

11. Belyaev A. M., Belyakov V. V., Makarov V. S. Study of efficiency of a 6x6 all-terrain vehicle in coastal zone. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020. No 709 (4).
12. Belyaev A. M., Makarov V. S. Method of assessment of special wheel chassis mobility in cases of sand-gravel bases crossing. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2018. No 194 (2).
13. Myasnikov A. S., Fomin S. D. Increasing the cross-country ability of machine-tractor units based on optimization of methods of movement. Promising trends in the development of scientific research in priority areas of modernization of agriculture and rural areas in modern socio-economic conditions: mat. national Scientific and Practical Conference, Volgograd, 2021. V. III. Pp. 451-457.
14. Myasnikov A. S., Fomin S. D. Increasing the profile patency of vehicles for transporting goods in agriculture. Izvestiya NV AUK. 2022. 4 (68).
15. Myasnikov A. S., Fomin S. D. Numerical modeling and analysis of the stress-strain state of structural parts and subassemblies of an experimental vehicle with a combined mode of transportation for the agro-industrial complex. Izvestiya Nizhnevolzhsky agrouniversity complex: Science and higher professional education. 2023. No 1 (69). Pp. 575-587.
16. Myasnikov A. S., Fomin S. D., Yarusov A. A. Field studies of the profile patency of an experimental vehicle for transporting goods in agriculture. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity complex: Science and higher professional education. 2023. No 3 (71). Pp. 635-652.
17. Fomin S. D., Myasnikov A. S. Field studies of the basic patency of an experimental vehicle on wet plowed soil. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity complex: Science and higher professional education. 2023. No 3 (71). Pp. 469-482.
18. Makarichev Yu. A., Ivannikov Yu. N. Methods of experiment planning and data processing. Samara: Samar. State Technical University Univ., 2016. 131 p.

#### Информация об авторах

**Мясников Алексей Сергеевич**, преподаватель, ЧПОУ «Газпром колледж Волгоград им. И. А. Матлашова» (Российская Федерация, 400011, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 71), e-mail: Alexey1987M@yandex.ru  
**Фомин Сергей Денисович**, доктор технических наук, профессор кафедры "Механика", ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: fsd\_58@mail.ru  
**Гапич Дмитрий Сергеевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой "Электроснабжение и энергетические системы", ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

#### Author's Information

**Myasnikov Aleksey Sergeevich**, lecturer at Gazprom College Volgograd named after I. A. Matlashov (Russian Federation, 400011, Volgograd, Universitetsky Ave., 71), e-mail: Alexey1987M@yandex.ru  
**Fomin Sergey Denisovich**, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Mechanics, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: fsd\_58@mail.ru  
**Gapich Dmitry Sergeevich**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of "Power Supply and Energy Systems" Systems", Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-45

## GEOINFORMATION ASSESSMENT OF CLIMATIC CONDITIONS OF THE SARATOV REGION

<sup>1</sup>Bolgov I. A., <sup>1</sup>Matveev S., <sup>2</sup>Mashtakov D. A.

<sup>1</sup>*Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective  
Afforestation of the Russian Academy of Sciences  
Volgograd, Russian Federation*

<sup>2</sup>*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov»  
Saratov, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: bolgov-ia@vfanc.ru

Received 16.10.2023

Submitted 22.12.2023

**The work was carried out within the framework of the implementation of the most important innovative project of national importance "Expansion of the system of climate and environmental monitoring and forecasting in the territory of the Russian Federation in order to provide adaptation solutions in the sectoral and regional sections, including combating desertification" (reg. No. 123072100084-4)**

#### Summary

The article presents the results of geoinformation analysis of point data obtained from the weather stations of the Saratov region. The results of the study reflect the regional features of global warming. The outcomes obtained can be used to adapt agriculture to new conditions.

#### Abstract

**Introduction.** In regions with arid climate, an urgent issue is the assessment of climatic conditions and monitoring of their changes in the course of global warming. Landscapes of arid territories are the least resistant to changes in external conditions. The issue of climate monitoring is especially relevant for regions with a high share of the agricultural sector and leading positions in terms of agricultural production. With climate change without adaptation of agriculture, the efficiency of agriculture can significantly decrease. The

purpose of this study is to assess climatic features of the Saratov region, to identify dynamic characteristics which can be used to make decision in agricultural production in future. **Object.** The object research is the climate of the Saratov region. **Materials and methods.** Point data of the weather stations of the Saratov region, adjacent regions and Kazakhstan were used in research. The data was obtained using the AISORI and Weather and Climate services. Statistical data processing was performed in Microsoft Excel and Graphical Analysis. The creation of cartographic materials was carried out by the interpolation method (IDW method) in QGIS 3. Using the interpolation method gives greater accuracy of the results in comparison with global data. **Results and conclusions.** As a result of data analysis and mapping, the features of the climate dynamics of the Saratov region against the background of climate changes have been revealed. It has been established that the air temperature has been increasing everywhere at a rate of 0.038 °C per year since. It has increased by 2.17 °C over the past 57 years. Precipitation has increased by an average of 23.4 mm, but in the south-east of the region, moisture availability is decreasing from year to year.

