

**Экономическая эффективность внедрения технологий точного земледелия на основе БПЛА и ИИ при возделывании кукурузы в Республике Башкортостан**

**Гусманов Расул Узбекович**

Доктор экономических наук, профессор,  
Башкирский государственный аграрный университет,  
450001, Российская Федерация, Уфа, ул. 50-летия Октября, 34;  
e-mail: 757121@mail.ru

**Субхангулов Рустем Раисович**

Кандидат экономических наук, доцент,  
Уфимский юридический институт  
Министерства внутренних дел Российской Федерации,  
450000, Российская Федерация, Уфа, ул. Мустая Карима, 6;  
e-mail: 55671@rambler.ru

**Аннотация**

В работе рассматривается перерасход воды, минеральных удобрений и средств защиты растений при возделывании кукурузы в Республике Башкортостан как фактор роста себестоимости и снижения маржинальной прибыли из-за внутриполевой неоднородности почв и нестабильных погодных условий. Цель исследования — обосновать экономическую целесообразность внедрения точного земледелия на базе БПЛА (RGB/мультиспектральный мониторинг) и аналитики данных/ИИ для перехода от усреднённых норм к адресному управлению технологией (карты-задания, дифференцированное внесение удобрений, точечные обработки СЗР, мониторинг и управление влагой). Методология включает экономико-статистический анализ, расчётно-аналитический подход, частичный бюджет, оценку окупаемости и анализ чувствительности к ключевым параметрам (цены ресурсов, урожайность, масштаб внедрения, стоимость сервиса/ПО, частота мониторинга). Показано, что экономический эффект формируется через сокращение неэффективных затрат на ресурсах, снижение потерь урожая за счёт своевременных решений и повышение управляемости полевых операций при модульной архитектуре инвестиций (CAPEX/OPEX) и возможности сервисной модели для хозяйств разного масштаба. Сформирована практическая дорожная карта внедрения на 12–18 месяцев и предложены меры организационной и институциональной поддержки, привязанные к расчётной логике эффекта и рискам (кадры, качество данных, совместимость решений, регуляторные ограничения полётов).

**Для цитирования в научных исследованиях**

Гусманов Р.У., Субхангулов Р.Р. Экономическая эффективность внедрения технологий точного земледелия на основе БПЛА и ИИ при возделывании кукурузы в Республике Башкортостан // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2025. Том 15. № 11А. С. 92-107. DOI: 10.34670/AR.2026.13.39.009

### Ключевые слова

Кукуруза, точное земледелие, БПЛА, искусственный интеллект, дифференцированное внесение, экономическая эффективность, Республика Башкортостан, сельскохозяйственные технологии.

## Введение

Перерасход ресурсов при выращивании кукурузы в Республике Башкортостан является серьезной экономической проблемой. Высокие цены на горючее, минеральные удобрения и средства защиты растений (СЗР) поглощают значительную часть прибыли аграриев – до 70%, при этом каждое неправильное решение способно привести хозяйство к убыткам [Direct.Farm, 2025]. Кукуруза – культура с высоким потенциалом урожайности, но и с большими потребностями в воде и питательных веществах. Традиционная практика равномерного внесения удобрений и орошения без учета неоднородности поля приводит к тому, что часть ресурсов расходуется впустую, а часть растений недополучает необходимые элементы. В результате себестоимость увеличивается, а прибыль сокращается. Особенно остро это проявляется на контрастных черноземах: даже в пределах одного поля почвы различаются по плодородию, кислотности и влагоемкости. Если не учитывать эти различия, удобрения на богатых участках «сгорают» без отдачи, а на бедных – не обеспечивают должной прибавки урожая. Кроме того, отсутствие точечного контроля приводит к необоснованно высоким расходам воды на полив (или, напротив, недополиву частей поля) и перерасходу дорогостоящих пестицидов. Таким образом, складывается ситуация, когда традиционные методы ведения растениеводства не позволяют полноценно реализовать потенциал кукурузы: аграрии несут лишние затраты, а урожайность не растет пропорционально вложениям.

Проблему усугубляют внешние факторы. Климатические колебания повышают риск недобора урожая, особенно при отсутствии орошения. Хозяйства исторически имели высокую рентабельность за счет благоприятных условий, поэтому многие не спешили с технологической модернизацией. Однако смена климатических трендов и снижение маржи побуждают аграриев пересматривать подходы [Поле.рф, 2025, www]. Дополнительно отрасль испытывает кадровые сложности: средний возраст механизаторов превышает 50 лет, молодые специалисты неохотно идут в село. Одновременно растет стоимость трудовых и административных операций. Все это делает необходимым поиск решений, позволяющих снизить издержки, оптимизировать использование ресурсов и обезопасить доходы хозяйств.

## Основная часть

Одним из ключевых направлений повышения эффективности является внедрение технологий точного земледелия. Уже сегодня даже малые фермерские хозяйства начинают воспринимать дроны и цифровые инструменты не как модную игрушку, а как насущный инструмент минимизации рисков и повышения рентабельности. Согласно данным, в 2024 году российский сегмент рынка агродронов для крестьянских (фермерских) хозяйств вырос на 45,6%, достигнув объема 20,6 млрд руб., а применение этих технологий позволило сохранить до 4% урожая, предотвращая потери [Direct.Farm, 2025]. Это свидетельствует о назревшей объективной необходимости трансформации практик возделывания кукурузы на юге России.

Современные подходы точного земледелия (мониторинг посевов с воздуха с помощью беспилотных летательных аппаратов, аналитика больших данных и искусственный интеллект, дифференцированное внесение агрохимикатов, автоматизированное управление поливом) обещают решение обозначенных проблем. Ниже приводится фрагмент, отражающий суть экономической эффективности подобных технологий на основе данных научных исследований:

Экономическая эффективность – это соотношение затрат на производство продукции и результатов, полученных от ее реализации. В контексте точного земледелия она может быть выражена в виде снижения себестоимости продукции, увеличения прибыли, повышения рентабельности производства и т. д.

Современные технологии точного земледелия становятся основой повышения эффективности сельскохозяйственного производства. На основе анализа можно выделить такие направления, как использование геоинформационных систем, беспилотных летательных аппаратов, систем параллельного вождения и дифференцированного внесения удобрений. Исследования показывают, что применение сельскохозяйственной геоинформационной базы данных позволяет оперативно управлять земельными ресурсами и обеспечивать аграриев информацией о состоянии почв, приводя к оптимизации внесения удобрений и снижению затрат [Махотлова, 2025, с.145].

Отмечается, что трансформация сельскохозяйственных угодий с использованием технологий точного земледелия способствует увеличению рентабельности и снижению затрат на производство. Внедрение таких дифференцированных подходов, как автоматическое управление нормами полива и удобрений, позволяет оптимизировать использование ресурсов, минимизировать деградацию почв и повышать урожайность.

