XVIII и XIX вв. Подробное их описание приведено автором в [7, 9]. Анализ возможной ошибки среднемесячных и среднегодовых значений T в конце Малого ледникового периода на заре наблюдений показал, что она не превышает по абсолютной величине $\pm 0,3 \div 0,4^{\circ}\text{C}$. Вероятно, эта погрешность даже меньше, поскольку отдельные источники возможных ошибок, скорее всего, разнонаправленные. К ним относятся погрешность калибровки термометров в Мангейме ($\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ по данным А.Х. Хргиана [11]), погрешность из-за влияния стены здания ($\pm 0,1 \div 0,2^{\circ}\text{C}$ по данным экспериментов Г.И. Вильда [12]) и погрешность из-за неизвестной высоты установки термометра ($\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ в среднем за год в слое от 0,5 до 7,0 м по данным автора [9]). Сравнения данных разных станций Москвы в периоды одновременных наблюдений на них показали исключительно тесные связи средней годовой температуры воздуха с коэффициентами корреляции и линейной регрессии, близкими к 1 [9]. Это позволяет рассмотреть сводный ряд среднегодовых значений T за все 245 лет регулярных измерений с 1780 по 2024 гг. (рис. 2).

В него включены, наряду с [13], найденные и исследованные авторами [9] архивные ранее не известные данные измерений T в Москве в 1783, 1784, 1816 и 1817 гг. [14, 15]. В отличие от предыдущих работ автора, в легенде этого рисунка указаны не только годы с приведенными на графике значениями, но и полное время работы каждой из станций.

Начиная с ноября 1779 г. данных о T нет либо они неизвестны за следующие периоды: 1787, 1790, с 1793 по 1809, с сентября 1812 по 1815, с 1818 по май 1820 гг., а также в 1859 г. (когда в измерениях Константиновского Межевого института был перерыв). Однако перерывы в имеющихся данных за отдельные годы конца XVIII и начала XIX вв. были короткими и не могут существенно искажить анализ общих изменений климата российской столицы.

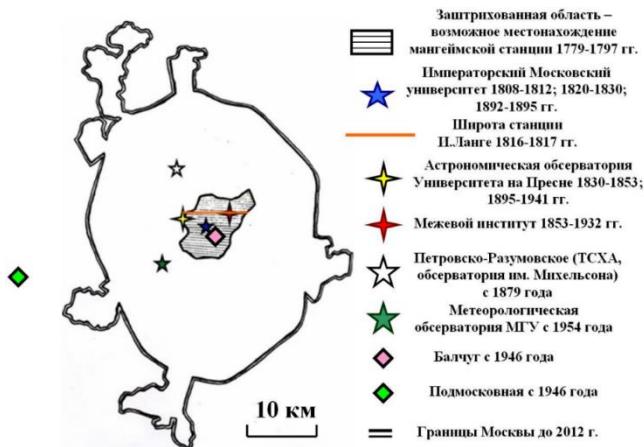


Рис. 1. Карта Москвы с указанием мест метеорологических станций.

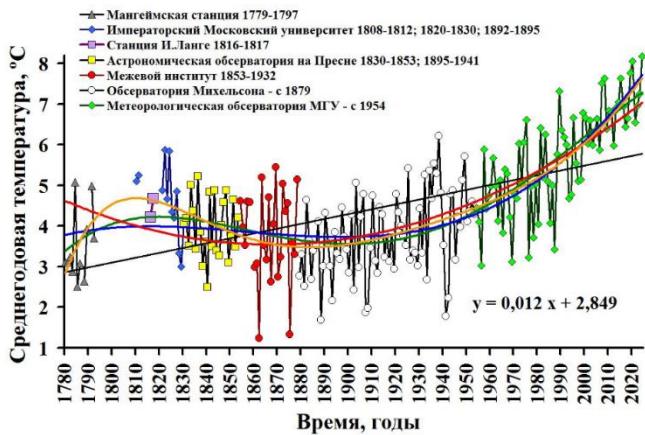


Рис. 2. Ход средней годовой температуры воздуха в Москве за 245 лет.

