



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2025. Т. 25, вып. 4. С. 247–253

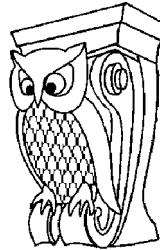
*Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2025, vol. 25, iss. 4, pp. 247–253

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-4-247-253>, EDN: IQKOAH

Научная статья

УДК 633.551.5



## Современные тенденции пространственно-временной изменчивости годовой и сезонной температуры воздуха на территории Саратовской области

Е. И. Ормели

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Ormeli Екатерина Ивановна, кандидат географических наук, доцент кафедры метеорологии и климатологии, [meteokatenok@mail.ru](mailto:meteokatenok@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-0486-4047>

**Аннотация. Введение.** Анализ многолетних и внутригодовых изменений приземной температуры воздуха на региональном уровне позволяет отследить долгосрочные тренды глобального потепления и климатических изменений и является основой для принятия решений в разных отраслях экономики. **Теоретический анализ.** Изучены современные тенденции в приземной атмосфере и количественные изменения годовых и среднесезонных температур воздуха в Саратовской области в XX–XXI вв. в условиях меняющегося климата. В многолетней динамике установлен непрерывный рост температуры. За период 1961–2020 гг. температура возрастила в среднем на 0.4°C/десятилетие. Внутригодовое сезонное распределение средних температур показало ее нарастание во все сезоны, но с преобладанием в осенне-зимний период. **Заключение.** Анализ пространственной и временной изменчивости температуры воздуха на территории Саратовской области показал постоянный рост: в 1961–1990 гг. на 0.2°C/десятилетие, в 1991–2020 гг. на 0.7°C/десятилетие. За период 1991–2020 гг. значения средней годовой температуры составили: в Хвалынске 6.8°C, Балашове 6.8°C, Саратове 7.2°C, Ершове 6.5°C, Александровом Гае 7.8°C. Основной вклад в годовую динамику вносит более интенсивный прогрев приземного слоя атмосферы в холодное полугодие.

**Ключевые слова:** Саратовская область, термический режим, годовая и среднесезонная температура воздуха, региональное повышение температуры

**Для цитирования:** Ормели Е. И. Современные тенденции пространственно-временной изменчивости годовой и сезонной температуры воздуха на территории Саратовской области // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2025. Т. 25, вып. 4. С. 247–253. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-4-247-253>, EDN: IQKOAH

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

**Modern trends spatial and temporal variability of annual and seasonal air temperature in the Saratov region**

E. I. Ormeli

Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Ekaterina I. Ormeli, [meteokatenok@mail.ru](mailto:meteokatenok@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-0486-4047>

**Abstract. Introduction.** The analysis of long-term and intra-annual changes in surface air temperature at the regional level allows us to track long-term trends in global warming and climate change, and is the basis for decision-making in various sectors of the economy. **Theoretical analysis.** The modern trends were studied in the surface atmosphere and quantitative changes in annual and average seasonal air temperatures in the Saratov region in the 20th–21st centuries under changing climate conditions. The multiyear dynamics shows a continuous increase in temperature. In 1961–2020, the temperature increased on average by 0.4°C/decade. The intra-annual seasonal distribution of average temperatures shows an increase in all seasons of the year, but with predominance in autumn and winter. **Conclusion.** The analysis of spatial and temporal variability of air temperature in the Saratov region showed a steady increase: in 1961–1990 by 0.2°C/decade, in 1991–2020 by 0.7°C/decade. For the period 1991–2020, the average annual temperature values were: in Khvalynsk 6.8°C, in Balashov 6.8°C, in Saratov 7.2°C, in Yershov 6.5°C, in Aleksandrov Gai 7.8°C. The main contribution to the annual dynamics is made by more intense heating of the surface layer of the atmosphere in the cold half of the year.