**Keywords:** *geoinformatics, climate dynamics, meteorological data, mapping, climatic conditions.*

**Citation.** Bolgov I. A., Matveev S., Mashtakov D. A. Geoinformation assessment of climatic conditions of the Saratov region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 403-411 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-45.

**Author's contribution.** All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

УДК 551.582

## ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ ОЦЕНКА КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

<sup>1</sup>Болгов И. А., инженер-исследователь

<sup>1</sup>Матвеев Ш., лаборант-исследователь

<sup>2</sup>Маштаков Д. А., доктор сельскохозяйственных наук, доцент

<sup>1</sup>ФГБНУ Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук  
г. Волгоград, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики,  
биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова»  
г. Саратов, Российская Федерация

**Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Расширение системы климатического и экологического мониторинга и прогнозирования на территории Российской Федерации в целях обеспечения адаптационных решений в отраслевом и региональном разрезе, включая борьбу с опустыниванием» (рег. № 123072100084-4)**

**Актуальность.** В регионах с засушливым климатом актуальными являются оценка климатических условий и мониторинг их изменений в условиях глобального потепления климата. Агроландшафты засушливых территорий неустойчивы к воздействию внешних природных условий, что обусловлено высоким уровнем антропогенной нагрузки. Мониторинг климатических условий для регионов с высокой долей аграрного сектора и лидирующими позициями по объемам сельскохозяйственного производства позволяет установить динамику изменения условий функционирования агроландшафтов. При изменении климата без адаптации агрокультуры и применения мероприятий по защите почв от деградации может существенно снизиться эффективность сельскохозяйственного производства. Целью проведенного исследования являлась оценка климатических условий Саратовской области, выявление тенденций и прогноз изменения характеристик в настоящее время, что может быть использовано для принятия решений при организации сельскохозяйственного производства. **Объект.** Объектом исследования являются климатические условия Саратовской области. **Материалы и методы.** В исследовании использовались точечные данные по метеостанциям Саратовской области, прилегающих регионов и Казахстана. Данные были получены с использованием сервисов «АИСОРИ» и «Погода и Климат». Статистическая обработка данных производилась в программах Microsoft Excel и Graphical Analysis. Интерполяция совокупности данных для разработки картографических материалов осуществлялась методом ОВР (обратно взвешенных расстояний) в геоинформационной системе QGIS 3. Применение этого метода интерполяции позволяет получить большую точность результатов по сравнению с исходными данными. **Результаты и выводы.** В результате анализа данных и картографирования были выявлены особенности динамики климата Саратовской области на фоне глобальных климатических изменений. Установлено, что с 1966 года температура воздуха повсеместно возрастает со скоростью 0,04°C/год и увеличилась за последние 57 лет на 2,17°C. Количество осадков в среднем увеличилось на 23,4 мм, однако на юго-востоке региона отмечается снижение влагообеспеченности в период исследований.

**Ключевые слова:** геоинформатика, динамика климата, метеорологические данные, картографирование, климатические условия.

**Цитирование.** Болгов И. А., Матвеев Ш., Маштаков Д. А. Геоинформационная оценка климатических условий Саратовской области. *Известия НВ АУК*. 2024. 1(73). 403-411. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-45.

**Авторский вклад.** Все авторы данной статьи принимали непосредственное участие в планировании, выполнении исследований или анализе данного исследования. Авторы ознакомились с представленным окончательным вариантом статьи и одобрили его.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Введение.** В условиях глобальных климатических изменений, снижения устойчивости климатических процессов, тенденции роста повторяемости неблагоприятных гидрометеорологических явлений особую значимость приобретает мониторинг климатических условий и оценка тенденций их изменений. Особенно важна эта проблема для ландшафтов с неустойчивым и недостаточным увлажнением и значительными термическими ресурсами. Такие ландшафты обладают наименьшей устойчивостью к изменениям климатических условий, характеризуются понижением гидротермических показателей, увеличением числа засух и суховеев, усилением процессов дефляции и водной эрозии, развитием процессов опустынивания ведут к падению биопродуктивности угодий. Количество осадков оказывается лимитирующим фактором, определяющим формирование различных климатических процессов, включая аномальные [1, 2, 9, 14]. К числу таких регионов относится Саратовская область, которая характеризуется засушливым континентальным климатом с высокой изменчивостью погоды от года к году, холодной малоснежной зимой, короткой засушливой весной и сухим летним периодом. Климатические особенности региона выражаются в нарастании континентальности в направлении с запада на восток, широтная зональность обуславливается нарастанием притока тепла к поверхности земли и уменьшением количества поступающей влаги с севера на юг. Этими особенностями определяется формирование на территории региона четырех природных зон, сменяющих друг друга с северо-запада на юго-восток: лесостепная, степная, сухостепная и полупустынная [5].

