

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

Научная статья

УДК 551.515(470.61)

doi: 10.31774/2712-9357-2024-14-4-337-351

Тенденции изменений показателей тепловлагообеспеченности в северо-западной сельскохозяйственной зоне Ростовской области

Марина Анатольевна Фоменко¹, Изида Николаевна Ильинская²,
Оксана Анатольевна Целуйко³, Татьяна Александровна Олейникова⁴,
Елена Анатольевна Бабровская⁵

^{1,2,3,4,5}Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Рассвет, Российская Федерация

¹fomenko.marina.1602@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5385-6863>

²izidaar@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7876-1622>

³o.tseluyko@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9161-0346>

⁴t.oleinickova2017@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0620-2474>

⁵zheleznyak.elena87@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1537-2934>

Аннотация. Цель: анализ изменений температуры воздуха и осадков в северо-западной сельскохозяйственной зоне Ростовской области (так как в настоящее время возникла острая необходимость в учете изменений климата в конкретной почвенно-климатической зоне для корректировки состава выращиваемых культур). Необходим постоянный оперативный мониторинг условий произрастания сельскохозяйственных культур в течение всего периода вегетации. **Материалы и методы.** Использованы синоптический и статистические методы исследований. **Результаты.** Показан тренд повышения среднегодовой температуры воздуха и сумм температур выше 10 °С. Тренд потепления в последние десятилетия на территории северо-западной зоны проявляется все сильнее, годовое количество осадков имеет существенную тенденцию к росту. **Выводы.** За исследуемый период наблюдалась тенденция к увеличению среднегодовой температуры и годового количества осадков. В целом сравнение среднегодовой температуры воздуха за 2000–2023 и 1950–1999 гг. показало повышение с 8,6 до 10,2 °С, или на 18,6 %, при этом отмечено увеличение среднегодового количества осадков за исследуемый период на 7,5 %. Анализ кривой обеспеченности показал, что вероятность превышения количества осадков 658 мм составляет 5 %, 530 мм – 25 %, 458 мм – 50 %, 392 мм – 75 % и 275 мм – 95 %. В целом наблюдается общая тенденция к нарастанию аридизации климата территории, что требует корректировки селекционной работы с учетом тенденций изменений климата и проведения специальных организационно-хозяйственных мероприятий по повышению увлажненности территории за счет агротехнических приемов возделывания.

Ключевые слова: температура, осадки, многолетние данные, северо-западная сельскохозяйственная зона, Ростовская область

Для цитирования: Тенденции изменений показателей тепловлагообеспеченности в северо-западной сельскохозяйственной зоне Ростовской области / М. А. Фоменко, И. Н. Ильинская, О. А. Целуйко, Т. А. Олейникова, Е. А. Бабровская // Мелиорация и гидротехника. 2024. Т. 14, № 4. С. 337–351. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2024-14-4-337-351>.



GENERAL AGRICULTURE, CROP SCIENCE

Original article

**The trends of heat and moisture supply indicators
in the northwestern agricultural zone of Rostov region**

**Marina A. Fomenko¹, Isida N. Ilyinskaya², Oksana A. Tseluyko³,
Tatyana A. Oleynikova⁴, Elena A. Babrovskaya⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5}Federal Rostov Agricultural Research Centre, Rassvet, Russian Federation

¹fomenko.marina.1602@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5385-6863>

²izidaar@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7876-1622>

³o.tseluyko@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9161-0346>

⁴t.oleinickova2017@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0620-2474>

⁵zheleznyak.elena87@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1537-2934>

Abstract. Purpose: to analyze changes in air temperature and precipitation in the northwestern agricultural zone of Rostov region (since there is currently an urgent need to take into account climate changes in a specific soil and climate zone to adjust the composition of crops grown). Continuous operational monitoring of growing conditions for agricultural crops is necessary throughout the growing season. **Materials and methods.** Synoptic and statistical research methods were used. **Results.** A trend toward an increase in the average annual air temperature and the sum of temperatures above 10 °C is shown. The warming trend in recent decades in the northwestern zone has become increasingly pronounced, and the annual amount of precipitation has a significant upward trend. **Conclusions.** During the study period, a trend toward an increase in the average annual temperature and annual precipitation was observed. In general, a comparison of the average annual air temperature for 2000–2023 and 1950–1999 showed an increase from 8.6 to 10.2 °C, or by 18.6 %, while an increase in the average annual precipitation for the study period by 7.5 % was noted. Analysis of the supply curve showed that the probability of exceeding the amount of precipitation of 658 mm is 5 %, 530 mm – 25 %, 458 mm – 50 %, 392 mm – 75 % and 275 mm – 95 %. In general, there is a general trend towards increasing aridization of the climate of the territory, which requires adjustment of breeding work taking into account climate change trends and the implementation of special organizational and economic measures to increase the humidity of the territory due to agro-technical cultivation methods.

