Аграрный научный журнал. 2025. № 11. С. 16–21
Agrarian Scientific Journal. 2025;(11):16–21

АГРОНОМИЯ
4.1.1. Общее земледелие и растениеводство

Научная статья
УДК 551.577.38:633.1:631.559(470.44)
https://doi.org/10.28983/asj.y2025i11pp16-21

Анализ аномальных погодных условий Саратовской области в вегетационный период 2024 года и их влияния на урожайность сельскохозяйственных культур

Ирина Игоревна Демакина[1], Елена Владимировна Завьялова[1], Борис Викторович Фисенко[2], Анна Игорьевна Пшенцова[2], Анатолий Сергеевич Чуленев[3]
[1]Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока, г. Саратов, Россия
[2]Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, г. Саратов, Россия
[3]НИУ МГСУ, г. Москва, Россия
e-mail: demakina2015@yandex.ru

Аннотация. В статье проведен комплексный анализ климатических аномалий, зафиксированных на территории Саратовской области в течение вегетационного периода 2024 г., и их воздействия на онтогенетические фазы и продукционный процесс агроценозов. На основе данных метеорологического мониторинга установлена пространственная дифференциация интенсивности аридных явлений между правобережными (ГТК = 0,4) и левобережными (ГТК = 0,3) районами Саратовской области, что свидетельствует о гетерогенности гидротермического стресса в регионе. Выявлен дискретный характер засухи с периодическими ремиссиями, обусловленный неустойчивой динамикой атмосферных фронтов. Проведен анализ параметров засухи 2024 года с историческими аналогами, зафиксированными в вегетационный период 1998 и 2010 гг. Полученные данные коррелируют с редукцией урожайности яровой пшеницы на 32–41 % относительно среднемноголетних значений, что подчеркивает необходимость адаптации агротехнологий к возрастающей частоте климатических экстремумов.

Ключевые слова: засуха, осадки, температурный режим, суховей, влагообеспеченность растений, фазы развития растений

Для цитирования: Демакина И. И., Завьялова Е. В., Фисенко Б. В., Пшенцова А. И., Чуленев А. С. Анализ аномальных погодных условий Саратовской области в вегетационный период 2024 года и их влияния на урожайность сельскохозяйственных культур // Аграрный научный журнал. 2025. № 11. С. 16–21. https://doi.org/10.28983/asj.y2025i11pp16-21.

AGRONOMY

Original article

Analysis of weather anomaly in the Saratov region during the 2024 growing season and their impact on crop yields

Irina I. Demakina[1], Elena V. Zavyalova[1], Boris V. Fisenko[2], Anna I. Pshentsova[2], Anatoly S. Chulenyov[3]
[1]Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region, Saratov, Russia
[2]Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Saratov, Russia
[3]Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia
e-mail: demakina2015@yandex.ru

Abstract. The paper presents a comprehensive analysis of climatic anomalies recorded in the Saratov region during the 2024 growing season and their impact on the ontogenetic phases and production processes of agrocenoses. Based on meteorological monitoring data, spatial differentiation in the intensity of arid events was established between the right-bank (hydrothermal index 0.4) and left-bank (hydrothermal index 0.3) areas of the Saratov region, indicating the heterogeneity of hydrothermal stress in the region. A discrete nature of the drought with periodic remissions due to the unstable dynamics of atmospheric fronts was revealed. The 2024 drought parameters were analyzed with historical analogues recorded during the growing seasons of 1998 and 2010. The obtained data correlate with a reduction in spring wheat yields by 32–41 % relative to the long-term average, which emphasizes the need to adapt agricultural technologies to the increasing frequency of climatic extremes.

Keywords: drought, precipitation, temperature regime, dry winds, plant moisture supply, stage of plant development

For citation: Demakina I. I., Zavyalova E.V., Fisenko B. V., Pshentsova A. I., Chulenyov A. S. Analysis of weather anomaly in the Saratov region during the 2024 growing season and their impact on crop yields. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2025;(11):16–21. (In Russ.). https://doi.org/10.28983/asj.y2025i11pp16-21.

