

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.91>**МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И КОЛИЧЕСТВА АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ
В ГОРОДЕ ВОРОНЕЖ**

Научная статья

Гарькуша Д.Н.^{1*}, Великохатская В.В.², Красюк А.С.³¹ORCID : 0000-0001-5026-2103;^{1, 2, 3} Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (gardim1[at]yandex.ru)

Аннотация

Проанализированы многолетние данные наблюдений ФГБУ Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации по среднемесячной температуре воздуха за период с 1918 по 2022 гг. и суммам месячных атмосферных осадков за период с 1966 по 2022 гг. на метеостанции, расположенной в городе Воронеж. За рассматриваемый период годовые суммы осадков варьировались в пределах от 391 мм до 870 мм (в среднем 583 мм). Максимальные выпадения осадков характерны для конца весны – первой половины лета. На фоне чередования годов с низким и высоким количеством атмосферных осадков наблюдается слабая тенденция увеличения их выпадения. Среднегодовые температуры воздуха варьировались в пределах от 3,68°C до 9,45°C. Также, как и с годовыми суммами осадков, наблюдается чередование годов с низкими и высокими значениями среднегодовых температур. Отмечается отчетливое увеличение среднегодовых температур на протяжении всего периода наблюдений – на 3,67°C за 100 лет. Особенно интенсивный рост температуры фиксируется с 1989 года по настоящее время. Прослеживается цикличность холодных месяцев, выражающаяся в наличии суровых зим раз в 10 лет. В целом город Воронеж характеризуется достаточным увлажнением, однако в последние 3-4 десятилетия отмечается рост количества лет с засушливыми, обычно летними месяцами.

Ключевые слова: климат, метеорологические условия, атмосферные осадки, температура, засушливые периоды, глобальное потепление.

LONG-TERM CHANGES IN AIR TEMPERATURE AND PRECIPITATION IN VORONEZH

Research article

Gar'kusha D.N.^{1*}, Velikokhatskaya V.V.², Krasyyuk A.S.³¹ORCID : 0000-0001-5026-2103;^{1, 2, 3} Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation

* Corresponding author (gardim1[at]yandex.ru)

Abstract

The long-term observation data of FSBI All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information on average monthly air temperature for the period from 1918 to 2022 and monthly precipitation amounts for the period from 1966 to 2022 at the weather station located in Voronezh were analysed. During the studied period, annual precipitation totals varied from 391 mm to 870 mm (583 mm on average). Maximum precipitation is typical for the end of spring and the first half of summer. Against the background of alternation of years with low and high precipitation, a weak tendency of increasing precipitation was observed. Average annual air temperatures ranged from 3.68°C to 9.45°C. Similarly to annual precipitation totals, there is an alternation of years with low and high values of mean annual temperatures. There is a distinct increase in mean annual temperatures throughout the entire observation period – by 3.67°C per 100 years. Particularly intensive temperature increase is recorded from 1989 to the present. There is a cycle of cold months, which is expressed in the presence of severe winters once in 10 years. In general, Voronezh is characterized by sufficient moisture, but in the last 3-4 decades there has been an increase in the number of years with dry, usually summer months.

Keywords: climate, meteorological conditions, precipitation, temperature, dry periods, global warming.

Введение

Города-миллионники являются важнейшим местом притяжения и сосредоточения человеческих, трудовых, промышленных, культурных, экономических ресурсов в масштабах России. Одним из таких городов-миллионников России является г. Воронеж. В настоящее время важнейшей экологической проблемой является глобальное изменение климата. По данным последнего отчета ООН по климату [1], темпы глобального потепления увеличились в последние десятилетия. Предполагается, что средняя температура Земли повысится на 1.5°C к 2030 году, – это на 10 лет раньше, чем в предыдущем прогнозе [1]. Изменение климата сопровождается увеличением количества и тяжести последствий чрезвычайных природных явлений: наводнения, подтопления, засухи, обмеление рек.

Наблюдаемое потепление климата ученые объясняют выбросами парниковых газов (CH₄, CO₂, N₂O) в результате деятельности человека. Последствия изменения климата ухудшаются с каждой долей градуса потепления. Ученые предупреждают, что даже при повышении на 1.5°C климатическая система может стать неузнаваемой [1]. Сегодня более высокие температуры уже приводят к засухам и уничтожают посевы. Гималайские ледники, которые обеспечивают водой около 240 млн человек, уже тают. Штормы, ураганы, тайфуны становятся сильнее и разрушительнее из-за изменения климата [2].