Экономическая эффективность технологий подтверждается данными, которые показывают, что внедрение систем спутниковой навигации увеличивает производительность труда в 4–5 раз и снижает затраты на 20–30%. Кроме того, использование БПЛА обеспечивает точность картографирования сельскохозяйственных угодий и выявление проблемных зон, увеличивая урожайность до 8%. [Байчорова, Селина, Лытнев, 2024].

Как видно из приведенных данных, точное земледелие обеспечивает многократный рост эффективности производственных процессов. Внедрение навигационных систем и автоматизированного управления агрегатами уменьшает перекрытия при обработке и исключает «двойную» обработку одних и тех же участков поля, благодаря чему экономия топлива и СЗР достигает 10–20%, а производительность труда механизаторов возрастает в несколько раз [ФосАгроЛекторий, 2025]. Использование БПЛА для мониторинга и агрохимических обработок позволяет получать высокоточные карты полей и выявлять проблемные зоны, где требуются дополнительные мероприятия – как отмечалось выше, это дает прибавку урожайности до 8%. Эти результаты, впервые полученные в исследованиях 2024 года, подтверждаются и более свежими данными. Так, в 2025 году российскими учеными разработана и испытана нейросетевая система точного земледелия (совместный проект КубГАУ и компаний «Прогресс агро» и «Проф агро»). За два года испытаний на 17 полях получен прирост урожайности до 6,3%, средняя экономия удобрений составила 24 кг/га, а суммарная экономия затрат на опытных участках достигла 1,86 млн руб [ТАСС, 2025]. Другими словами, технология ИИ-аналитики позволила сократить расход дорогостоящего азотного питания, одновременно улучшив отдачу культур за счет адресного внесения и более точного прогноза урожайности. Еще один пример – дифференцированное внесение удобрений на основе искусственного интеллекта и спутниковых данных, проведенное в крупном агрохолдинге Краснодарского края.

Согласно расчетам, переход от единой дозы к «умным» схемам подкормки озимой пшеницы снизил производственные затраты хозяйства примерно на 400 тыс. руб. по сравнению с традиционной технологией, в том числе сократил затраты на удобрения на 2 567 руб./га, при этом выручка возросла на 6 401 руб./га, а условная прибыль – на 9 546 руб./га [Труфляк, Рагозин, 2025, 490]. Рентабельность производства повысилась на 5,3 п. п. относительно контроля. Усредненная урожайность на «умном» поле превысила показатель на обычном на 3–6%, оставаясь в пределах высококачественного зерна 3-го класса. Эти полевые эксперименты наглядно демонстрируют, что оптимизация норм удобрений по зонам продуктивности прямо приводит к росту прибыли на гектар за счет экономии ресурсов и прибавки урожая. Не менее впечатляющая картина наблюдается при внедрении автоматизированного управления техникой и точечных обработок. По данным исследования, проведенного на трех пилотных хозяйствах, точное вождение техники (GNSS-навигация с RTK и секционным контролем, интегрированные в FMS-систему) позволило сократить перекрытия при обработке и тем самым снизить расход СЗР и горючего, в сумме уменьшив себестоимость выращиваемой продукции на 4–5%, при этом период окупаемости инвестиций в эту технологию составил всего около 1–2 лет. Дифференцированное внесение (VRT) в том же исследовании обеспечило сокращение выноса азота на ~10–14% без потери урожайности, а управляемое орошение (VRI) снизило потребление воды и электроэнергии при поливе и выровняло урожай по полю. Совокупный экономический эффект от цифровизации агротехнологий проявляется и на уровне хозяйств, и в масштабах региона. Например, по словам руководства экосистемы «Поле.рф», внедрение цифровых решений (включая элементы точного земледелия) уже сейчас сокращает производственные издержки сельхозпредприятий на 15–20% при сохранении или росте урожайности [Поле.рф, 2025]. А ряд агрозаяйств юга России, активно внедривших системы точного земледелия, добились снижения своих затрат на 30–40%, что означает принципиально иную норму прибыли. Эксперты отмечают, что применение технологий искусственного интеллекта в агросекторе позволяет дополнительно увеличить сборы продукции растениеводства до 10–15% и одновременно оптимизировать использование ресурсов – воды, удобрений, рабочей силы – тем самым заметно сокращая себестоимость и повышая качество продукции. Интегральный показатель – срок окупаемости – также свидетельствует в пользу рассматриваемых инноваций. Расчетные модели показывают, что базовый период окупаемости инвестиций в технологии точного земледелия составляет порядка 2,5–3 лет, причем в неблагоприятные по погоде сезоны он может сокращаться до ~1,5–2 лет за счет предотвращения потерь урожая и сохранения его качества. В отдельных случаях окупаемость бывает и практически мгновенной: так, фермерское хозяйство в Краснодарском крае, заменившее приобретение самоходного опрыскивателя (стоимость ~25 млн руб.) на закупку парка агродронов (~2 млн руб. за единицу), окупило вложения меньше чем за один сезон за счет резкого сокращения капитальных и эксплуатационных затрат [Direct.Farm, 2025]. Всё это подтверждает, что точное земледелие обладает высокой экономической результативностью и способно существенно повысить рентабельность возделывания кукурузы в регионе.

Цель данного исследования – оценить экономическую эффективность внедрения технологий точного земледелия (мониторинг посевов с помощью БПЛА и аналитики данных с элементами ИИ) при возделывании кукурузы в Республике Башкортостан, с акцентом на снижение затрат воды, минеральных удобрений и средств защиты растений. Объектом исследования выступает процесс производства кукурузы на предприятиях региона (от крупных агрохолдингов до фермерских хозяйств), а предметом – влияние интеграции в этот процесс

современных цифровых инструментов (дроны, датчики, программное обеспечение для дифференцированного внесения и т. п.) на структуру затрат и финансовые результаты хозяйств. В соответствии с поставленной целью в работе решаются следующие задачи: анализ текущих проблем ресурсных затрат при выращивании кукурузы; разработка расчетной модели частичного бюджета для оценки изменений издержек и прибыли после внедрения элементов точного земледелия; оценка периода окупаемости инвестиций; анализ чувствительности экономического эффекта к изменениям ключевых параметров (цен на ресурсы, урожайности, масштабов внедрения, стоимости сервисов и частоты применения технологий); разработка практических рекомендаций для сельхозпроизводителей Республики Башкортостан и предложений по стимулированию распространения точного земледелия на отраслевом уровне.