Keywords: temperature, precipitation, long-term data, north-western agricultural zone, Rostov region

For citation: Fomenko M. A., Ilyinskaya I. N., Tseluyko O. A., Oleynikova T. A., Babrovskaya E. A. The trends of heat and moisture supply indicators in the northwestern agricultural zone of Rostov region. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2024;14(4): 337–351. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2024-14-4-337-351>.

Введение. Агроклиматические ресурсы позволяют научно обосновывать перспективы развития сельскохозяйственного производства, оценивать возможность и целесообразность возделывания традиционных и новых культур, сортов, формировать их оптимальный состав. К основным климатическим факторам агроклиматических ресурсов Ростовской области,

определяющим продуктивность сельскохозяйственных культур, относятся тепло- и влагообеспеченность [1]. Изменение климата и влияние этого процесса на окружающую среду, в свою очередь, оказывают воздействие на условия ведения земледелия и растениеводства не только северо-западной зоны Ростовской области, но и всего региона.

Засуха создает угрозу нормальному росту и развитию растений в течение вегетации. Засуха и тепловой стресс стали наиболее важными факторами, ограничивающими урожайность сельскохозяйственных культур и в конечном счете продовольственную безопасность. Уменьшение количества осадков и изменение режима их выпадения приводят к частым засухам во всем мире [2]. Из-за быстрого роста населения и резких изменений климата под угрозой находится глобальная продовольственная безопасность [3]. В Южном федеральном округе в пространственном отношении наиболее выраженное увеличение количества экстремальных осадков наблюдается на Черноморском побережье Кавказа [4].

Современное потепление, начавшееся в 70-е гг. прошлого столетия, в целом за год и во все сезоны продолжается на всей территории России. Скорость роста осредненной по России среднегодовой температуры за период 1976–2023 гг. составила 0,50 °C за 10 лет (вклад в общую изменчивость 58 %). Наиболее быстрый рост наблюдается весной (0,64 °C за 10 лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд больше всего выделяется летом (0,41 °C за 10 лет) [5].

Эколог А. А. Райский пишет: «За последние 130 лет температура в мире возросла примерно на 0,85 °C, за последние 140 лет среднегодовая температура повысилась приблизительно на 1 °C. За последние 25 лет темпы глобального потепления ускорились, превысив 0,18 °C за десятилетие. Повышаются уровни моря, тают ледники и меняется характер атмосферных осадков. Экстремальные метеорологические явления становятся более интенсивными и частыми» [6].

В. Н. Гудко и др. на основании рассчитанных тенденций делают вывод, что метеостанции Ростовской области: Гигант, Ростов-на-Дону, Таганрог, Цимлянск – в 1960–2019 гг. характеризовались засушливым потеплением, а метеостанции Ремонтное и Чертково – влажным потеплением [7].

Анализ метеорологических показателей в Башкортостане показал на большей части территории республики тенденцию к увеличению значений гидротермического коэффициента (ГТК) [8].

В условиях северо-западной зоны Ростовской области А. В. Крохмаль и А. И. Грабовец, анализируя данные за длительный период исследований, выявили, что среднегодовая температура воздуха за последнее десятилетие возросла на 3,4 °С. Произошло перераспределение выпадения осадков по времени, увеличилось их количество в осенне-зимний период и уменьшилось в весенне-летний [9].

Поэтому в настоящее время возникла острая необходимость учета последствий изменения климата для конкретной почвенно-климатической зоны. Необходим постоянный оперативный мониторинг условий произрастания сельскохозяйственных культур в течение всего периода вегетации. Получение высоких, стабильных по годам урожаев и научно обоснованное размещение сельскохозяйственных культур диктуют необходимость изучения климатических изменений, которые напрямую влияют на комплекс агротехнических мероприятий и в дальнейшем на производственные затраты в растениеводстве.

Материалы и методы. Поселок Донская Нива находится в северо-западной зоне Ростовской области. Климат на данной территории континентальный, засушливый, характеризуется высокими тепловыми ресурсами (с суммой температур > 10 °С 3000–3200 °С) и средним годовым количеством осадков 451 мм, а за вегетационный период 200–230 мм [10]. Продолжительность вегетационного периода (с температурой $> +5$ °С) составляет в среднем 200 дней, период активной вегетации (период с темпе-

ратурой $> +10$ °С) – 158–170 дней. Безморозный период длится в среднем 165–175 дней. Глубина промерзания почвы зимой 46–55 см.

Годовая амплитуда температуры воздуха при экстремальных значениях достигает 48–50 °С, ГТК за вегетационный период составляет 0,80–0,85, т. е. северо-западная зона области относится к региону с засушливым климатом. Число суховейных дней находится в пределах 63–83 [10].

На 16-й сессии Всемирной метеорологической организации (ВМО) в 2014 г. было решено в качестве базового и стабильного периода принимать 1961–1990 гг., этот период используют для выявления тенденций изменения климата. В нашей стране нет жестких правил выбора данного промежутка для расчетов. В агроклиматологии используются средние многолетние значения, которые рассчитываются путем осреднения измеряемых величин за 30 лет [10, 11].

