

НАУКИ ОБ АТМОСФЕРЕ И КЛИМАТЕ/ATMOSPHERIC AND CLIMATE SCIENCES

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.154.96>

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НА МЕТЕООСТАНЦИИ В ГОРОДЕ СОЧИ

Научная статья

Ровенский М.К.^{1,*}, Гарькуша Д.Н.², Коссе Т.Д.³

²ORCID : 0000-0001-5026-2103;

^{1, 2, 3} Южный Федеральный Университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (rovenskii[at]sfedu.ru)

Аннотация

Проанализирована динамика температуры воздуха и количества атмосферных осадков в г. Сочи за период с 1966 по 2022 год. В основу работы положены архивные данные Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации (ВНИИГМИ-МЦД) по среднемесячной температуре воздуха и суммам месячных атмосферных осадков на метеостанции в г. Сочи. Показано, что годовое количество осадков с 1966 по 2022 г. в г. Сочи возросло с 1590 мм до 1660 мм. Месячные значения сумм осадков за рассматриваемый период варьировались от 2 до 525 мм. Минимальное количество атмосферных осадков, как правило, характерно для летних месяцев, максимальное — для ноября–декабря. В период с 1994 г. по 2022 гг. фиксируется возрастание среднегодовых значений на 1,2°C. Среднегодовые значения температуры варьировались от 12,7°C (1992 г.) до 16,5°C (2010 г.). Среднемесячные температуры воздуха в г. Сочи за рассматриваемый период варьировались от 2°C до 27°C, с отчетливо выраженным сезонным ходом годовых температур. В целом за последние три десятилетия (с 1993 г.) минимальные среднемесячные значения января и июля стали выше.

Ключевые слова: климат, атмосферные осадки, температура, засушливые периоды.

CLIMATIC CHANGES AT THE METEOROLOGICAL STATION IN SOCHI

Research article

Rovenskii M.K.^{1,*}, Gar'kusha D.N.², Kosse T.D.³

²ORCID : 0000-0001-5026-2103;

^{1, 2, 3} Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation

* Corresponding author (rovenskii[at]sfedu.ru)

Abstract

The dynamics of air temperature and precipitation in Sochi for the period from 1966 to 2022 is analysed. The work is based on the archival data of the All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information on the average monthly air temperature and monthly precipitation amounts at the meteorological station in Sochi. It is shown that annual precipitation from 1966 to 2022 in Sochi increased from 1590 mm to 1660 mm. Monthly precipitation totals for the studied period varied from 2 to 525 mm. As a rule, the minimum amount of precipitation is characteristic of the summer months, and the maximum — of November–December. From 1994 to 2022, an increase of 1.2°C in annual mean values is recorded. The mean annual temperature values ranged from 12.7°C (1992) to 16.5°C (2010). Mean monthly air temperatures in Sochi during the studied period ranged from 2°C to 27°C, with a distinct seasonal variation in annual temperatures. In general, over the last three decades (since 1993), the minimum monthly averages of January and July have become higher.

Keywords: climate, precipitation, temperature, dry periods.

Введение

На протяжении всей истории нашей планеты климат циклично менялся, и с течением времени на Земле чередовались ледниковые и теплые периоды [1]. Изменение климата, особенно отчетливо наблюдаемое в последние десятилетия, оказывает существенное влияние на эколого-географические условия, а значит на жизнь человека. Важным негативным аспектом современного изменения климата является его большая скорость. В среднем за последние 50 лет средняя температура на планете выросла более чем на 1 градус [2]. Это очень большой рост, так как в предыдущие климатические циклы периоды потепления или похолодания длились десятки тысяч лет. Быстрые климатические изменения негативно сказываются на условиях проживания как животных и растений, так и человека, вследствие возрастания непредсказуемости погоды, увеличения количества неблагоприятных погодных явлений и природных катастроф.

Проблема глобального изменения климата актуальна для всей планеты, однако на отдельных ее участках эти изменения проявляются по-разному. По данным NASA [3], увеличение температуры на поверхности земли происходит неравномерно. Так, северное полушарие нагрелось намного сильнее южного, а максимальный рост температуры за последние 50 лет произошел в Азиатской части России, где среднегодовая температура увеличилась более чем на 4 градуса. В то же время в восточной Сахаре, на побережье Антарктиды и в западной части Канады среднегодовая температура напротив уменьшилась. Наблюдаемые климатические изменения выражаются в трансформации соотношения количества тепла и влаги, что напрямую влияет на формирование подземного и речного стоков, на распределение растительности и животного мира.

