

УДК 332.33

DOI 10.26118/2782-4586.2026.68.97.023

Беденко Алексей Евгеньевич

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга»

Мелиорация как инструмент минимизации климатических рисков в растениеводстве

Аннотация. В статье исследуется роль мелиоративных технологий как механизма защиты инвестиционного капитала агропредприятий от катастрофических климатических рисков на примере засушливого периода 2025 года. На основе интеграции метеорологических данных сервиса Rp5 и результатов спутникового мониторинга проведен анализ эффективности использования круговой дождевальной машины при возделывании кукурузы на площади 61,5 га. Автор обосновывается переход от оценки мелиорации как фактора интенсификации к ее интерпретации как инструмента минимизации рисков и сохранения активов. В ходе исследования выявлено, что поддержание стабильных значений вегетационных индексов в период экстремального температурного стресса (до 37,8°C) позволило предотвратить полную потерю вложенного капитала и обеспечить сбор 41,2 тонн продукции в условиях, исключающих возможность получения урожая на богаре. Результаты работы доказывают необходимость учета величины предотвращенного ущерба при расчете окупаемости инвестиций в дождевальную технику.

Ключевые слова: экономическая устойчивость, мелиорация, управление рисками, кукуруза, спутниковый мониторинг.

Bedenko Aleksey Evgenevich

Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation and Agricultural Water Supply Systems «Raduga»

Land reclamation as a tool for minimizing climate risks in crop production

Abstract. the article examines the role of land reclamation technologies as a mechanism to protect the investment capital of agricultural enterprises from catastrophic climate risks using the example of the dry period of 2025. Based on the integration of meteorological data from the Rp5 service and satellite monitoring results, an analysis of the effectiveness of using a circular sprinkler machine for corn cultivation on an area of 61.5 hectares was carried out. The author substantiates the transition from assessing land reclamation as a factor of intensification to interpreting it as a tool for minimizing risks and preserving assets. The study revealed that maintaining stable values of vegetation indices during the period of extreme temperature stress (up to 37.8 °C) prevented a complete loss of invested capital and ensured the harvesting of 41.2 tons of products in conditions that exclude the possibility of harvesting in bogar. The results of the work prove the need to take into account the amount of damage prevented when calculating the return on investment in sprinkler equipment.

Key words: economic stability, irrigation, risk management, corn, satellite monitoring

Введение

Современный этап развития глобального агропромышленного комплекса характеризуется беспрецедентным ростом климатической волатильности, что ставит вопросы продовольственной безопасности и финансовой устойчивости сельхозпроизводителей в центр экономической дискуссии. В последние десятилетия наблюдается устойчивая тенденция к увеличению частоты и интенсивности экстремальных

погодных явлений, среди которых почвенная и атмосферная засухи представляют наибольшую угрозу для рентабельности растениеводства.

Исследователи подчеркивают, что традиционные методы адаптации агробизнеса к изменениям среды зачастую оказываются недостаточно эффективными перед лицом аномальных температурных скачков [1], что требует перехода к стратегии активного управления рисками через капиталоемкие технологические решения. Особое значение в этом контексте приобретает возделывание кукурузы, которая, являясь стратегически важной культурой для мирового рынка зерна, демонстрирует высокую чувствительность к гидротермическому режиму в критические фазы вегетации. Экономическая наука рассматривает нестабильность урожайности как фактор, дестабилизирующий рыночные цены и снижающий инвестиционную привлекательность отрасли [2].

Одним из наиболее эффективных инструментов нивелирования данных рисков признается искусственное орошение, которое в современной экономической литературе все чаще трактуется не просто как способ интенсификации производства, но как форма страхования биологических активов [3].

Применение круговых дождевальных машин позволяет трансформировать неопределенность погодных факторов в контролируемый производственный ресурс, что существенно меняет структуру формирования себестоимости и маржинальности продукции [4]. Развитие цифровых технологий и методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) открыло новые возможности для оперативного аудита состояния посевов и обоснования управленческих решений. Спутниковый мониторинг с использованием вегетационных индексов, таких как NDVI, стал индустриальным стандартом для прогнозирования урожайности и оценки состояния биомассы [5].

В то же время более специфические индикаторы, такие как индекс водного стресса NDMI, позволяют количественно оценить эффективность работы систем орошения в условиях температурного шока [6]. Сопоставление этих данных с точными метеорологическими архивами, предоставляемыми системами мониторинга типа Rp5, формирует доказательную базу для оценки надежности агротехнологических систем [7].