Целью настоящей работы является изучение динамики температуры воздуха и количества выпадающих атмосферных осадков в г. Воронеж за столетний период.

Район исследования, материалы и методы

Воронежская область располагается в Европейской части Российской Федерации на границе Среднерусской возвышенности и Окско-Донской равнины [3], [4] и имеет выгодное физико- и экономико-географическое положение. Область граничит с Белгородской, Курской, Липецкой, Тамбовской, Саратовской, Волгоградской, Ростовской областями и Луганской Народной Республикой России; входит в состав Центрального Федерального округа [4], [5]. Температура воздуха в городе Воронеж, расположенном в зоне умеренного климата, зависит не только от поступления солнечного тепла, но и от динамики воздушных масс, которые приносят холодный или теплый воздух с отдаленных от Воронежской области территорий [6]. Воронежская область находится на юго-востоке Воронежской антеклизы, в геологическом строении которой выделяются кристаллический фундамент, сложенный докембрийскими породами, и перекрывающий его осадочный чехол фанерозойских образований девонской, каменноугольной, юрской, меловой, палеогеновой, неогеновой и четвертичной систем [7].

В основу работы положены архивные данные ФГБУ Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД) [8], [9], [10] по среднемесячной температуре воздуха за период с 1918 по 2022 гг. и суммам месячных атмосферных осадков за 1966-2022 гг. на метеостанции в городе Воронеж.

В ходе выполнения работы проведена статистическая обработка данных, построены графики, характеризующие изменения количества сумм месячных и годовых атмосферных осадков, среднемесячной и среднегодовой температуры воздуха, а также совмещенный график изменения месячных сумм осадков и среднемесячных температур воздуха, для выявления засушливых периодов.

Результаты исследования и их обсуждение

На рисунке 1 приведены изменения месячных сумм атмосферных осадков на метеостанции в г. Воронеж за период с 1966 по 2022 г., то есть за последние 56 лет. Месячные значения сумм осадков на графике за указанный период варьируются от 0 мм до 219.4 мм. Минимальное количество атмосферных осадков за весь период наблюдений отмечалось в октябре 1988 г., максимальное – в июне 1987 г. В целом максимальные выпадения осадков характерны для конца весны – первой половины лета (май – июль).

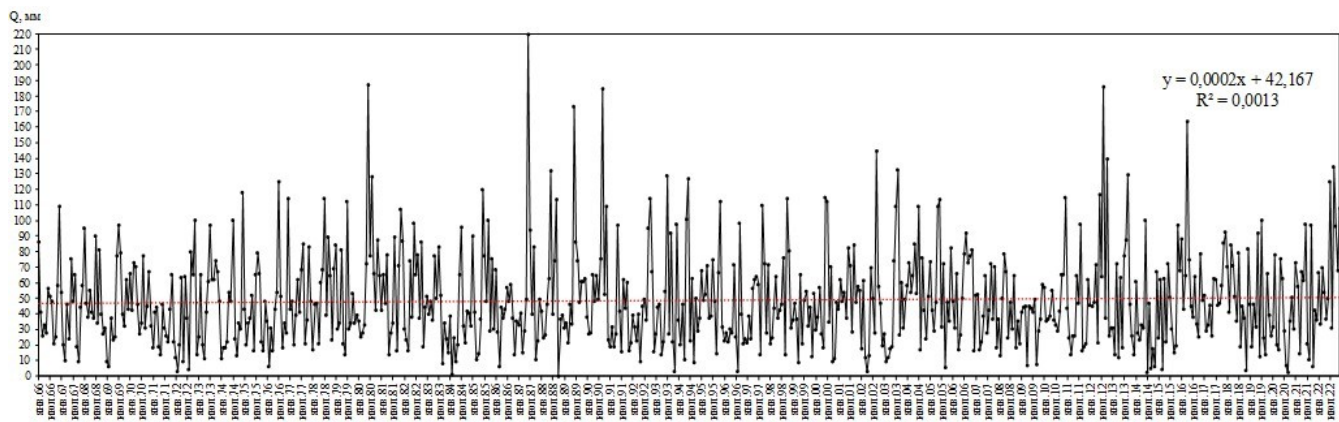


Рисунок 1 - Изменение месячных сумм атмосферных осадков за период с 1966 по 2022 гг. на метеостанции Воронеж
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.91.1>