Результаты исследований и их обсуждение.

Вековые изменения среднегодовой температуры воздуха в Москве.

В целом, как видно из рис. 2, температура воздуха в Москве за последние 245 лет возрастила со средней скоростью $0,0115^{\circ}\text{C}/\text{год}$ (коэффициент линейной регрессии k в уравнении линейного тренда). Это означает потепление за последние 245 лет в среднем на $2,8^{\circ}\text{C}$. Однако изменения климата были немонотонными. Параболический тренд (красная линия) отражает наиболее явное изменение общей тенденции – начавшееся во второй половине XIX в. вслед за слабым похолоданием потепление, продолжающееся вплоть до наших дней. Кубический тренд (синяя линия) имеет на одну степень свободы больше и отражает уже два главных изменения знака первой производной – смену потепления в конце Малого ледникового периода начавшимся в 1820-х гг. похолоданием, а затем новым потеплением, начало которого в этом тренде смещено во времени вперед на начало XX в. Степенной тренд 4-й степени (зеленая кривая) отражает третье по значимости изменение в общей тенденции – небольшое замедление потепления в последние десятилетия, о чем свидетельствует отрицательная вторая производная этого тренда (на правом краю ряда он направлен выпуклостью вверх). Наконец, тренд 6-й степени (оранжевая кривая) близок к кубическому. В дополнение к отмеченным особенностям, он также отражает замедление потепления в 1950-е–1970-е годы и его новое усиление в последнее десятилетие. Показатель достоверности тренда R^2 с повышением степени в уравнении тренда асимптотически приближается к своему верхнему пределу – для линейного тренда он равен 0,33; для параболического тренда – 0,52; для кубического тренда – 0,56; для тренда 4-й степени – 0,58; для трендов 5-й и 6-й степеней – 0,59. Это означает, что основные изменения в общей тенденции уже отмечены, так что дальнейшее усложнение уравнения тренда не приводит к повышению его достоверности. Этот же вывод был ранее сделан автором в [8] по неполному ряду данных без последних лет.

Годовой ход температуры воздуха в Москве. На рис. 3 годовой ход температуры воздуха в Москве приведен для сравнения в разные климатические

эпохи: в конце Малого ледникового периода в XVIII в. и в условиях современного потепления в последние десятилетия. Среднемесячные значения T за период 1779–1792 гг. сопоставлены с климатическими нормами 1961–1990 и 1991–2020 гг. Как известно, долгое время в климатологии была в ходу норма 1961–1990 гг. В 2015 г. 17-й конгресс ВМО рекомендовал национальным метеорологическим службам перейти на новую норму за период 1981–2010 гг. В 2022 г. гидрометеорологическая служба России перешла на использование новейшей нормы 1991–2020 гг. Однако прежняя климатическая норма за период 1961–1990 гг. продолжает применяться до сих пор параллельно как исторический базовый период для долгосрочных оценок изменений климата.

Как видно на рис. 3, из сравнения данных Мангеймской станции 1779–1792 гг. и этого базового периода, изменения климата в Москве в продолжение двух столетий происходили с разной скоростью и даже разнонаправленно в разные месяцы и сезоны года. Потепление вплоть до конца XX в. было отмечено лишь в десяти из 12 месяцев, причем наиболее быстрым оно было в январе. В июле и августе, напротив, вопреки общей тенденции, наблюдалось слабое похолодание: в конце XVIII в. среднемесячные значения T оказались в эти месяцы выше, чем во второй половине XX в. Согласно новейшей норме 1991–2020 гг., линейные тренды T теперь положительны уже во все месяцы года, однако статистически значимым потепление является лишь в холодное и переходное время года – в октябре и с декабря по апрель. С мая по сентябрь и в ноябре доверительные интервалы, рассчитанные для математических ожиданий значений T за периоды 1779–1792 и 1991–2020 гг., пересекаются, а в июне, июле, сентябре и ноябре значения новейшей нормы даже находятся в пределах доверительных интервалов оценок для конца XVIII в. Это означает, что в теплое время года различия с доверительной вероятностью 0,95 незначимые.