С экономической точки зрения внедрение подобных систем мониторинга позволяет минимизировать информационную асимметрию и повысить прозрачность производственных процессов для инвесторов и кредиторов [8].

В литературе широко обсуждается концепция Water Use Efficiency (WUE), которая связывает объемы потребленной воды с конечным финансовым результатом, подчеркивая важность каждой единицы ресурса в условиях дефицита [9]. Однако теоретические модели часто не учитывают сценарии критических аномалий, когда основной целью производства становится не максимизация прибыли, а сохранение жизнеспособности предприятия через минимизацию убытков [10].

Изучение кейсов успешного преодоления экстремальных климатических условий 2025 года вносит существенный вклад в понимание механизмов адаптации агропромышленного комплекса [11]. Интеграция технических, биологических и экономических данных в единую систему анализа является необходимым условием для формирования устойчивых моделей развития сельских территорий в условиях неопределенности [12].

Целью данного исследования является оценка экономической эффективности использования систем искусственного орошения как инструмента минимизации климатических рисков на примере возделывания кукурузы в условиях экстремальной засухи 2025 года. Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие задачи:

- провести ретроспективный анализ метеорологических условий вегетационного периода на основе данных Rp5;
- выявить динамику вегетационных индексов NDVI и NDMI в периоды пикового температурного стресса;

— сопоставить фактические показатели урожайности с биофизическими параметрами состояния посевов;

— обосновать экономическую целесообразность эксплуатации дождевальной техники как средства предотвращения полной потери вложенного капитала и обеспечения живучести агротехнического актива.

Материалы и методы исследования

Методологическую основу исследования составил комплексный анализ корреляции между метеорологическими условиями вегетационного периода и биофизическими параметрами состояния посевов кукурузы, возделываемой на площади 61,5 гектара в условиях искусственного орошения.

В качестве объекта исследования выступал производственный участок, оснащенный круговой дождевальной машиной, обеспечивающей регулируемый водный режим в критические фазы развития культуры. Информационную базу работы сформировали три независимых массива данных, интегрированных для оценки экономической эффективности мелиоративных мероприятий в условиях климатических аномалий 2025 года.

Первичный мониторинг агроклиматических условий осуществлялся на основе данных метеорологического сервиса Rp5, из которых для анализа были экстрагированы показатели среднесуточной и максимальной температуры воздуха, а также объемы естественных осадков за период с июня по октябрь. Эти данные позволили верифицировать периоды температурного стресса и идентифицировать дефицит почвенной влаги.

Для оценки физиологического состояния кукурузы и эффективности работы оросительной системы применялись методы дистанционного зондирования Земли. Основными инструментами анализа выступили вегетационный индекс NDVI, отражающий плотность биомассы и фотосинтетическую активность, и индекс NDMI, позволяющий определять уровень водного стресса в растительной ткани.

Экономический анализ базировался на методе сопоставления фактических производственных показателей с моделью упущенной выгоды в условиях экстремальных рисков. В качестве контрольного показателя фактической продуктивности использовались данные первичного учета о валовом сборе урожая, составившем 41 220 килограмм.

Научная новизна примененного подхода заключается в интерпретации агрономических данных через призму управления активами, где сохранение жизнеспособности посевов (стабильность NDVI и NDMI на фоне температурных пиков) рассматривается как показатель снижения волатильности операционного дохода. Статистическая обработка собранной информации включала анализ временных рядов и сравнительный анализ фактических и нормативных показателей урожайности, что позволило обосновать роль капитальных вложений в мелиорацию как инструмента долгосрочного хеджирования природных рисков предприятия.

Результаты и обсуждение

Анализ динамики вегетационных индексов в сочетании с метеорологическими данными за период с июня по октябрь 2025 года позволяет сделать фундаментальные выводы о роли мелиоративных технологий в обеспечении финансовой устойчивости агропредприятия. Рассматривая результаты производственного цикла, необходимо подчеркнуть, что метеоусловия июля и августа представляли собой классический сценарий катастрофической засухи, способной полностью уничтожить посевы такой влаголюбивой культуры, как кукуруза. Согласно данным мониторинга Rp5, в течение двадцати пяти дней июля практически отсутствовали значимые осадки, в то время как максимальные температуры стабильно превышали отметку в 29°C, достигая экстремального пика в 37,8°C в середине месяца (таблица 1).