Примечание: построено по данным [9]

Выделяются 1967-1968 гг., 1975-1976 гг., 1999-2000 гг. и 2009-2010 гг. с маленькой амплитудой сумм осадков и слабой выраженностью зимнего максимума. Особо выделяется 2020 г., на всем протяжении которого осадки были минимальны, а в летний период, когда обычно отмечается наибольшее выпадение атмосферных осадков (сезон дождей), их увеличения не наблюдалось. В целом анализ динамики выпадения атмосферных осадков (см. рис. 1), показывает отсутствие значимого тренда в ее изменении за указанный период.

На рисунке 2 изображен график изменения среднемесячной температуры воздуха за период с 1918 по 2022 г. (104 года) на метеостанции г. Воронеж. Среднемесячные температуры воздуха в период наблюдений колеблются от -19.4 до 26.4°C, составляя в среднем 6.34°C. Равномерное чередование высоких и низких значений температур на графике объясняется их годовым ходом.

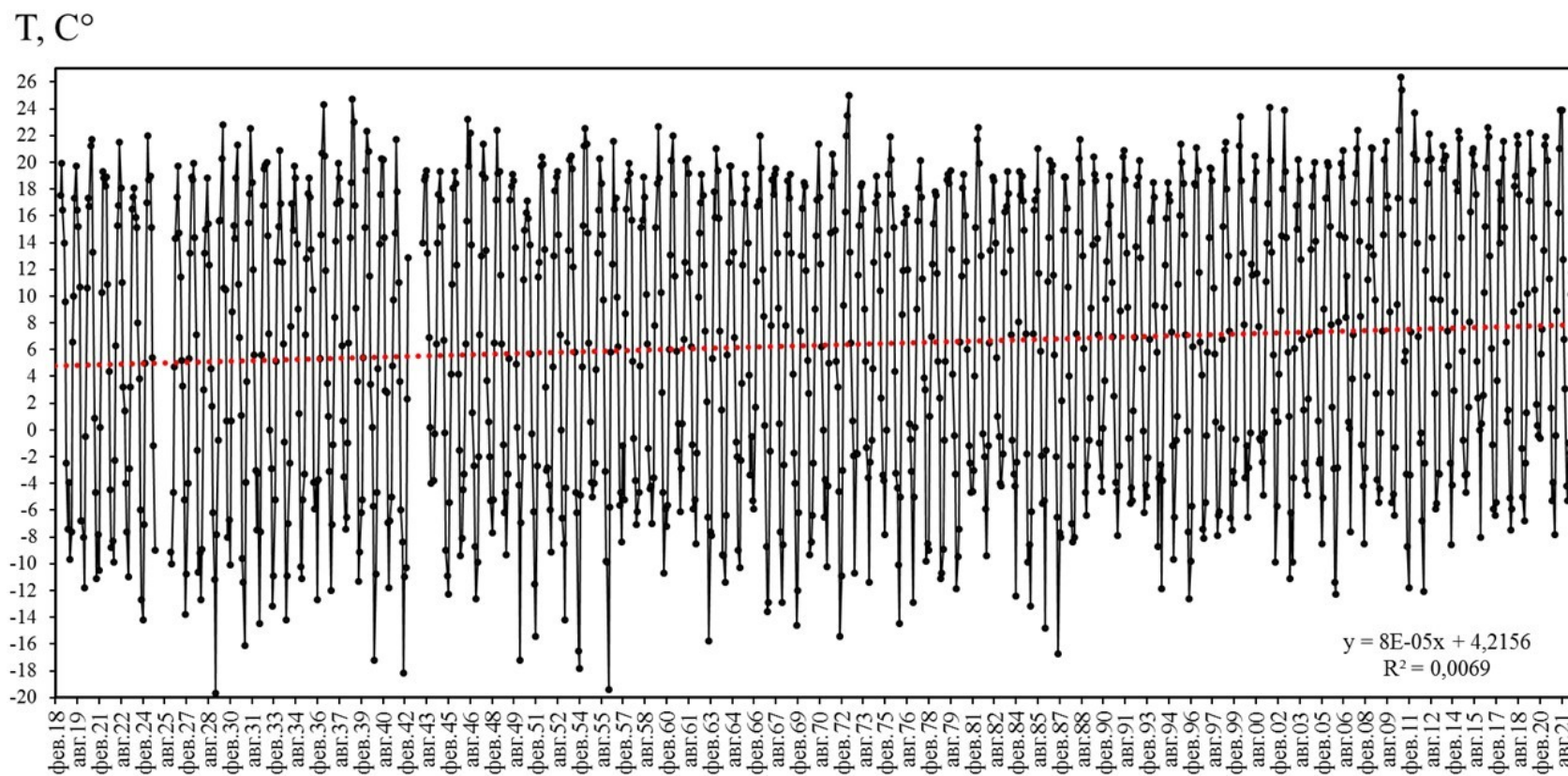


Рисунок 2 - Изменение среднемесячной температуры воздуха за период с 1918 по 2022 гг. на метеостанции г. Воронеж
 DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.91.2>

Примечание: построено по данным [10]

Прослеживается цикличность холодных месяцев, выражающаяся в наличии суровых зим раз в 10 лет, когда среднемесячная температура воздуха опускается до -20°C . В период с 1918 по 1990 гг. зимние среднемесячные температуры варьируются от $-8,0$ до $-19,4^{\circ}\text{C}$. С 1990-х годов зимние среднемесячные значения не так сильно различаются между собой. Также с этого периода становится больше относительно теплых зим, наблюдается потепление.