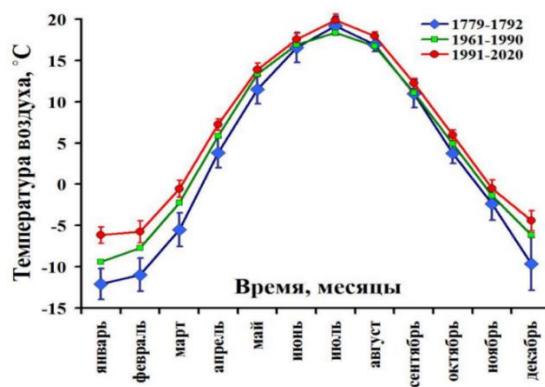


Рис. 3. Годовой ход температуры воздуха в Москве в разные эпохи.
Доверительные интервалы рассчитаны с уровнем значимости 5%.

Влияние городского “острова тепла”. Представленный ряд значений средней годовой температуры воздуха получен для условий Москвы. В центре города, как видно из рис. 1, предположительно находились лишь первая станция мангеймской сети, а также место измерений в Императорском

университете в 1808–1812 и 1820-х гг. Остальные станции, представляющие большую часть ряда, работали на ближней или средней городской периферии. Тем не менее, отмеченные особенности изменений климата и оценка скорости потепления ($k = 0,0115^{\circ}\text{C}/\text{год}$) частично отражают влияние городского “острова тепла”. Это явление применительно к Москве изучено в ряде работ [16, 17]. Для полной оценки его влияния на скорость потепления привлечем данные станции “Балчуг”, находящейся в центре столицы в 600 м от центра города (Московского Кремля) и в окружении плотной жилой застройки. На рис. 4 в сводном ряде данных результаты измерений в ТСХА (ныне – обсерватория им. Михельсона) и в Метеорологической обсерватории МГУ заменены значениями среднегодовой T на “Балчуг” за все время работы этой станции начиная с 1947 г. Как видим, при этом коэффициент линейной регрессии k увеличился до 0,0165. Это означает, что в центре Москвы температура воздуха с учетом влияния “острова тепла” возросла за 245 лет на 4,0°C. Правда, с 1879 г. до 1946 г. данные в этом ряду получены на северной периферии города и даже в условиях ближнего пригорода на заре наблюдений в обсерватории им. Михельсона (в XIX в. эта станция называлась “Петровско-Разумовское”). Очевидно, однако, что на величину линейного тренда сильнее влияют выборки данных на краях ряда, так что полученная оценка скорости потепления близка к реальной.

Сходным образом можно оценить и фоновые изменения климата, подставляя в общий ряд данные подмосковных станций, наиболее показательных с точки зрения сельской местности. Вопрос об оценке фоновых изменений климата в Московском регионе ранее был недостаточно проработан автором, в данной работе он рассмотрен более подробно. Заметим, что проблема оценок климатических изменений в фоновой местности весьма непроста. Большинство станций метеорологической сети расположены если не в крупных городах, то вблизи малых населенных пунктов, которым также присущи “острова тепла”, хоть и не столь сильно выраженные. Так, по данным спутников системы MODIS, интенсивность “островов тепла” малых городов и деревень Московского региона в поле температуры поверхности составляет от нескольких десятых долей до 1°C и даже до ~2°C в городах с наиболее плотной застройкой (например Подольск) [18]. Станционные площадки редко находятся в условиях полностью открытой местности и вдали от любых строений и дорог, включая деревенскую застройку. Это осложняет получение надежных фоновых оценок изменений климата.