Большая часть территории Саратовской области – юг Правобережья и особенно левобережная часть – отличаются высокой засушливостью и относятся к зоне рискованного земледелия. Посевными площадями занято 43,05 тыс. км<sup>2</sup> или 42,5 % территории. Выращиваются в первую очередь подсолнечник, пшеница, ячмень, кукуруза, бобовые и другие зерновые и технические культуры (64.rosstat.gov.ru). По объему сбора урожая растениеводства, которое в 2022 году составило 9919,8 тыс. тонн, Саратовская область занимает шестое место среди регионов Российской Федерации по сбору зерновых и зернобобовых культур (rosstat.gov.ru). В связи с высокой степенью развития сельского хозяйства необходимо изучение климата области с учетом региональных особенностей проявления климатических изменений. Без адаптации агрокультуры к изменяющимся условиям возможно снижение показателей сельскохозяйственного производства и усиление негативного воздействия на окружающую среду [4, 8].

Для оценки состояния и динамики климата Саратовской области необходима информация с визуализацией результатов исследования в виде картографических слоев, разработанных с применением геоинформационных систем (ГИС) и открытых источников данных. Современные ГИС обладают широким спектром инструментов, позволяющих работать с несколькими видами данных одновременно, в том числе векторными, растровыми и табличными, и могут быть использованы в процессе анализа климатических данных, их обработке, обобщении и построении карт на основе полученных данных [10].

**Материалы и методы.** Построение модели на основе исходных данных проводилось в геоинформационной системе QGIS 3.32. В работах [6, 7] по теме исследований было выяснено, что при использовании глобальных климатических данных, таких как Climatic Research Unit Timeseries (CRU TS), погрешность результатов составляет 10-12%, поэтому в исследованиях на региональном уровне целесообразно использовать точечные данные метеостанций с последующим заполнением неизвестных значений с помощью инструмента интерполяции данных. Такой способ показывает наибольшую правдоподобность результатов. Для моделирования климатических показателей был применен метод обратно взвешенных расстояний (ОВР). Принцип его реализации состоит в том, что используется метод,

который присваивает более высокий вес точкам данных, расположенным ближе к целевому местоположению (известному значению), и меньший вес точкам данных, находящимся дальше от целевого местоположения.

Исходным материалом послужили данные о среднемесячных температурах воздуха и количестве осадков, полученные из специализированных массивов для климатических исследований «Автоматизированная информационная система обработки режимной информации (АИСОРИ)» (meteo.ru), содержащий различные метеорологические данные с более чем 500 метеостанций по России. Из них были выбраны метеостанции в пределах Саратовской области: Александров Гай, Балашов, Ершов, Новоузенск, Октябрьский Городок, Перелюб, Росташи и Саратов. Для повышения точности интерполированных данных на границах территории исследования также были отобраны ближайшие метеостанции из соседних областей: Воронежской (Калач, Каменная Степь, Воронеж), Волгоградской (Урюпинск, Фролово, Волгоград, Эльтон), Тамбовской (Тамбов), Пензенской (Пенза, Земетчино), Ульяновской (Инза), Самарской (Безенчук, Серноводск). Также использовались данные с метеостанций Казахстана: Уральск и Жалпактал. Всего были использованы данные 21 метеостанции начиная с 1966 года, заканчивая 2022 годом. Период исследования – 57 лет. Недостающие данные по российским метеостанциям и все данные по метеостанциям Казахстана получены с сервиса «Погода и Климат» (pogodaiklimat.ru). Векторный слой административных границ получен по данным проекта OpenStreetMap (data.nextgis.com). Координаты метеостанций были получены вместе с климатическими данными с сервиса АИСОРИ. Картографические материалы выполнены в системе координат WGS84. Обработка и анализ статистических материалов проводилась в программах Microsoft Excel и Graphical Analysis.

**Результаты и обсуждение.** В результате обработки исходных данных по метеостанциям составлены таблицы значений суммарного годового количества осадков и значений среднегодовой температуры воздуха, а также были получены среднемноголетние значения по параметрам количества осадков и температуры воздуха за период с 1966 по 2022 года. Для удобства восприятия в таблицах представлены значения за 1966, 1980, 1990, 2010, 2022 годы и среднемноголетние показатели.

В таблице 1 приведены показатели суммарного годового количества осадков и среднемноголетнее количество осадков по метеостанциям Саратовской области. Наибольшие среднемноголетние показатели характерны для метеостанций, расположенных на севере и северо-западе: Балашов, Росташи, наименьшие – на востоке и юго-востоке региона: Александров Гай, Новоузенск, Ершов. Максимальные значения годовых осадков за весь период исследования составили 810 мм и были зафиксированы в 2016 году на станции Балашов, минимальные – 168 мм в 2020 году на станции Александров Гай. Вследствие продолжительной засухи 2020 года наблюдалось иссушение почвы и, как следствие, гибель посевов озимых культур [11, 12, 13].