Что касается летних температур, то они за изучаемый период более стабильны, чем зимние, незначительно изменяясь из года в год. Летние среднемесячные температуры воздуха колеблются за весь период от $+14,3^{\circ}\text{C}$ до $+25,0^{\circ}\text{C}$. Просматривается особенность, выражающаяся в том, что в годы, в которые наблюдается самая холодная зима, также отмечается и более теплое лето, из-за чего в эти годы наблюдается самая большая годовая амплитуда среднемесячных температур. Выделяются периоды с 1923 по 1926 гг., с 1940 по 1943 гг. и с 1967 по 1969 гг., в которые среднемесячная температура июля не превышала 18°C . Зимы с 1919 по 1923 гг., с 1957 по 1962 гг. и с 1988 по 1993 гг. выделяются более высокими температурами по сравнению с другими годами. В целом, отмечается увеличение как летних, так и зимних значений температур в последние три десятилетия.

На рисунке 3 представлен график изменения количества суммы годовых атмосферных осадков за период с 1966 по 2022 гг. (56 лет). В рассматриваемый период годовые суммы осадков варьировались в пределах от 391 мм до 870 мм. Среднее годовое значение за данный период составляет 583 мм. Минимальные годовые суммы отмечались в 1971 г. и 1996 г., когда количество выпавших осадков за год составляло 391 мм и 411 мм, соответственно. Такие значения достаточно низки и в целом нехарактерны для города Воронеж. Максимальное количество атмосферных осадков выпало в 1980 и 2022 гг. – 845 мм и 870 мм, соответственно. В целом, на фоне чередования годов с низким и высоким количеством атмосферных осадков, наблюдается слабая тенденция увеличения их выпадения за рассматриваемый период.

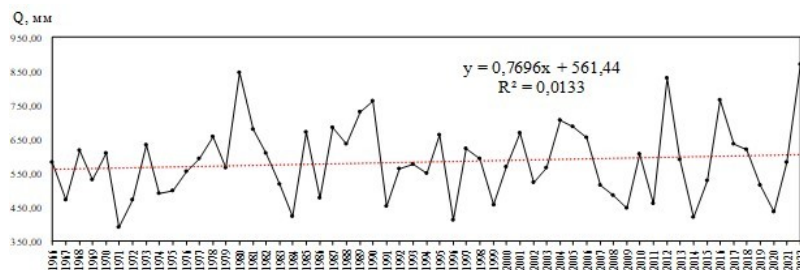


Рисунок 3 - Изменение количества суммы годовых атмосферных осадков за период с 1966 по 2022 гг. на метеостанции Воронеж

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.91.3>

Примечание: построено по данным [9]

В последние десятилетия (с 2012 по 2022 гг.) наблюдается максимальная амплитуда колебания годовых осадков, при этом 2014 г. был одним из самых засушливых, а 2022 г. самый увлажненный за весь период наблюдений.

