

УДК 338.436.33

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ НА УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Наталья Владимировна Пчелинцева

доцент

natas79@mail.ru

Дмитрий Игоревич Воропаев

студент

voropaevdmitrij961@gmail.com

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. Сельское хозяйство сегодня стоит перед двойным вызовом: необходимо накормить растущее население мира, одновременно справляясь с последствиями изменения климата и истощением ресурсов. Статья раскрывает, как цифровые технологии – от дронов и датчиков до искусственного интеллекта и роботов – становятся ключом к решению этой проблемы. Также будет показано, как «умное» земледелие повышает урожайность и экономическую эффективность, сокращая при этом вредное воздействие на окружающую среду. Несмотря на барьеры, такие как высокая стоимость и недостаток инфраструктуры, будущее сельского хозяйства видится именно за повсеместной цифровизацией, которая закладывает основу для устойчивого и жизнеспособного агробизнеса.

Ключевые слова: умное сельское хозяйство, цифровизация АПК, точное земледелие, искусственный интеллект в агрономии, устойчивое развитие, экологическая безопасность, экономическая эффективность, цифровые технологии, автоматизация ферм, продовольственная безопасность.

Современное сельское хозяйство оказалось в эпицентре глобальных вызовов. С одной стороны, от него требуется гарантировать продовольственную безопасность для растущего населения планеты, которое, по прогнозам, к 2050 году достигнет почти 10 миллиардов человек. С другой стороны, аграрный сектор сталкивается с беспрецедентным давлением со стороны окружающей среды: изменение климата проявляется в виде непредсказуемых погодных аномалий, засух и наводнений, а традиционные методы земледелия ведут к критическому истощению плодородных почв, дефициту водных ресурсов и сокращению биоразнообразия. Эта двойственная нагрузка делает прежние, экстенсивные модели ведения хозяйства не только малоприбыльными, но и потенциально рискованными для будущего. Выход из этой ситуации видится в масштабной цифровой трансформации, которая знаменует собой переход от сельского хозяйства, основанного на интуиции и обобщенном опыте, к точному, наукоемкому и управляемому данными производству, получившему название «умное земледелие».

Фундаментом этой трансформации стали технологии, позволяющие собирать и анализировать огромные массивы информации о каждом участке поля, каждом растении. На первый план выходят системы дистанционного зондирования. Спутники и беспилотные летательные аппараты (дроны), оснащенные мультиспектральными и гиперспектральными камерами, проводят регулярный мониторинг полей. Они способны выявить малейшие изменения в состоянии посевов, невидимые человеческому глазу: дефицит азота, распространение грибковых заболеваний, участки с недостаточным увлажнением или, наоборот, переувлажнением. Эта «картина сверху» дополняется данными «снизу» – от сети наземных датчиков интернета вещей (IoT). Эти устройства, установленные непосредственно в почве или на оборудовании, непрерывно измеряют критически важные агрономические параметры: влажность и температуру грунта на разных глубинах, уровень освещенности, содержание ключевых питательных веществ, соленость и даже активность почвенной микрофлоры [1-3].

Однако собранные терабайты сырых данных сами по себе не являются рецептом к действию. Следующий, ключевой этап — их интеллектуальный анализ. Здесь на помощь приходят технологии больших данных (Big Data) и искусственного интеллекта (ИИ). Специализированные алгоритмы машинного обучения обрабатывают информацию, поступающую с дронов, датчиков и метеостанций, выявляя сложные, скрытые взаимосвязи. На практике это выглядит так: система на основе анализа многолетних данных и текущих условий может с высокой долей вероятности спрогнозировать оптимальные сроки посева и уборки урожая, предсказать вспышку активности опасного вредителя за несколько дней до ее видимого проявления и, что особенно важно, рассчитать дифференцированные карты внесения удобрений и средств защиты растений. Это означает, что вместо равномерного распыления химикатов по всему полю, агроном точно, с точностью до квадратного метра, вносит ровно то количество, которое необходимо конкретному участку, экономя ресурсы и минимизируя экологический ущерб.