Методологической основой исследования послужили экономико-статистический анализ и расчетно-аналитический подход. Инструментом оценки выступает метод частичного бюджета, позволяющий сравнить «до» и «после» внедрения технологии, учесть прирост выгод и сокращение издержек, связанных с нововведением. В работе использованы данные пилотных испытаний и публикаций 2024–2025 годов по тематике точного земледелия, а также нормативно-справочная информация (расценки на ресурсы и оборудование, параметры государственной поддержки). Экономический эффект от внедрения оценивался по составляющим: капитальные затраты (CAPEX) на приобретение (или аренду) техники и ПО, операционные затраты (OPEX) на эксплуатацию технологий, экономия ресурсов (в рублях на 1 га) и изменение урожайности и качества продукции. Рассчитывалась также маржинальная прибыль на гектар и изменения показателей рентабельности. Период окупаемости вычислялся как отношение первоначальных вложений к ежегодной экономии или приросту прибыли, с учетом возможного лизинга, сервисных подписок и аутсорсинга (например, модели «дрон-как-услуга») для хозяйств разного масштаба. Для учета неопределенности проведен анализ чувствительности: проверено, как варьируется окупаемость и прибыльность при изменении цен на удобрения, СЗР, воду и электричество, колебаниях урожайности, различных объемах площадей под технологией, а также при изменении стоимости самих сервисов (например, при увеличении числа вылетов дронов или удорожании программного обеспечения). Такой подход позволил выявить критические условия, при которых технология остается (или перестает быть) экономически целесообразной.

Внедрение точного земледелия в производственный цикл кукурузы подразумевает первоначальные инвестиции и последующие изменения текущих затрат. К капитальным затратам относятся покупка или лизинг беспилотных аппаратов, сенсорного оборудования (например, метеостанций, датчиков почвенной влажности), а также закупка или разработка программного обеспечения (системы управления данными, аналитические платформы). В крупных агрохолдингах существенную часть CAPEX может составлять обновление парка сельхозтехники для поддержки технологий (тракторы и опрыскиватели с автопилотами, дифференциальные GPS-приемники, оборудование для переменного внесения и т. д.). Вместе с тем, для хозяйств любого масштаба характерно, что затраты на точное земледелие носят модульный характер и могут наращиваться постепенно. Например, небольшое фермерское предприятие может начать с приобретения 1–2 агродронов стоимостью порядка 2–4 млн руб. каждый, что уже даст ему ключевые функции (аэрофотосъемка полей, оперативное распыление СЗР) без необходимости покупать дорогостоящий самоходный опрыскиватель за 20–30 млн руб. Аналогично, вместо полной собственной метеосети можно на первом этапе пользоваться данными общедоступных погодных сервисов в сочетании с точечной установкой нескольких

датчиков в проблемных зонах. Крупное же предприятие, имеющее десятки тысяч гектаров, наоборот, может начать цифровизацию с переоборудования основных единиц техники системами параллельного вождения и автоматического отключения секций – эти вложения сразу покрывают большую площадь и дают эффект экономии ГСМ и СЗР. Если сравнивать экономическую нагрузку разных вариантов, можно отметить, что затраты на 1 га обработанной площади при использовании дронов ниже, чем при работе традиционного самоходного опрыскивателя. Так, при инвестиции около 4 млн руб. в парк из двух агродронов суммарной производительностью до ~150 га/сутки (за 60 рабочих дней они обработают порядка 9 тыс. га) приходящиеся капитальные затраты составляют ~89 руб./га. Для сравнения, самоходный опрыскиватель стоимостью ~40 млн руб. с выработкой ~350 га/сутки (за сезон до 21 тыс. га) «стоит» около 381 руб./га с точки зрения амортизации. Даже если учесть, что для охвата той же площади дронам понадобится вдвое больше смен (или больше аппаратов), совокупные инвестиции в БПЛА-технологии остаются более доступными по сравнению с парком тяжелой техники. Кроме того, дроны можно привлекать по мере надобности и масштабировать парк постепенно, тогда как опрыскиватель требует крупных единовременных вложений. Снижение входного барьера благодаря более низкому CAPEX – одно из объяснений, почему точное земледелие стало реальностью даже для средних и малых хозяйств.

Текущие эксплуатационные затраты (ОРЕХ) при точном земледелии также претерпевают изменения, причем в сторону уменьшения по ряду статей. Прежде всего это касается расходных материалов – удобрений, СЗР и воды. Дифференцированный подход к их внесению позволяет значительно сократить именно избыточную часть расходов, которая при традиционной сплошной обработке обусловлена перестраховкой и средними нормами. Рассмотрим минеральные удобрения. При возделывании кукурузы в Республике Башкортостан удобрения (особенно азотные) занимают значительную долю в структуре себестоимости зерна, и правильная их дозировка по участкам напрямую влияет на экономику. В типичном случае агроном ориентируется на усредненный фон: вносит, например, одинаковую дозу аммиачной селитры по всему полю, исходя из целевой урожайности. Однако агрохимическое обследование полей показывает, что обеспеченность азотом, фосфором и калием в разных частях поля может различаться в разы. На одних участках дополнительное питание уже не приводит к прибавке урожая (потенциал ограничен другими факторами), на других – даже повышенные дозы не дадут эффекта без коррекции по известкованию или влаге. В итоге при среднем подходе часть удобрений не реализует себя агрономически, хотя за них уплачены деньги, а часть растений остается в дефиците и недодает урожай.

Точное земледелие решает эту проблему: вносится ровно столько удобрений, сколько нужно, и именно туда, где необходимо. Для этого используются результаты цифрового картирования полей – карты урожайности прошлых лет, данные дистанционного зондирования (NDVI, EVI и др.) и результаты почвенной диагностики [Труфляк, Рагозин, 2025, с. 492–493]. На их основе поле делится на зоны и назначаются дифференцированные нормы подкормок. В зоне с исторически низкой продуктивностью целесообразно снизить норму (сэкономить удобрения, так как «лишние» килограммы все равно не будут усвоены), а в зоне потенциала – наоборот, дать больше азота, чтобы не ограничивать урожай. Экономический результат такого подхода подтверждается практикой: как отмечалось, в опытах КубГАУ экономия азотных удобрений достигла ~24 кг/га без снижения урожая. В пересчете на стоимость это эквивалентно примерно 2,5 тыс. руб./га – именно такую экономию ( $\approx 2\ 567$  руб./га) зафиксировал агрохолдинг при переходе к дифференциированному питанию озимых культур [ТАСС, 2025]. При этом выручка с

гектара, напротив, выросла за счет лучшей реализации потенциала в сильных зонах (что дало +6 401 руб./га), и прибыль увеличилась почти на 9,5 тыс. руб. с гектара. В относительном выражении дифференцированная технология позволила поднять рентабельность производства на 5,3 процентных пункта. Другие исследования показывают сходные цифры: экономия азота составляет ~10–14% при одновременном росте урожайности благодаря устранению зонального дефицита питания. Следует подчеркнуть, что экономия удобрений не только уменьшает прямые расходы, но и снижает риски ущерба от полегания посевов (в результате чрезмерного азотного питания) и уменьшает нагрузку на окружающую среду (непереработанные растениям нитраты не вымываются в водоемы). В коммерческом же отношении точное внесение удобрений снижает себестоимость зерна кукурузы и стабилизирует ее качество. Даже если сырой протеин зерна при оптимизированных (не избыточных) дозах несколько ниже, полученное зерно обычно соответствует 3-му классу, востребованному на рынке, а общая масса собранного урожая выше, чем при стандартной практике.