**Keywords:** Saratov region, thermal regime, annual and average seasonal temperature, regional temperature increase

**For citation:** Ormeli E. I. Modern trends spatial and temporal variability of annual and seasonal air temperature in the Saratov region. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2025, vol. 25, iss. 4, pp. 247–253 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-4-247-253>, EDN: IQKOAH

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)



## Введение

В настоящее время имеется ряд опубликованных документов, подтверждающих устойчивый рост приземной температуры воздуха как на территории Земного шара [1], так и в России [2, 3]. Главной особенностью климатических изменений на территории Российской Федерации является проявление пространственной и сезонной неоднородности глобального потепления: темп увеличения среднегодовых температур здесь в 2.7 раза выше среднемирового показателя [2, 3], а зимнее потепление в Саратовском регионе быстрее, чем летнее [4–6].

Радиационные и циркуляционные процессы, орография, физико-географическое положение территории – основополагающие факторы, формирующие термический режим приземного слоя атмосферы. Подвижность климатической системы обусловлена непрерывным переносом и трансформацией воздушных масс атлантического и внутриконтинентального происхождения на европейскую часть России.

Современное глобальное потепление находит разный отклик на локальном уровне, формируя аномальные отклонения основных климатических составляющих, проявляющихся, прежде всего, в межгодовых и межсезонных колебаниях температуры воздуха, в неравномерности распределения количества осадков и изменениях их вида, смещении границ сезонов года, видоизменении ландшафтной структуры.

Саратовская область – традиционно аграрный регион, занимающий лидирующие позиции среди субъектов РФ по производству сельскохозяйственной продукции<sup>1</sup>. По официальным данным Правительства Саратовской области, на долю сельского хозяйства в структуре валового регионального продукта приходится 20%. Общая площадь сельскохозяйственных угодий составляет около 8.5 млн гектаров, из которых 6 млн. гектаров отведены под пашню<sup>2</sup>. Поэтому оценка влияния климатических изменений на природные и хозяйствственные системы, на население является на сегодня актуальной задачей [3, 8], а также своевременно позволит выделить как потенциально негативные последствия, характеризующие рост частоты и интенсивности опасных гидрометеорологических явлений, так и позитивные – рост повторяемости благоприятных типов погодных условий зимнего сезона, увеличение продолжительности вегетационного периода и теплообеспеченности сельскохозяйственных культур.

Цель данного исследования: оценить современные количественные изменения среднемесячной и среднегодовой температуры воздуха на территории Саратовской области в период 1961–2020 гг.

## Материалы и методы исследования

В качестве исходных данных в работе применялись результаты наблюдений за приземной температурой воздуха на пяти метеорологических станциях (м/с) Саратовской области: Хвалынск, Балашов, Саратов, Ершов, Александров Гай<sup>3</sup>.

Анализ фактических данных проводился за последние 60 лет, что соответствует требованиям к статистической точности расчетов. В работе использовались методы статистической обработки, математического моделирования, корреляционного и сравнительного анализа. Для выполнения расчетов применялись программные продукты MSExcel и Statistica.

## Результаты и их обсуждение

Физико-географическое положение Саратовской области – юго-восточная часть Восточно-Европейской равнины. Протяженность региона с севера на юг составляет 330 км, с запада на восток – 575 км. В меридиональном направлении регион разделен р. Волгой на соразмерные по площади районы: приподнятое Правобережье ( $46948.4 \text{ км}^2$ ) и низменное Левобережье (Заволжье) ( $54.2 \text{ км}^2$ ). Наличие трех природно-климатических зон на территории Саратовской области (лесостепная, степная, полупустынная) является главной отличительной чертой региона и обуславливает орографическую неоднородность подстилающей поверхности, что, в свою очередь, приводит к значительным различиям в микроклиматическом режиме.

Пространственное расположение выбранных автором м/с представлено на картосхеме региона (рис. 1).

Температура воздуха – главный показатель состояния приземной атмосферы. Многолетние и внутригодовые изменения температуры являются одним из доминирующих факторов нарушения сложившегося равновесия. На территории региона отмечается неуклонный рост приземной средней годовой температуры воздуха.

На метеостанции Саратов, расположенной в зоне засушливой степи, четко прослеживается

<sup>1</sup>Министерство сельского хозяйства Саратовской области : [сайт]. URL: <http://minagro.saratov.gov.ru/> (дата обращения: 05.02.2025).