В Московской области работают 14 метеорологических станций, оснащенных персоналом и с надежными данными, однако, во избежание влияния географической зональности, мы должны принять во внимание только станции, находящиеся на одной широте с Москвой. Всего таких станций четыре: “Немчиновка”, “Подмосковная”, “Ново-Иерусалим” и “Павловский Посад”, однако ст. “Немчиновка” непоказательна, поскольку находится лишь в 1 км от границы Москвы (линии МКАД), и измерения на ней показывают промежуточные значения между условиями города и сельской местности. Из оставшихся трех станций две (“Подмосковная”, “Ново-Иерусалим”)

приближены к фоновым условиям, поскольку находятся на окраинах небольших деревень Большое Сареево и Лучинское с населением соответственно лишь ~200 чел. и ~400 чел. Заметим также, что ст. “Подмосковная” вплоть до начала 2000-х гг., когда началась застройка соседних полей, отражала условия почти идеальной фоновой местности. В отличие от этих двух станций, ст. “Павловский Посад” окружена со всех сторон застройкой одноименного города с населением 65 тыс. чел., правда, одноэтажной и неплотной. Заметим, что изотермы средней годовой температуры в центре европейской части России направлены приблизительно вдоль линий широты [19]. В более крупном масштабе поле изотерм средней годовой температуры Московского региона в среднем за 2018–2020 гг. показано в [17]. Согласно этим данным, T близка на всех трех станциях. На примере станции “Подмосковная” подстановка ее данных в сводный ряд начиная с 1946 г. показана на рис. 5. Значение коэффициента k при этом составило 0,0074. Аналогично, при подстановке в ряд с 1927 г. данных “Ново-Иерусалима” $k = 0,0063$, а при подстановке с 1931 г. данных “Павловского Посада” $k = 0,0080$ (ожидаemo выше остальных двух станций из-за влияния “острова тепла” этого города).

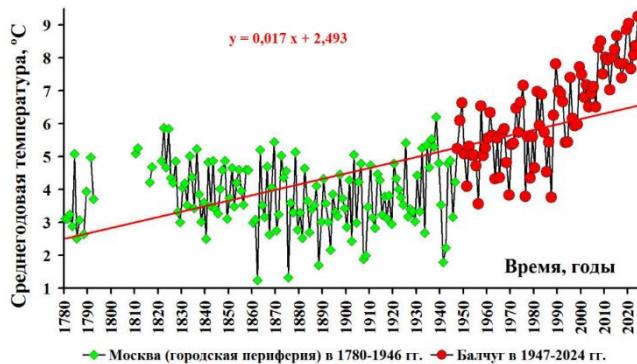


Рис. 4. Ход средней годовой температуры воздуха в Москве с 1780 г., включая данные станции “Балчуг” в центре города за период 1947–2024 гг.

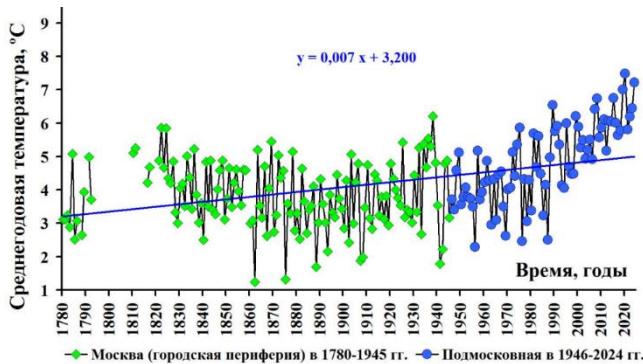


Рис. 5. Ход средней годовой температуры воздуха в Москве в 1780–1945 гг. и на станции “Подмосковная” за период 1946–2024 гг.

Таким образом, T за 245 лет, по данным комбинированных рядов с включением данных обеих станций, близких к фоновым условиям, повысилась на 1,8°C для “Подмосковной” и на 1,5°C для “Ново-Иерусалима”. Менее быстрое потепление в “Ново-Иерусалиме” может быть связано как с большей показательностью этой станции в последние годы, так и с более длинным рядом ее данных. Очевидно, именно наименьшее значение k точнее отражает близость к фоновой местности. Для условий Павловского Посада, где станция очевидно подвержена влиянию этого города, потепление оказалось более сильным – 2,0°C.