Введение. Агроклиматические риски, связанные с аридизацией климата, представляют собой критический дестабилизирующий фактор для зернопроизводственного сектора Поволжья, ограничивающий устойчивое развитие агроэкосистем региона. Эмпирические данные подтверждают, что масштаб экономического ущерба определяется пространственным распределением засух, их временной локализацией, интенсивностью и продолжительностью. В годы экстремальных гидротермических аномалий (2010 и 2018) наблюдали редукцию урожайности зерновых культур на 50–60 % относительно среднемноголетних значений, что коррелирует с аномалиями температурного режима и дефицитом осадков. Данная зависимость подчеркивает необходимость интеграции адаптационных механизмов в систему управления агрорисками для обеспечения продовольственной безопасности региона [2, 7].

В условиях глобальных климатических изменений, сопровождающихся увеличением частоты экстремальных погодных явлений, мониторинг засух и анализ их динамики становятся особенно актуальными [6].

Целью нашего исследования является анализ агрометеорологических характеристик засухи 2024 г. в Саратовской области и оценка ее воздействия на рост, развитие и урожайность основных зерновых культур. Исследование также включает сравнение с засухами, произошедшими в предыдущие годы.

Материалы и методы. Методология исследования базировалась на анализе ретроспективных метеорологических данных, полученных с сети станций, распределенных в гетерогенных почвенно-климатических зонах Саратовской области (источник: Саратовский ЦГМС). Дополнительно интегрированы статистические показатели урожайности зерновых культур из официальных реестров регионального Минсельхоза. Обработку данных осуществляли посредством агрометеорологического моделирования (оценка влияния гидротермических параметров на фенологические фазы культур) и статистического анализа (расчет корреляций, трендов и кластеризация пространственно-временных паттернов засух).

Данный подход обеспечил верификацию гипотез о взаимосвязи климатических аномалий и продуктивности агроценозов.

Результаты исследований. Анализ показал, что в 2024 г. сильная атмосферная засуха на большей части территории области наступила уже в начале мая. Первая и вторая декады мая характеризовались пониженными температурами и дефицитом осадков в большинстве районов. Среднедекадная температура воздуха колебалась в пределах 9,4…12,3 °С, что на 3,8–5,4 °С ниже климатической нормы. Средняя температура по области составила 11,2 °С, что на 4,4 °С ниже нормы и на 3,6 °С ниже показателей прошлого года. Третья декада мая отличалась повышенными температурами и неравномерным распределением осадков.

Гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) за май в среднем составил 0,1, что свидетельствует о развитии сильной атмосферной засухи (таблица 1).

К концу мая запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы на Правобережье оставались на уровне 19–22 мм, что считалось достаточным. В то же время на Левобережье они уменьшились до недостаточных (11–13 мм) и критических (6–8 мм) значений. Это способствовало возникновению сочетания атмосферной и почвенной засухи в юго-восточных районах области. Данные агрометеорологической сети показали, что к концу мая озимая пшеница в большинстве районов находилась в фазах колошения или цветения. У ранних яровых зерновых культур отмечали фазы от появления третьего листа до кущения и выхода колоса в трубку, а в Левобережье – продвижения колоса по стеблевой трубке.

Результаты исследования подчеркивают значительное влияние засухи 2024 г. на сельскохозяйственное производство Саратовской области. Неравномерное распределение осадков и аномальные температурные режимы создали сложные условия для роста и развития зерновых культур. Полученные данные могут быть использованы для разработки стратегий адаптации сельского хозяйства к изменяющимся климатическим условиям [7, 8].