Завершающим звеном в этой технологической цепочке являются системы автоматизации и роботизации. Сельскохозяйственная техника — тракторы, комбайны, опрыскиватели — оснащается автопилотами, которые с сантиметровой точностью ведут машины по заранее заданным маршрутам. Это позволяет избежать огрехов и перекрытий при обработке, что приводит к прямой экономии семян, топлива и удобрений. Все более заметную роль начинают играть автономные роботы. Уже сегодня существуют и успешно тестируются роботы-пропольщики, которые с помощью компьютерного зрения отличают культурное растение от сорняка и механически или лазером уничтожают его, сводя к нулю применение гербицидов. Разрабатываются роботы для точечного опрыскивания и даже для сбора таких деликатных культур, как клубника или томаты. В условиях защищенного грунта — современных теплицах и вертикальных фермах автоматизация достигла еще большего уровня. Здесь комплексные системы независимо друг от друга управляют климат-контролем, досветкой светодиодами нужного спектра и

капельным поливом, создавая идеальные условия для роста растений круглый год [4].

Комплексное внедрение этих технологий приносит ощутимые результаты, которые можно разделить на три основные группы: экономические, экологические и социальные.

С точки зрения экономической эффективности, цифровизация кардинально меняет структуру затрат. Оптимизация использования ресурсов – от топлива и семян до воды и удобрений напрямую повышает рентабельность. Как показывают практические кейсы, предписывающее внесение удобрений позволяет сэкономить до 20-30% средств без ущерба для урожайности, а в некоторых случаях даже повышая ее. Автопилоты сокращают расход топлива на 10-15%, а также решают проблему дефицита квалифицированных механизаторов, так как управление такой техникой становится проще и менее трудозатратно. Кроме того, технологии предиктивной аналитики минимизируют финансовые риски. Заблаговременное предупреждение о заморозках, засухе или эпифитотии болезни позволяет фермеру принять превентивные меры и сохранить значительную часть урожая, обеспечивая стабильность и предсказуемость бизнеса.

Экологическая составляющая является, пожалуй, самым весомым аргументом в пользу «умного» земледелия. Переход к ресурсосберегающей модели – это прямой вклад в сохранение природы. Дифференцированное внесение агрохимикатов резко снижает химическую нагрузку на экосистемы, предотвращая загрязнение грунтовых вод и деградацию почв. Системы интеллектуального орошения, которые подают воду только тогда и только туда, где это действительно нужно, экономят до 40-50% водных ресурсов, что критически важно в условиях глобального водного кризиса. Постоянный мониторинг здоровья почв помогает фермеру принимать решения, направленные на восстановление и сохранение их плодородия в долгосрочной перспективе. Наконец, за счет оптимизации логистики и сокращения использования минеральных удобрений (производство которых является

крайне энергоемким) «умное» сельское хозяйство вносит существенный вклад в борьбу с изменением климата, сокращая выбросы парниковых газов [5].

Несмотря на столь впечатляющие преимущества, процесс цифровизации аграрного сектора сталкивается с рядом серьезных системных барьеров.

Наиболее очевидным из них является высокая стоимость внедрения. Закупка всего технологического пакета – датчиков, дронов, сенсоров, лицензий на специализированное программное обеспечение, а также модернизация или покупка новой техники с функциями автопилота – требует колоссальных первоначальных инвестиций. Для крупных агрохолдингов это может быть стратегическим решением, но для мелких и средних фермерских хозяйств, которые во многих странах составляют костяк агросектора, такие затраты часто оказываются неподъемными. Даже при наличии государственных субсидий, сохраняются высокие операционные расходы на обслуживание, обновление и ремонт сложной цифровой инфраструктуры [6].

Другой критической проблемой является кадровый вопрос и цифровая грамотность. Многие современные фермеры, обладая колоссальным практическим опытом, не имеют достаточных навыков для работы с цифровыми платформами, интерпретации сложных аналитических отчетов и управления большими данными. Эта проблема усугубляется двумя тревожными демографическими тенденциями: старением сельского населения и массовой миграцией молодежи в города в поисках более привлекательной работы и досуга. В результате возникает острый дефицит кадров, способных не только работать на земле, но и управлять сложными технологическими системами.