Таблица 1 – Значения суммарного годового количества осадков (мм) и среднемноголетнее количество осадков (мм) на метеостанциях Саратовской области с 1966 по 2022 год  
Table 1 – Total annual precipitation (mm) and average long-term precipitation (mm) at the weather stations of the Saratov region from 1966 to 2022

Название станции / Name of station	1966	1980	1990	2000	2010	2022	Среднемноголетнее количество осадков / Average annual rainfall	Станд. отклонение / Standard deviation
Александров Гай / Aleksandrov Gay	183,0	436,0	449,6	321,1	283,7	340,9	319,3	77,1
Балашов / Balashov	507,0	624,0	646,9	606,0	461,7	691,0	528,6	106,2
Ершов / Ershov	247,0	418,0	550,3	489,6	340,0	523,5	386,9	83,4
Новоузенск / Novouzhensk	174,7	409,2	476,6	351,2	290,8	424,8	328,7	89,1
Октябрьский Городок / Oktyabrskiy Gorodok	400,9	482,4	695,4	571,0	395,1	602,9	440,1	97,6
Перелюб / Perelub	236,1	437,8	609,9	543,2	390,7	503,7	430,5	93,5
Росташи / Rostashy	392,7	642,8	680,8	621,0	465,3	532,3	497,3	95,9
Саратов / Saratov	339,0	506,0	651,6	647,7	486,0	738,4	471,8	111,7

В таблице 2 представлены среднегодовые и среднемноголетние температуры по метеостанциям Саратовской области. Наибольшие среднемноголетние показатели температуры характерны для юго-востока: станции Александров Гай и Новоузенск, наименьшие – для центральных, северо-восточных и северо-западных территорий: Октябрьский Городок, Перелюб, Росташи соответственно. Аномально высокая среднемноголетняя температура, фиксируемая на метеостанции Саратов, по сравнению с данными соседней станции Октябрьский Городок, расположенной на расстоянии 41 км, может быть объяснена расположением в крупной агломерации и влиянием «городского острова тепла» [3].

Максимальные значения среднегодовой температуры за весь период исследования составили 9,9°C и были зафиксированы в 2002 году на станции Саратов. Минимальные составили 2,2°C в 1976 году на станции Октябрьский Городок.

Таблица 2 – Значения среднегодовой температуры воздуха (°C) и среднемноголетняя температура воздуха (°C) на метеостанциях Саратовской области с 1966 по 2022 год  
Table 2 – Average annual air temperature (°C) and average long-term air temperature (°C) for the study period of 57 years at the weather stations of the Saratov region from 1966 to 2022

Название станции / Name of station	1966	1980	1990	2000	2010	2022	Среднемноголетняя температура / Average annual temperature	Станд. отклонение / Standard deviation
Александров Гай / Aleksandrov Gay	8,1	5,7	7,8	8,6	9,0	8,6	7,3	1,2
Балашов / Balashov	6,9	4,5	6,8	6,8	8,0	7,6	6,3	1,1
Ершов / Ershov	6,6	4,6	6,4	7,2	7,6	7,2	6,1	1,2
Новоузенск / Novouzhensk	7,7	5,5	7,5	8,3	8,7	8,2	7,0	1,2
Октябрьский Городок / Oktyabrskiy Gorodok	6,0	3,9	6,0	6,2	6,9	6,9	5,5	1,1
Перелюб / Perelub	6,1	4,4	6,2	6,8	7,0	6,7	5,7	1,2
Росташи / Rostashy	6,5	4,2	6,4	6,4	7,7	7,3	5,9	1,1
Саратов / Saratov	7,3	5,5	7,2	7,5	8,3	8,0	6,9	1,3

На основе климатических данных были разработаны картосхемы пространственного распределения годового количества осадков и среднегодовой температуры Саратовской области, отражающими процесс изменения климатических показателей в динамике.

Изолинейные карты суммы осадков по годам исследований в регионе (рисунок 1) наглядно показывают пространственную закономерность уменьшения поступающих осадков в направлении с северо-запада на юго-восток. Также прослеживается тенденция увеличения количества осадков.

Для уточнения тренда количества осадков был построен график изменения суммарного годового количества осадков по годам (1966-2022), усредненного по метеостанциям Саратовской области (рисунок 2). Линейный тренд указывает на увеличение количества осадков, которое составляет 0,4 мм в год. Установлено, что за исследуемый период среднее годовое количество осадков увеличилось на 23,4 мм.

Установлен тренд на увеличение неоднородности распределения осадков на отдельных территориях в пределах области за исследуемый период, что выражается в разной скорости и направленности изменения годового количества осадков. Так, в северных и северо-западных районах наблюдается рост количества осадков, как и в среднем по области, на юго-востоке, наоборот, прослеживается снижение. Построенные линейные тренды по отдельным метеостанциям подтверждают это: на северных и северо-западных станциях фиксируется рост: Балашов – 0,8 мм/год, Росташи – 0,4 мм/год, Перелюб – 1,5 мм/год, на юго-восточных – снижение: Александров Гай – 0,4 мм/год, Новоузенск – 0,5 мм/год.

