

Андрей ЕФРЕМОВ<sup>1</sup>, Игорь КОВАЛЕВ<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники,  
Минск, Республика Беларусь  
e-mail: efremov.kafei@gmail.com*

*<sup>2</sup>Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси,  
Минск, Республика Беларусь  
e-mail: olbosigor@mail.ru*

УДК 338.43:631.1

<https://doi.org/10.29235/1818-9806-2023-1-50-57>

## Обзор тенденций цифровой трансформации сельскохозяйственного производства

Раскрыта роль цифровизации в развитии сельскохозяйственного производства Республики Беларусь и обеспечении национальной продовольственной безопасности. Выделены главные тенденции цифровой трансформации аграрного бизнеса, проанализирован уровень проникновения современных информационно-коммуникационных технологий в основные производственные процессы. Определены перспективы диджитализации и интеллектуализации отечественного сельского хозяйства в контексте поставленных государством задач и разработок компаний в области цифровизации сельского хозяйства. На основании статистических данных сделаны выводы о возможных темпах цифровой трансформации аграрного сектора. Особое внимание уделено приложениям технологий интернета вещей, искусственного интеллекта в точном земледелии, а также передовому российскому опыту в этом направлении.

*Ключевые слова:* сельскохозяйственное производство, цифровая трансформация аграрного бизнеса, интеллектуализация сельского хозяйства, интернет вещей.

Andrei EFREMOV<sup>1</sup>, Igor KOVALEV<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>Belarusian State University  
of Informatics and Radioelectronics,  
Minsk, Republic of Belarus  
e-mail: efremov.kafei@gmail.com*

*<sup>2</sup>Institute of System Researches in the Agroindustrial Complex  
of the National Academy of Sciences of Belarus,  
Minsk, Republic of Belarus  
e-mail: olbosigor@mail.ru*

## Review of trends of digital transformation of agricultural production

The article reveals the role of digitalization in the development of agricultural production in the Republic of Belarus and ensuring national food security. The main trends in the digital transformation of the agricultural business are identified, the level of penetration of modern information and communication technologies into the main production processes is analyzed; the prospects for the process

© Ефремов А., Ковалев И., 2023

of digitalization and intellectualization of domestic agriculture are determined in the context of the tasks set by the state and the availability of developments of companies in the field of digitalization of agriculture. Based on statistical data, conclusions were drawn about the possible pace of digital transformation of the agricultural sector. Particular attention is paid to the applications of the Internet of Things technologies, artificial intelligence in precision farming, as well as the best Russian experience in this area.

*Keywords:* agricultural production, digital transformation of agrobusiness, intellectualization of agriculture, Internet of Things.

## Введение

Сегодня уровень развития сельскохозяйственного производства во многом определяется степенью интеллектуализации его основных процессов, внедрением инновационных технологий и использованием автоматизированного технического оборудования нового поколения наряду с информационным, методическим и аппаратным обеспечением [1]. Применение наиболее прогрессивных интеллектуальных подходов представляется самым перспективным направлением совершенствования мирового аграрного бизнеса. Этот вектор развития способен стать залогом повышения экономической эффективности сельскохозяйственного производства за счет увеличения производительности труда, качества ряда бизнес-процессов, результативности логистических решений, оптимизации затрат ресурсов и сокращения их потерь [2].

Интерес к цифровизации сельскохозяйственного производства со стороны ученых-специалистов и представителей бизнес-сообщества растет из года в год. Существенное количество научных трудов как в Беларуси, так и за рубежом посвящено различным проблемным аспектам цифровой трансформации АПК. В частности, в исследовательских работах рассматриваются вопросы государственной поддержки, нормативно-правового регулирования, анализируется опыт реализации конкретных проектов, идентифицируются препятствия и факторы, которые сдерживают темпы цифровизации и интеллектуализации сельского хозяйства страны.

Согласно оценкам специалистов McKinsey Global Institute, в ближайшие два десятилетия в мире может быть автоматизировано до половины всех производственных операций [3]. Подобно тому как в прошлом наличие дорог, водопровода, электричества и других элементов инфраструктуры играло принципиальную роль для производителя сельскохозяйственной продукции, сегодня доступ к высокоскоростным каналам коммуникации имеет решающее значение для автоматизированного сбора и последующей обработки данных, анализа больших объемов информации и оперативного реагирования на ситуацию путем принятия обоснованных управленческих решений.