Ученые десятилетиями спорят о причинах глобального изменения климата и последствиях для дальнейшего существования человечества [4]. Одни исследователи считают [6], что основной вклад в глобальное потепление

климата вносит антропогенная деятельность (промышленное производство, коммунальное и сельское хозяйство), в процессе которой в атмосферу выбрасывается большое количество парниковых газов (CO_2 , CH_4 , N_2O и др.). Другие считают (например, [8]), что климатические изменения в большей степени обусловлены природными процессами. Большинство исследователей оценивают последствия глобального потепления в целом как негативные для окружающей среды и жизнедеятельности человека [5], главным образом вследствие расширения территорий непригодных для жизни и снижения биологического разнообразия.

Современные исследования показывают, что ускорение климатических изменений связано с комплексным взаимодействием природных и антропогенных факторов, что усложняет прогнозирование их долгосрочных последствий. Например, таяние арктических льдов, зафиксированное спутниковыми наблюдениями [4], не только способствует повышению уровня мирового океана, но и изменяет альbedo планеты, усиливая поглощение солнечного тепла. Ученые подчеркивают необходимость междисциплинарных исследований для понимания этих взаимосвязей и разработки адаптационных стратегий, способных минимизировать риски для экосистем и общества.

В настоящей статье проанализирована динамика температуры и количества атмосферных осадков в городе Сочи за период с 1966 по 2022 год.

Район исследования, материалы и методы

Город Сочи является одним из основных курортных центров в России, климатические условия и инфраструктура которого считаются очень благоприятными для жизни, что обуславливает неиссякаемые потоки туристов и частый переезд жителей северных районов страны на побережье Черного моря. Протяженность города более 90 километров вдоль гор Западного Кавказа. Население центрального района Сочи 445 тыс. человек, городского округа порядка 600 тыс. человек [7].

Работа основана на архивных данных ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации — Мировой центр данных» (ВНИИГМИ-МЦД), включающих сведения о среднемесячной температуре воздуха и суммах месячных атмосферных осадков, зафиксированных на метеостанции в Сочи за период с 1966 по 2022 годы. На основе этих данных авторами были созданы графики и проведён анализ изменений среднемесячной и среднегодовой температуры воздуха, а также сумм среднемесячных и среднегодовых атмосферных осадков за последние 56 лет [9], [11].

Результаты исследования и их обсуждение

На рисунке 1 приведена динамика изменения месячных сумм осадков за рассматриваемый период на метеостанции в г. Сочи. Месячные значения сумм осадков на графике за рассматриваемый период варьируются от 2 до 525 мм. Минимальное количество атмосферных осадков (2 мм) за весь период наблюдений отмечалось в июле 2006 года. Максимальное количество осадков характерно для конца осени или начала зимы (ноябрь — декабрь). Наблюдается цикличность максимальных пиковых значений с интервалом раз в два года, между которыми количество осадков заметно снижается. Отмечается тенденция уменьшения значений амплитуд месячных осадков между самым сухим месяцем и самым влажным в течение года. Так, с 1966 по 2005 гг. годовая амплитуда варьировалась от 350 до 400 миллиметров, а после 2005 г. амплитуда снизилась до 250–300 мм. В целом, линия тренда, построенная для периода с 1966 по 2022 гг. показывает, отсутствие значимой тенденции в изменении сумм месячных осадков за указанный период.

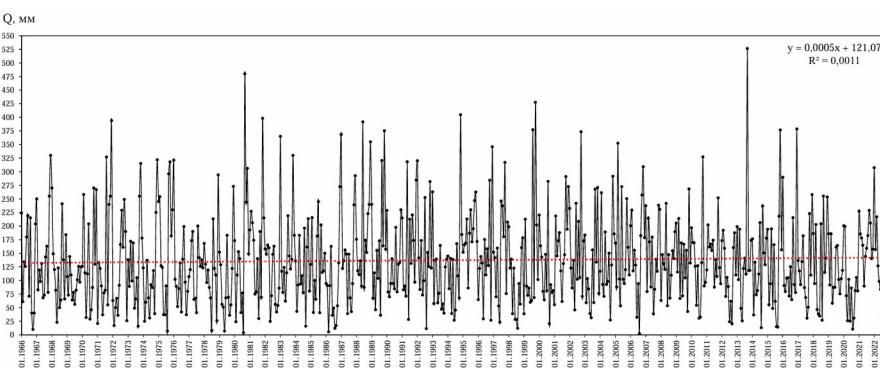


Рисунок 1 - Динамика изменения месячных сумм осадков за рассматриваемый период на метеостанции г. Сочи

