

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.
ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра метеорологии и климатологии

**Пространственно-временные особенности формирования
атмосферных засух на территории Саратовской области**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 411 группы

направления 05.03.05 Прикладная гидрометеорология

географического факультета

Перелыгиной Юлии Михайловны

Научный руководитель

доцент, к.г.н.

Е.И. Ормели

Зав. кафедрой

к.г.н., доцент

М.Ю. Червяков

Саратов 2025

Введение. По данным доклада о климатических рисках на территории Российской Федерации, первую позицию среди глобальных угроз по вероятности возникновения занимают экстремальные погодные явления. Современная статистика свидетельствует о значительном увеличении ущерба, наносимого опасными метеорологическими и климатическими событиями. Около 90 % всех крупных экономических потерь связано с неблагоприятными гидрометеорологическими условиями: засухами, паводками, ливневыми дождями, градом и сильными ветрами. В таких условиях значительно возрастает актуальность исследований, направленных на изучение одного из наиболее опасных и распространённых климатических факторов — атмосферных засух.

Засухи оказывают особенно разрушительное влияние на аграрные регионы, нарушая водный баланс почвы, замедляя рост сельскохозяйственных культур и в конечном итоге снижая урожайность. В условиях глобального изменения климата и увеличения повторяемости неблагоприятных погодных условий мониторинг засушливости становится неотъемлемой частью системы обеспечения продовольственной безопасности и устойчивого развития сельского хозяйства.

Саратовская область, расположенная в зоне рискованного земледелия, отличается разнообразием природных условий и неоднородностью агроклиматического потенциала. Особенно актуальна проблема засух для восточных районов региона, где дефицит влаги наблюдается регулярно, оказывая прямое влияние на сельскохозяйственную продуктивность. В этой связи особую значимость приобретает изучение пространственно-временной изменчивости атмосферных засух, оценка климатических индикаторов (таких как гидротермический коэффициент, коэффициент увлажнения и стандартизированный индекс осадков), а также анализ их влияния на урожайность основных культур.

Целью данной работы является проведение мониторинга атмосферных засух на территории Саратовского региона.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

- проанализировать температурно-влажностный режим весенне-летнего периода в Саратовской области;
- рассчитать повторяемость атмосферных засух разной степени интенсивности на ряде метеостанций с использованием различных методов;
- выявить пространственно-временные особенности повторяемости засух в г. Саратов за 1991–2022 гг.;
- оценить влияние атмосферных засух на урожайность зерновых культур в регионе.

Актуальность темы определяется необходимостью адаптации сельскохозяйственного производства к изменяющимся климатическим условиям, что требует системного подхода к оценке рисков, прогнозированию засух и принятию мер для их смягчения. Результаты исследования могут быть использованы в аграрной политике региона, при разработке мероприятий по повышению устойчивости сельского хозяйства к климатическим стрессам.

Работа выполнена на основании данных, взятых из климатических и агрометеорологических справочников, а также с применением ежедневного метеорологического материала по температуре воздуха, влажности и осадкам, сайта «ВНИИГМИ–МЦД» в весенне-летний период за 2012-2022 гг. по данным четырем метеорологическим станциям региона: Балашов, Саратов, Ершов, Александров Гай, а так же период 1991-2020 гг. для станции Саратов, сайта «Погода и климат» по станции Хвалынский.

Основное содержание работы. Для России, где климатические условия характеризуются значительным разнообразием – от арктических до умеренно-континентальных – изменения климата могут иметь особенно негативные последствия для сельского хозяйства, водных ресурсов и экосистем. Засуха, как один из наиболее значимых климатических рисков, представляет собой длительный период с недостатком осадков, который может негативно сказаться на сельском хозяйстве, водоснабжении и экосистемах. В России

засушливые явления наблюдаются в различных регионах, особенно в южных и центральных частях страны. Изменение климата приводит к тому, что засухи становятся более частыми и интенсивными, что в свою очередь влияет на урожайность сельскохозяйственных культур, доступность воды и здоровье экосистем. Например, в условиях засухи почва теряет свою влажность, что приводит к ухудшению условий для роста растений и может вызвать снижение урожайности. Это, в свою очередь, может иметь серьезные экономические последствия, такие как увеличение цен на продовольствие и снижение доходов фермеров.