Современная модель диджитализации аграрного сектора экономики Республики Беларусь основывается на принципе тиражирования базисных инноваций пятого технологического уклада и ускоренного перехода к этапам «сельское хозяйство 4.0» и «сельское хозяйство 5.0». Их фундамент составляют нано-,

био-, IT-технологии и интеллектуальные цифровые технологии [4]. Построение системы бизнес-процессов в сельскохозяйственных организациях в условиях диджитализации предполагает переход к электронному документообороту и автоматизированной обработке данных. При этом особая роль отводится процедурам реинжиниринга (коренной перестройки) ряда операций с целью кардинального повышения эффективности их выполнения [5].

На протяжении последних лет цифровая трансформация аграрного сектора является неотъемлемым элементом национальной стратегии, в рамках которой реализуется концепция единой цифровой платформы для обеспечения роста эффективности отрасли в целом.

Ожидаемый технологический прорыв в отечественном сельском хозяйстве призван укрепить продовольственную безопасность Республики Беларусь и упрочить ее позиции с точки зрения конкурентоспособности на мировых и региональных рынках аграрной продукции. По некоторым оценкам, форсированная цифровизация способна обеспечить едва ли не двукратный рост производительности труда к концу текущей пятилетки. Но основная проблема заключается в готовности отрасли к таким радикальным преобразованиям. В частности, встает вопрос о наличии достаточных компетенций у специалистов и менеджеров сельскохозяйственных предприятий и создании инфраструктуры, способной обеспечить цифровую трансформацию в обозначенные руководством страны сроки.

Целью данного исследования являются анализ уровня проникновения цифровых технологий в сельскохозяйственное производство, определение тенденций и перспектив этого процесса в рамках поставленных перед отечественным АПК задач на макро-, мезо- и микроуровне.

## **Материалы и методы**

Исследование выполнено с использованием статистических данных о развитии сельского хозяйства из открытых источников, а также на основе анализа ряда научных статей и отчетов. Применялись общенаучные методы синтеза, анализа, сравнения и др.

## **Основная часть**

Согласно статистике, менее 10 % пахотных земель в нашей стране обрабатывают с использованием цифровых технологий. По оценкам специалистов, только 13–15 % сельскохозяйственных производителей способны заниматься цифровой трансформацией собственных бизнес-процессов и коммерциализацией научно-технических разработок [6].

Сегодня эффективность аграрного сектора Республики Беларусь по ряду показателей заметно уступает крупнейшим экономикам мира. Программы интеллектуального (точного) земледелия доступны во многих странах. Темпы внедрения технологий искусственного интеллекта в АПК ежегодно растут более чем на 20 % [7].

Цифровизация может снизить потери на десятки процентов, повысить прибыль сельскохозяйственных товаропроизводителей, а также их привлекательность для потенциальных инвесторов. Она способна контролировать большую часть факторов, определяющих величину производительности труда.

Относительно диджитализации аграрного производства следует отметить ее влияние на экологические параметры окружающей среды, в первую очередь сельскохозяйственных угодий. Так, с помощью современных IT-решений можно создавать адекватную информационную базу для формирования экологической политики государства на мезо- и макроуровне. Более того, внедрение цифровых инструментов способно обуславливать сокращение транспортных издержек, расхода топлива, что положительно отразится на уровне загрязнения природных ландшафтов [8]. Кроме того, существует возможность автоматизированного контроля за выбросами отходов растениеводства и животноводства в атмосферу и гидросферу.

Другой важный аспект диджитализации АПК – финансовое обеспечение [9]. Внедрение инноваций требует существенных ресурсных затрат и нуждается в грамотном экономическом обосновании с детальным расчетом отдачи от инвестиций и срока окупаемости таких проектов. В этом ключе полезным является опыт других стран. Например, в США научные исследования в области сельскохозяйственного производства финансируются путем предоставления фермерам субсидий [10]. Кроме того, у них есть возможность получения консультаций по вопросам инновационного развития аграрного бизнеса.

Стоит отметить, что одной из тенденций цифровой трансформации сельского хозяйства является то, что имеющиеся в распоряжении предприятий агротехнологические данные превращаются в один из ключевых нематериальных активов АПК [11]. Национальная цифровая платформа, которую можно интегрировать с аналогичными платформами смежных отраслей, способна накапливать огромные массивы информации, представляющей экономическую ценность. Особое внимание в этом контексте стоит уделять лучшим отраслевым практикам и моделям хозяйствования, применяемым для последующей процедуры бенчмаркинг-оценки. Кроме того, услуги по предоставлению доступа к данным и их аналитической обработке с агрегированием результатов также имеют интерес для целого ряда субъектов, функционирующих на рынке сельскохозяйственной продукции и информационно-консультационного обслуживания аграрного сектора. Такие потоки сведений, на наш взгляд, могут стать важным элементом при формировании кластерных структур в АПК [12].