Как видим, температура воздуха за последние 245 лет в условном центре города (“Балчуг”) увеличилась в среднем на 4,0°C, на условной городской периферии – на 2,8°C, а в фоновой сельской местности – не менее чем на 1,5°C. Таким образом, в центре города скорость потепления за весь период возрастает по сравнению с его периферией приблизительно наполовину, а для сельской местности Подмосковья уменьшается почти вдвое. Однако оценка фоновой скорости потепления 1,5°C очевидно занижена, поскольку в начале комбинированного ряда измерения велись в городе. Условия большей части Москвы в XVIII в. были приближены к фоновым вследствие разреженной жилой застройки (кроме узкой зоны вокруг Кремля) и преобладания естественных поверхностей – лесов и лугов. Оценить интенсивность “острова тепла” Москвы становится возможным лишь с конца 1870-х гг., когда станций стало две: “Константиновский Межевой институт” и “Петровско-Разумовское”. Эта оценка близка к 1°C [16]; столетием раньше интенсивность, очевидно, не превышала 0,5°C. Таким образом, фоновое потепление климата в Московском регионе, не искаженное влиянием “островов тепла” ни столицы, ни малых городов в ее окрестностях, составляет не менее 1,5°C и, вероятно, не более 2,0°C за весь период регулярных измерений с 1780 г.

Заметим также, что городская застройка Москвы в XVIII в. была, вероятно, сходна с одноэтажной неплотной застройкой Павловского Посада в наши дни. Можно считать, что комбинированный ряд с включением данных Павловского Посада с 1931 г. отражает схожие условия сравнительно слабых “островов тепла” на обоих краях ряда. Можно также предположить, что скорость потепления при постоянной интенсивности “острова тепла” вблизи станции отражает реальную скорость фоновых изменений регионального климата. В этом случае рост T на 2,0°C в случае включения в общий ряд данных “Павловского Посада” косвенно подтверждает сделанную выше оценку – климат Московского региона потепел за 245 лет не менее чем на 1,5°C и вероятнее всего – на 2,0°C. В [8] автором был сделан очень близкий предварительный вывод.

Изменения континентальности климата Москвы. Сезонные различия в изменениях климата Москвы проявляются в многолетних изменениях степени его континентальности. Для ее оценки были рассчитаны индексы Горчинского K_{Γ} и Хромова K_X :

$$K_{\Gamma} = 1,7 \cdot A / \sin \varphi - 20,4, \quad (1)$$

$$K_X = (A - 5,4 \cdot \sin \varphi) / A, \quad (2)$$

где A – годовая амплитуда T ; $\varphi = 56^\circ$ – широта места. На рис. 6 показаны многолетние изменения континентальности климата Москвы за последние 245 лет. Более быстрое потепление в Москве в холодное время года приводит к уменьшению годовой амплитуды T и, следовательно, континентальности климата. Значение K_G в среднем за весь период сокращалось на 0,037/год (с 48 на заре наблюдений до 39 в последние годы), а K_X – соответственно с 0,86 до 0,84.

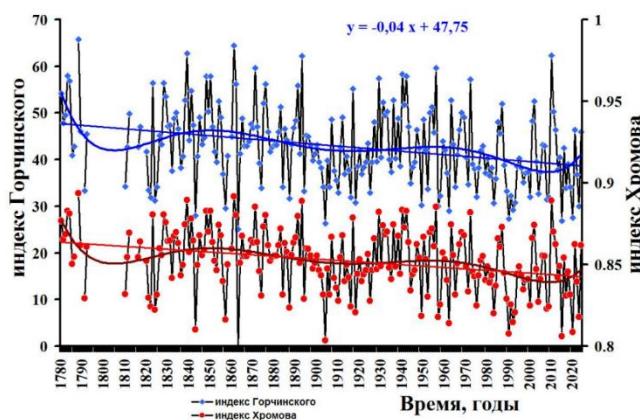


Рис. 6. Изменения континентальности климата Москвы за период 1780–2024 гг.
Приведены линейные тренды и степенные тренды 6-й степени.