<sup>2</sup>Правительство Саратовской области : [сайт]. URL: <https://sararov.gov.ru/> (дата обращения: 01.04.2025).

<sup>3</sup>Основные метеорологические параметры (срочные данные) // Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных : [сайт]. URL: <http://meteo.ru/data/basic-parameters/> (дата обращения: 10.03.2025); Архив погоды (Саратовская область, Россия) // Погода и климат : [сайт]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/archive.php?id=ru&region=64> (дата обращения: 10.03.2025).

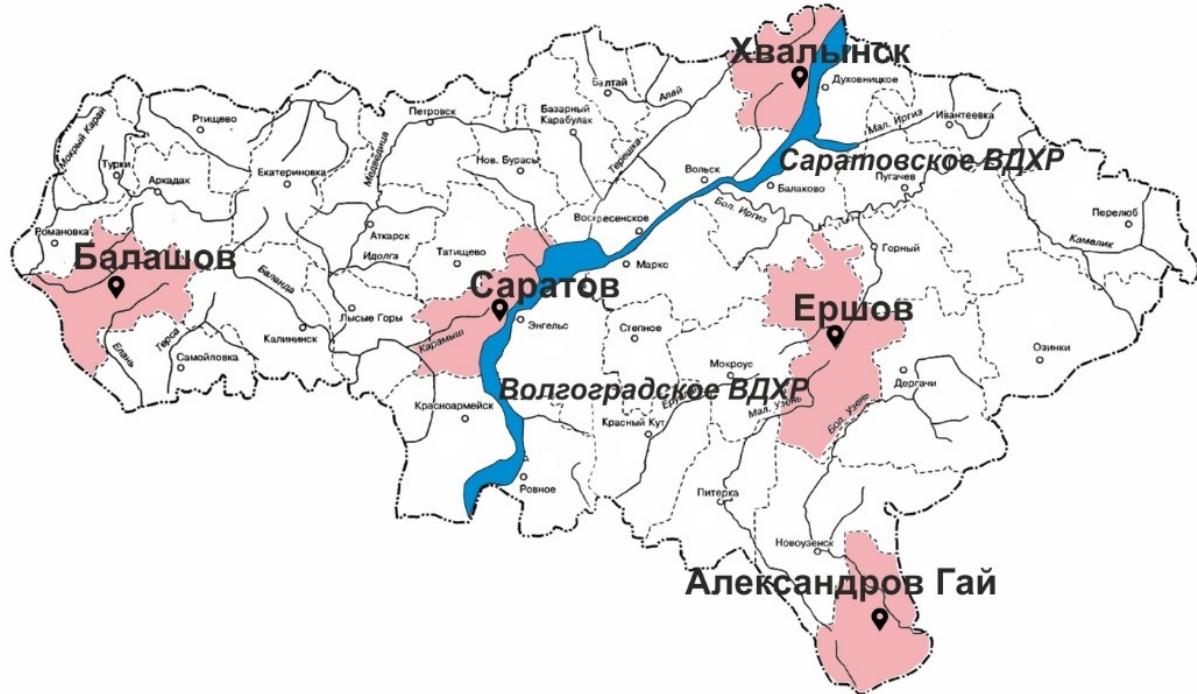


Рис. 1. Расположение метеорологических станций на территории Саратовской области (цвет онлайн)

неравномерное нарастание среднегодовой температуры воздуха (рис. 2). Начиная с 60-х гг. прошлого столетия увеличение средних значений составляло 0.3–0.1°C, резкое увеличение на 0.9°C отмечалось в начале XXI столетия, в последнем десятилетии оно составило 0.2°C (табл. 1).

Максимальная разница значений в среднегодовой температуре составила 4.3°C и 4.2°C соответственно в 1975 ( $T_{\text{ср. год}} = 8.1^{\circ}\text{C}$ ) – 1976 ( $T_{\text{ср. год}} = 3.8^{\circ}\text{C}$ ) и в 1994 ( $T_{\text{ср. год}} = 4.1^{\circ}\text{C}$ ) – 1995 ( $T_{\text{ср. год}} = 8.3^{\circ}\text{C}$ ). В текущем столетии средняя годовая температура воздуха не опускалась ни-

же 6.2°C. В целом за последние два десятилетия рост среднегодовой температуры составил 1.2°C.