Засухи в России могут быть как краткосрочными, так и длительными. Краткосрочные засухи обычно связаны с временными изменениями в атмосферной циркуляции, которые могут привести к резкому снижению осадков в определенные периоды. Длительные засухи, в свою очередь, могут быть следствием комплексных климатических изменений, таких как глобальное потепление, которые влияют на распределение температуры и осадков в долгосрочной перспективе. Такие изменения могут приводить к тому, что засушливые условия становятся более частыми и интенсивными, что создает серьезные угрозы для экосистем, сельского хозяйства и водоснабжения.

Одним из важных аспектов, связанных с засушливыми явлениями в России, является необходимость разработки эффективных стратегий управления водными ресурсами. В условиях изменяющегося климата и увеличения частоты засух важно учитывать не только текущие потребности, но и долгосрочные прогнозы, которые помогут минимизировать негативные последствия.

Климат Саратовской области характеризуется выраженной континентальностью, засушливостью и значительной изменчивостью от года к году. Эти особенности обусловлены её положением в зоне умеренного континентального климата, воздействием солнечной радиации, свойствами поверхности и связанными с ними атмосферными процессами. Засушливые

периоды повторяются в среднем каждые два года. В левобережье континентальность климата, сухость и дефицит осадков проявляются особенно остро. Для Саратовского Поволжья типичны суровые морозы. Средняя температура января колеблется от -11°C на юго-западе Правобережья до -14°C на северо-востоке Заволжья. Температура нередко опускается до -30 – -35°C , а в отдельные зимние месяцы и ниже -40°C . При этом возможны и оттепели, что приводит к большим колебаниям температуры.

Зимы обычно снежные, с устойчивым снежным покровом, превышающим 50 см. Часто бывают метели, сопровождающиеся сильными ветрами. Лето длится в среднем 4,5 месяца. Среднемесячная температура воздуха в июле составляет 20°C на севере Правобережья и возрастает до 24°C на юго-востоке Заволжья. Преобладает сухая и малооблачная погода. С конца июня и до середины августа наблюдается продолжительная жара, когда температура поднимается выше $+30^{\circ}\text{C}$. В левобережье нередки сильные суховеи. Осадки летом выпадают неравномерно как по времени, так и по территории. Годовое количество осадков варьируется от 500–580 мм в луговых степях на северо-западе Правобережья до 375–425 мм в полупустыне Заволжья.

Относительная влажность воздуха зимой повсеместно превышает 80 процентов, а летом составляет 60–65% на северо-западе области и около 50% – на юго-востоке. Снежный покров устанавливается в начале декабря, а тает в конце марта. Средняя высота снежного покрова в лесостепных районах – 28–29 см, в степях – 27 см и 24 см в полупустыне

Для описания температурно-влажностных условий весенне-летнего периода на территории Саратовского региона использовался ежедневный метеорологический материал со станций: Саратов, Балашов, Хвалынский, Ершов, Александров Гай за период 2012–2022 гг.

Рассчитаны даты перехода температуры воздуха через предел 10°C за последнее десятилетие по станциям. В условиях регионального потепления климата наблюдается увеличение продолжительности летнего сезона за счет

раннего перехода среднесуточной температуры воздуха через 10°C весной и более позднего её перехода осенью. На западе региона (Балашов,) продолжительность летнего сезона составила 162 дня, в центральной части (Саратов,) и на севере (Хвалынский) – 174 дня, в центральной части левобережья – 188 дней (Ершов), на юге – 196 дней.