В традиционной технологии выращивания кукурузы статьи расходов на пестициды и на горючее для опрыскиваний составляют значительную часть операционных затрат (в сумме порядка 10–20% себестоимости) [Тябликов, 2025]. Точное земледелие позволяет существенно сократить эти издержки.

Во-первых, за счет устранения избыточной обработки там, где она не нужна. Пример – секционный контроль при опрыскивании: благодаря автоматическому отключению форсунок на уже обработанных участках исключаются перекрытия, и хозяйство экономит до 5% СЗР и топлива без какого-либо риска для урожая.

Во-вторых, за счет адресной борьбы с вредными объектами. Мониторинг посевов с помощью дронов и спутников дает возможность выявлять фитосанитарные проблемы в ранней стадии и точечно обрабатывать лишь очаги распространения болезней или сорняков, не расходуя химию на весь массив [https://betaren.ru/news/noch-pole-agrodrony-tsifra-/?journal\\_id=16829](https://betaren.ru/news/noch-pole-agrodrony-tsifra-/?journal_id=16829) - :~:text=По мере роста и развития, спикер, целесообразно применить наземный опрыскиватель [Власова, 2025]. Если проблема локальна (например, пятно сорной растительности), агродрон вылетает и обрабатывает только данный участок; если же заражение носит массовый характер – тогда применяют наземную широкозахватную технику [Власова, 2025]. Такой комбинированный подход обеспечивает оптимальный баланс затрат. Эффект от точечных обработок был подтвержден, например, в опытах АО «Щёлково Агрохим» в Краснодарском крае: там квадрокоптеры применяли гербицид РИЗОТТО, МД на посевах риса и достигли повышения урожайности на 6,5 ц/га (58 ц/га против 51,5 ц/га в контроле, +12% урожая) за счет более эффективного подавления сорняков [Власова, 2025]. Это дало выраженный экономический результат, окупив затраты на беспилотники. Важно, что эффективность применения дронов в защите растений в 4,3 раза выше, чем у самоходного опрыскивателя – такие данные привел академик РАН С. Д. Каракотов [Власова, 2025]. Причина не только в экономии СЗР, но и в отсутствии негативных эффектов тяжелой техники. БПЛА выполняют обработки без механического повреждения растений, тогда как тракторный опрыскиватель оставляет на поле колеи, приминает часть всходов, особенно в фазе высокой кукурузы. Практика показывает, что потери урожая от вытаптывания могут достигать 3–7% (в зерновых и рапсе). Применение дронов полностью устраниет этот скрытый убыток, что эквивалентно прибавке ~3% урожайности в случае кукурузы на зерно и до 7% – для рапса или сои. Кроме того, агродроны способны работать в условиях, когда наземная техника бессильна: ночью, на переувлажненных полях после дождя. Это позволяет проводить обработки точно в

оптимальные агротехнические сроки и мгновенно реагировать на чрезвычайные ситуации (вспышки болезней, нашествия вредителей), не дожидаясь, пока поле подсохнет или наступит утро. Такой выигрыш во времени напрямую отражается на сохранности урожая. По оценкам, в неблагоприятные сезоны своевременные точечные обработки могут снизить потери урожая кукурузы от болезней и вредителей до 30% относительно сценария без применения СЗР.

Наконец, в-третьих, точное земледелие снижает сами нормы расхода пестицидов за счет высокоточной дозировки и ультрамелкого распыла. Агродрон вносит препарат с минимально достаточной нормой, избегая перерасхода. Совокупно экономия химических средств защиты растений достигает 20–30% по итогам сезона, а в отдельных кейсах – до 50%. Например, О. Сирота (ассоциация «Народный фермер») отмечает, что хозяйства юга России благодаря системам точного земледелия сокращают затраты на СЗР примерно на треть. Уменьшение химической нагрузки дает и побочный положительный эффект: ниже риск развития резистентности у вредителей, улучшается экологическая обстановка на полях. Таким образом, прецизионные методы защиты растений не только снижают прямые расходы на пестициды и топливо, но и сохраняют дополнительную долю урожая, которая ранее терялась из-за действия тяжелой техники и несвоевременных обработок. В итоге маржинальная прибыль от производства кукурузы возрастает двояко – за счет сокращения себестоимости и за счет роста выхода товарного зерна.

Для Республики Башкортостан, где природное увлажнение в большинстве лет достаточное, вопросы экономии воды могут показаться менее значимыми, чем оптимизация агрохимикатов. Однако глобальные изменения климата делают влагу одним из главных лимитирующих факторов урожайности кукурузы. В засушливые годы урожай зерна кукурузы без орошения снижается многократно – вплоть до гибели посевов на части площадей, как это отмечалось в отдельных хозяйствах края в 2024 году. Поэтому точное управление водой – важнейший резерв повышения стабильности производства. Точное земледелие предусматривает управляемое (дифференцированное) орошение (VRI), основанное на данных о текущей влажности почвы и потребностях растений. Суть метода состоит в том, что автоматизированная система подает воду ровно в том объеме, который нужен растениям, и именно в те зоны поля, где наблюдается дефицит влаги, избегая перелива и стока. Для этого на поле размещаются датчики влажности почвы, передающие информацию в режиме реального времени, и метеостанции, прогнозирующие испарение. Алгоритмы анализируют эти данные и управляют работой дождевальных машин или капельной системы: например, отключают полив на участках, уже получивших достаточное количество осадков, или увеличивают норму на участках легких почв, быстрее теряющих влагу. Таким образом удается избежать как избыточного увлажнения (опасного для кукурузы переуплотнением почвы и развитием корневых гнилей), так и недостаточного (приводящего к недобору урожая). Экономия водных ресурсов при точном орошении весьма существенна: по данным практики, расход воды сокращается на 20–30% в год без ущерба для урожая. Например, в передовых хозяйствах юга России переход на «умные» оросительные системы позволил сберегать до 0,5 млн кубометров воды на каждые ~66 га орошаемых земель. Это одновременно снижает затраты на электроэнергию для перекачки воды и обеспечивает более эффективное использование насосного оборудования. Кроме того, выравнивание увлажненности почвы по полю устраниет внутрихозяйственную дифференциацию урожая: все растения получают оптимум влаги, и средняя урожайность приближается к потенциальному лучших участков. Следует добавить, что точное водоуправление – это не только про орошение, но и про рациональное использование естественных осадков.