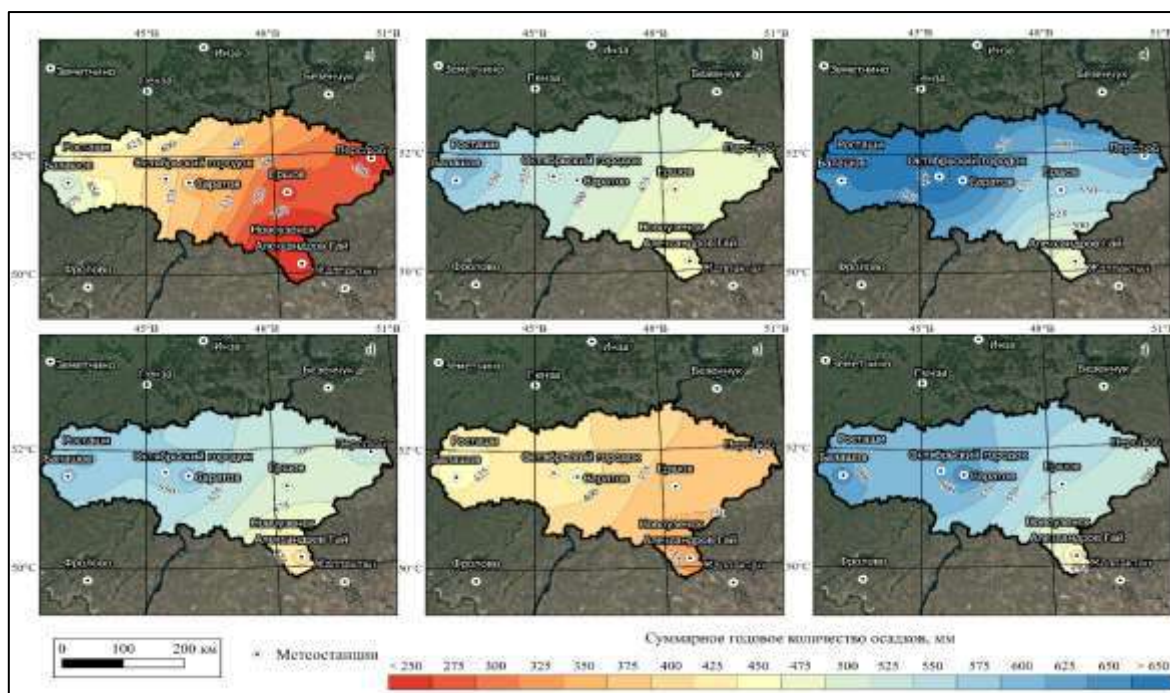


Рисунок 1 – Картограмма изменения суммарного годового количества осадков на территории Саратовской области по данным метеостанций а) 1966 год, б) 1980 год, в) 1990 год, г) 2000 год, е) 2010 год, ф) 2022 год

Figure 1 – Map of the changes of the total annual precipitation in the Saratov region according to weather station data а) 1966, б) 1980, в) 1990, г) 2000, е) 2010, ф) 2022

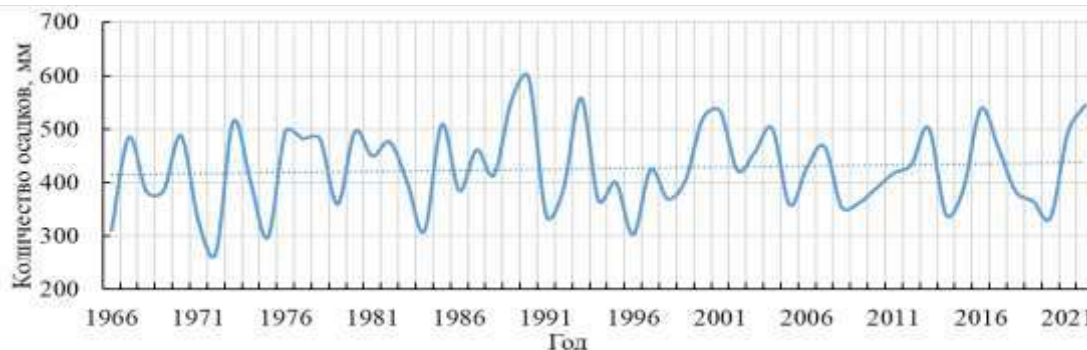


Рисунок 2 – График динамики суммарного годового количества осадков (мм) на территории Саратовской области по данным метеостанций в период с 1966 по 2022 год

Figure 2 – Graph of the dynamics of the total annual precipitation (mm) in the Saratov region according to weather station data in the period from 1966 to 2022

Карты изменения среднегодовой температуры воздуха (рисунок 3) отражают тенденцию роста температуры в направлении с севера на юг. По многолетним данным прослеживается повсеместное увеличение температуры воздуха.

Для определения тренда был построен график среднегодовой температуры воздуха, усредненной по метеостанциям области за 1966-2022 гг. (рисунок 4). Линейный тренд показывает рост со скоростью примерно  $0,04^{\circ}\text{C}$  в год. За весь период исследования среднегодовая температура воздуха в Саратовской области увеличилась на  $2,17^{\circ}\text{C}$ .