На рисунке 4 представлено изменение среднегодовой температуры воздуха за период с 1918 по 2022 гг. В рассматриваемый период среднегодовые температуры воздуха варьировались в пределах от $3,68$ до $9,45^{\circ}\text{C}$. Среднее годовое значение за данный период составило $6,34^{\circ}\text{C}$. Здесь также, как и с годовыми суммами осадков наблюдается чередование годов с низкими и высокими значениями среднегодовых температур. Отмечается отчетливое увеличение среднегодовых температур на протяжении всего периода наблюдений. Среднегодовые температуры увеличились за 104 года на $3,67^{\circ}\text{C}$ – с $4,51$ до $8,16^{\circ}\text{C}$. Особенно интенсивный рост температуры фиксируется с 1989 года по настоящее время.

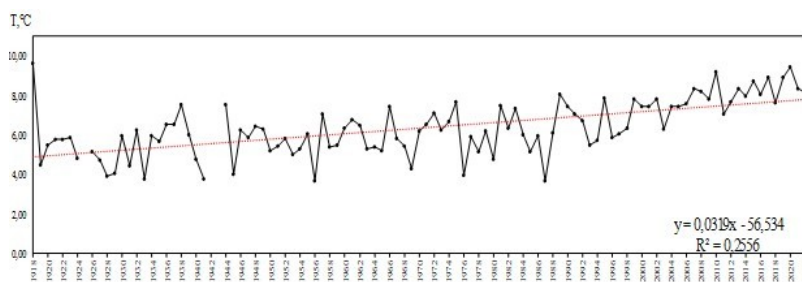


Рисунок 4 - Изменение среднегодовой температуры воздуха за период с 1918 по 2022 гг. на метеостанции Воронеж

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.91.4>

Примечание: построено по данным [10]

Совмещенный график изменения среднемесячной температуры воздуха и количества суммы месячных атмосферных осадков за период с 1966 по 2022 гг. на метеостанции Воронеж представлен на рисунке 5. Данный график дает представление о соотношении среднемесячных температур воздуха и месячных сумм осадков, что позволяет выявить засушливые периоды. Анализ графика показывает, что Воронеж в целом имеет достаточное увлажнение, однако в последние 3-4 десятилетия возросло количество лет с засушливыми, как правило, летними месяцами.