Однако изменения континентальности не были монотонными – ее периодические ослабления и усиления наглядно отражают тренды 6-й степени. Так, начало 2010-х гг. оказалось отмечено возвратом очень холодных зим вследствие отрицательной фазы Североатлантического колебания, а также несколькими аномально жаркими летними месяцами. Вследствие этого континентальность климата Москвы в эти годы немного возросла [20] вопреки вековой тенденции к ее уменьшению. В 2010 г., отмеченном очень холодным январем со среднемесячной температурой $T_{\text{ср.}} = -14^\circ\text{C}$ и катастрофической жарой с рекордным для июля за всю историю наблюдений значением $T_{\text{ср.}} = +26,4^\circ\text{C}$, индекс Горчинского K_G показал 62,3, а индекс Хромова K_X – 0,89. Эти значения обоих индексов стали четвертыми в ряду наибольших за все 245 лет, еще больше они были лишь в 1788, 1839 и 1861 гг. Таким образом, ослабление континентальности климата Москвы происходит сравнительно медленно и сопровождается значительными изменениями в отдельные годы.

Анализ цикличности в изменениях температуры воздуха. Большие ряды данных позволяют, помимо прочего, исследовать возможную цикличность в изменениях показателя с различной периодичностью. В нашем случае подобный анализ возможен лишь с шагом 1 месяц, поскольку данные исходных отсчетов в XVIII и XIX вв. имеются лишь за отдельные промежутки времени. Результаты спектрального анализа почти непрерывного ряда среднемесячных значений T с июня 1820 г. до ноября 2017 г. (всего – 2358, кроме 1859 г.) с использованием преобразования Фурье приведены на рис. 7.

На периодограмме виден лишь один ярко выраженный максимум в значениях спектральной плотности, связанный с годовым ходом T . Для всех

остальных возможных периодов более 12 месяцев эти значения близки к нулю, так что никакой устойчивой многолетней цикличности в вековом ходе температуры воздуха в Москве не видно. Отсутствие данных за 1859 г. не могло существенно исказить результаты.

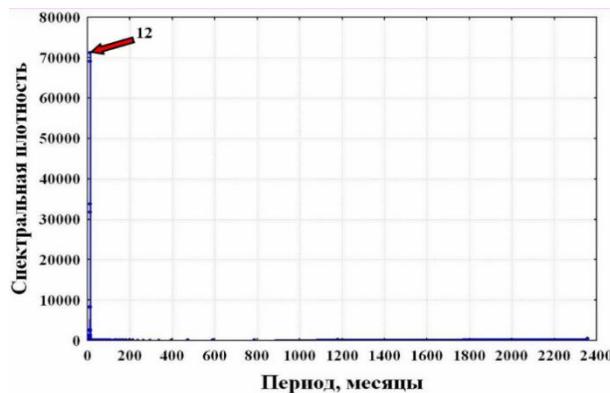


Рис. 7. Периодограмма температуры воздуха в Москве за период 1820–2017 гг.

Заключение.

1. В среднем за весь период инструментальных измерений 1780–2024 гг. температура воздуха в Москве возрастила на 0,012°C/год на периферии и на 0,017°C/год в центре города. Потепление в конце Малого ледникового периода сменилось похолоданием в XIX в., продолжающимся потеплением с начала XX в. и его небольшим замедлением в последние десятилетия.

2. В годовом ходе потепление в Москве статистически достоверно в холодном и в переходные сезоны года; с мая по сентябрь многолетние изменения T сравнительно малы.