Таким образом, платформа в ближайшем будущем призвана стать фундаментом для построения экосистемы цифровых сервисов в аграрном секторе.

Концепция цифровизации неразрывно связана с повышением эффективности использования логистических сетей [13], формированием устойчивого внутреннего спроса, стимулированием экспорта аграрной продукции и созданием специализированных высокотехнологичных сервисов, способных предостав-

лять современные комплексные решения, которые будут направлены на образование добавленной стоимости и достижение высокого уровня конкурентоспособности сельскохозяйственного производства.

В основе цифровой трансформации АПК лежит организация сбора, хранения и обработки потоков Big Data. Рассмотрим практический опыт, имеющийся в отрасли по данному направлению.

Подход, основанный на AIoT (Artificial Intelligence of Things), позволяет автоматизировать полный цикл агротехнических работ, связанных с растениеводством и животноводством. При этом важную роль играют элементы аппаратного обеспечения: периферийное оборудование (датчики, сенсоры), каналы связи (спутниковая связь GPS, LPWAN, LTE, 3G, GPRS, GSM), платформы AIoT (веб-платформы для создания программных приложений отраслевого назначения) и собственно приложение AIoT. Последнее генерирует алгоритм для решения поставленных задач, анализирует входные потоки данных и взаимодействует с пользователем через интерфейс.

В некоторых случаях платформа и приложение AIoT представляют собой единое целое. Наиболее распространенной сферой их применения в АПК является точное земледелие.

Интернет вещей как инструмент цифровой трансформации сельскохозяйственного производства базируется на концепции компьютерной сети физических объектов («вещей»), которые оснащены встроенными технологиями, позволяющими обеспечить их коммуникацию друг с другом, а также с внешней средой [4]. Внедрение подобных сетей создает предпосылки для элиминации непосредственного участия человека в процессах аграрного производства.

По оценкам Business Insider и Markets and Markets, к 2025 г. рыночный сегмент интернета вещей в аграрном бизнесе может вырасти в абсолютном выражении более чем в 60 раз [4]. Совокупный экономический эффект для нашей страны от перехода сельскохозяйственного производства на современные бизнес-модели, основанные на IoT и интеллектуализации, в самой ближайшей перспективе может быть выражен в приросте объема ВВП более чем на 50 %.

Особенностью функционирования проектов, построенных на интернете вещей, является формирование специфической экосистемы экономических агентов, в которой преимущества взаимодействия и сотрудничества превалируют над оппортунистической стратегией конкурентной борьбы. Участники производственных цепочек создают новые продукты и внедряют инновации, что вряд ли было бы возможно в случае их работы по отдельности. В этом ключе можно говорить о синергетическом эффекте цифровой трансформации АПК.

Платформа интернета вещей действует как своего рода посредник, обеспечивая совместное функционирование всех устройств и элементов производственной системы. Кроме того, она позволяет создавать пользовательские приложения и кастомизированные сервисы.

Если обратиться к российскому опыту (как к наиболее близкому к отечественным условиям хозяйствования), то можно констатировать наличие ряда компаний, предоставляющих услуги по развертыванию программного обеспечения на платформе интернета вещей. Оно предназначено для обработки агротехнологических данных, собранных с помощью специализированных датчиков. Так, некоторые платформы (например, Rigttech и kSense IoT) позволяют автоматизировать контроль сельскохозяйственной техники, хранения и переработки аграрной продукции, а также мониторинг земель сельскохозяйственного назначения и процессов управления животноводством [14].

Компания Exact Farming помогает предприятиям регулировать урожайность и рентабельность полей с помощью одноименного онлайн-сервиса и мобильного приложения. Программный продукт Smart4agro от IT-компании «Алан» представляет собой облачный геоинформационно-аналитический сервис для поддержки принятия управленческих решений в области сельского хозяйства, контроля, анализа и прогнозирования состояния сельхозугодий.