В среднем за последнее десятилетие в летние месяцы температура воздуха повысилась на 0,5–1,0 °C, а сумма осадков сократилась на 10–40 мм. Суммы активных температур менялись в широких пределах с амплитудой колебаний около 850°C для Александрова Гая и Ершова. Наибольшая теплообеспеченность отмечается в Александровом Гае, Хвалынске и Саратове – сумма активных температур превышает 3100°C. Наименьшая температура июля наблюдается в Балашове – 21,8°C, самое высокое значение в Александровом Гае – 24,9 °C.

Влагообеспеченность территории уменьшается с северо-запада к южной части области. Наибольшее количество осадков за апрель – сентябрь наблюдается в Балашове, составляет порядка 300 мм, наименьшее – в Ершове и Александровом Гае – в пределах 135-195 мм.

Атмосферная засуха представляет собой сложное и многогранное климатическое явление, связанное с продолжительным дефицитом атмосферных осадков, который приводит к нарушению водного баланса в природной среде. Это явление оказывает значительное воздействие на аграрный сектор, водохозяйственные ресурсы, экосистемы и экономику в целом. Для диагностики и количественной оценки атмосферных засух разработано множество методов, каждый из которых ориентирован на определённые климатические, агрометеорологические или гидрологические параметры.

В данной дипломной работе внимание сосредоточено на трех широко используемых и методически проработанных подходах: *гидротермическом коэффициенте Г.Т. Селянинова (ГТК), коэффициенте увлажнения Д.И. Пашко (КУ) и стандартизированном индексе осадков (SPI).*

Гидротермический коэффициент (ГТК), разработанный Григорием Тимофеевичем Селяниновым, является одним из наиболее простых и распространенных методов оценки засушливости территории. Он основан на соотношении количества атмосферных осадков и суммы температур воздуха за период активной вегетации растений. ГТК отражает баланс между приходом влаги в виде осадков и расходом влаги на испарение, которое зависит от температуры воздуха.

$$\text{ГТК} = \frac{R}{0.1 \times \sum t^{\circ}} \quad (1)$$

где R – сумма осадков за период с температурами выше 10 °С (мм);

$\sum t^{\circ}$ – сумма активных температур в градусах за период с температурами выше 10 °С.

Коэффициент увлажнения (КУ), разработанный советским климатологом Дмитрием Ивановичем Шашко, представляет собой показатель, позволяющий количественно оценить уровень атмосферного увлажнения территории. В отличие от гидротермического коэффициента Селянинова, КУ учитывает не только количество выпавших осадков, но и испаряемость — способность атмосферы забирать влагу, отражающую дефицит влаги в воздушной среде.

$$\text{КУ} = \frac{P}{d} \quad (2)$$

где P – сумма осадков за год (мм);

d – сумма дефицита влажности воздуха за год.

Стандартизированный индекс осадков (SPI) представляет собой универсальный и статистически обоснованный метод количественной оценки засушливости, основанный исключительно на данных об атмосферных осадках.

$$\text{SPI} = (P - P_{\text{avg}}) / \sigma \quad (3)$$

где P – общее количество осадков за выбранный период времени (мм);

P_{avg} – среднее количество осадков за тот же период за многолетний период (мм);

σ – стандартное отклонение количества осадков за тот же период за многолетний период (мм).

Анализ рассчитанных показателей ГТК показал, что в пределах правобережья Саратовской области наблюдаются выраженные территориальные различия в повторяемости засух разной интенсивности. В западных и центральных районах (Балашов, Саратов, Хвалынский) преобладает отсутствие засух или их слабые проявления. Так, в Балашове в 70% случаев засуха отсутствует, а слабые засухи наблюдаются в 40% случаев. В Саратове также преобладает отсутствие засух (40%) и слабая засуха (40%), а засух средней и сильной интенсивности фиксируется редко. На севере и северо-востоке (Хвалынский) увеличивается доля засух средней интенсивности – до 40%, при этом в 50% случаев засуха отсутствует. Это указывает на более разнообразные условия увлажнения в этой части региона.