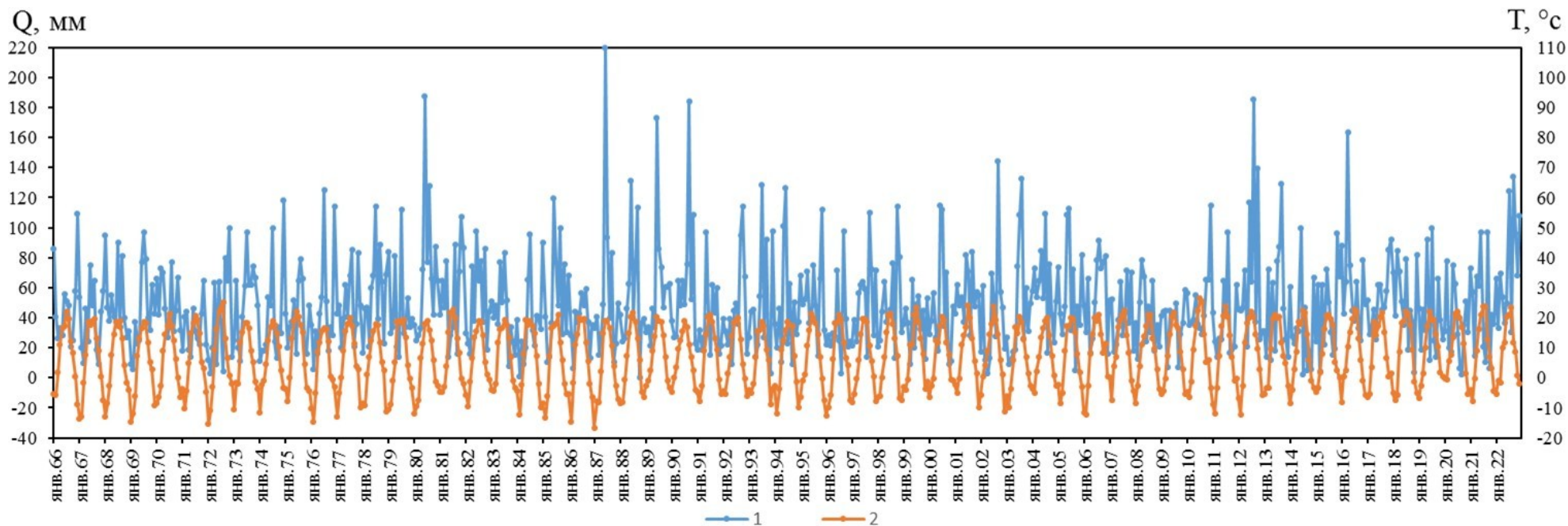


Рисунок 5 - Совмещенный график изменения среднемесячной температуры воздуха и количества суммы месячных атмосферных осадков за период с 1966 по 2022 гг. на метеостанции Воронеж:

1 – атмосферные осадки; 2 – температура воздуха

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.91.5>

Примечание: построено по данным [9], [10]

Заключение

За период с 1966 по 2022 гг. годовые суммы осадков варьировались в пределах от 391 мм до 870 мм (в среднем 583 мм). В целом максимальные выпадения осадков характерны для конца весны – первой половины лета (май – июль). Анализ динамики выпадения атмосферных осадков показал, что на фоне чередования годов с низким и высоким количеством атмосферных осадков, наблюдается слабая тенденция увеличения их выпадения за рассматриваемый период.

В период наблюдений среднегодовые температуры воздуха варьировались в пределах от 3.68 до 9.45°C. Также, как и с годовыми суммами осадков, наблюдается чередование годов с низкими и высокими значениями среднегодовых температур. Отмечается отчетливое увеличение среднегодовых температур на протяжении всего периода наблюдений – на 3.67°C за 100 лет. Наиболее интенсивный рост температуры фиксируется с 1989 года по настоящее время – на 2.03°C. Прослеживается цикличность холодных месяцев, выражающаяся в наличии суровых зим раз в 10 лет. Просматривается особенность, выражающаяся в том, что в годы, в которые наблюдается самая холодная зима, также отмечается и более теплое лето. В целом город Воронеж характеризуется достаточным увлажнением, однако в последние 3-4 десятилетия отмечается рост количества лет с засушливыми, обычно летними месяцами.

Финансирование

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

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.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Рецензия

Клепиков О.В., Воронежский государственный университет, Воронеж, Российская Федерация
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.91.6>

Review

Klepikov O.V., Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.91.6>

Список литературы / References

1. Эксперты ООН оценили темпы глобального потепления: +1,5 °C к 2030 году // РБК Тренды. — 2024 — URL: <https://trends.rbc.ru/trends/green/611250239a794709fafa6108> (дата обращения: 06.08.2024)
2. Почему потепление даже на 1,5 градуса – это опасно? Объясняем, что ждет Россию и мир // Национальная нефтегазовая лента. — 2021 — URL: <https://nangs.org/news/ecology/pochemu-poteplenie-dazhe-na-15-gradusa-eto-opasno-obayasnuaem-chto-zhdet-rossiyu-i-mir> (дата обращения: 06.08.2024)
3. Мильков Ф.Н. География Воронежской области / Ф.Н. Мильков, В.Б. Михно, Ю.В. Поросенков — Воронеж: Издательство Воронежского университета, 1992. — 132 с.
4. Воронежская область // Большая Российская энциклопедия 2004-2017. — 2004 — URL: <https://old.bigenc.ru/geography/text/5770911> (дата обращения: 06.08.2024)
5. Климат Воронежской области // Природа Воронежской области. — 2012 — URL: <https://priroda36.ru/klimat-voronezhskoj-oblasti.html> (дата обращения: 06.08.2024)
6. Курдов А.Г. Реки Воронежской области / А.Г. Курдов — Воронеж: Издательство Воронежского государственного университета, 1984. — 164 с.
7. Смольянинов В.М. Подземные воды Центрально-Черноземного региона: условия их формирования, использование / В.М. Смольянинов — Воронеж: Издательство Воронежского Государственного Аграрного Университета, 2023. — 250 с.
8. Специализированные массивы // Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. — 2024 — URL: <http://meteo.ru/data/> (дата обращения: 06.08.2024)
9. Булыгина О.Н. Описание массива данных месячных сумм осадков на станциях России / О.Н. Булыгина, В.Н. Разуваев, Н.Н. Коршунова, Н.В. Швец // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620394. — 2014 — URL: <http://meteo.ru/data> (дата обращения: 06.08.2024)
10. Булыгина О.Н. Описание массива данных среднемесячной температуры воздуха на станциях России / О.Н. Булыгина, В.Н. Разуваев, Л.Т. Трофименко, Н.В. Швец // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014621485. — 2014 — URL: <http://meteo.ru/data> (дата обращения: 06.08.2024)