3. Степень континентальности климата Москвы в целом уменьшается начиная с 1780-х гг., однако уменьшение это медленное и немонотонное.

4. Увеличение среднегодовой температуры фоновой местности Московского региона за последние 245 лет составляет не менее 1,5°C и предположительно близко к 2,0°C.

5. Устойчивой цикличности в изменениях среднемесячной температуры в Москве с периодами дольше года не выявлено.

Автор признателен светлой памяти своей аспирантки Е.Л. Василенко за ее большую помощь в работе. Автор благодарит проф. Г. Петерса за любезно присланные из Германии копии выпусков Эфемерид с данными измерений в Москве; Т.М. Россинскую, Н.А. Терешонка и И.Н. Гапонова за предоставленные данные Обсерватории им. Михельсона, станций “Балчуг” и “Подмосковная”.

Работа выполнена в рамках Госбюджетного задания “Погодные и климатические процессы различных пространственно-временных масштабов в условиях антропогенного воздействия” № 121051400081-7.

Поступила 04.04.2025
Получена с рецензией 14.05.2025
Утверждена 15.08.2025

ЛИТЕРАТУРА

1. Camuffo D., Bertolin C. Recovery of the Early Period of Long Instrumental Time Series of Air Temperature in Padua, Italy (1716–2007). *Physics and Chemistry of the Earth* **40–41** (2012), 23–31.
2. Kington J.A. *The Weather of the 1780s over Europe*. Cambridge, Cambridge University Press (1988), 166.
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511735721>
3. Landsberg H.E. Historic Weather Data and Early Meteorological Observations. Ch. 2. In Book: *Paleoclimate Analysis and Modeling* (ed. A.D. Hecht). Chichester, Wiley (1985), 27–70.
4. Спасский М.Ф. *О климате Москвы. Критическое исследование М. Спасского*. Москва, Университетская типография (1847), 270.
5. Афанасьев Н.П. *Очерк метеорологических наблюдений и климатических условий Москвы*. Москва, Городская типография (1896), 24.
6. Локощенко М.А. Изменения климата Москвы в современную эпоху. *Метеоспектр* **3** (2017), 171–174.
7. Локощенко М.А. История организации метеорологических измерений в Москве. В кн.: *Очерки истории гидрометеорологических наблюдений на территории деятельности ФГБУ “Центральное УГМС”*. Москва, ООО “Издательство Летний сад” (2018), 55–75.
8. Локощенко М.А. Изменения температуры воздуха в Москве в эпоху инструментальных измерений. *Метеорология и гидрология* **9** (2024), 72–80.
9. Локощенко М.А., Василенко Е.Л. Ранние метеорологические наблюдения в Москве и анализ их достоверности. *Метеорология и гидрология* **9** (2024), 101–115.
10. Lokoshchenko M.A., Vasilenko E.L. Change of Air Temperature in Moscow during Last Two and Quarter Centuries. *Proceedings of the Seventh International Conference on Urban Climate (ICUC-7)*. Yokohama, Japan (2009), Paper index B8-5.
11. Хргиан А.Х. *Очерки развития метеорологии*. Ленинград, Гидрометеоиздат (1948), 352; Второе изд. Т. 1 (1959), 428.
12. Вильд Г.И. О влиянии установки термометров на их показания при определении температуры воздуха. *Приложение к LXVII тому Записок Императорской Академии Наук* **10** (1891), 93.
13. Климатологический справочник СССР. Вып. 8. *Метеорологические данные за отдельные годы*. Ч. 1 (под ред. П.Б. Шехтман). Ленинград, ГМИ (1953), Горький (1971).
14. Медико-физический журнал, или Труды высочайше утвержденного при Московском Императорском Университете Общества соревнования врачебных и физических наук. Ч. 2 и Ч. 3. Москва, Университетская типография (1821), 295 и 323.
15. *Ephemerides Sosietatis Meteorologicae Palatinae*. V. 4–13 (1783–1792).
16. Lokoshchenko M.A. Urban Heat Island and Urban Dry Island in Moscow and Their Centennial Changes. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* **56** (2017), 2729–2745.
<https://doi.org/10.1175/JAMC-D-16-0383.1>
17. Lokoshchenko M.A., Alekseeva L.I. Influence of Meteorological Parameters on the Urban Heat Island in Moscow. *Atmosphere* **14** (2023), 507.
<https://doi.org/10.3390/atmos14030507>
18. Локощенко М.А., Енукова Е.А. Острова тепла малых городов и деревень Московского региона. *Доклады Российской академии наук. Науки о Земле* **500** (2021), 200–207.
<https://doi.org/10.31857/S268673972110011X>
19. *Климат России* (под ред. Н.В. Кобышевой). Санкт-Петербург, ГМИ (2001), 656.
20. Локощенко М.А., Корнева И.А., Kochin A.B. и др. Современные изменения температуры нижней тропосферы в Московском регионе. *Известия РАН. Сер. Физика атмосферы и океана* **53** (2017), 445–454.