На юго-востоке (Ершов и Александров гай) наблюдается значительное увеличение повторяемости засух высокой интенсивности. В Ершове в 30% случаев фиксируются сильные засухи, а в Александровом Гае их частота возрастает до 70%, что делает этот район наиболее подверженным засушливым явлениям. В Александровом Гае полное отсутствие засух отмечается лишь в 10% случаев, что указывает на крайне неблагоприятные агроклиматические условия.

Таким образом, прослеживается устойчивая закономерность: с запада на восток Саратовской области увеличивается повторяемость атмосферных засух, особенно средней и сильной степени интенсивности.

Анализ повторяемости засух по коэффициенту увлажнения Шашко (КУ) показывает чёткую зональность засушливых условий на территории правобережья Саратовской области. В западной части (Балашов) климат наименее засушлив: в 40% случаев засуха отсутствует, в 50% — наблюдаются засухи средней интенсивности. Сильные и очень сильные засухи не зафиксированы.

В центре региона (Саратов) преобладают засухи средней интенсивности (60%), отмечаются и слабые (30%), и сильные засухи (10%). Лишь в 10% случаев засуха отсутствует, что указывает на повышенную климатическую напряжённость. На севере (Хвалынский) засухи средней интенсивности фиксируются в 90% случаев, в 10% — сильные, отсутствие засух — крайне редко, что говорит о стабильном водном дефиците.

В Ершове климат более переменчив: преобладают слабые засухи (50%), средние и сильные встречаются реже, в 30% случаев засуха отсутствует.

Наиболее неблагоприятная ситуация отмечается в Александровом Гае: здесь в 91% наблюдений — сильные засухи, в 9% — очень сильная. Отсутствие засухи не зафиксировано ни разу. Таким образом, индекс КУ подтверждает тренд, выявленный ранее с помощью ГТК: с запада на восток Саратовской области возрастает интенсивность и частота засух. Особенно критическая ситуация складывается в Александровом Гае, где чрезвычайно высокая повторяемость сильных засух.

В рамках данного исследования проведён анализ стандартизированного индекса осадков (SPI) и его сравнительная оценка с такими показателями, как коэффициент увлажнения (КУ) и данные ГТК. Основным наблюдением является то, что показания SPI существенно завышают оценки увлажнённости по сравнению с ГТК и КУ, что можно объяснить экспериментальной природой данного индекса или использованием методик, повышающих чувствительность к осадкам. Несмотря на это, графический анализ показывает полное совпадение динамических изменений — характерных подъёмов и спадов — между SPI и ГТК.

Проведен ряд исследований повторяемости атмосферных засух за более длительный период с 1991 по 2022 гг. — в Саратове. В среднем многолетнем разрезе гидротермический коэффициент весенне-летнего периода равен 0,75 и характеризует слабо-засушливые условия. Годовое увлажнение территории составило 0,24 и относит центральный правобережный район к засушливой зоне.

По географическому положению и климатическим условиям Саратовская область является одним из основных производителей в России высококачественного зерна, в частности – сортов сильных и твердых пшениц. В связи с тем, что регион расположен в зоне рискованного земледелия и недостаточного увлажнения, сельскохозяйственное производство испытывает большие трудности в получении высоких и устойчивых урожаев. Засуха в Саратовской области оказывает негативное влияние на урожай проса и яровой пшеницы. Обе эти зерновые культуры являются требовательными к воде растениями, и если на ранних стадиях их развития недостаточно влаги, то урожай может сильно снизиться.

За рассматриваемый период сев яровой не был проведен в Александро-Гайском районе. Наибольшие значения урожайности культуры отмечались в Балашовском районе, с максимальной продуктивностью в 2017 году 22,9 ц/га (ГТК за май, июнь, июль: 1,58; 0,78; 1,18), наименьшие значения - в Ершовском районе, с минимальной продуктивностью 4,4 ц/га в 2018 году (ГТК за май, июнь, июль: 0,36; 0,06; 0,70). Среднее значение урожайности по области составило 12,1 ц/га. Синхронное снижение урожайности по всем станциям отмечалось в 2015 г и 2018 г., наибольшие значения в 2017 г.