Существенным сдерживающим фактором выступает и технологическая инфраструктура. Во многих удаленных сельскохозяйственных регионах до сих пор отсутствует стабильный широкополосный доступ в интернет и надежное покрытие сотовой связью стандартов 4G/5G. Без этого «цифрового моста» такие технологии, как облачные сервисы, удаленный мониторинг в реальном времени и управление парком дронов, становятся физически неосуществимыми. Кроме того, остро стоит вопрос совместимости

(интероперабельности) различных устройств и программных платформ от конкурирующих производителей. Фермер рискует оказаться в ловушке «закрытой» экосистемы одного вендора, где невозможно гибко комбинировать лучшие решения с рынка. Наконец, рост зависимости от цифровых систем закономерно повышает риски в области кибербезопасности, поскольку утечка данных или хакерская атака на систему управления хозяйством может привести к катастрофическим последствиям.

Несмотря на эти вызовы, перспективы развития цифрового сельского хозяйства оцениваются с выраженным оптимизмом. На это есть несколько веских причин. Во-первых, происходит постепенное, но неуклонное снижение стоимости аппаратных компонентов, что делает технологии более доступными для малого и среднего бизнеса. Во-вторых, государственные программы поддержки цифровизации АПК становятся более комплексными: они включают не только прямые субсидии на закупку оборудования, но и образовательные инициативы, создание центров коллективного пользования техникой (например, «дроны как услуга») и реализацию пилотных проектов, наглядно демонстрирующих успех. В-третьих, параллельное бурное развитие искусственного интеллекта и машинного обучения открывает путь к созданию полностью автономных ферм, где процессы мониторинга, анализа и принятия решений будут максимально автоматизированы [7].

Таким образом, цифровизация – это уже не просто инструмент для повышения рентабельности отдельных хозяйств, а стратегический императив для всей отрасли. Она является фундаментальным фактором перехода к устойчивой модели развития, которая гармонично сочетает экономическую эффективность, экологическую ответственность и социальную стабильность. Преодоление существующих барьеров потребует времени и скоординированных усилий государства, бизнеса и научного сообщества. Однако именно этот путь позволит создать жизнеспособный, упругий и конкурентоспособный аграрный сектор, способный обеспечить

продовольственную безопасность нынешнего и будущих поколений в условиях меняющегося мира.

Список литературы:

1. Иншаков О.В., Иншакова Е.И. Цифровизация агропромышленного комплекса России: теория и практика. М.: Инфра-М, 2021. 256 с.
2. Логинов А.С., Сидорова В.А. Умное сельское хозяйство: технологии точного земледелия. СПб.: Лань, 2020. 184 с.
3. Петриков А.В., Чернова О.А. Цифровая трансформация сельских территорий. М.: РАНХиГС, 2022. 312 с.
4. Сандлер Д.Г., Морозов А.А. Устойчивое развитие АПК в условиях цифровой экономики. М.: Юрайт, 2021. 198 с.
5. Тихонов А.И., Белова Т.Н. Цифровые технологии в управлении агробизнесом. М.: КноРус, 2019. 167 с.
6. Лазарева А.А., Пчелинцева Н.В. Анализ состояния цифровизации сельскохозяйственных предприятий Рязанской области // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 2.
7. Гущина А.А., Пчелинцева Н.В., Шацкий В.А. Применение искусственного интеллекта в обеспечении безопасности данных // Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК. Материалы Международной научно-практической конференции. Мичуринск-наукоград РФ, 2021. С. 79-81.

UDC 338.436.33

THE IMPACT OF DIGITALIZATION ON THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

Natalia V. Pchelintseva

associate professor

natas79@mail.ru

Dmitry Ig. Voropaev

student

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Annotation. Agriculture today faces a double challenge: it is necessary to feed the growing global population while coping with the effects of climate change and resource depletion. The article reveals how digital technologies — from drones and sensors to artificial intelligence and robots - are becoming the key to solving this problem. It will also show how "smart" farming increases yields and economic efficiency, while reducing harmful effects on the environment. Despite barriers such as high cost and lack of infrastructure, the future of agriculture lies precisely with widespread digitalization, which lays the foundation for sustainable and viable agribusiness.

Keywords: smart agriculture, digitalization of agriculture, precision agriculture, artificial intelligence in agronomy, sustainable development, environmental safety, economic efficiency, digital technologies, farm automation, food security.

Статья поступила в редакцию 25.02.2026; одобрена после рецензирования 20.03.2026; принята к публикации 31.03.2026.

The article was submitted 25.02.2026; approved after reviewing 20.03.2026; accepted for publication 31.03.2026.