Таблица 1 – Средние агрометеорологические показатели, характеризующие засуху 2024 г. на территории Саратовской области

Table 1 – Average agrometeorological parameters characterizing the 2024 drought in the Saratov region

Территория	Месяц вегетации				
	май	июнь	июль	август	сентябрь
Осадки, % от нормы					
Правобережье	29	109	26	76	0
Левобережье	60	85	91	70	0
Область	41	100	49	76	0
Отклонение температуры воздуха от нормы, °С					
Правобережье	–2,8	2,5	2,1	0,2	2,0
Левобережье	–3,3	2,4	1,5	–0,4	1,8
Область	–3,0	2,5	1,8	–0,2	2,4
Показатель атмосферной засухи ГТК					
Правобережье	0,3	0,9	0,2	0,5	0
Левобережье	0,4	0,5	0,4	0,3	0
Область	0,4	0,6	0,3	0,4	0

В северных и западных районах Правобережья влагообеспеченность яровой пшеницы находилась в диапазоне 75–90 % от биологически оптимального уровня, формируя относительно благоприятные условия для фотосинтетической активности и биомассообразования. В контрастных агроландшафтах области данный показатель не превышал 50 % от нормы, что вызвало депрессию процессов ризогенеза и морфогенеза репродуктивных структур, подтвержденную снижением индекса вегетации (NDVI) на 22–35 % [1, 5]. Гидротермический режим в июне характеризовался пространственно-временной гетерогенностью. Температурный профиль: среднемесячная температура воздуха составила 18,7 °С, что на 1,3 °С ниже климатической нормы. Аномалия температуры в первой декаде достигла 2,1…–2,1 °С. Суммарное количество атмосферных осадков – 46 мм (96 % от среднемноголетних значений). Коэффициент вариации пространственного распределения (Cv) – 68 %, что свидетельствует о выраженной неоднородности увлажнения.

Анализ гидротермического коэффициента выявил зональную дифференциацию: от 0,9 (северо-запад) до 0,5 (юго-восток), что соответствует градации от умеренной до сильной атмосферной засухи. Данные ($r = 0{,}79$, $p < 0{,}01$) коррелируют с динамикой продуктивности агроценозов.

ГТК в июне варьировал по территории области: в Правобережье он составил 0,9, а в Левобережье – 0,5. Такие значения ГТК указывают на развитие сильной атмосферной засухи, особенно в восточных районах области.

Таким образом, несмотря на близкие к норме осадки, неравномерное их распределение и низкий ГТК в Левобережье создали неблагоприятные условия для сельскохозяйственных культур, что могло негативно сказаться на их продуктивности.

При удовлетворительных погодных условиях на наблюдательных участках в Базарном Карабулаке и Ртищеве наступила молочная спелость озимой пшеницы, в Балашове она продолжалась. В течение периода на большинстве остальных участков озимая пшеница достигла восковой спелости; в Левобережье она полностью поспела. По данным от 28 июня 2024 г. запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы под озимыми культурами в Красном Куте были плохими – 4 мм. В Аркадакском, Аткарском и Духовницком районах запасы были недостаточными (11…14 мм), в Сплавнухе (Красноармейский район) – достаточными (16 мм), в Базарном Карабулаке, Балашове и Октябрьском Городке Татищевского района – избыточными (26…38 мм). В метровом слое почвы плохие влагозапасы (41…48 мм) отмечали в селах Росташи и Теликовка, недостаточные (51 мм) – в Красном Куте. В большинстве остальных районов они варьировали от оптимальных до избыточных (99…139 мм).

По данным от 28 июня 2024 г. запасы полезной влаги в пахотном слое почвы под посевами яровых в большинстве районов Левобережья и селе Сплавнуха были низкими для дальнейшего развития растений (0…10 мм). В Новоузенске, Дергачах и Мокроусе продолжилась почвенная засуха на яровых зерновых (28 июня 2024 г. запасы полезной влаги в пахотном слое почвы равнялись 0…10 мм). В селе Теликовка началась почвенная засуха под яровым ячменем, когда в течение трех декад подряд в июне запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см равнялись 10, 3 и 9 мм соответственно, что соответствует критериям опасного агрометеорологического явления.