На основе многолетних данных о суммах среднесуточных температур и осадках с 1950 по 2023 сельскохозяйственный год, полученных с метеопоста «Тарасовское опытное поле» в северо-западной зоне Ростовской области, поселок Донская Нива, Тарасовской район, разбитых на два периода: с 1950 по 1999 и с 2000 по 2023 г., проанализированы тенденции изменения погодных условий.

По данным ученых, проводивших исследования в северо-западной зоне Ростовской области в отделах селекции пшеницы, земледелия и агрохимии Северо-Донецкой сельскохозяйственной опытной станции (СДСХОС), А. С. Кружилина, А. И. Грабовца, И. И. Ушакова, нормой многолетней среднегодовой температуры воздуха в северо-западной зоне Ростовской области является 6,96 °С, количество осадков 451 мм [12, 13]. Статистическая обработка данных произведена по соответствующей методике (А. В. Сикан, 2007).

Результаты и обсуждение. Мониторинг полученных аналитических данных в исследуемой зоне показал тенденцию изменения среднегодового

количества осадков и температуры воздуха с 1950 г. по настоящее время (таблица 1).

Таблица 1 – Среднемноголетние метеорологические показатели за 1950–2023 сельскохозяйственные годы, метеостанция Тарасовская

Table 1 – Average long-term meteorological indicators for the 1950–2023 agricultural years, Tarasovskaya weather station

Период	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	За сельхозгод
Осадки, мм													
1950–1999	29,7	32,1	38,1	46,6	35,6	31,8	26,4	32,6	40,7	48,2	51,7	37,5	450,9
2000–2023	40,1	36,0	38,7	44,4	41,2	34,0	35,9	35,8	47,2	44,8	62,0	25,0	484,8
1950–2023	33,1	33,3	38,3	45,9	37,4	32,5	29,5	33,6	42,8	47,1	55,0	33,4	461,9
Норма	26	32	32	36	32	32	26	36	50	54	59	36	451
Температура воздуха, °С													
1950–1999	15,9	8,28	1,05	–2,9	–6,4	–5,6	–0,5	10,0	17,2	21,5	23,3	21,9	8,6
2000–2023	17,2	9,72	2,52	–2,2	–4,5	–3,4	2,45	11,0	17,9	22,5	24,4	24,8	10,2
1950–2023	16,3	8,75	1,5	–2,7	–5,8	–4,9	0,47	10,4	17,5	21,8	23,6	22,8	9,2
Норма	14,6	7,2	0,2	–5,2	–8,0	–7,8	–2,1	7,6	15,2	19,2	22,0	20,6	6,96
Примечание – Составлено авторами на основе метеонаблюдений и собственных расчетов.													

При сравнении двух периодов по показателям тепловлагообеспеченности выявлен тренд повышения среднегодовой температуры воздуха с 8,6 °С за 1950–1999 гг. до 10,2 °С за 2000–2023 гг. Тренд потепления в последние десятилетия на территории зоны проявляется все сильнее, как отмечали А. И. Грабовец, М. А. Фоменко и др.

На основе анализа многолетних данных установлено, что годовое количество осадков также возрастает [12].

Так, среднее количество осадков за 50-летний период прошлого века составило 450,9 мм, а за период 2000–2023 гг. – 484,8 мм, наблюдается увеличение среднегодового количества осадков за исследуемый период с 1950 по 2023 г. на 33,9 мм, или на 7,5 % (рисунок 1).



Рисунок 1 – Годовое количество осадков за период 1950–2023 гг. по метеостанции Тарасовская
Figure 1 – Annual precipitation for the period 1950–2023 at Tarasovskaya weather station

Отмечено изменение распределения осадков по сезонам. Если за 1950–1999 гг. треть годовой суммы осадков приходилась на летний сезон, то в последующий период 2000–2023 гг. сезонное распределение их было более равномерным – 24–27 %. За осенний период количество осадков составило 114,8 мм, оно по отношению к 99,9 мм за 1950–1999 гг. возросло на 14,9 %. Количество атмосферной влаги в зимний период за те же годы возросло на 4,9 %, в весенний период возросло на 19,2 мм, или на 19,3 %, и составило 118,9 мм.

Отмечена неравномерность выпадения суммарного количества осадков в летний период. Сумма осадков в июне и августе уменьшилась на 7,1 и 33,2 % и составила 44,8 и 25,0 мм соответственно. При этом данный показатель в июле увеличился на 19,9 %, что составило 62,0 мм.

За 50-летний период исследований (1950–1999 гг.) сумма годовых осадков варьировала от 242,8 мм (1984 г.) до 675,1 мм (1977 г.) (см. рисунок 1). Количество лет с годовой суммой осадков менее 451 мм (норма) составило 26, т. е. практически каждый второй год был засушливым.