Таблица 1 – Фрагмент сравнительной таблицы погодных условий и вегетационных индексов

Дни	макс. температура, °С	Осадки, мм	NDMI	NDVI
08.июл	33	0		
09.июл	33,3	0		
10.июл	35,4	0	0,20	0,69
11.июл	34,3	0		
12.июл	36,6	0		
13.июл	37,8	0		
14.июл	37,2	0		
15.июл	31,7	0		
16.июл	34,7	0		
17.июл	31,9	3		
18.июл	36,5	0	0,17	0,60
19.июл	33,1	0		
20.июл	29,3	1		
21.июл	31,5	0		
22.июл	34,6	0		
23.июл	35,1	0		
24.июл	31,9	0		
25.июл	32,9	0		
26.июл	31,9	0		

В нормальных условиях такая тепловая нагрузка на фазе цветения и налива зерна приводит к необратимой коагуляции белков, стерилизации пыльцы и фактической гибели растительного организма. Однако зафиксированные показатели спутникового мониторинга демонстрируют иную картину, которая требует детального рассмотрения через призму сопоставления климатических шоков и ответной реакции биомассы.

Данные таблицы 2 наглядно иллюстрируют, что индекс влажности растительности NDMI на протяжении всего критического периода удерживался в положительном диапазоне от 0,17 до 0,28. Это служит неоспоримым доказательством эффективности работы круговой дождевальнoй машины, которая обеспечивала искусственную компенсацию дефицита влаги. Технологическая поддержка позволила сохранить индекс NDVI на уровне 0,60–0,67 даже в те дни, когда естественный водный баланс почвы был полностью исчерпан, а испарение достигало максимума.

Таблица 2 – Средние значения индексов по полю

Дата	Средний NDMI	Средний NDVI
3 июня	-0,24	0,21
10 июня	-0,18	0,28
17 июня	-0,01	0,44
28 июня	0,18	0,61
3 июля	0,28	0,79
10 июля	0,20	0,69
18 июля	0,17	0,60
30 июля	0,20	0,60
6 августа	0,19	0,61
12 августа	0,24	0,67
22 августа	0,21	0,63
1 сентября	0,18	0,61
15 сентября	0,14	0,53

28 сентября	0,06	0,48
3 октября	0,06	0,37

Переходя к обсуждению экономических последствий данных наблюдений, следует рассматривать итоговый сбор урожая в объеме 41 220 килограмм с площади 61,5 гектара не просто как количественный показатель продуктивности, а как результат успешного управления критическими рисками. Полученная средняя урожайность в 0,67 тонны с гектара в контексте столь жесткой климатической аномалии является прямой материальной интерпретацией технологической страховки. В отсутствие искусственного орошения предприятие неизбежно столкнулось бы с полной потерей вложенного капитала, включая невозвратные затраты на посевной материал, агрохимическую защиту и ГСМ, израсходованные на этапе сева.

Таким образом, вся выручка от реализации полученной партии кукурузы фактически представляет собой объем спасенного капитала, который в противном случае трансформировался бы в чистый убыток.

Для экономического анализа принципиально важно, что система орошения в данном случае сработала не как фактор интенсификации производства, направленный на достижение рекордных рентабельных показателей, а как защитный механизм, обеспечивающий выживаемость актива и сохранение операционной деятельности. Это позволяет коренным образом пересмотреть подход к оценке окупаемости и эффективности капитальных вложений в дождевальную технику.

Экономическую целесообразность мелиорации следует рассчитывать не только по дельте прироста урожая в благоприятные годы, но и по объему предотвращенного ущерба в периоды экстремальных погодных шоков, когда наличие техники становится единственным условием получения товарной продукции. Инвестиции в подобные системы трансформируют сельское хозяйство из высокорисковой деятельности, зависимой от случайных природных факторов, в прогнозируемый производственный процесс с управляемыми параметрами, обеспечивая долгосрочную устойчивость EBITDA даже в условиях глобальных климатических изменений.

Заключение

Проведенное исследование подтверждает, что в условиях нарастающей климатической нестабильности роль мелиоративных систем смещается из плоскости инструментов интенсификации в плоскость инструментов обеспечения базовой финансовой безопасности агробизнеса. Анализ вегетационного периода 2025 года продемонстрировал, что критическое сочетание аномально высоких температур, достигавших 37,8°C, и практически полного отсутствия осадков в июле и августе создало условия, при которых ведение неорошаемого земледелия становилось экономически нецелесообразным из-за неминуемой гибели посевов.