В первой половине июля сохранялись устойчивые положительные температурные аномалии (ΔT = 2,8 °C) на фоне дефицита атмосферных осадков (ΔP = −45 %), что соответствовало режиму почвенно-атмосферной засухи (ГТК < 0,3). Во второй декаде месяца адвекция атлантических воздушных масс инициировала выпадение осадков с высокой пространственной вариабельностью (Cv = 82 %), при этом максимальные суммы осадков (Pmax = 34 мм/сут) зафиксированы в Правобережных районах.

Среднемесячная температура – 21,9 °C, что на 0,3 °C ниже климатической нормы 1981−2010 гг. (22,2 °C); суточные температурные амплитуды достигали 12–15 °C, отражая влияние континентальности климата; суммарное количество – 72 мм (167 % от нормы).

Анализ ГТК (1,1) выявил переход от аридных к гумидным условиям, однако пространственная гетерогенность увлажнения (ИГ = 0,65) сохранила риски локального переувлажнения для поздних яровых культур. Данные дистанционного зондирования подтвердили улучшение гидротермического режима агроценозов в Правобережье (на 18 %), тогда как в Левобережье сохранялся дефицит влагообеспеченности (< 50 %).

В течение периода созревания яровых зерновых и цветения подсолнечника в Саратове и Калининске наблюдали суховейные явления, продолжавшиеся по 3–4 дня подряд. В это время относительная влажность воздуха снижалась до 19–30 %, а температура поднималась до 28…36 °C с усилением ветра до 8–13 м/с. В Хвалынске с 29 июня 2024 г. началась атмосферная засуха, когда в течение 33 дней при температуре 25,9…36,8 °C не было зафиксировано эффективных осадков.

К концу июля озимая пшеница достигла полной спелости. У ранних яровых культур продолжался процесс созревания, а подсолнечник находился в фазе цветения.

В течение указанного периода ГТК составил 0,1, что свидетельствует о крайне сильной атмосферной засухе. К концу августа запасы влаги в верхнем слое почвы на паровых полях упали до критически низких уровней: от 3–5 (плохие) до 14–18 (недостаточные) мм. Это создало неблагоприятные условия для равномерных всходов озимых культур.

Сентябрь также оказался аномально теплым с резким дефицитом осадков. Средняя температура воздуха в области достигла 17,1 °C, что на 3,0 °C выше обычных климатических значений. Наибольшее количество осадков за месяц (0,5–1 мм, или 1–3 % от нормы) зарегистрировали в Правобережных районах, а также в Пугачеве и Перелюбе. В большинстве районов региона атмосферная засуха сохранялась до конца сентября. В третьей декаде месяца осадки отсутствовали полностью, и засушливые условия продолжались до завершения осенней вегетации озимых культур.

ГТК за сентябрь по всей области оказался равным 0, что подтверждает устойчивую и крайне интенсивную засуху (рисунок 1). Эти условия значительно осложнили подготовку почвы и посев озимых культур, а также создали риски для их дальнейшего развития.

Рисунок 1 – Агроклиматические характеристики (отклонение температуры и процент от климатической нормы по осадкам) за 2024 год

Figure 1 – Agroclimatic characteristics (temperature deviation and percentage of precipitation from the climatic norm) for 2024

При анализе значений ГТК за теплый период, рассчитанных отдельно для правобережных и левобережных районов области, установили, что засуха 2024 г. по своей интенсивности и продолжительности оказалась схожей с засухами 1998 и 2010 гг. (таблица 2, рисунок 2). Это подтверждает, что экстремальные засушливые условия 2024 г. стали частью устойчивой тенденции, наблюдаемой в регионе на протяжении трех десятилетий (1994–2024 гг.).

Таблица 2 – Комплексный показатель атмосферной засухи ГТК теплого периода в годы сильных засух за 30-летний период (1994–2024 гг.)