Аналогичная динамика температурного режима с небольшими индивидуальными отклонениями складывается и по другим метеостанциям области (табл. 2, рис. 3). Региональный процесс потепления отмечается с середины прошлого века и продолжается в текущем столетии. Нарастание температуры по области происходит с северо-запада на юго-восток: от Балашова до Александрова Гая.

На рис. 2 представлен ход средней годовой температуры воздуха на метеостанциях

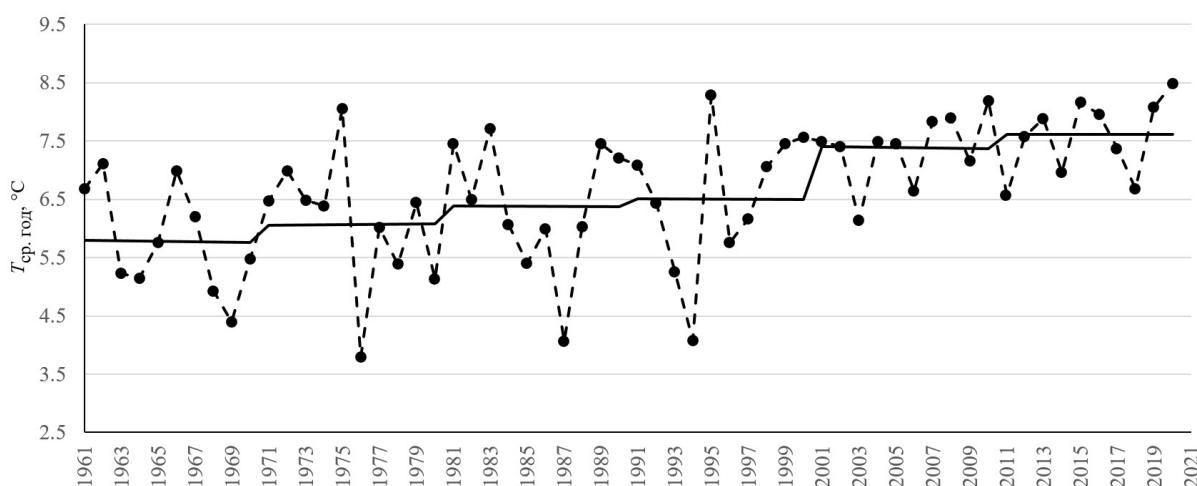


Рис. 2. Среднегодовые и средние по десятилетиям температуры воздуха по данным метеостанции Саратов, °С



Таблица 1

**Средние месячные и средние годовые по десятилетиям температуры воздуха на метеостанции Саратов за период 1961–2020 гг., °C**

Месяцы	Периоды					
	1961–1970	1971–1980	1981–1990	1991–2000	2001–2010	2011–2020
I	-11.4	-11.1	-8.2	-7.5	-7.6	-8.2
II	-10.3	-10.0	-8.7	-7.9	-8.0	-7.6
III	-3.9	-3.5	-3.6	-3.2	-1.1	-1.6
IV	7.3	8.0	7.8	8.1	8.3	8.8
V	15.7	16.2	15.6	16.0	16.0	17.2
VI	19.2	19.8	20.1	20.8	19.9	20.8
VII	21.6	21.7	22.2	22.1	22.9	23.1
VIII	20.0	20.1	20.0	18.8	21.6	21.8
IX	14.0	14.1	13.9	13.5	15.1	15.0
X	6.2	4.8	6.4	6.7	7.1	7.6
XI	-08	-0.5	-2.0	-2.4	0.9	-0.3
XII	-7.8	-6.2	-6.3	-6.6	-6.4	-5.3
Год	5.8	6.1	6.4	6.5	7.4	7.6