Например, практика No-Till (нулевой обработки почвы), все чаще применяемая на юге, в сочетании с мониторингом влажности позволяет накопить дополнительную влагу и корректировать сроки сева под погодные условия. Точное земледелие в данном случае дает инструментарий: датчики фиксируют уровень продуктивной влаги перед посевом, а прогнозные модели (некоторые отечественные сервисы на основе ИИ) советуют оптимальное «окно» сева.

Экономический эффект – более дружные всходы и сохранение потенциала урожайности, особенно в засушливые сезоны. Наконец, даже на этапе химической защиты точные технологии вносят вклад в экономию воды.

Традиционная наземная техника при опрыскивании расходует 200–300 л/га воды в виде рабочей жидкости, тогда как дроны позволяют снизить этот объем до 7–10 л/га, используя ультрамалообъемное распыление. Это означает меньшие затраты на заправку опрыскивателей и перевозку воды, более высокую автономность операций и возможность обработки в труднодоступных угодьях, где подвоз воды затруднен. Хотя прямая экономия денег на воде в условиях Республики Башкортостан не столь велика (сам ресурс недорог, ключевые – затраты на энергию и труд), косвенный позитивный эффект очевиден: оптимизация водопользования предотвращает недобор урожая и снижает себестоимость зерна кукурузы. С точки зрения маржинального дохода это столь же важно, как сокращение расходов на удобрения и пестициды.

Обобщая результаты расчета, можно констатировать, что внедрение технологий точного земледелия обеспечивает значительное повышение маржинальной прибыли производства кукурузы. Суммарная экономия ресурсов (удобрений, СЗР, воды, топлива) в передовых хозяйствах достигает 15–20% от уровня переменных затрат без снижения урожайности [Поле.рф, 2025]. Одновременно удается увеличить сбор зерна за счет точечных мероприятий – прибавка может составлять до 10% и более в зависимости от исходной ситуации на полях. В сочетании эти факторы дают рост валовой прибыли и рентабельности. Так, отдельные южные фермеры добиваются снижения совокупных издержек на 30–40%, что кардинально меняет уровень доходности отрасли. Типовой срок окупаемости инвестиций находится в пределах 2–3 лет, однако при благоприятных условиях (например, при активной господдержке или при резком росте цен на продукцию) вложения могут окупиться и быстрее, а у мелких хозяйств – почти сразу (за счет замещения аренды дорогой техники более дешевым использованием дронов). Иными словами, точное земледелие с экономической точки зрения эффективно как в короткосрочной перспективе (давая немедленное сокращение себестоимости), так и в долгосрочной – повышая устойчивость хозяйств к колебаниям рынка и климата. Безусловно, реализация данного потенциала зависит от ряда условий и сопряжена с рисками, которые необходимо учитывать.

Анализ показал, что главным препятствием на пути широкого внедрения БПЛА и ИИ в сельском хозяйстве выступает консерватизм и недостаток компетенций на местах. По итогам опросов, аграрии часто указывают на высокую первоначальную стоимость технологий, сложность их освоения и сомнения в надежности данных. Действительно, покупка оборудования и обучение персонала требуют инвестиций. Однако эти затраты разовые, тогда как экономия от внедрения накапливается каждый год. К тому же, существующие механизмы (лизинг, субсидии) во многом решают проблему стоимости, а обучение работе с дронами и цифровыми платформами занимает считанные дни. Практика показывает, что даже фермеры старшего возраста успешно осваивают агродроны: базовый курс управления БПЛА длится около недели, после чего оператор способен самостоятельно выполнять все операции. Еще один

барьер – нехватка квалифицированных кадров: специалистов по анализу данных, агрономов-прецisionщиков. В вузах только формируются соответствующие программы, поэтому хозяйствам зачастую приходится готовить кадры внутри компании. Здесь возможна помошь научных учреждений (таких как КубГАУ) и государственных центров компетенций, которые могут организовать краткосрочные курсы и стажировки для аграриев. В целом же кадровая проблема решаема, о чём говорит успешный опыт передовых хозяйств.

Технические и организационные барьеры также присутствуют. Одним из них является качество и совместимость данных. Для эффективной работы ИИ-моделей и системы дифференцированного внесения необходимы большие массивы достоверных сведений о поле – рельеф, агрохимия, история урожайности, метеоданные. Если этих данных мало или они разрозненны, точность рекомендаций снижается. Кроме того, разные элементы цифровой экосистемы (например, дроны одной фирмы и ПО другой) не всегда легко интегрировать: отсутствуют единые стандарты обмена данными. В итоге агрономам приходится вручную сводить разные карты и отчеты, тратя время и повышая вероятность ошибки. В литературе подчеркивается, что дисциплина данных – ключ к устойчивому эффекту точного земледелия: необходима калибровка датчиков, строгое соблюдение принципа «план – факт», использование открытых форматов данных и верифицированных базовых линий для сравнения. Пока что не все хозяйства готовы к такому уровню учета, а некоторые технологии (например, радиолокационный мониторинг SAR) только проходят апробацию. Тем не менее, этот барьер будет снижаться по мере стандартизации отрасли. Следующий вызов – импортозависимость компонентов. Значительная часть дронов, сенсоров, программного обеспечения и даже агрохимикатов в РФ пока импортируется. По пестицидам доля отечественных действующих веществ близка к нулю, а зависимость от импорта признана фактором риска для продbezопасности. Санкционные ограничения и валютная волатильность могут затруднить доступ аграриев к передовым технологиям или удорожить их. Например, проблемы с поставками зарубежных ИИ-решений и оплаты лицензий уже отмечаются экспертами. В области дронов ситуация лучше (существуют китайские и отечественные модели на рынке), но комплектующие (микроэлектроника, камеры) всё равно глобальные. Решение видится в локализации производства и разработке собственных программных платформ. Государство стимулирует этот процесс в рамках политики технологического суверенитета, но на это требуется время. Пока же аграриям приходится тщательно планировать закупки и иметь резервные варианты (например, сервисные контракты, гарантированные поставки расходников), чтобы минимизировать риски.

Наконец, регуляторные барьеры заслуживают особого внимания. Действующее законодательство об использовании беспилотников в РФ достаточно строгое: для полетов выше определенной высоты и за пределами прямой видимости оператора требуется получать разрешения, согласовывать маршруты и т. д. В сельской местности эти ограничения смягчены, но все еще существуют. Более того, в ряде регионов (не менее 12 субъектов РФ) действуют запреты и зоны ограничения полетов БПЛА из-за близости военных объектов или аэропортов. Это затрагивает и агродроны, хотя они выполняют гражданские задачи. Если хозяйство расположено в такой зоне, ему приходится за 72 часа уведомлять органы воздушного движения о планируемом вылете, что затрудняет оперативные обработки вредителей или болезней. Регуляторика постепенно адаптируется к новым условиям: уже зарегистрированы первые пестициды, разрешенные для внесения с беспилотников. Это открывает дорогу массовому применению дронов в защитных мероприятиях. Однако до сих пор далеко не все препараты

имеют четкие рекомендации под авиационное внесение, что юридически ограничивает агрономов. Требуется ускоренная работа по перерегистрации СЗР для авиационного применения, разработка норм и регламентов использования дронов на полях. Также важно решить вопрос с страхованием рисков при использовании БПЛА и с ответственностью в случае аварий – пока что этот сегмент не до конца урегулирован. Таким образом, нормативно-правовая среда пока немного отстает от технологической, но динамика позитивная. При должном внимании регуляторов (Минсельхоз, Росавиация и др.) эти барьеры могут быть постепенно сняты, что устраниет последние сдерживающие факторы для распространения точного земледелия.