Table 2 – Comprehensive atmospheric drought index of the warm period during severe drought over a 30-year period (1994–2024)

Год	Средний ГТК, май–сентябрь		
	Правобережье	Левобережье	Область
1995	0,8	0,5	0,6
1998	0,4	0,3	0,3
2002	0,6	0,4	0,5
2009	0,6	0,5	0,6
2010	0,2	0,2	0,2
2014	0,6	0,4	0,5
2015	0,6	0,4	0,5
2018	0,6	0,3	0,5
2020	0,8	0,5	0,6
2024	0,4	0,3	0,3

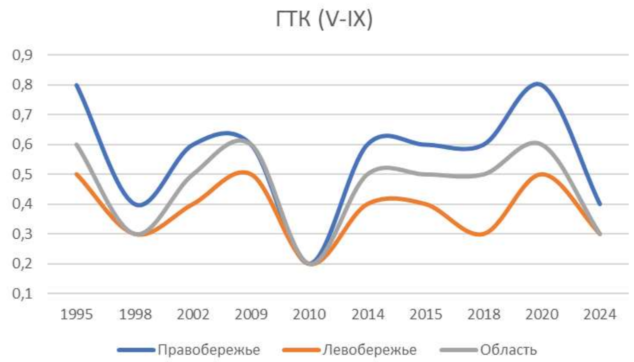

Рисунок 2 – Анализ изменения ГТК сильнозасушливых лет

Figure 2 – Analysis of hydrothermal index changes during severe drought years

Средняя урожайность озимой пшеницы на территории региона составила 21,3 ц/га, тогда как для яровой пшеницы данный показатель достиг 13,8 ц/га. Июньские осадки, характеризовавшиеся запаздывающим выпадением, не оказали значимого влияния на урожайность озимых и ранних яровых культур вследствие завершения критических фаз их онтогенеза. Однако они способствовали оптимизации гидротермического режима для подсолнечника, урожайность которого составила 13,8 ц/га, что коррелирует с увеличением фотосинтетически активной радиации (ФАР) в период цветения.

Влагообеспеченность подсолнечника в июне достигла 80–85 % от биологического оптимума, при этом для яровой пшеницы аналогичный показатель не превышал 45–50 %, что объясняет угнетенность стеблей до 1,5–2,0 шт./м². Данные результаты согласуются с агроклиматическими моделями, прогнозирующими зависимость урожайности от синхронизации осадков с критическими фазами развития культур [3, 4].

Заключение. Пространственная гетерогенность засухи 2024 г. выявила значительные различия между Правобережьем Саратовской области (ГТК = 0,4) и ее Левобережьем (ГТК = 0,3), где засуха носила непрерывный характер, усугубляя почвенно-атмосферный дефицит влагообеспеченности. Снижение урожайности яровой пшеницы на 32–41 % относительно среднемноголетних значений коррелирует с аномалиями температуры и дефицитом осадков, подтверждая критическое влияние гидротермического стресса. Поздние июньские осадки не компенсировали дефицит влаги для озимых культур, но повысили урожайность подсолнечника до 13,8 ц/га за счет оптимизации ФАР в фазе цветения. Экстремальные значения ГТК = 0 в сентябре и августовские запасы влаги ≤ 18 мм в пахотном слое создали риски для всходов озимых, снизив потенциал урожая 2025 г. Сравнительный анализ выявил схожесть засухи 2024 г. с событиями 1998 и 2010 гг., что подтверждает тенденцию к учащению экстремальных аридных явлений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демакина И. И., Завьялова Е. В. Пространственно-временная динамика изменения агрометеорологических показателей на территории Саратовской области в условиях неустойчивости климата // Ильинские чтения 2024: сб. науч. трудов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. юбилею Ильиных Лидии Герасимовны и Василия Алексеевича в рамках празднования 300-летия Российской академии наук, Саратов, 04–05 июля 2024 года. Саратов, 2024. С. 146–149. EDN: QJXSJP.

2. Иванова Г. Ф., Левицкая Н. Г., Демакина И. И. Исследование характеристик влажностного режима атмосферы в условиях меняющегося климата Саратовской области // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2015. Т. 15. Вып. 4. С. 9–13.

3. Иванова Г. Ф., Левицкая Н. Г. Региональные особенности изменчивости климата в Саратовской области // Интернаука. 2017. № 5-1(9). С. 29–31. EDN: YHEVRV.