Таблица 2

**Средние годовые температуры воздуха по полупериодам на метеостанциях Саратовской области, °C**

Метеостанция	Правобережье									Левобережье					
	Хвалынск			Балашов			Саратов			Ершов			Александров Гай		
Период	1	2	$\Delta T$	1	2	$\Delta T$	1	2	$\Delta T$	1	2	$\Delta T$	1	2	$\Delta T$
$T, ^\circ$	5.8	6.8	1.0	5.7	6.8	1.1	6.1	7.2	1.1	5.5	6.5	1.0	6.6	7.8	1.2

Примечание. 1 – период с 1961 по 1990 г., 2 – период с 1991 по 2020 г.;  $\Delta T, ^\circ$  – разница в температуре воздуха между 1961–1990 и 1991–2020 гг.

Саратовской области за полупериоды: 1961–1990 гг. и 1991–2020 гг. Наименьшие значения годовой температуры от 3.1°C в Хвалынске до 4.4°C в Александровом Гае отмечались в 1976 г. (за исключением юго-востока территории региона – в Александровом Гае минимальное значение годовой температуры 4.1°C было зафиксировано в 1969 г.). Вся территория Саратовской области характеризовалась аномально низким температурным режимом с января по март и достаточно холодным летним периодом. Февраль отличался глубокой отрицательной аномалией температуры: среднемесячная температура воздуха в Хвалынске составила -15.3°C, Балашове -16.2°C, Саратове -14.7°C, Ершове -17.9°C, Александровом Гае -16.8°C (-19.6 в 1969 г.). Средняя месячная температура воздуха летних месяцев была ниже нормы на 1–2°C в правобережных районах области и центральной части Левобережья и не превышала 19.0°C, на юго-востоке территории температура не превышала 21.0°C (норма 23.3°C).

Максимальные значения средней годовой температуры, превышающие 8.0°C, отмечались в 1995 г. Наибольший вклад внесла аномально высокая температура воздуха в феврале, кото-

рая превысила норму на 5.2–6°C и составила в Балашове -2.4°C, Хвалынске -2.8°C, Саратове -3.8°C, Ершове -4.5°C, Александровом Гае -3.3°C.

Рост температуры в регионе за последние три десятилетия составил 1.0–1.2°C (0.03–0.04°C/год), со средним максимальным значением 7.8°C в Александровом Гае (зона полупустыни), с минимальным значением -6.5°C в Ершове (зона сухой степи).

Статистическая значимость полученных линейных трендов определялась классическим способом расчета коэффициента детерминации  $R^2$ . Известно, что величина

$$F(k-1, n-k) = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot \frac{n-k}{k-1}, \quad (1)$$

где  $k$  – число параметров модели (для линейного тренда  $k = 2$ ), имеет распределение Фишера с числами степеней свободы  $k-1$  и  $n-k$ ;  $n$  – объем выборки. Проверялась гипотеза об отсутствии линейного тренда, что означает  $R^2 = 0$ , на заданном уровне значимости  $\alpha = 0.05$ . Были рассчитаны значения  $F$  и критическое значение  $F_{cr}$ . Если  $F > F_{cr}$ , то гипотеза об отсутствии линейного тренда отвергается с вероятностью