У. А. ЛОКОШЧЕНКО

**ՄՈՍԿՎԱՅԻ ԿԼԻՄԱՆ ԵՎ ԴՐԱ ԲԱԶՄԱՍՅԱ
ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ**

Ամփոփում

Ուսումնասիրվել են Մոսկվայի կլիմայի փոփոխությունները 245 տարվա կանոնավոր օդերևութարանական դիտարկումների ընթացքում։ Պարզվել է, որ 1780-ից մինչև 2024 թվականների ընթացքում քաղաքի ծայրամասերում օդի ջերմաստիճանը (T) միշտնը բարձրացել է $0.012^{\circ}\text{C}/\text{տարի}$ արագությամբ, իսկ Մոսկվայի կենտրոնում $0.017^{\circ}\text{C}/\text{տարի}$, ինչը մասամբ պայմանավորված է քաղաքային «ջերմային կղզու» ազդեցությամբ։ Մոսկվայի լայնության վրա գտնվող Մոսկվայի մարզի ֆոնային տարածքում T -ն բարձրացել է ոչ պակաս, քան 1.5°C , իսկ վերջին 245 տարվա ընթացքում հավանաբար 2.0°C ։ Տարացումն ավելի ուժեղ է ծմբան և զարնան ամիսներին։ 1991–2020 թվականների կլիմայական նորմայի գերազանցումը համեմատած XVIII-րդ դարի վերջի պայմանների հետ, վիճակագրորեն նշանակալի է հոկտեմբերին և դեկտեմբերից մինչև ապրիլ ամիսներին։ Արդյունքում, T -ի տարեկան ընթացքի ամպլիտուդը և Մոսկվայի կլիմայի մայրցամաքայինության աստիճանը աստիճանաբար նվազում են։ T -ի փոփոխությունների մեջ մեկ տարուց ավելի ժամանակահատվածներով կայուն ցիկլիկություն չի հայտնաբերվել։

M. A. LOKOSHCHENKO

CLIMATE OF MOSCOW AND ITS LONG-TERM CHANGES

Summary

The changes of Moscow climate over 245 years of regular meteorological observations have been studied. It is shown that, on average, over the entire period from 1780 to 2024, the air temperature (T) on the urban periphery increased at a rate of $0.012^{\circ}\text{C}/\text{year}$, and in the center of Moscow – at a rate of $0.017^{\circ}\text{C}/\text{year}$, which is partially due to the influence of the urban “heat island”. In the background rural area of the Moscow Region at the latitude of Moscow, T increased by no less than 1.5°C : probably by 2.0°C over 245 years. Warming is stronger in the winter and spring months: the excess of the modern climatic norm for the period 1991–2020 compared to the conditions of the late XVIII century is statistically significant from December to April and on October. As a result, the amplitude of the annual air temperature cycle and the degree of continentality of the Moscow climate are gradually decreasing. No stable cyclicity with periods longer than a year was detected in the changes of T .