4. Иванова Г. Ф., Левицкая Н. Г. Синоптические и агрометеорологические условия аномальной погоды осенне-зимнего сезона 2015–2016 годов в Саратовской области // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2016. Т. 16. № 3. С. 138–141. DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-3-138-141. EDN: WRPIRF.

5. Изменения агроклиматических характеристик и их влияние на урожайность сельскохозяйственных культур в Саратовской области / Е. В. Завьялова [и др.] // Аграрный научный журнал. 2023. № 12. С. 34–39. DOI: 10.28983/asj.y2023i12pp34-39. EDN: IUBQBR.

6. Левицкая Н. Г., Иванова Г. Ф., Орлова И. А. Оценка современного состояния агроклиматических ресурсов Саратовской области // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2013. Т. 13. № 2. С. 10–12.

7. Левицкая Н. Г, Шаталова О. В., Иванова Г. Ф. Засухи в Поволжье и их влияние на производство зерна // Аграрный вестник Юго-Востока, 2010. № 3–4. С. 71–74.

8. Прянишников А. И., Левицкая Н. Г., Демакина И. И. Изменение экологических условий формирования продуктивности пшеницы в Поволжье // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. № 3(23). С. 58–63. EDN: ZEVUGD.

REFERENCES

1. Demakina I. I., Zavyalova E. V. Spatio-temporal dynamics of changes in agrometeorological indicators in the Saratov region under conditions of climate instability. *Ilyinsky Readings 2024: Collection of Scientific Papers of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Dedicated to the Anniversary of Lidiya Gerasimovna and Vasily Alekseevich Ilyins as Part of the Celebration of the 300th Anniversary of the Russian Academy of Sciences*, Saratov, July 4–5, 2024. Saratov, 2024:146–149. (In Russ.). EDN: QJXSJP.

2. Ivanova G. F., Levitskaya N. G., Demakina I. I. Study of the characteristics of the atmospheric humidity regime under conditions of a changing climate in the Saratov region. *Bulletin of the Saratov University. New Series. Series: Earth Sciences.* 2015;15(4):9–13. (In Russ.).

3. Ivanova, G. F., Levitskaya, N. G. Regional Features of Climate Variability in the Saratov Region. *Internauka*. 2017;5-1(9):29–31. (In Russ.). EDN: YHEVRV.

4. Ivanova, G. F., Levitskaya, N. G. Synoptic and Agrometeorological Conditions of Anomalous Weather in the Autumn-Winter Season of 2015–2016 in the Saratov Region. *Bulletin of Saratov University. New Series. Series: Earth Sciences*. 2016;16(3):138–141. (In Russ.). DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-3-138-141. EDN: WRPIRF.

5. Changes in agroclimatic characteristics and their impact on crop yields in the Saratov region / E. V. Zavyalova, I. I. Demakina, B. V. Fisenko, E. V. Bazhina. *Agrarian Scientific Journal.* 2023;(12):34–39. (In Russ.). DOI: 10.28983/asj.y2023i12pp34-39. EDN: IUBQBR.

6. Levitskaya N. G., Ivanova G. F., Orlova I. A. Assessment of the current state of agroclimatic resources of the Saratov region. *Bulletin of Saratov University. New series. Series: Earth Sciences.* 2013;13(2):10–12. (In Russ.).

7. Levitskaya N. G., Shatalova O. V., Ivanova G. F. Droughts in the Volga region and their impact on grain production. *Agrarian Bulletin of the South-East*. 2010;(3–4):71–74. (In Russ.).

8. Pryanishnikov A. I., Levitskaya N. G., Demakina I. I. Changing environmental conditions for the formation of wheat productivity in the Volga region. *Grain Legumes and Cereal Crops*. 2017;3(23):58–63. (In Russ.). EDN: ZEVUGD.

Статья поступила в редакцию 23.12.2024; одобрена после рецензирования 20.01.2025; принята к публикации 28.01.2025.
The article was submitted 23.12.2024; approved after reviewing 20.01.2025; accepted for publication 28.01.2025.