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.154.96.1>

Примечание: по ист. [11]

Периоды 1976–1979, 1993–1994, 2007–2009 и 2012–2013 гг. характеризуются низкой амплитудой сумм осадков и слабо выраженным зимним максимумом. В 1994 г. зимний максимум отсутствовал полностью, а месячные суммы осадков в этот период соответствовали минимальным значениям, типичным для летнего сезона. Особое внимание привлекает 2020 г., когда на протяжении всего года осадки оставались минимальными, и даже в зимний период (сезон дождей), традиционно отличающийся в Сочи наибольшим выпадением осадков, их рост не наблюдался.

На рисунке 2 представлена динамика среднемесячной температуры воздуха в Сочи, варьирующаяся в диапазоне от 2 °C до 27 °C за анализируемый период. График демонстрирует равномерное чередование повышенных и пониженных значений, что обусловлено сезонными колебаниями температур. В первой половине графика прослеживается цикличность длительностью 4–5 лет, проявляющаяся в наступлении наиболее холодных зим с указанной периодичностью. Во второй половине, начиная примерно с 2000 г., различия между зимними температурами становятся менее значительными. С 1993 г. отмечается сокращение числа экстремально низких температур и увеличение доли относительно тёплых зим.

Летние температуры, в отличие от зимних, отличаются большей стабильностью и меньшими межгодовыми отклонениями. В первой половине периода также наблюдается 4–5-летняя цикличность, при которой годы с наиболее холодными зимами сопровождались более тёплым летом, что указывает на максимальную годовую амплитуду температур. С начала 2000-х годов летние месяцы стабильно характеризуются высокими температурами, за исключением отдельных эпизодов в 2012 и 2014 гг., когда в июле температура воздуха снижалась до 23,8 °C и 23,2 °C соответственно. В целом, среднемесячные температуры как зимой, так и летом в последние десятилетия превышают значения, характерные для более раннего периода.

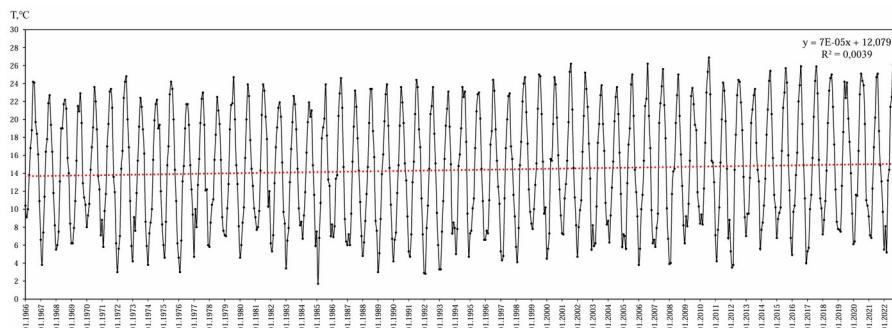


Рисунок 2 - Изменение среднемесячной температуры воздуха за рассматриваемый период на метеостанции г. Сочи
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.154.96.2>

Примечание: по ист. [9]

Отмечены периоды 1967–1969 гг., 1973–1976 гг. и 1982–1984 гг., в течение которых средняя температура июля не превышала 22,5 °C. Для зимних интервалов 1969–1971 гг., 1978–1982 гг. и 1986–1987 гг. характерны повышенные температуры относительно других лет. На протяжении последних трёх десятилетий минимальные среднемесячные значения температуры в январе и июле демонстрируют рост, при этом максимальные среднемесячные температуры июля отличаются большей стабильностью и меньшей амплитудой колебаний.

На рисунке 3 представлена графическая зависимость изменения суммы годовых атмосферных осадков, зафиксированных на метеостанции г. Сочи за период с 1966 по 2022 гг. Наименьшие годовые суммы осадков, что является аномалией для данного региона, зарегистрированы в 1986 и 2020 гг. — 1013 и 1019 мм соответственно. В интервалах 1976–1979 гг. и 1984–1986 гг. суммы осадков оставались на относительно низком уровне без резких изменений. Наибольшие значения годовых осадков зафиксированы в 1988 и 1995 гг. — 2260 и 2255 мм соответственно.