Подводя итог, можно предложить пошаговую дорожную карту внедрения точного земледелия в типичном хозяйстве Республики Башкортостан на ближайшие 12–18 месяцев.

Во-первых, начать с малого и по возможности избежать крупных единовременных затрат. Оптимальный стартовый шаг – взять агродроны в лизинг либо воспользоваться услугой аэрофотосъемки и опрыскивания у сторонней фирмы. Например, через «Росагролизинг» доступна специальная программа, позволяющая арендовать дрон на сезон под льготную ставку ~5% годовых. Это снижает финансовую нагрузку на начальном этапе.

Во-вторых, попробовать доступные цифровые инструменты в действии, не инвестируя сразу в сложные системы. Можно установить на смартфон бесплатные или условно бесплатные приложения с элементами ИИ – например, сервисы диагностики болезней растений по фотографиям (Plantix, AgroScout и др.). Это позволит наработать базовые навыки работы с агроданными и убедиться в полезности аналитики.

В-третьих, внедрить элементы «умного» мониторинга полей. Для начала достаточно установить несколько датчиков влажности почвы на разных участках и небольшую метеостанцию; их показания будут автоматически поступать на телефон фермера. Такие решения сейчас предлагаются «под ключ» и не требуют специальных знаний. Данные с поля дадут понимание, когда и где кукурузе не хватает влаги или пит器ия, что само по себе уже повышает эффективность принимаемых решений.

В-четвертых, воспользоваться мерами государственной поддержки. Следует подать заявку на грантовые и льготные программы, ориентированные на цифровизацию АПК. К примеру, программа «Агростартап» предоставляет начинающим фермерам гранты, покрывающие до 90% затрат на приобретение сельхозтехники и цифровых решений. В 2024 г. более 1300 фермерских хозяйств по стране получили такую поддержку, что свидетельствует о высокой доступности инструмента. Для более крупных предприятий доступны субсидии на технологическое переоснащение, компенсации на приобретение отечественных программных продуктов и т. д. Получение внешнего финансирования значительно сократит период окупаемости точного земледелия.

В-пятых, начать внедрение с пилотного поля. Выделить участок в 10–20 га, где отработать все элементы технологии: провести исходное зондирование, составить карты-задания, выполнить дифференцированные подкормки и обработки. По итогам сезона тщательно замерить экономический результат – прирост урожая и экономию по каждой статье, а также затраты на технологию. Рассчитать фактический ROI по формуле:  $(\text{прирост выручки} + \text{снижение затрат}) / \text{инвестиции} \times 100\%$ . Если результат положительный (как показывают исследования, наиболее вероятен рост рентабельности на 5–10 п. п. уже на первом пилоте), можно масштабировать технологию на все уголья хозяйства в следующем сельхозгоду. На всем этапе важно уделять внимание обучению персонала. Необходимо направить агронома и инженера (или сам фермер, если хозяйство небольшое) на курсы по точному земледелию. Благо сейчас

такие курсы делятся не более 1–2 недель и доступны даже онлайн; а опыт показывает, что уже через несколько месяцев работы специалисты уверенно используют новые инструменты. Таким образом, за 1–1,5 года можно пройти путь от полного отсутствия цифровых технологий до их уверенного применения на каждом гектаре.

Для развития точного земледелия на уровне отрасли также необходимы организационно-управленческие решения. Прежде всего, целесообразно продолжить и расширить государственные программы поддержки цифровизации АПК. Субсидирование покупки дронов, датчиков и программного обеспечения (через механизмы льготного лизинга, компенсации затрат или прямых грантов) должно охватывать не только начинающих фермеров, но и средние хозяйства, которые составляют значительную часть посевных площадей. Опыт показал, что даже небольшая помощь (20–30% от стоимости оборудования) существенно снижает порог входа и стимулирует аграриев внедрять инновации.

Второе направление – совершенствование нормативной базы. Необходимо упростить процедуры согласования полетов сельскохозяйственных дронов, особенно в сельской местности: возможно, ввести уведомительный или патентный порядок на период полевых работ, что избавит фермеров от бюрократических задержек. Также важно ускорить регистрацию новых формуляций СЗР для авиационного применения, разработать официальные методики применения дронов при фунгицидных обработках (с учетом их технических особенностей). Это снимет опасения хозяйств по правовым вопросам использования беспилотников.

Третья задача – развитие инфраструктуры данных. Рекомендуется создать региональные банки агроданных (по типу «цифровых паспортов полей»), где аккумулировалась бы информация дистанционного зондирования, метеонаблюдений и почвенных анализов. Если такие данные станут доступны большинству хозяйств (конечно, с соблюдением коммерческой тайны и прав собственников), это кратно повысит эффективность ИИ-алгоритмов в сельском хозяйстве. Одновременно следует утвердить стандарты совместимости для оборудования и программных продуктов: к примеру, обязать поставщиков техники реализовать поддержку открытых форматов карт и отчетов. Это позволит агрономам свободно комбинировать решения разных производителей, не боясь «цифровых барьеров» между ними.

Четвертое направление – подготовка специалистов и тиражирование лучших практик. Необходимо через систему Россельхозцентров, региональных Минсельхозов и вузов организовать регулярные семинары и мастер-классы для аграриев, посвященные экономическим аспектам точного земледелия. Важный акцент – показывать реальные кейсы с цифрами (например, упомянутые выше примеры экономии 20–30% и роста прибыли на 9–10 тыс. руб./га). Практики убеждают лучше теории: видя успех соседей, остальные быстрее перейдут от осторожности к действиям. В идеале создать демонстрационные полигоны точного земледелия по одной площадке в каждом районе (на базе опытных хозяйств или агроучреждений), где в режиме онлайн будет вестись мониторинг результатов – это станет наглядным учебным пособием.

Пятое – развитие сервисных компаний. Не всем хозяйствам выгодно иметь собственный парк дронов или штат ИТ-специалистов, особенно если площадь относительно невелика. Поэтому на рынке должны присутствовать сервис-провайдеры, оказывающие услуги «под ключ»: от съемки и агрохимического обследования до подготовки карт-заданий и выполнения дифференцированных внесений.