За период исследований с 2000 по 2023 г. изменчивость годовой нормы осадков составила от 278 мм в 2009 г. до 688 мм в 2019 г. Засушли-

выми были 2001, 2007, 2009, 2011–2015, 2020 гг., т. е. за 23-летний период наблюдений девять лет были засушливыми.

Среднегодовая температура воздуха возросла с 8,64 °С (1950–1999 гг.) до 9,15 °С (2000–2023 гг.) (см. таблицу 1).

Увеличение среднегодовой температуры воздуха отмечено не только за весь период наблюдений, но и по месяцам – от 0,71 до 3,01 °С.

Наибольшие увеличения среднемесячной температуры в поселке Донская Нива Тарасовского района отмечены в марте – от минус 0,48 до 2,93 °С, а также в августе – от 21,86 до 24,87 °С. На более поздний период, в особенности на аномально жаркое лето 2010 г., приходится множество температурных максимумов (35–39 °С).

Среднегодовая температура воздуха в зимние месяцы также имела тенденцию к повышению (рисунок 2). За последние 23 года наиболее холодные зимы были в 2003 и 2006 гг., когда среднегодовые показатели составили минус 8,2 и минус 7,1 °С соответственно. Минимальная температура почвы на глубине узла кущения достигала минус 18,5 °С, что привело в 1994 г. к вымерзанию посевов. В наиболее холодные зимы нашего столетия в 2003 и 2006 гг. она достигала минус 15–16 °С (III декада ноября, отсутствие снежного покрова). Минимальная среднегодовая температура была зафиксирована в 2020 г., она составила 0,1 °С.

Теплыми были зимы в 2000, 2001, 2016, 2022 гг., когда данный показатель составил минус 0,9–1,5 °С. В последнее время температурных минимумов почти не наблюдается.

В целом сравнение среднегодовой температуры воздуха за 2000–2023 и 1950–1999 гг. показало повышение с 8,6 до 10,2 °С, или на 18,6 %.

Для всех сезонов, кроме осени, зафиксирована положительная динамика повышения средней температуры воздуха. Глобальное потепление коснулось и северо-западной зоны, что выражается прежде всего в увеличении значений средней температуры приземного слоя воздуха. Частые

смены атмосферной циркуляции из-за преобладающих восточных ветров вызывают неустойчивость погодных условий, влияющих на стабильность урожая сельскохозяйственных растений.

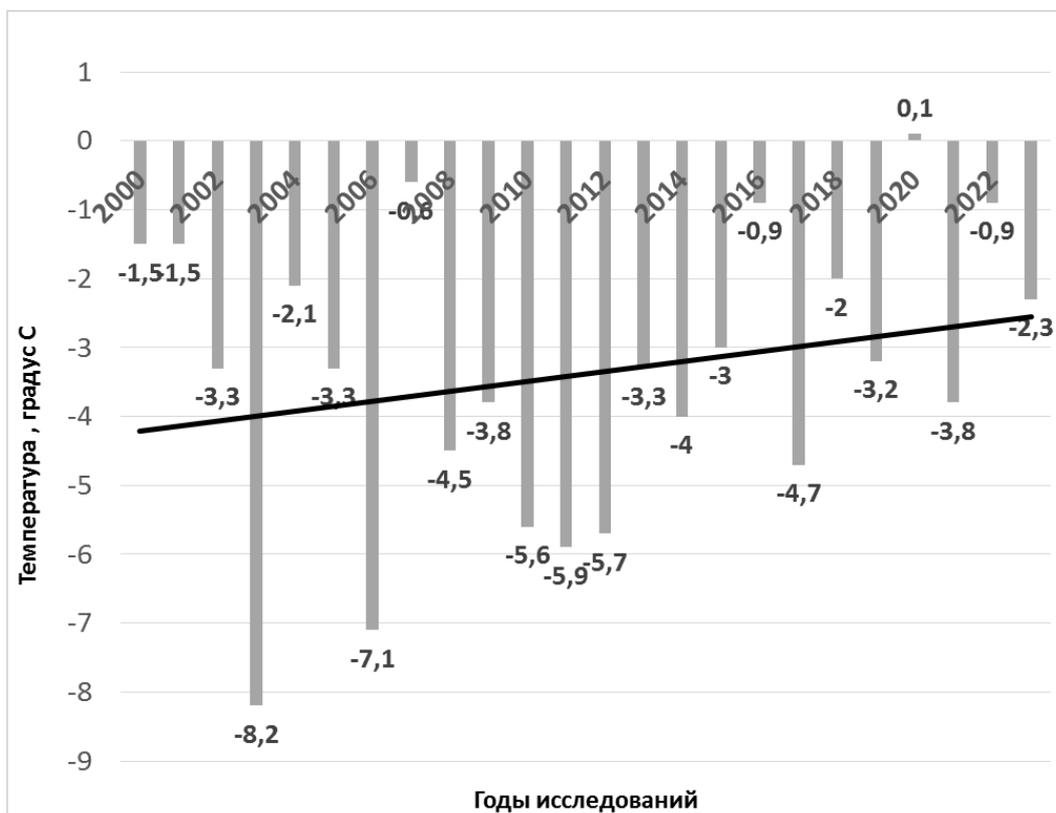


Рисунок 2 – Средняя температура в зимний период (декабрь – февраль) за 2000–2023 гг. по метеостанции Тарасовская