Анализ динамики годовых атмосферных осадков за период 1966–2022 гг. (см. рис. 3) свидетельствует о том, что до 1999 г. межгодовые вариации осадков были значительно более выраженным, чем в последующий период, когда различия между годами стали менее заметными. В целом выявлено чередование повышенных и пониженных значений, что указывает на циклическую природу годовых сумм осадков в г. Сочи.

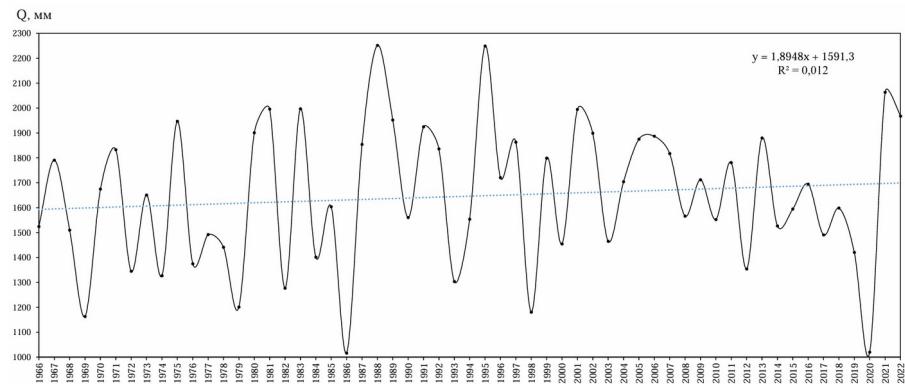


Рисунок 3 - Динамика количества суммы годовых атмосферных осадков за рассматриваемый период на метеостанции г. Сочи

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.154.96.3>

Примечание: по истм. [11]

Линия тренда, построенная для рисунка 3, отражает небольшую тенденцию к увеличению осадков. В среднем количество осадков с 1966 по 2022 годы возросло с 1590 мм до 1660 мм, то есть на 70 мм, при этом вариативность значений между годами уменьшилась в последние десятилетия. Следствием этого стало то, что сумма годовых осадков не опускалась ниже 1300 мм, начиная с 1999 года, за исключением 2020 года, когда сумма осадков была 1019 мм. На рисунке 4 представлена динамика среднегодовой температуры воздуха за рассматриваемый период на метеостанции Сочи. Минимальные среднегодовые значения составили 12,7°C, максимальные — 16,5°C, которые наблюдались в 1992 и 2010 гг., соответственно. Как и с годовыми суммами осадков наблюдается значительная амплитуда изменения среднегодовых значений между соседними годами.

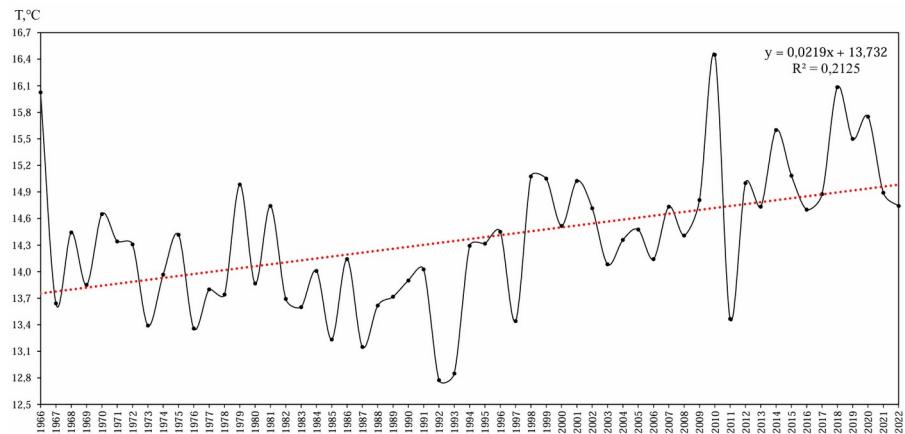


Рисунок 4 - Динамика среднегодовой температуры воздуха за рассматриваемый период на метеостанции г. Сочи

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.154.96.4>

Примечание: по истм. [9]

Анализ графика (см. рис. 4) показывает, что с 1982 по 1993 гг. наблюдается заметное снижение среднегодовых температур воздуха, причем с абсолютными минимумами в 1992 и 1993 (соответственно 12,7 и 12,8°C). С 1994 г. по 2022 гг. отмечается значительное возрастание среднегодовых значений, с относительно небольшим уровнем колебаний между соседними годами, за исключением 2010 и 2011 года, когда наблюдалась максимальная межгодовая амплитуда. Анализ линии тренда показывает, что за последние три десятилетия среднегодовые температуры выросли с 13,7 °C в 1994 г. до 14,9 °C в 2022 г.