Платформа ThingWorx IoT включает инструменты и технологии, позволяющие аграрным предприятиям быстро разрабатывать мощные приложения для промышленного интернета вещей и дополненной реальности. Режим использования платформы ThingWorx предоставляется как в традиционном формате «клиент – сервер», так и в опции удаленного доступа в форме облачного решения. Специальная надстройка, включенная в состав системы, выполняет необходимые аналитические расчеты на основе современных алгоритмов машинного обучения, что предполагает создание расширяемой и настраиваемой баз знаний.

Современные облачные сервисы способны интегрировать большие массивы разнородных данных: от карт сельскохозяйственных угодий до корпоративной структуры и регулярно обновляемых отчетов о погоде. Такие платформы хранят информацию обо всех агротехнологических операциях, сертификаты полей, рассчитывают необходимое количество семян и удобрений, генерируют отчеты, анализируют риски и прогнозируют динамику бизнес-процессов.

Сегодня перед менеджментом крупнотоварных сельскохозяйственных предприятий, агрохолдингов и других корпоративных структур достаточно остро стоят задачи по формированию новых методических подходов к оптимальному выбору, а также внедрению и максимально эффективному использованию различных информационно-коммуникационных систем и технологий в аграрной сфере [15].

## **Заключение**

В настоящее время цифровая трансформация сельскохозяйственного производства предполагает вовлечение огромного числа экономических агентов в создание цепочек стоимости, связанных в том числе с инвестициями в разработку основанных на технологиях интернета вещей решений. Отличительной особенностью интернета вещей и Big Data является то, что чем больше данных собира-

ют и обрабатывают современные программные средства, тем более умной становится система и тем более ценной является генерируемая информация. Это связано со способностью таких систем к самообучению.

Значительную роль в процессе перехода отечественного сельского хозяйства на качественно новый уровень функционирования, как ожидается, могут сыграть технологии цифровых двойников. Сегодня опыт кооперативно-интеграционных отношений в аграрном секторе (агрокомбинатов, холдингов, кластеров) свидетельствует о достаточности ресурсов для масштабных запланированных реформ в ракурсе цифровизации. Развитие современных компетенций позволяет менеджменту сельскохозяйственных предприятий оперативно и адекватно реагировать и предоставлять решения с учетом требований рынка.

Один из форматов цифровой трансформации АПК предполагает создание консультационного центра, в компетенцию которого могут входить сбор, хранение, агрегирование и обработка первичных данных о производственных процессах в сельском хозяйстве, а также планирование и помощь в принятии управленческих решений. С этой целью обычно реструктуризируют предприятия, объединенные по отраслевому либо территориальному принципу, с выделением специального подразделения, которому передают определенные функции. При этом обязательным должен быть научно обоснованный расчет экономической эффективности подобного структурного преобразования [16].

В Республике Беларусь цифровая трансформация аграрного сектора является объектом повышенного внимания, однако внедрение технологий происходит замедленными темпами. Одна из причин этого – нехватка квалифицированных специалистов, обладающих IT-компетенциями [17]. В целях ускорения темпов интеллектуализации отечественного сельского хозяйства реализуется отраслевой проект «Цифровое сельское хозяйство» [18]. Его цели включают рост экспорта аграрной продукции, увеличение вклада отрасли в ВВП, повышение производительности труда и качества, снижение издержек производства, выпуск новых высокотехнологичных и наукоемких продуктов и др.

Прогресс в области интернета вещей, внедрения технологий анализа больших данных, облачных вычислений и искусственного интеллекта позволит создать благоприятные условия для коренного реформирования сельскохозяйственного производства и государственного регулирования отрасли, которое должно осуществляться эволюционным путем и способствовать улучшению уровня жизни населения и укреплению продовольственной безопасности.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бутырин, В. В. Направления цифровой трансформации сельского хозяйства / В. В. Бутырин, Ю. А. Бутырина // Экономика сел. хоз-ва. – 2019. – № 6. – С. 9–14.
2. Гравшина, И. Н. К вопросу повышения конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции в условиях цифровой трансформации / И. Н. Гравшина, Н. И. Денисова, В. Н. Кузьмин // Агробизнес: экономика, упр. – 2019. – № 11. – С. 77–83.