Государству имеет смысл поддержать появление таких фирм грантами или льготными кредитами. Это ускорит распространение технологий, поскольку фермер сможет «купить

услугу» без значительных инвестиций. Наконец, импортозамещение: важно стимулировать отечественные разработки в сфере точного земледелия – как на уровне техники (производство дронов, сенсоров), так и ПО (алгоритмы ИИ, аналитические платформы). Уже сейчас в России есть успешные примеры (например, компания «Август» разрабатывает системы дифференцированного внесения, сервис «Поле.рф» интегрирует торговлю и мониторинг, созданы отечественные аналоги NDVI-спутников и пр.). Развитие этого направления снизит зависимость от внешних факторов и обеспечит устойчивость экономического эффекта. В целом, предложенные меры направлены на то, чтобы устраниТЬ стартовые барьеры и дать хозяйствам возможность реализовать экономический потенциал точного земледелия в полной мере.

Применение технологий точного земледелия (БПЛА в сочетании с аналитикой данных, дифференцированное внесение удобрений и химикатов, автоматизированное управление поливом) демонстрирует высокую экономическую эффективность в растениеводстве на примере кукурузы в Республике Башкортостан. Решается ключевая проблема – перерасход ресурсов, который в традиционной агротехнике вел к росту себестоимости и снижению прибыли. Фактические результаты пилотных проектов подтверждают, что расход минеральных удобрений можно снизить примерно на 10–15%, а расход пестицидов – на 10–20% без ущерба для урожая. Одновременно своевременные точечные мероприятия позволяют сохранить и дополнительно получить до 5–10% урожая кукурузы, который ранее терялся из-за недостатков сплошной технологии. В стоимостном выражении экономия ресурсов достигает нескольких тысяч рублей на гектар, а прирост выручки – до десятков тысяч рублей/га. В итоге маржинальный доход производства увеличивается, что отражается в росте рентабельности: внедрение точного земледелия приносит прибавку рентабельности производства кукурузы в среднем на 5–10 процентных пунктов за счет сочетания экономии затрат и роста урожайности. Средний срок окупаемости инвестиций в технологии составляет около 2–3 лет, но с учетом господдержки и использования лизинга он часто сокращается до 1–2 лет. Для малых хозяйств точное земледелие особенно выгодно: благодаря более низкому порогу входа (достаточно приобрести или арендовать один дрон вместо парка тяжелой техники) окупаемость может быть достигнута уже в первый год внедрения.

## Выводы

Крупные предприятия получают кумулятивный эффект на больших площадях: экономия 10–20% расходов у них выливается в десятки миллионов рублей сохраненных средств ежегодно. Конечно, реализация указанных преимуществ требует преодоления определенных барьеров – кадровых, технических, организационных. Тем не менее, анализ показал, что эти риски носят преодолимый характер. Обучение персонала занимает считанные недели, данные постепенно накапливаются и стандартизируются, регуляторы уже адаптируют нормативы под новые технологии, а затраты на приобретение снижаются за счет развития рынка и мер поддержки. Поэтому можно заключить, что точное земледелие в условиях Республики Башкортостан – не дань моде, а экономически обоснованная стратегия. Оно позволяет аграриям одновременно снизить себестоимость выращивания кукурузы (по различным оценкам на 15–40%), повысить урожайность и качество продукции, а значит – увеличить прибыль и устойчивость хозяйств [Поле.рф, 2025, www]. Внедрение БПЛА и ИИ-технологий выступает эффективным управленческим решением, способным окупиться в короткие сроки и обеспечить долгосрочный прирост рентабельности в растениеводстве региона.

## Библиография

1. Байчорова Д.Н., Селина Е.В., Лытнев Н.Н. Экономическая эффективность применения точного земледелия с использованием высокотехнологичной сельскохозяйственной техники // Журнал прикладных исследований. 2024. № 12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskaya-effektivnost-primeneniya-tochnogo-zemledeliya-s-ispol-zovaniem-vysokotehnologichnoy-sel-sko-hozyaystvennoy-te>.
2. Власова Я.Н. Ночь, поле, агродроны, «цифра»... // Betaren agro. 2025. № 7 (71). С. 8–12. URL: [https://betaren.ru/upload/iblock/bfc/8ho70smrzgdsjnwy01f1qapoxws38bca/Betaren\\_Agro\\_07\\_2025.pdf](https://betaren.ru/upload/iblock/bfc/8ho70smrzgdsjnwy01f1qapoxws38bca/Betaren_Agro_07_2025.pdf).
3. Direct.Farm. ИИ и дроны — роскошь или необходимость для малого фермера? // Direct.Farm. 2025. 23 июля. URL: <https://direct.farm/post/ii-i-drony-roskosh-ili-neobkhodimost-dlya-a-malogo-fermera-31912>.
4. Как эффективно снизить затраты на полевые работы с помощью технологий точного земледелия: лекция // ФосАгроЛекторий. 2025. URL: <https://lectoriy.phosagro.ru/upload/iblock/bca/f0ymhe0555ot7jgf20w6o5195ow1ru9l.pdf>.
5. Махотлова М.Ш. Земли сельскохозяйственного назначения в сельском поселении Карагач Прохладненского района Кабардино-Балкарской Республики // Вестник СГУГиТ. 2025. Т. 30, № 4. С. 143–152. DOI: 10.33764/2411-1759-2025-30-4-143-152. URL: [https://vestnik.sgugit.ru/upload/vestnik/sborniki/2025/30\\_4/143-152.pdf](https://vestnik.sgugit.ru/upload/vestnik/sborniki/2025/30_4/143-152.pdf).
6. Поле.рф. Точное земледелие позволяет фермерам Юга снизить издержки на 30% — «Народный фермер» // Поле.рф. 2025. 11 декабря. URL: <https://xn--e1alid.xn--p1ai/journal/publication/tochnoe-zemledelie-po-zvolyaet-fermeram-uga-snizit-izderzhki-na-30-narodnyiy-fermer>.
7. ТАСС. В России разработали нейросеть для точного земледелия // ТАСС. 2025. 20 ноября. URL: <https://nauka.tass.ru/nauka/25677761>
8. Труфляк Е.В., Рагозин Л.В. Эффективность дифференцированного внесения азотных удобрений с использованием модели искусственного интеллекта // Инженерные технологии и системы. 2025. Т. 35, № 3. С. 489–512. DOI: 10.15507/2658-4123.035.202503.489-512. URL: <https://vestnik.mrsu.ru/content/pdf/25-3/06.pdf>
9. Тябликов И. Рынок средств защиты растений: избавим от вредителей. Дорого // Аналитический хаб (Сбербанк). 2025. 5 августа. URL: [https://enky-afina.ru/f/28rynom\\_sredstv\\_zashchity\\_rastenii\\_analiticheskii\\_hab\\_rossiya\\_himicheskaya\\_promyshlennost\\_5\\_avgusta\\_2025\\_064664.pdf](https://enky-afina.ru/f/28rynom_sredstv_zashchity_rastenii_analiticheskii_hab_rossiya_himicheskaya_promyshlennost_5_avgusta_2025_064664.pdf)