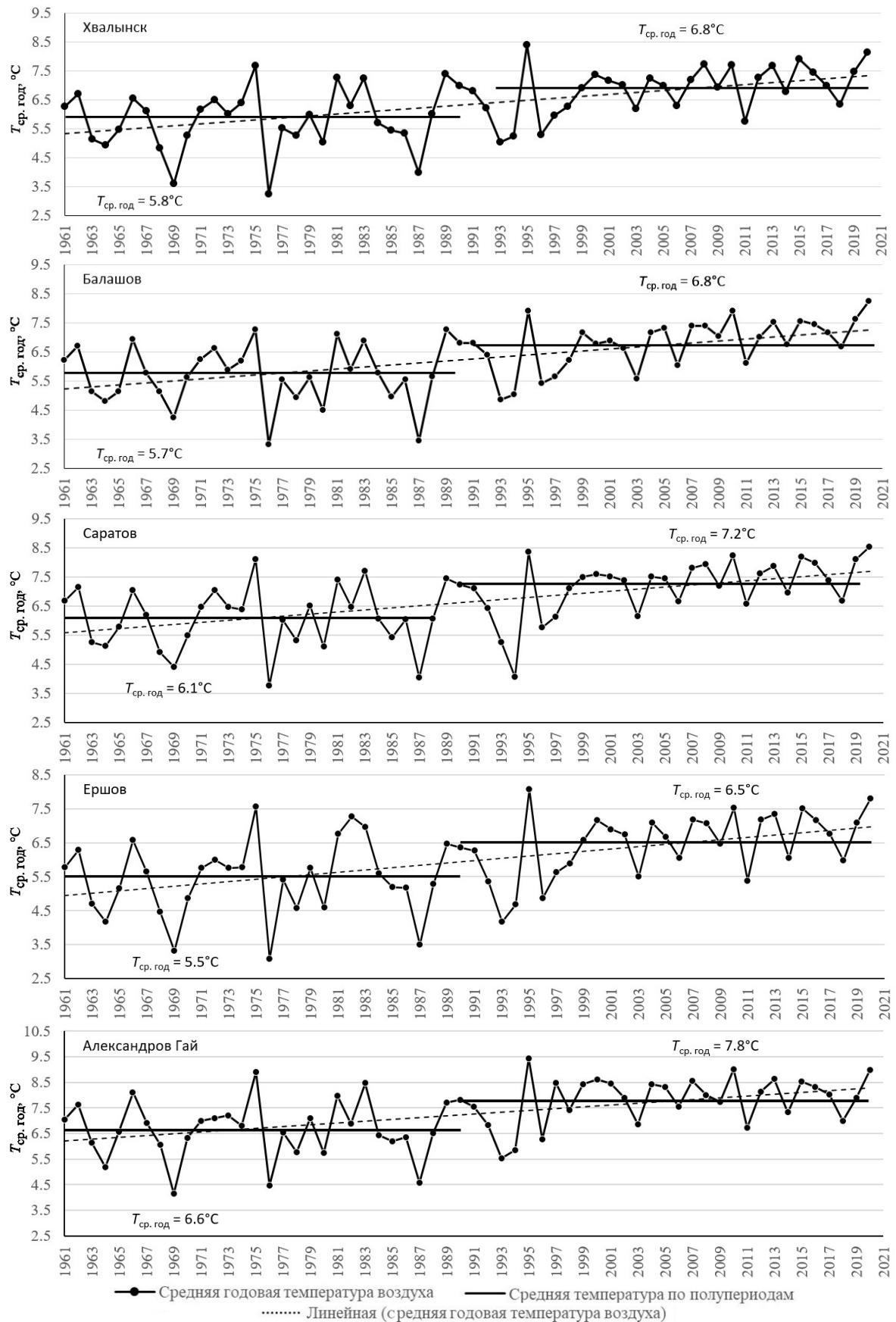


Рис. 3. Средние годовые температуры воздуха по полупериодам по данным метеостанций Саратовской области,  $^{\circ}\text{C}$



$P = 1 - \alpha$ . Если это неравенство не выполняется, то гипотезу об отсутствии линейного тренда нельзя отвергнуть.

В табл. 3 приводятся значения коэффициентов детерминации  $R^2$ , для уровня значимости  $\alpha = 0.05$  по всем м/с выполняется условие  $F > F_{\text{кр}}$ .

Таблица 3

**Оценка значимости линейных трендов средней годовой температуры воздуха на метеостанциях Саратовской области**

Метеостанция	Коэффициент детерминации, $R^2$	$F > F_{\text{кр}}$
Хвалынск	0.2963	$24.4215 > 4.0069$
Балашов	0.3115	$26.2411 > 4.0069$
Саратов	0.2945	$24.2112 > 4.0069$
Ершов	0.27	$21.4521 > 4.0069$
Александров Гай	0.2594	$20.3149 > 4.0069$

В табл. 4 представлены результаты вычислений средней сезонной температуры за два периода (1961–1990, 1991–2020 гг.), рекомендованные Всемирной метеорологической организацией для анализа временных изменений климатических характеристик.