Figure 2 – Average temperature in winter (December – February) for 2000–2023 at Tarasovskaya weather station

Проведем оценку степени влагообеспеченности территории по одному из главных критериев засушливости – ГТК Г. Т. Селянинова с учетом количества выпавших осадков и среднемесячной температуры воздуха по вышеуказанным периодам (таблица 2).

Согласно проведенным расчетам и полученным данным, в целом за вегетационный период ГТК почти не изменился, составив по обоим периодам 0,74–0,75, однако в сравнении с нормативом (0,90) его значения снизились на 22,2 %, при том что оптимальное соотношение тепла и влаги составляет 1,0.

Таблица 2 – Сравнительная оценка степени влагообеспеченности климата по гидротермическому коэффициенту за 1950–2023 гг. для метеостанции Тарасовская

Table 2 – Comparative assessment of the degree of climate moisture supply by the hydrothermal coefficient for 1950–2023 for the Tarasovskaya weather station

Период	Месяц							За сельхозгод
	IX	X	IV	V	VI	VII	VIII	
1950–1999	0,62	1,25	1,08	0,76	0,75	0,71	0,55	0,75
2000–2023	0,77	1,19	1,08	0,85	0,66	0,82	0,32	0,74
Норма	0,59	1,18	1,57	1,06	1,18	0,86	0,56	0,90

Примечание – Составлено авторами на основе метеонаблюдений и собственных расчетов.

Условия увлажнения вегетационного периода имели определенные отличия от среднемноголетних. Так, в период оптимальных сроков сева озимой пшеницы наблюдается недостаточная обеспеченность влагой, хотя ГТК и превышает среднемноголетние значения на 5,1–30,0 %, составляя 0,62 и 0,77. В октябре увлажненность территории повышается до 1,25–1,19 при положительных значениях температуры воздуха, создавая благоприятные условия для получения всходов и кущения озимых колосовых культур.

Наступление весенней вегетации характеризуется также оптимальным уровнем тепловлагообеспеченности (ГТК = 1,08), хотя и снижением его на 31,2 %. С быстрым нарастанием среднесуточных значений температуры воздуха в мае ГТК снижается до 0,76–0,85 против среднемноголетнего 1,06. Особенно заметен этот процесс в июне, когда идет активное развитие репродуктивных органов озимой пшеницы. Так, если в период с 1950 по 1999 г. ГТК составлял 0,75, то с 2000 по 2023 г. он уменьшился до 0,66, что ниже среднемноголетних значений на 36,4 и 44,1 % соответственно.

В июле отличия составили 4,7–17,4 % с большими значениями в первом периоде. В августе ГТК снизился в первом случае до среднемноголетнего уровня 0,55, во втором – до 0,32, что создало существенный стресс для роста и развития поздних яровых культур.

Имея длинный ряд многолетних наблюдений (73 года), можно по-

строить кривую трехпараметрического гамма-распределения по методике С. Н. Крицкого и М. Ф. Менкеля, т. е. теоретическую кривую обеспеченности по осадкам, которая характеризует вероятность превышения их величины в общей совокупности ряда данных (рисунок 3).