Список литературы на английском языке / References in English

1. Eksperty OON otsenili tempy global'nogo poteplenija: +1,5 °C k 2030 godu [UN experts estimated the rate of global warming: +1.5 °C by 2030] // RBC Trends. — 2024 — URL: <https://trends.rbc.ru/trends/green/611250239a794709fafa6108> (accessed: 06.08.2024) [in Russian]
2. Pochemu poteplenie dazhe na 1,5 gradusa – eto opasno? Ob'jasnjaem, chto zhdet Rossiju i mir [Why is warming even by 1.5 degrees dangerous? We explain what awaits Russia and the world] // National Oil and Gas Ribbon. — 2021 — URL:

<https://nangs.org/news/ecology/pochemu-poteplenie-dazhe-na-15-gradusa-eto-opasno-obayasnyem-cto-zhdet-rossiyu-i-mir> (accessed: 06.08.2024) [in Russian]

3. Mil'kov F.N. Geografija Voronezhskoj oblasti [Geography of the Voronezh region] / F.N. Mil'kov, V.B. Mihno, Ju.V. Porosenkov — Voronezh: Izdatel'stvo Voronezhskogo universiteta, 1992. — 132 p. [in Russian]

4. Voronezhskaja oblast' [Voronezh Region] // The Great Russian Encyclopedia 2004-2017. — 2004 — URL: <https://old.bigenc.ru/geography/text/5770911> (accessed: 06.08.2024) [in Russian]

5. Klimat Voronezhskoj oblasti [The climate of the Voronezh region] // The nature of the Voronezh region. — 2012 — URL: <https://priroda36.ru/klimat-voronezhskoj-oblasti.html> (accessed: 06.08.2024) [in Russian]

6. Kurdov A.G. Reki Voronezhskoj oblasti [Rivers of the Voronezh region] / A.G. Kurdov — Voronezh: Voronezh State University Publishing House, 1984. — 164 p. [in Russian]

7. Smol'janinov V.M. Podzemnye vody Tsentral'no-Chernozemnogo regiona: uslovija ih formirovanija, ispol'zovanie [Groundwater of the Central Chernozem region: conditions of their formation, use] / V.M. Smol'janinov — Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publishing House, 2023. — 250 p. [in Russian]

8. Spetsializirovannye massivy [Specialized arrays] // All-Russian Scientific Research Institute of Hydrometeorological Information – World Data Center. — 2024 — URL: <http://meteo.ru/data/> (accessed: 06.08.2024) [in Russian]

9. Bulygina O.N. Opisanie massiva dannyh mesjachnyh summ osadkov na stantsijah Rossii [Description of the data array of monthly precipitation amounts at stations in Russia] / O.N. Bulygina, V.N. Razuvaev, N.N. Korshunova, N.V. Shvets // Certificate of state registration of the database No. 2015620394. — 2014 — URL: <http://meteo.ru/data> (accessed: 06.08.2024) [in Russian]

10. Bulygina O.N. Opisanie massiva dannyh srednemesjachnoj temperatury vozduha na stantsijah Rossii [Description of the data set of the average monthly air temperature at Russian stations] / O.N. Bulygina, V.N. Razuvaev, L.T. Trofimenko, N.V. Shvets // Certificate of state registration of the database No. 2014621485. — 2014 — URL: <http://meteo.ru/data> (accessed: 06.08.2024) [in Russian]