В результате проведенного исследования отмечается, что больший вклад в региональное потепление вносит вариативность изменения температуры холодного полугодия. В осенний период процесс повышения температуры интенсивнее всего проходит на севере региона –  $1.7^{\circ}\text{C}$

(метеостанция Хвалынск) и менее интенсивно –  $1.3^{\circ}\text{C}$  – на востоке Правобережья (метеостанция Саратов); в зимний период максимальное значение приращения температуры  $1.5^{\circ}\text{C}$  отмечается на метеостанции Саратов, минимальное –  $1.1^{\circ}\text{C}$  – в центральной части Левобережья (метеостанция Ершов).

Приращение температуры весенне-летнего периода по территории региона находится в диапазоне  $0.4$ – $0.9^{\circ}\text{C}$  и сопоставимо по величине и знаку.

### Заключение

Динамика среднегодовой температуры воздуха на территории Саратовской области за период с 1961 по 2020 г. сохраняет общий тренд роста. В среднем по региону годовая температура в первый полупериод 1961–1990 гг. составляла  $5.9^{\circ}\text{C}$ , начиная с 90-х гг. прошлого столетия отмечался прогрессивный рост годовой температуры. За второй рассматриваемый полуperiод (1991–2020 гг.) ее значение увеличилось до  $7.0^{\circ}\text{C}$ , таким образом, приращение годовой температуры в среднем по территории составило  $0.04^{\circ}\text{C}/\text{год}$ .

В годовой динамике и в теплое полугодие отмечается нарастание значений температуры с северо-запада на юго-восток; в холодное полугодие, особенно в центральные зимние месяцы (январь, февраль), нарушается общая тенденция распределения температур за счет значительного выхолаживания на территории равнинных ле-

Таблица 4

**Среднесезонные температуры воздуха по полупериодам на метеостанциях Саратовской области,  $^{\circ}\text{C}$**

Метеостанция	Период	Сезон			
		зима	весна	лето	осень
Правобережье					
Хвалынск	1961–1990	–6.7	6.9	18.1	5.7
	1991–2020	–5.5	7.5	18.9	7.4
	$\Delta T, ^{\circ}$	1.2	0.6	0.8	1.7
Балашов	1961–1990	–6.1	7.3	17.2	5.4
	1991–2020	–4.7	8.0	18.1	6.8
	$\Delta T, ^{\circ}$	1.4	0.7	0.9	1.4
Саратов	1961–1990	–6.3	7.7	18.3	5.8
	1991–2020	–4.8	8.4	19.0	7.1
	$\Delta T, ^{\circ}$	1.5	0.7	0.7	1.3
Левобережье					
Ершов	1961–1990	–7.5	7.3	18.2	5.1
	1991–2020	–6.4	7.7	19.0	6.7
	$\Delta T, ^{\circ}$	1.1	0.4	0.8	1.6
Александров Гай	1961–1990	–6.7	8.6	19.7	6.1
	1991–2020	–5.3	9.3	20.5	7.7
	$\Delta T, ^{\circ}$	1.4	0.7	0.8	1.6



вобережных районов, здесь их значения ниже в сравнении с правобережными районами.

В ряду наблюдений прошлому столетию присущи экстремальные скачки в ходе годовой температуры: 1987 г. характеризуется экстремально низкой годовой температурой ( $4.0^{\circ}\text{C}$ ), 1995 г. – экстремально высокой ( $8.5^{\circ}\text{C}$ ).

В новом столетии повсеместно в регионе наблюдается более слаженное, без ярко выраженных экстремумов распределение годовой и сезонной температуры, что сказывается на смягчении климата и уменьшении степени континентальности. Значительному росту годовой температуры способствует интенсивное нагревание атмосферы в осенне-зимний период на фоне умеренного роста в весенний и летний сезоны.