Использование круговой дождевальной машины позволило разорвать прямую зависимость между погодным шоком и состоянием биомассы, что нашло отражение в стабильности индексов NDMI и NDVI. Тот факт, что индекс влажности удерживался в значениях близких к 0,20; а фотосинтетическая активность сохранялась на уровне 0,60–0,67 в самый жаркий период года, свидетельствует о высокой технологической надежности выбранного решения.

С экономической точки зрения полученный валовой сбор в размере 41 220 килограмм с площади 61,5 гектара следует интерпретировать как успешную реализацию стратегии минимизации рисков. Несмотря на то, что физическая урожайность составила 0,67 тонны с гектара, в условиях катастрофической засухи этот результат обеспечил сохранение биологического актива и предотвратил полную потерю вложенного капитала.

Это доказывает, что эффективность капитальных вложений в мелиорацию (CAPEX) должна оцениваться не только по норме прибыли в благоприятные циклы, но и по величине предотвращенного ущерба.

Резюмируя вышесказанное, можно утверждать, что интеграция данных метеорологического мониторинга Rr5 и спутниковой аналитики вегетационных индексов является необходимым инструментом для современного агроменеджмента. Такая синергия позволяет обоснованно управлять водными ресурсами и доказывать целесообразность инвестиций в дождевальную технику перед инвесторами и финансовыми институтами.

В условиях прогнозируемого усиления аридности климата, внедрение широкозахватных дождевальных машин становится не просто технологическим выбором, а стратегической необходимостью для поддержания долгосрочной устойчивости ЕВТДА и обеспечения выживаемости сельскохозяйственных предприятий в экстремальных экологических сценариях будущего.

Список источников

1. Кеннет В. С., Троцук И. В. Устойчиво ли промышленное сельское хозяйство в условиях климатических изменений и экологических угроз? //Экономическая социология. – 2020. – Т. 21. – №. 5. – С. 12-38.
2. Болатова Ж. Б., Енгиндениз С. Экономика изменения климата в сельском хозяйстве Казахстана //Экономика и экология территориальных образований. – 2021. – №. 2. – С. 25-35.
3. Васильев С. М. и др. Стратегия успешного развития мелиорации-прецизионное орошение //Мелиорация и гидротехника. – 2020. – №. 3 (39). – С. 1-22.
4. Турапин С. С., Костоварова И. А. Современные задачи и перспективные пути повышения эффективности и надежности широкозахватных дождевальных машин //Экология и строительство. – 2018. – №. 3. – С. 17-26.
5. Жанзаков Б. Ж. и др. Использование дистанционного зондирования и вегетационных индексов в сельскохозяйственной практике и науке: обзор //Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – №. 3. – С. 60-66.
6. Зверьков М. С. и др. Анализ индекса NDMI при дешифрировании спутниковых снимков орошаемых земель //Мелиорация и водное хозяйство. – 2025. – №. 3. – С. 33-36.
7. Рущицкая О. А., Куликова Е. С., Кружкова Т. И. Анализ применения метеорологических данных в сельском хозяйстве: российская и европейская практика //КАНТ. – 2025. – №. 4 (57). – С. 116-120.
8. Романов А. О., Григоров А. И. Специфика современных инвестиционных процессов в АПК России //ЭФО: Экономика. Финансы. Общество. – 2025. – №. 3 (15). – С. 32-48.
9. Слабунова А. В. О проблемах экономического механизма платного водопользования в области мелиорации в России и странах бывшего СССР //Мелиорация и гидротехника. – 2019. – №. 2 (34). – С. 230-245.
10. Кундиус В. А., Сергиенко О. В. Стратегии антикризисного управления, особенности их формирования в сельском хозяйстве //Наука о человеке: гуманитарные исследования. – 2021. – Т. 15. – №. 2. – С. 204-212.
11. Ползиков Д. А. Основные направления политики адаптации сельского хозяйства России к климатическим изменениям //Проблемы прогнозирования. – 2023. – №. 6. – С. 119-137.
12. Скачкова С. А., Шишкин В. О. Анализ динамики и перспективы развития мелиоративных систем в интересах устойчивого развития сельского хозяйства //Материалы V Международного экономического симпозиума – 2021. – С. 543.

Сведения об авторах

Беденко Алексей Евгеньевич, младший научный сотрудник, ФГБНУ ВНИИ «Радуга», посёлок Радужный, Коломенский городской округ, Московская область, Россия

Information about the authors

Bedenko Alexey Evgenievich, Junior Researcher, Raduga Research Research Institute, Raduzhny Settlement, Kolomna City District, Moscow Region, Russia