Динамика распределения урожайности проса показала, что в Балашовском районе продуктивность в два раза выше, чем в Хвалынском и Саратовском районах, и в 4 раза выше, чем в Ершовском районе. В Александро-Гайском районе за рассматриваемый период сев проса не проводился. Среднее значение урожайности по области составило 14,8 ц/га, с максимальной продуктивностью в 2017 году 37,7 ц/га (Балашовский район), с минимальной продуктивностью 3,6 ц/га в 2014 году (Ершовский район).

Проведенные исследования показали, что в засушливые годы в рассматриваемых районах отмечается значительное снижение урожайности культур: продуктивность яровой пшеницы снижается на 28% (среднее минимальное составило 8,5 ц/га), проса – на 75% (среднее минимальное значение составило 3,7 ц/га).

В годы с благоприятными климатическими условиями максимальная урожайность превышает среднеобластное значение и у яровой пшеницы (среднее максимальное значение составило 19,2 ц/га) и у проса (среднее максимальное значение составило 22,7 ц/га) в 2 раза.

Заключение. Проанализировав представленные климатические и агрометеорологические данные, можно сделать следующие **выводы:**

1. В условиях регионального потепления климата наблюдается увеличение продолжительности летнего сезона. Переход среднесуточной температуры воздуха через 10 °С весной стала достигаться раньше, а осенью. Продолжительность теплого периода варьируется от 162 дней в Балашове до 196 дней в южных и юго-восточных районах области (Ершов, Александров гай). Температура летнего периода за последнее десятилетие повысилась на 0,5–1,0 °С, количество осадков снизилось на 10–40 мм.
2. На западе области выпадает наибольшее количество осадков за сезон — около 300 мм, тогда как на востоке этот показатель варьируется от 135 до 195 мм, что указывает на чёткую зональность по увлажнению.
3. ГТК по методу Г.Т. Селянинова показал устойчивую географическую зональность засушливости: на западе засухи либо отсутствовали, либо были слабовыраженными, в центре и на севере преобладали засухи слабой и средней интенсивности, в то время как на юго-востоке (Ершов, Александров гай) часто наблюдались засухи сильной степени. В Александровом гае засухи фиксировались практически ежегодно.
4. Коэффициент увлажнения Д.И. Шашко подтвердил закономерность по ГТК: если на западе сильные засухи не отмечались, то в восточных районах (вплоть до 70–90% сезонов) они были регулярными, что указывает на устойчивую засушливость этих территорий.

5. Анализ многолетней динамики климатических показателей в Саратове (1991–2022 гг.) продемонстрировал, что средний весенне-летний ГТК составил 0,75, а годовой КУ — 0,24, что соответствует засушливой зоне. Наблюдается незначительное, но устойчивое усиление засушливости климата региона.
6. Оценка влияния засух на урожайность зерновых показала её существенное снижение в неблагоприятные годы. Так, в 2017 году урожайность яровой пшеницы в Балашовском районе достигала 22 ц/га, тогда как в 2018 году в условиях экстремальной засухи в Ершове урожайность снизилась до 4–5 ц/га при июньском ГТК <0,1.
7. В среднем по области урожайность яровой пшеницы составила 12 ц/га, а проса — 15 ц/га. В засушливые годы урожайность снижалась на 30% и 70% соответственно, что подчёркивает высокую чувствительность культур к агроклиматическим условиям.
8. Установлена чёткая географическая дифференциация засушливых условий: восточные районы области являются наиболее уязвимыми к атмосферным засухам. Использование климатических индексов (ГТК, КУ, SPI) обеспечивает объективную оценку климатических рисков и служит основой для разработки адаптационных стратегий в сельском хозяйстве региона.

Результаты исследования были апробированы на международных конференциях: «Изменения климата: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования. Климат-2023», г. Москва, 2023 г.; «Системы контроля окружающей среды – 2024», г. Севастополь, 2024 г.; ежегодная студенческая конференция географического факультета, г. Саратов, 2025 г.