### Библиографический список

1. Шестой оценочный доклад МГЭИК. Изменение климата 2022: последствия, адаптация и уязвимость. URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/> (дата обращения: 25.01.2025).
2. Бардин М. Ю., Егоров В. И., Громов С. А., Козлова С. А., Платова Т. В., Ранькова Э. Я., Са-мохина О. Ф., Алексеев Г. В., Александров Е. И., Иванов Н. Е., Радионов В. Ф., Смолянцкий В. М., Дементьева Т. В., Давлетшин С. Г., Коршунова Н. Н., Клещенко Л. К., Лавров А. С., Стерин А. М., Хохлова А. В., Шерстюков А. Б. [и др.]. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год. М. : Государственный гидрологический институт Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Российской Федерации, 2021. 104 с. EDN: YCZS2W
3. Акентьева Е. М., Алейникова А. М., Алексеев Г. В., Амосова В. М., Ананичева М. Д., Андреева А. П., Анисимов О. А., Аржанова Н. М., Афанасьев Д. Ф., Бардина С. В., Бакланов А. А., Балошикова Ж. А., Барабанов В. В., Бардин М. Ю., Белоусов В. Н., Богданович А. Ю., Варенцов М. И., Вертянкина В. Ю., Волошук Е. В., Гаврилова С. Ю. [и др.]. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / – Санкт-Петербург : Изд-во «Наукомкие технологии», 2022. 676 с. EDN: JNIXIE
4. Макаров В. З., Чумаченко А. Н., Червяков М. Ю., Морозова С. В., Гусев В. А., Пичугина Н. В., Данилов В. А., Федоров А. В., Пряхина С. И., Шлапак П. А., Ормели Е. И., Проказов М. Ю., Неврюев А. М., Нейштадт Я. А. Глобальное потепление и его влияние на климат, ландшафты и хозяйство Саратовской области : монография / под ред. В. З. Макарова. Саратов : Изд-во Саратовского ун-та, 2024. 172 с. <https://doi.org/10.18500/978-5-292-04884-8>, EDN: LMBGGG
5. Пряхина С. И., Ормели Е. И. Агроклиматическая характеристика сезонов года Саратовской области // Известия Саратовского университета. Новая Серия. серия : Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 4. С. 243–247. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-243-247>, EDN: VNGXHG
6. Ормели Е. И. Оценка степени континентальности климата Саратовской области в начале XXI века // Вестник Удмуртского университета. Серия : Биология. Науки о Земле. 2022. Т. 32, вып. 4. С. 476–484. <https://doi.org/10.35634/2412-9518-2022-32-4-476-484>, EDN: GLDFKH
7. Ормели Е. И., Пряхина С. И., Цетва Н. М., Цетва И. С., Милованов И. В. Влияние агрометеорологических факторов на продуктивность зерновых культур по муниципальным районам Саратовской области // Метеорология и гидрология. 2023. № 10. С. 37–46. <https://doi.org/10.52002/0130-2906-2023-10-37-46>, EDN: BCKBID
8. Оганесян В. В. Климатические изменения как факты риска для экономики России // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 3 (373). С. 161–184. EDN: UALRGV
9. Макаров В. З., Волков Ю. В., Буланый Ю. И., Проказов М. Ю., Мукало А. С. Уникальные степные природные комплексы дальнего Саратовского заволжья // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2009. Т. 9, вып. 1. С. 27–32. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2009-9-1-27-32>, EDN: KXKYNT
10. Макаров В. З., Пичугина Н. В., Чумаченко А. Н., Молочко А. В., Гусев В. А., Затонский В. А., Волков Ю. В., Данилов В. А., Хворостухин Д. П., Муравьёва М. Э., Проказов М. Ю., Пятницына Т. В., Федоров А. В. Ландшафтное районирование муниципальных районов Саратовской области : учебное пособие. Саратов : Изд-во «Техно-Декор» ; ИП Кирсанова М. В., 2020. 60 с. EDN: PCWGDC

Поступила в редакцию 02.09.2025; одобрена после рецензирования 16.09.2025;  
принята к публикации 18.09.2025; опубликована 25.12.2025

The article was submitted 02.09.2025; approved after reviewing 16.09.2025;  
accepted for publication 18.09.2025; published 25.12.2025