Таким образом, региональные особенности проявления глобального изменения климата в Саратовской области выражаются в повсеместном последовательном росте температуры воздуха, а также росте поступающих осадков. Наблюдается снижение устойчивости гидрометеорологических процессов, которое выражается в противоположной динамике процессов накопления осадков: на одних территориях влагообеспеченность возрастает, другие характеризуются усилением аридности территорий.

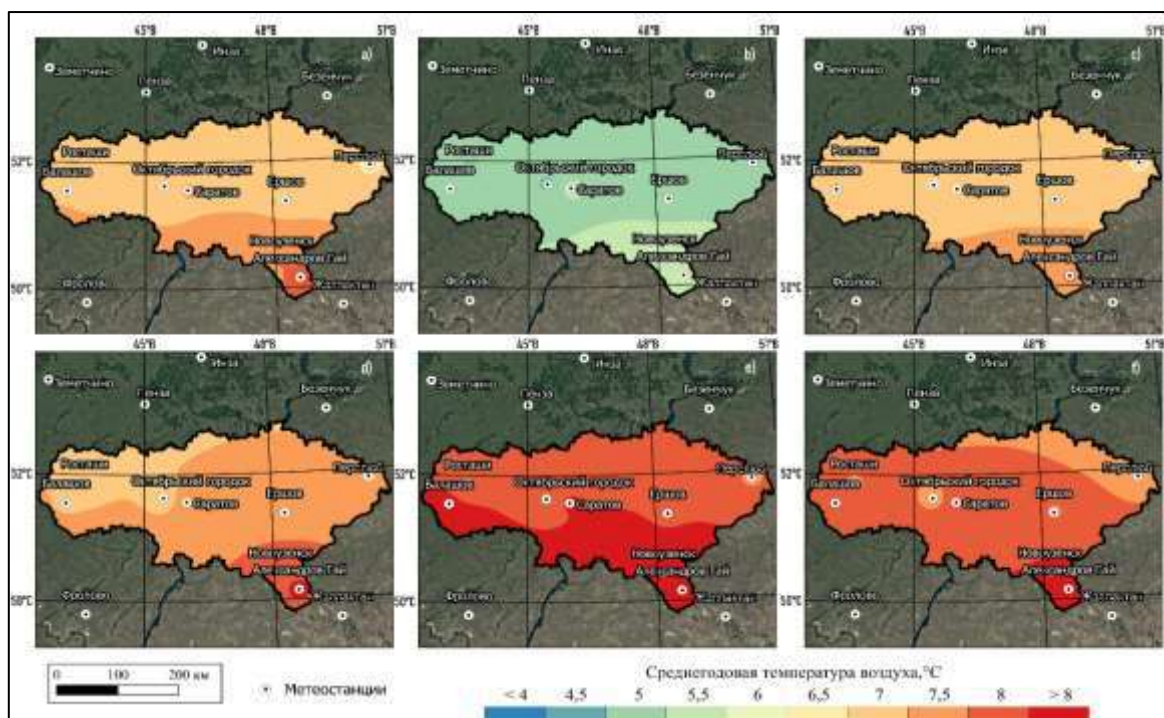


Рисунок 3 – Картосхема изменения среднегодовой температуры воздуха на территории Саратовской области по данным метеостанций а) 1966 год, б) 1980 год, в) 1990 год, д) 2000 год, е) 2010 год, ф) 2022 год

Figure 3 – Map of the changes of average annual air temperature in the Saratov region according to weather station data а) 1966, б) 1980, в) 1990, д) 2000, е) 2010, ф) 2022

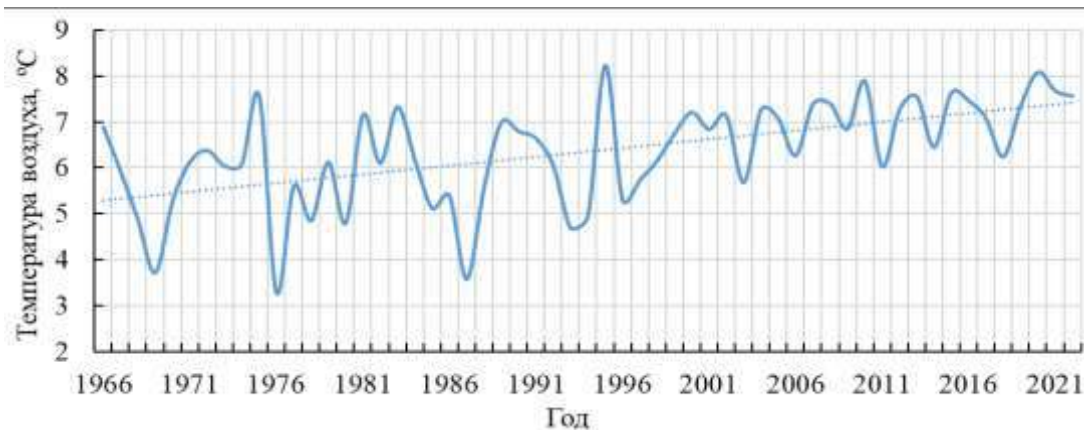


Рисунок 4 – График динамики среднегодовой температуры воздуха (°C) на территории Саратовской области по данным метеостанций в период с 1966 по 2022 год