3. Зальцман, В. А. Влияние цифровых технологий на развитие АПК России [Электронный ресурс] / В. А. Зальцман // Нивы России. – 2019. – № 2 (168). – Режим доступа: <http://svetich.info/publikacii/tochnoe-zemledelie/vlijanie-cifrovyyh-tehnologii-na-razvitie.html>. – Дата доступа: 19.09.2022.
4. Интернет вещей в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cfo-russia.ru/issledovaniya/index.php?article=27819>. – Дата доступа: 19.10.2022.
5. Ефремов, А. А. Инжиниринг и реинжиниринг бизнес-процессов в сельскохозяйственных организациях / А. А. Ефремов // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: материалы XII Междунар. науч.-практ. интернет-конф. – Правдинский, 2020 – С. 334–338.
6. Концепция «Научно-технологического развития цифрового сельского хозяйства «Цифровое сельское хозяйство» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.viari.ru/news/detail.php?ID=161383&spphrase\\_id=6282533](https://www.viari.ru/news/detail.php?ID=161383&spphrase_id=6282533). – Дата доступа: 03.07.2020.
7. Маринченко, Т. Е. Мониторинг инновационной деятельности в АПК / Т. Е. Маринченко // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 1. – С. 40–45.
8. Ефремов, А. А. Экологические аспекты сервисизации и цифровизации экономики / А. А. Ефремов // Экологические чтения - 2020. – Омск, 2020. – С. 213–217.
9. Иванов, П. А. Финансирование инноваций в сельском хозяйстве – основа его цифровизации / П. А. Иванов, Л. М. Корнилова // Бухгалтерский учет, анализ и аудит в цифровой экономике: материалы Всерос. науч.-практ. конф., Чебоксары, 31 окт. 2018 г. / Чуваш. гос. с.-х. акад. – Чебоксары, 2018. – С. 255–261.
10. Ефремов, А. А. Современные механизмы государственной поддержки сельскохозяйственного производства: опыт США / А. А. Ефремов // Уфим. гуманитар. науч. форум. – Уфа, 2020. – С. 542–546.
11. Маринченко, Т. Е. Цифровизация как драйвер технологического развития АПК / Т. Е. Маринченко // Состояние и перспективы развития агробизнеса: сб науч. тр. XII Междунар. конф., Ростов н/Д, 27 февр. – 1 марта, 2019 г. / редкол.: Ю. Ф. Лвачуга [и др.]. – Ростов н/Д: ДГТУ-Принт, 2019. – С. 30–34.
12. Щетинина, И. Взаимодействия субъектов АПК в условиях цифровой экономики [Электронный ресурс] / И. Щетинина, М. Стенкина // АПК: экономика, упр. – 2017. – № 10. – Режим доступа: [http://www.vniiesh.ru/documents/document\\_20846\\_Shchetinina.pdf](http://www.vniiesh.ru/documents/document_20846_Shchetinina.pdf). – Дата доступа: 19.10.2022.
13. Ботталико, А. Рынок труда в логистике. Цифровизация: тенденции, проблемы и перспективы. Цифровые цепочки поставок и человеческий фактор / А. Ботталико. – М., 2021. – С. 111–124.
14. Мониторинг инновационной активности в области сельского хозяйства научный аналитический обзор / Маринченко Т. Е. [и др.]. – М.: Росинформагротех, 2018. – 104 с.
15. Роль автоматизированных информационных систем в повышении эффективности аграрного бизнеса / И. Л. Ковалев [и др.] // С.-х. техника: обслуживание и ремонт. – 2021. – № 1. – С. 56–69.
16. Ефремов, А. А. Модель оценки экономического эффекта от реструктуризации организации с передачей части функций управляющей компании / А. А. Ефремов // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Д. Экон. и юрид. науки. – 2020. – № 14. – С. 50–54.
17. Головенчик, Г. Г. Трансформация рынка труда в цифровой экономике / Г. Г. Головенчик // Цифровая трансформация. – 2018. – № 4. – С. 27–43.
18. Огневцев, С. Б. Цифровизация экономики и экономики агробизнеса / С. Б. Огневцев // Междунар. с.-х. журн. – 2018. – № 2 (368). – С. 77–80.

*Поступила в редакцию 14.11.2022*

#### **Сведения об авторах**

Ефремов Андрей Александрович – заведующий кафедрой экономической информатики, кандидат экономических наук, доцент;

Ковалев Игорь Леонидович – научный сотрудник сектора управления и цифровизации

#### **Information about the authors**

Efremov Andrei Aleksandrovich – Head of the Department of Economic Informatics, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor;

Kovalev Igor Leonidovich – Researcher of Management and Digitalization Sector