Заключение

По данным метеостанции г. Сочи, за период с 1966 по 2022 гг. годовая сумма осадков увеличилась с 1590 мм до 1660 мм, что составляет прирост на 70 мм, при этом межгодовая изменчивость осадков в последние десятилетия снизилась. Месячные суммы осадков за указанный период колеблются в диапазоне от 2 до 525 мм. Наименьшие

значения атмосферных осадков обычно фиксируются в летние месяцы, тогда как максимальные характерны для конца осени и начала зимы (ноябрь – декабрь).

Среднегодовые температуры варьируются в диапазоне от 12,7 °C (1992 г.) до 16,5 °C (2010 г.). В период с 1982 по 1993 гг. зафиксировано заметное снижение среднегодовых температур воздуха, с наименьшими показателями в 1992 и 1993 гг. (12,7 °C и 12,8 °C соответственно). С 1994 г. по 2022 г. прослеживается стабильное повышение среднегодовых температур с незначительными колебаниями между соседними годами. За последние 30 лет среднегодовые значения выросли с 13,7 °C (1994 г.) до 14,9 °C.

В Сочи среднемесячные температуры воздуха за анализируемый период колеблются от 2 °C до 27 °C, демонстрируя отчетливую сезонность в годовом ходе температур. До 2000 г. наблюдалась цикличность продолжительностью 4–5 лет, проявляющаяся в том, что наиболее холодные зимы повторялись с таким интервалом. В эти же годы с суровыми зимами фиксировались и самые теплые летние периоды. После 2000 г. различия между среднемесячными температурами зимних месяцев сглаживаются. В целом за последние три десятилетия (с 1993 г.) минимальные среднемесячные температуры января и июля увеличились, при этом летние температуры стали более устойчивыми по сравнению с зимними, а межгодовые вариации уменьшились.

Финансирование

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-17-00038, <https://rscf.ru/project/24-17-00038/> в Южном федеральном университете.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Funding

The research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation No. 24-17-00038, <https://rscf.ru/project/24-17-00038/> at the Southern Federal University.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Котляков В.М. Климат Земли: прошлое, настоящее, будущее. / В.М. Котляков, М.Г. Гросвальд, А.Н. Кренке. — Москва: Знание, 1985. — 48 с.
2. Федоров В.М. Корреляционный анализ инсоляции Земли и аномалии приповерхностной температуры. / В.М. Федоров // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. — 2016. — 45. — С. 151–168.
3. Evidence There is unequivocal evidence that Earth is warming at an unprecedented rate. Human activity is the principal cause [Electronic source] // National Aeronautics and Space Administration Goddard Institute for Space Studies. — 2024. — URL: <https://science.nasa.gov/climate-change/evidence/>. (accessed: 24.02.25)
4. Бобылев С.Н. Глобальное изменение климата и экономическое развитие / С.Н. Бобылев, И.Г. Грицевич. — Москва: ЮНЕП, 2005. — 64 с.
5. Семенов С.М. Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем / С.М. Семенов. — Москва: Гидрометеоиздат, 2012. — 568 с.
6. Мохов И. Глобальное потепление: наблюдение и модельные расчеты. / И. Мохов // Наука в России. — 2006. — 1. — С. 62–67. (дата обращения: 16.04.25).
7. Сочи [Электронный ресурс] // TRAVELLER->EU. — 2024. — URL: <https://traveller-eu.ru/sochi>. (дата обращения: 24.02.25)
8. Федоров В.М. Многолетняя изменчивость инсоляции земли и содержания двуокиси углерода в атмосфере. / В.М. Федоров, В.Н. Голубев, Д.М. Фролов // Жизнь Земли. — 2018. — 1. — С. 12–21.
9. Булыгина О.Н. Описание массива данных среднемесячной температуры воздуха на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014621485 от 23 октября 2014 г. [Электронный ресурс] / О.Н. Булыгина, В.Н. Разуваев, Л.Т. Трофименко и др. // Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. — 2014. — URL: <http://meteo.ru/data/temperature/>. (дата обращения: 24.02.25)
10. Рисмухамедова И.А. Нил, Джонатан. Глобальное потепление. Как остановить катастрофу? / Д. Нил; перевод с английского / И.А. Рисмухамедова. — Москва: УРСС: ЛИБРОКОМ, 2019. — 285 с.
11. Булыгина О.Н. Описание массива данных месячных сумм осадков на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620394 от 27 февраля 2015 г. [Электронный ресурс] / О.Н. Булыгина, В.Н. Разуваев, Л.Т. Трофименко и др. // Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. — 2015. — URL: <http://meteo.ru/data/total-precipitation/>. (дата обращения: 24.02.25)