Figure 4 – Graph of the dynamics of average annual air temperature (°C) in the Saratov region according to weather station data in the period from 1966 to 2022

**Заключение.** В результате исследования выявлены региональные особенности проявления климатических изменений на территории Саратовской области. Построены картосхемы, отражающие изменение температуры воздуха и количества осадков. Рассчитаны тренды климатических показателей. Климатические изменения в регионе связаны с устойчивым ростом температуры воздуха на 2,16°C за последние 57 лет. Температура воздуха с 1966 года растет со скоростью примерно 0,04°C в год. Также выявлен рост количества осадков на 23,4 мм за весь исследуемый интервал, со скоростью 0,4 мм в год. Также характерно увеличение влагообеспеченности северных и северо-западных территорий, где наблюдается положительная динамика с ростом количества осадков 0,4-1,5 мм в год. Усиливается аридность юго-востока области, где

наблюдается сокращение количества осадков 0,4-0,5 мм в год. Выявленные особенности могут быть применены для адаптации сельскохозяйственного производства под изменяющиеся условия окружающей среды.

**Conclusions.** As a result of the study, regional features of the phenomenon of climate change in the Saratov region have been identified. Cartograms reflecting the changes of air temperature and the amount of precipitation have been constructed. The trends of climatic indicators have been calculated. The climatic changes of region is associated with a steady increase in air temperature by 2.16°C over the past 57 years. Air temperature has been increasing at a rate of around 0.04°C per year since 1966. Growth of precipitation by 23.4 mm over the entire study period at a rate of 0.42 mm per year has been identified. It is also characterized by an increase in precipitation in the northern and north-western territories, where there is a positive trend with a rate of 0.4-1.5 mm per year. The aridity is intensifying in the south-east, where there is a decrease in precipitation of 0.4-0.5 mm per year. The identified features can be applied to optimize agricultural production in changing environmental conditions.

#### Библиографический список

1. Власенко М. В., Кулик А. К., Салугин А. Н. Оценка экологического состояния и потерь продуктивности аридных пастбищных экосистем Сарпинской низменности. Аридные экосистемы. 2019. Т. 25. № 4 (81). С. 71-81.
2. Иванова Г. Ф., Левицкая Н. Г., Демакина И. И. Пространственно-временные особенности формирования засух в условиях меняющегося климата Саратовской области. Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле. 2016. Т. 16. № 4. С. 201-205.
3. Кошелева О. Ю., Шинкаренко С. С., Гордиенко О. А. и др. Сезонные и многолетние особенности температуры поверхности в городах засушливой зоны (на примере городов юго-востока европейской части России и Западного Казахстана). Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 426-439.
4. Кулик К. Н., Беляев А. И., Пугачева А. М. Роль защитного лесоразведения в борьбе с засухой и опустыниванием агроландшафтов. Аридные экосистемы. 2023. Т. 29. № 1 (94). С. 4-14.
5. Левицкая Н. Г., Демакина И. И. Современные изменения климата Саратовской области и стратегия адаптации к ним селекции и агротехнологий. Успехи современного естествознания. 2019. № 10. С. 7-12.
6. Матвеев Ш. Геоинформационный анализ основных источников климатической информации на территорию Волгоградской области. Научно-агронимический журнал. 2022. № 3 (118). С. 81-85.
7. Матвеев Ш. Оценка точности глобальных климатических данных температур воздуха Cru TS на территории Ростовской области. Грани познания. 2022. № 3 (80). С. 88-92.
8. Пряхина С. И., Ормели Е. И. Расчет индексов континентальности климата для Среднего и Нижнего Поволжья. Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле. 2017. Т. 17. № 1. С. 17-19.
9. Пугачева А. М., Беляев А. И., Трубакова К. Ю., Ромадина О. Д. Региональные изменения климата в сухих степях и их связь с засухами. Аридные экосистемы. 2022. Т. 28. № 4 (93). С. 13-21.
10. Шинкаренко С. С., Барталев С. А., Берденгалиева А. Н., Дорошенко В. В. Спутниковый мониторинг процессов опустынивания на юге Европейской России в 2019-2022 гг. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 5. С. 319-327.
11. Шинкаренко С. С., Барталев С. А. Спутниковые наблюдения пыльных бурь на юге России в 2022 году. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 6. С. 293-300.
12. Эдельгериев Р. С. Х., Иванов А. Л., Донник И. М. и др. Глобальный климат и почвенный покров России: проявления засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидация последствий и адаптационные мероприятия (сельское и лесное хозяйство): Национальный доклад. М: ООО "Издательство МБА", 2021. Т. 3. 700 с.
13. Юферев В. Г., Ткаченко Н. А. Динамика осадков и температуры в летний период на территории Волгоградского Заволжья. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С. 467-474.
14. Korneeva E. A., Belyaev A. I. Assessment of the Impact of Forest Reclamation Measures for the Adaptation of Agriculture to Climate Change in the South of the Russian Plain. Forests. 2023. V. 14. No 8. P. 1593.