## Economic Efficiency of Implementing Precision Farming Technologies Based on UAVs and AI in Maize Cultivation in the Republic of Bashkortostan

**Rasul U. Gusmanov**

Doctor of Economic Sciences, Professor,  
Bashkir State Agrarian University,  
450001, 34, 50-letiya Oktyabrya str., Ufa, Russian Federation;  
e-mail: 757121@mail.ru

**Rustem R. Subkhangulov**

PhD in Economic Sciences, Associate Professor,  
Ufa Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation,  
450000, 6, Mustaya Karima str., Ufa, Russian Federation;  
e-mail: 55671@rambler.ru

### Abstract

The paper addresses the overuse of water, mineral fertilizers, and plant protection products in maize cultivation in the Republic of Bashkortostan as a factor driving up costs and reducing marginal profit due to intra-field soil heterogeneity and unstable weather conditions. The aim of the study is

to substantiate the economic feasibility of implementing precision farming based on UAVs (RGB/multispectral monitoring) and data analytics/AI to transition from average application rates to targeted agronomic management (prescription maps, variable-rate fertilizer application, spot application of plant protection products, moisture monitoring and management). The methodology includes economic and statistical analysis, analytical calculation methods, partial budgeting, payback period assessment, and sensitivity analysis to key parameters (resource prices, yield, scale of implementation, service/software cost, monitoring frequency). It is shown that the economic effect is achieved through reducing inefficient resource costs, minimizing yield losses due to timely decisions, and improving the manageability of field operations, supported by a modular investment architecture (CAPEX/OPEX) and the possibility of a service model for farms of various sizes. A practical 12–18-month implementation roadmap has been developed, and measures for organizational and institutional support are proposed, aligned with the calculated effect logic and risks (staffing, data quality, solution compatibility, regulatory flight restrictions).

### For citation

Gusmanov R.U., Subkhangulov R.R. (2025) Ekonomicheskaya effektivnost' vnedreniya tekhnologiy tochnogo zemledeliya na osnove BPLA i AI pri vozdelyvanii kukuruzy v Respublike Bashkortostan [Economic Efficiency of Implementing Precision Farming Technologies Based on UAVs and AI in Maize Cultivation in the Republic of Bashkortostan]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 15 (11A), pp. 92-107. DOI: 10.34670/AR.2026.13.39.009

### Keywords

Maize, precision farming, UAV, artificial intelligence, variable-rate application, economic efficiency, Republic of Bashkortostan, agricultural technologies.

### References

1. Baichorova, D. N., Selina, E. V., & Lytnev, N. N. (2024). Ekonomicheskaya effektivnost' primeneniia tochnogo zemledeliia s ispol'zovaniem vysokotekhnologicheskoi sel'skokhoziaistvennoi tekhniki [Economic efficiency of precision agriculture using high-tech agricultural machinery]. *Zhurnal prikladnykh issledovanii*, (12). <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskaya-effektivnost-primeneniya-tochnogo-zemledeliya-s-ispol-zovaniem-vysokotehnologicheskoy-sel-sko-hozyaystvennoy-te>
2. Direct.Farm. (2025, July 23). *II i drony — roskosh' ili neobkhodimost' dlia malogo fermera?* [AI and drones: luxury or necessity for a small farmer?]. <https://direct.farm/post/ii-i-drony-roskosh-ili-neobkhodimost-dlya-malogo-fermera-31912>
3. FosAgro Lektoriy. (2025) *Kak effektivno snizit' zatraty na polevye raboty s pomoshch'iu tekhnologii tochnogo zemledeliia: lektsiiia* [How to effectively reduce field-operation costs using precision agriculture technologies: a lecture]. <https://lectoriy.phosagro.ru/upload/iblock/bca/f0ymhe0555ot7jgf20w6o51950w1ru91.pdf>
4. Makhlova, M. Sh. (2025) Zemli sel'skokhoziaistvennogo naznacheniia v sel'skom poselenii Karagach Prokhladnenskogo raiona Kabardino-Balkarskoi Respubliki [Agricultural lands in the Karagach rural settlement of the Prokhladnensky district, Kabardino-Balkaria]. *Vestnik SGUGiT*, 30(4), 143–152. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2025-30-4-143-152>
5. Pole.rf. (2025, December 11). *Tochnoe zemledelie pozvoliaet fermaram Iuga snizit' izderzhki na 30% — «Narodnyi fermer»* [Precision agriculture helps farmers in the South cut costs by 30% — «Narodny fermer»]. <https://xn--e1alid.xn--p1ai/journal/publication/tochnoe-zemledelie-pozvoliaet-fermeram-uga-snizit-izderzhki-na-30-narodnyiy-fermer>
6. TASS. (2025, November 20). *V Rossii razrabotali neiroset' dlia tochnogo zemledeliia* [Russia developed a neural network for precision agriculture]. <https://nauka.tass.ru/nauka/25677761>
7. Truflyak, E. V., & Ragozin, L. V. (2025) Effektivnost' differentsirovannogo vneseniia azotnykh udobrenii s ispol'zovaniem modeli iskusstvennogo intellekta [Effectiveness of variable-rate nitrogen fertilization using an artificial

- 
- intelligence model]. *Inzhenernye tekhnologii i sistemy*, 35(3), 489–512. <https://doi.org/10.15507/2658-4123.035.202503.489-512>
8. Tyablikov, I. (2025, August 5). *Rynok sredstv zashchity rastenii: izbavim ot vreditelei. Dorogo* [Crop protection products market: getting rid of pests. Expensive]. [https://enkyafina.ru/f/28rynok\\_sredstv\\_zashchity\\_rastenii\\_analiticheskii\\_hab\\_rossiya\\_himicheskaya\\_promyshlennost\\_5\\_avgusta\\_2025\\_064664.pdf](https://enkyafina.ru/f/28rynok_sredstv_zashchity_rastenii_analiticheskii_hab_rossiya_himicheskaya_promyshlennost_5_avgusta_2025_064664.pdf)
9. Vlasova, Ya. N. (2025) Noch', pole, agrodrony, «tsifra»... [Night, field, agricultural drones, «digital»...]. *Betaren agro*, 7(71), 8–12. [https://betaren.ru/upload/iblock/bfc/8ho70smrzgdsjnwyo1flqapoxws38bca/Betaren\\_Agro\\_07\\_2025.pdf](https://betaren.ru/upload/iblock/bfc/8ho70smrzgdsjnwyo1flqapoxws38bca/Betaren_Agro_07_2025.pdf)