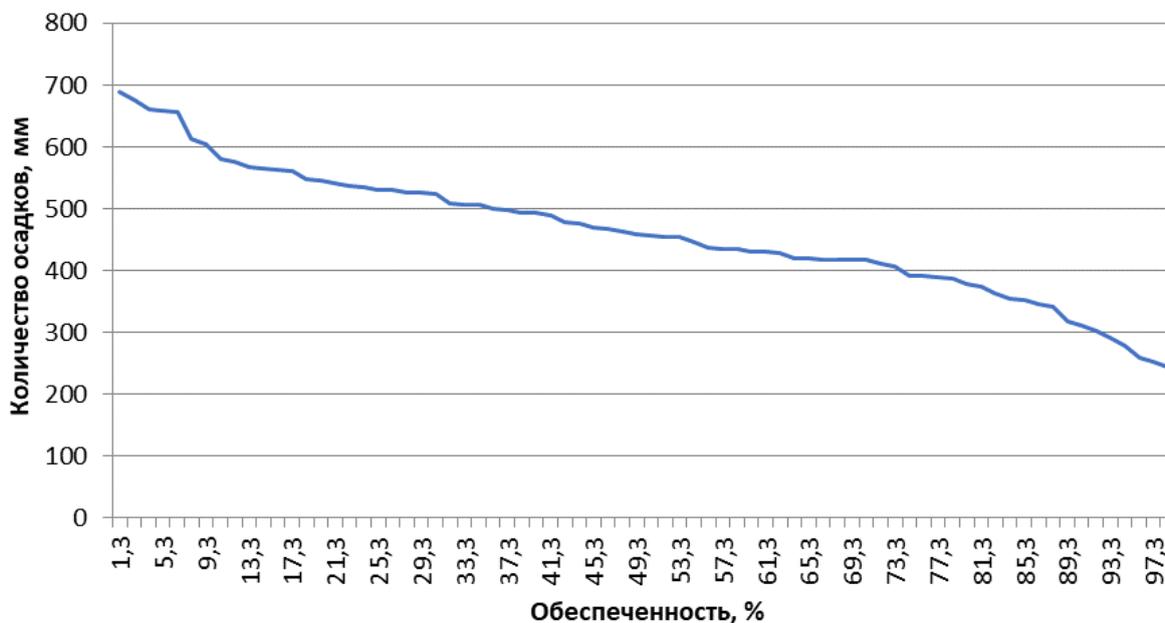


Рисунок 3 – Кривая обеспеченности количества атмосферных осадков по данным метеостанции Тарасовская за 1950–2023 гг.

Figure 3 – Curve of precipitation availability based on data from the Tarasovskaya weather station for 1950–2023

Построенная кривая обеспеченности показала, что вероятность превышения количества осадков 658 мм составляет 5 %, 530 мм – 25 %, 458 мм – 50 %, 392 мм – 75 % и 275 мм – 95 % (см. рисунок 3).

Статистическая обработка данных показала, что стандартное отклонение от средней составило 100,3 мм при минимуме 252 мм и максимуме 688 мм (таблица 3).

Кривая имеет нормальное распределение, что подтвердил коэффициент асимметрии, характеризующий форму распределения случайных значений ряда по отношению к среднему. Он имеет положительную асимметрию (0,1), т. е. ряд наблюдений включает некоторые положительные и незначительные отрицательные отклонения.

**Таблица 3 – Результаты статистической обработки данных
о количестве атмосферных осадков, метеостанция
Тарасовская, 1950–2023 гг.**

**Table 3 – Results of data statistical processing on the amount
of precipitation, Tarasovskaya weather station, 1950–2023**

Показатель	Значение
Среднее	464,9
Стандартная ошибка	11,7
Медиана	458,5
Стандартное отклонение	100,3
Экссесс	-0,2
Асимметричность	0,1
Интервал	435,8
Минимум	252,4
Максимум	688,2
Счет	73
Коэффициент вариации, %	21,5

Коэффициент вариации характеризует меру изменчивости ряда. Для наших данных отклонение от среднеарифметического значения в пределах 21,5 %, что показало однородную совокупность данных при средней степени их рассеивания.

Выводы. Анализ многолетних непрерывных данных метеонаблюдений за период с 1950 по 2023 г. показывает, что среднегодовая температура воздуха и годовое количество осадков на территории северо-западной зоны Ростовской области имеют стабильную тенденцию к повышению.

Сравнение среднегодовой температуры воздуха за 2000–2023 и 1950–1999 гг. показало повышение с 8,6 до 10,2 °С, или на 18,6 %. За исследуемый период для всех сезонов, кроме осени, зафиксирована положительная динамика увеличения температуры воздуха. В летние месяцы выявлена тенденция к снижению количества осадков, в другие сезоны, напротив, тренд их увеличения.

При этом отмечено увеличение среднегодового количества осадков за исследуемый период на 7,5 %. Анализ кривой обеспеченности показал, что вероятность превышения количества осадков 658 мм составляет 5 %, 530 мм – 25 %, 458 мм – 50 %, 392 мм – 75 % и 275 мм – 95 %.

В целом наблюдается общая тенденция к нарастанию аридизации климата территории, что требует корректировки селекционной работы с учетом тенденций изменений климата и проведения специальных организационно-хозяйственных мероприятий по повышению увлажненности территории за счет агротехнических приемов возделывания.