#### References

1. Vlasenko M. V., Kulik A. K., Salugin A. N. Assessment of the ecological state and productivity losses of arid pasture ecosystems of the Sarpinsk lowland. Arid ecosystems. 2019. Vol. 25. No 4 (81). Pp. 71-81.
2. Ivanova G. F., Levitskaya N. G., Demakina I. I. Spatial and temporal features of the formation of droughts in the changing climate of the Saratov region. News of Saratov University. A new series. Earth Science Series. 2016. V. 16. No 4. Pp. 201-205.
3. Kosheleva O. Y., Shinkarenko S. S., Gordienko O. A., etc. Seasonal and long-term features of surface temperature in the cities of the arid zone (on the example of cities in the south-east of the European part of Russia and Western Kazakhstan). Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex: Science and Higher professional education. 2021. No 3 (63). Pp. 426-439.
4. Kulik K. N., Belyaev A. I., Pugacheva A. M. The role of protective afforestation in drought and desertification management of agricultural landscapes. Arid ecosystems. 2023. Vol. 29. No 1 (94). Pp. 4-14.
5. Levitskaya N. G., Demakina I. I. Modern climate changes in the Saratov region and the strategy of adaptation of breeding and agrotechnologies to them. The achievements of modern natural science. 2019. No 10. Pp. 7-12.
6. Matveev S. Geoinformation analysis of the main sources of climatic information on the territory of the Volgograd region. Scientific and Agronomic Journal. 2022. No 3 (118). Pp. 81-85.
7. Matveev S. Assessment of the precision of global climatic data of Cru TS air temperatures on the territory of the Rostov region. Facets of cognition. 2022. No 3 (80). Pp. 88-92.



8. Pryakhina S. I., Ormeli E. I. Calculation of the continental climate indices for the Middle and Lower Volga region. News of Saratov University. The new series. Earth Science Series. 2017. V. 17. No 1. Pp. 17-19.
9. Pugacheva A. M., Belyaev A. I., Trubakova K. Y., Romadina O. D. Regional climate changes in dry steppes and their connection with droughts. Arid ecosystems. 2022. Vol. 28. No 4 (93). Pp. 13-21.
10. Shinkarenko S. S., Bartalev S. A., Berdengalieva A. N., Doroshenko V. V. Satellite monitoring of desertification processes in southern European Russia in 2019-2022. Modern problems of remote sensing of the Earth from space. 2022. Vol. 19. No. 5. Pp. 319-327.
11. Shinkarenko S.S., Bartalev S.A. Satellite observations of dust storms in the south of Russia in 2022. Modern problems of remote sensing of the Earth from space. 2022. Vol. 19. No 6. Pp. 293-300.
12. Edelgeriev R. S. H., Ivanov A. L., Donnik I. M. etc. Global climate and soil cover of Russia: drought manifestations, prevention, fighting, elimination of consequences and adaptation measures (agriculture and forestry): National report. Volume 3. M: IBA Publishing House LLC, 2021. 700 p.
13. Yuferev V. G., Tkachenko N. A. Dynamics of precipitation and temperature in the summer period on the territory of the Volgograd Trans-Volga region. Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex: Science and Higher professional education. 2021. No 2 (62). Pp. 467-474.
14. Korneeva E. A., Belyaev A. I. Assessment of the Impact of Forest Reclamation Measures for the Adaptation of Agriculture to Climate Change in the South of the Russian Plain. Forests. 2023. V. 14. No 8. P. 1593.

#### Информация об авторах

**Болгов Иван Александрович**, инженер-исследователь лаборатории «Геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов», ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), ORCID: 0009-0003-3174-6382, e-mail: bolgov-ia@vfanc.ru

**Матвеев Стефан**, лаборант-исследователь лаборатории «Геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов», ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), ORCID: 0000-0001-8873-2799, e-mail: matveev-sh@vfanc.ru

**Маштаков Дмитрий Анатольевич**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры «Лесное хозяйство и ландшафтное строительство», ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова» (Российская Федерация, 410012, г. Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина, 4/3), ORCID: 0000-0002-1217-3078, e-mail: topgun2308@mail.ru

#### Author's Information

**Bolgov Ivan Aleksandrovich**, research engineer of the Laboratory of Geoinformation Modeling and Mapping of Agroforestry Landscapes of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetskiy Ave., 97), ORCID: 0009-0003-3174-6382, e-mail: bolgov-ia@vfanc.ru

**Matveev Stefan**, research assistant of the Laboratory of Geoinformation Modeling and Mapping of Agroforestry Landscapes of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetskiy Ave., 97), ORCID: 0000-0001-8873-2799, e-mail: matveev-sh@vfanc.ru

**Mashtakov Dmitry Anatolyevich**, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Forestry and Landscape Construction of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov" (Russian Federation, 410012, Saratov, Petr Stolypin Ave., 4/3), ORCID: 0000-0002-1217-3078, e-mail: topgun2308@mail.ru