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kotlyakov V.M. Klimat Zemli: proshloe, nastoyashhee, budushhee. [Earth's climate: past, present, and future.] / V.M. Kotlyakov, M.G. Grosval'd, A.N. Krenke. — Moscow: Znanie, 1985. — 48 p. [in Russian]

2. Fedorov V.M. Korrelyacionnyj analiz insolyacii Zemli i anomalii pripoverxnostnoj temperatury' [Correlation analysis of Earth's insulation and surface temperature anomalies]. / V.M. Fedorov // Scientific Notes of the Russian State Hydrometeorological University. — 2016. — 45. — P. 151–168. [in Russian]
3. Evidence There is unequivocal evidence that Earth is warming at an unprecedented rate. Human activity is the principal cause [Electronic source] // National Aeronautics and Space Administration Goddard Institute for Space Studies. — 2024. — URL: <https://science.nasa.gov/climate-change/evidence/>. (accessed: 24.02.25)
4. Bobylev S.N. Global'noe izmenenie klimata i e'konomicheskoe razvitiye [Global climate change and economic development] / S.N. Bobylev, I.G. Gricevich. — Moscow: YUNEP, 2005. — 64 p. [in Russian]
5. Semenov S.M. Metody' ocenki posledstvij izmeneniya klimata dlya fizicheskix i biologicheskix sistem [Methods for assessing the effects of climate change on physical and biological systems] / S.M. Semenov. — Moscow: Gidrometeoizdat, 2012. — 568 p. [in Russian]
6. Moxov I. Global'noe poteplenie: nablyudenie i model'ny'e raschety' [Global warming: observations and model calculations]. / I. Moxov // Science in Russia. — 2006. — 1. — P. 62–67. (accessed: 16.04.25). [in Russian]
7. Sochi [Sochi] [Electronic source] // TRAVELLER->EU. — 2024. — URL: <https://traveller-eu.ru/sochi>. (accessed: 24.02.25) [in Russian]
8. Fedorov V.M. Mnogoletnyaya izmenchivost' insolyacii zemli i soderzhaniya dvuokisi ugleroda v atmosfere [Long-term variability of the earth's insulation and carbon dioxide content in the atmosphere]. / V.M. Fedorov, V.N. Golubev, D.M. Frolov // Life of the Earth. — 2018. — 1. — P. 12–21. [in Russian]
9. Bulygina O.N. Opisanie massiva danny'x srednemesyachnoj temperatury' vozduxa na stanciyax Rossii. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registraci bazy' danny'x № 2014621485 ot 23 oktyabrya 2014 g. [Description of the array of monthly average air temperature data at Russian stations. Certificate of state registration of the database No. 2014621485 dated October 23, 2014] [Electronic source] / O.N. Bulygina, V.N. Razuvayev, L.T. Trofimenco et al. // Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring. — 2014. — URL: <http://meteo.ru/data/temperature/>. (accessed: 24.02.25) [in Russian]
10. Rismuxamedova I.A. Nil, Dzhonatan. Global'noe poteplenie. Kak ostanovit' katastrofu? / D. Nil; perevod s anglijskogo [Neil, Jonathan. Global warming. How to stop a catastrophe? / D. Neil; translated from English] / I.A. Rismuxamedova. — Moscow: URSS: LIBROKOM, 2019. — 285 p. [in Russian]
11. Bulygina O.N. Opisanie massiva danny'x mesyachny'x summ osadkov na stanciyax Rossii. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registraci bazy' danny'x № 2015620394 ot 27 fevralya 2015 g. [Description of the data set of monthly precipitation amounts at Russian stations. Certificate of state registration of the database No. 2015620394 dated February 27, 2015] [Electronic source] / O.N. Bulygina, V.N. Razuvayev, L.T. Trofimenco et al. // Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitori. — 2015. — URL: <http://meteo.ru/data/total-precipitation/>. (accessed: 24.02.25) [in Russian]