Список источников

1. Особенности погодных условий в южной зоне Ростовской области / А. С. Попов, Н. Г. Янковский, Г. В. Овсянникова, А. А. Сухарев, М. Е. Кравченко // Зерновое хозяйство России. 2012. № 3. С. 56–59. EDN: OZKOFL.
2. Berauer B., Steppuhn A., Schweiger A. The multidimensionality of plant drought stress: The relative importance of edaphic and atmospheric drought // Plant, Cell and Environment. 2024, June 28. DOI: 10.1111/pce.15012. EDN: IYTSZH.
3. Lesk C., Rowhani P., Ramankutty N. Influence of extreme weather disasters on global crop production // Nature. 2016. 529. P. 84–87. DOI: 10.1038/nature16467.
4. Annual and seasonal precipitation dynamics in the South of Russia in the context of climate change / V. Gudko, A. Usatov, T. Minkina, S. Tarigholizadeh, K. Azarin, S. Sushkova, A. Dmitrieva // Theoretical and Applied Climatology. 2024. Vol. 155. P. 6177–6193. <https://doi.org/10.1007/s00704-024-05005-6>. EDN: NIKKCM.
5. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2023 год. М., 2024. 104 с.
6. Трофимов С. Эколог Райский Александр о главных причинах глобального потепления и изменения климата [Электронный ресурс]. 2022, 1 июля. URL: <https://vc.ru/future/344487-ekolog-raiskii-aleksandr-o-glavnyh-prichinah-globalnogo-potepleniya-i-izmeneniya-klimata?ysclid=lxyp909dg3286686839> (дата обращения: 28.06.2024).
7. Gudko V. N., Usatov A. V., Azarin K. V. Analysis of hydrothermal conditions in the Rostov region in the period 1960–2019 // Arid Ecosystems. 2021. Vol. 11. P. 337–342. <https://doi.org/10.1134/S2079096121040156>. EDN: XNJYWA.
8. Гареев А. М., Галеева Э. М., Баринов В. В. Основные тенденции изменения показателей теплообеспеченности и увлажнения за вегетационный период в пределах Республики Башкортостан // Вестник Удмуртского университета. 2022. Т. 32, № 2. С. 158–165. DOI: 10.35634/2412-9518-2022-32-2-158-165. EDN: VAKWYK.
9. Крохмаль А. В., Грабовец А. И. Показатели адаптивности сортов озимого трикале в условиях усиления аридности климата на северо-западе Ростовской области // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 3. С. 44–48. DOI: 10.30850/vrsn/2022/3/44-48. EDN: BEMLKZ.
10. Агроклиматические ресурсы Ростовской области. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 250 с.
11. Чирков Ю. И. Агрометеорология. Научно-популярный метеорологический проект. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 320 с.
12. Грабовец А. И., Фоменко М. А. Изменение климата и особенности селекции озимой мягкой пшеницы на продуктивность и адаптивность к нему // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 1. С. 20–25. DOI: 10.31857/2500-2082/2023/1/20-25. EDN: OIFLKO.
13. Ляшков И. В., Бирюков К. Н. Влияние погодных условий и сроков посева на урожайность озимой пшеницы на Среднем Дону // Известия Оренбургского государ-

ственного аграрного университета. 2022. № 2(94). С. 22–27. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2022-94-2-22-27>. EDN: BUBSEB.

References

1. Popov A.S., Yankovsky N.G., Ovsyannikova G.V., Sukharev A.A., Kravchenko M.E., 2012. *Osobennosti pogodnykh usloviy v yuzhnoy zone Rostovskoy oblasti* [Peculiarities of climatic conditions in the southern zone of Rostov region]. *Zernovoe khozyaystvo Rossii* [Grain Economy of Russia], no. 3, pp. 56-59, EDN: OZKOFI. (In Russian).
2. Berauer B., Steppuhn A., Schweiger A., 2024. The multidimensionality of plant drought stress: The relative importance of edaphic and atmospheric drought. *Plant, Cell and Environment*, June 28, DOI: 10.1111/pce.15012, EDN: IYTSZH.
3. Lesk C., Rowhani P., Ramankutty N., 2016. Influence of extreme weather disasters on global crop production. *Nature*, 529, pp. 84-87, DOI: 10.1038/nature16467.
4. Gudko V., Usatov A., Minkina T., Tarigholizadeh S., Azarin K., Sushkova S., Dmitrieva A., 2024. Annual and seasonal precipitation dynamics in the South of Russia in the context of climate change. *Theoretical and Applied Climatology*, vol. 155, pp. 6177-6193, <https://doi.org/10.1007/s00704-024-05005-6>, EDN: NIKKCM.
5. *Doklad ob osobennostyakh klimata na territorii Rossiyskoy Federatsii za 2023 god* [Report on the Climate Features in the Territory of the Russian Federation for 2023]. Moscow, 2024, 104 p. (In Russian).
6. Trofimov S., 2022. *Ekolog Rayskiy Aleksandr o glavnykh prichinakh global'nogo potepeniya i izmeneniya klimata* [Ecologist Raiskii Alexander on the main causes of global warming and climate change], July 1, available: <https://vc.ru/future/344487-ekolog-raiskii-aleksandr-o-glavnykh-prichinakh-globalnogo-potepeniya-i-izmeneniya-klimata?ysclid=lxyp909dg3286686839> [accessed 28.06.2024]. (In Russian).
7. Gudko V.N., Usatov A.V., Azarin K.V., 2021. Analysis of hydrothermal conditions in the Rostov region in the period 1960–2019. *Arid Ecosystems*, vol. 11, pp. 337-342, <https://doi.org/10.1134/S2079096121040156>, EDN: XNJYWA.
8. Gareev A.M., Galeeva E.M., Barinov V.V., 2022. *Osnovnye tendentsii izmeneniya pokazateley teploobespechennosti i uvlazhneniya za vegetatsionnyy period v predelakh Respubliki Bashkortostan* [The main trends of changes in heat supply and moisture during the growing season in the republic of Bashkortostan]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta* [Bulletin of Udmurt University], vol. 32, no. 2, pp. 158-165, DOI: 10.35634/2412-9518-2022-32-2-158-165, EDN: VAKWYK. (In Russian).
9. Krokhmal A.V., Grabovets A.I., 2022. *Pokazateli adaptivnosti sortov ozimogo tritikale v usloviyakh usileniya aridnosti klimata na severo-zapade Rostovskoy oblasti* [Adaptability indicators of winter triticale varieties in conditions of increasing climate aridity in the northwest of Rostov region]. *Vestnik Rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki* [Bulletin of Russian Agricultural Science], no. 3, pp. 44-48, DOI: 10.30850/vrsn/2022/3/44-48, EDN: BEMKZ. (In Russian).
10. *Agroklimaticheskie resursy Rostovskoy oblasti* [Agroclimatic Resources of Rostov Region]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1972, 250 p. (In Russian).
11. Chirkov Yu.I., 1979. *Agrometeorologiya. Nauchno-populyarnyy meteorologicheskii projekt* [Agrometeorology. Popular Science Meteorological Project]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 320 p. (In Russian).
12. Grabovets A.I., Fomenko M.A., 2023. *Izmenenie klimata i osobennosti seleksii ozimoy myagkoy pshenitsy na produktivnost' i adaptivnost' k nemu* [Climate change and features of breeding winter soft wheat for productivity and adaptability to it]. *Vestnik Rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki* [Bulletin of Russian Agricultural Science], no. 1, pp. 20-25, DOI: 10.31857/2500-2082/2023/1/20-25, EDN: OIFLKO. (In Russian).
13. Lyashkov I.V., Biryukov K.N., 2022. *Vliyaniye pogodnykh usloviy i srokov poseva na*

urozhaynost' ozimoy pshenitsy na Srednem Donu [Influence of weather conditions and sowing dates on the yield of winter wheat in the Middle Don]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Orenburg State Agrarian University], no. 2(94), pp. 22-27, <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2022-94-2-22-27>, EDN: BUBSEB. (In Russian).

Информация об авторах

М. А. Фоменко – главный научный сотрудник, заведующая отделом селекции и семеноводства пшеницы и тритикале, доктор сельскохозяйственных наук, Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Рассвет, Российская Федерация, fomenko.marina.1602@mail.ru, ORCID: 0000-0001-5385-6863;

И. Н. Ильинская – главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Рассвет, Российская Федерация, izidaar@mail.ru, Author ID: 331396, ORCID: 0000-0002-7876-1622;

О. А. Целуйко – ученый секретарь, ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Рассвет, Российская Федерация, o.tseluyko@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-9161-0346;

Т. А. Олейникова – старший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства пшеницы и тритикале, Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Рассвет, Российская Федерация, t.oleinickova2017@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-0620-2474;

Е. А. Бабровская – научный сотрудник отдела селекции и семеноводства пшеницы и тритикале, Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Рассвет, Российская Федерация, zheleznyak.elena87@mail.ru, ORCID: 0000-0003-1537-2934.

Information about the authors

M. A. Fomenko – Chief Researcher, Head of the Department of Breeding and Seed Production of Wheat and Triticale, Doctor of Agricultural Sciences, Federal Rostov Agricultural Research Centre, Rassvet, Russian Federation, fomenko.marina.1602@mail.ru, ORCID: 0000-0001-5385-6863;

I. N. Pyinskaya – Chief Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Federal Rostov Agricultural Research Centre, Rassvet, Russian Federation, izidaar@mail.ru, AuthorID: 331396, ORCID: 0000-0002-7876-1622;

O. A. Tseluyko – Scientific Secretary, Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences, Federal Rostov Agricultural Research Centre, Rassvet, Russian Federation, o.tseluyko@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-9161-0346;

T. A. Oleynikova – Senior Researcher of the Department of Breeding and Seed Production of Wheat and Triticale, Federal Rostov Agricultural Research Centre, Rassvet, Russian Federation, t.oleinickova2017@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-0620-2474;

E. A. Babrovskaya – Researcher of the Department of Breeding and Seed Production of Wheat and Triticale, Federal Rostov Agricultural Research Centre, Rassvet, Russian Federation, zheleznyak.elena87@mail.ru, ORCID: 0000-0003-1537-2934.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 05.08.2024; одобрена после рецензирования 08.11.2024; принята к публикации 15.11.2024.

The article was submitted 05.08.2024; approved after reviewing 08.11.2024; accepted for publication 15.11.2024.