



ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Научная статья
УДК 338

Статья поступила в редакцию 30.12.2025;
одобрена после рецензирования 06.02.2026;
принята к публикации 20.02.2026.

Внедрение технологий интеллектуального сельского хозяйства как фактор обеспечения продовольственной безопасности

Наби Далгатович Аварский¹, Александр Борисович Мельников²

¹ Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства, Москва, Россия

² Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, Краснодар, Россия

Аннотация:

Введение. Интеграция инновационных технологий, включая дроны, умные датчики и аналитику данных, в традиционные методы ведения сельского хозяйства позволяет оптимизировать логистические цепочки производства и реализации сельскохозяйственной продукции, повысить результативность и эффективность хозяйственной деятельности, обеспечить приемлемый уровень финансовой устойчивости, а также частично нейтрализовать негативное влияние внешних факторов, таких как климатические изменения, высокая волатильность цен на глобальных рынках продуктов питания. **Цель.** Анализ перспектив внедрения технологий интеллектуального сельского хозяйства в агропромышленном комплексе Российской Федерации, выявление текущих проблем, определение перспективных направлений их решения, а также прогнозирование долгосрочных трендов инновационного развития сельскохозяйственного производства и оценка их влияния на обеспечение продовольственной безопасности государства. **Методы.** Информационную базу статьи составили: научные публикации, включенные в реферативные базы данных рецензируемой научной литературы Scopus и Web of Science; аналитические отчеты продовольственной и сельскохозяйственной Организации Объединенных Наций; стандарты обмена агроданными, включенные в протокол передачи данных в индустрии сельского хозяйства ISOBUS /ISO 11783. В качестве базовых методов детерминирования трендов развития интеллектуального сельского хозяйства использовались синтез и анализ. **Результаты.** Применение передовых инновационных технологий в агропромышленном комплексе, таких как блокчейн, обладает высоким потенциалом, но их внедрение сопряжено с рядом проблем, устранение которых является необходимым условием обеспечения продовольственной безопасности. Формирование устойчивых темпов роста производства сельскохозяйственной продукции требует использования комплексных стратегий долгосрочного развития, включающих направления экономического, социального, технологического, правового и экологического характера.

Ключевые слова:

продовольственная безопасность, блокчейн, интернет вещей, агропромышленный комплекс

Для цитирования:

Аварский Н. Д., Мельников А. Б. Внедрение технологий интеллектуального сельского хозяйства как фактор обеспечения продовольственной безопасности // *Экономическая политика и национальная безопасность*. 2026. № 1 (3). С. 29–42.



© Аварский Н. Д., Мельников А. Б., 2026

**Информация об авторах:**

Аварский Н. Д. – доктор экономических наук,
член-корреспондент Российской академии наук
Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития
сельских территорий – Всероссийский научно-исследовательский институт
экономики сельского хозяйства
(Российская Федерация, 123007, г. Москва, Хорошевское шоссе, д. 35, корп. 2)
ученый секретарь,
заведующий отделом маркетинга и развития продуктовых рынков
science@vniiesh.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3189-1179>
Мельников А. Б. – доктор экономических наук, профессор
Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина
(Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, д. 13)
заведующий кафедрой экономики и внешнеэкономической деятельности
melnikovalexander@hotmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-4099-6896>

ECONOMIC SECURITY

Original article

The article was submitted December 30, 2025;
approved after reviewing February 6, 2026;
accepted for publication February 20, 2026.

The implementation of smart farming technologies as a factor in ensuring food security

Nabi D. Avarsky¹, Alexander B. Melnikov²¹ Federal Research Center of Agrarian Economy and Social Development of Rural Areas –
All-Russian Research Institute of Agricultural Economics, Moscow, Russia² I. T. Trubilin Kuban State Agricultural University, Krasnodar, Russia**Abstract:**

Introduction. The integration of innovative technologies, including drones, smart sensors, and data analytics, into traditional farming methods enables the optimisation of supply chains for the production and sale of agricultural products, to enhance the effectiveness and efficiency of economic activity, to ensure an acceptable level of financial stability, and partially mitigate the negative impact of external factors, such as climate change and high price volatility in global food markets. **Objective.** To analyse the prospects for implementing smart farming technologies within the Russian agro-industrial complex, identify current challenges, determine promising solutions, forecast long-term trends in the innovative development of agricultural production, and assess their impact on ensuring national food security. **Methods.** The study's information base comprises: scientific publications indexed in the Scopus and Web of Science peer-reviewed databases; analytical reports from the Food and Agriculture Organisation of the United Nations; and agricultural data exchange standards included in the ISOBUS/ISO 11783 data transfer protocol. Synthesis and analysis were employed as the core methods for identifying trends in the development of smart agriculture. **Results.** The application of advanced innovative technologies in the agro-industrial complex, such as blockchain, shows significant potential; however, their

implementation is hindered by several challenges, the resolution of which is essential for ensuring food security. Achieving sustainable growth rates in agricultural production requires the adoption of comprehensive long-term development strategies encompassing economic, social, technological, legal, and environmental aspects.

Keywords:

food security,
 blockchain,
 Internet of Things,
 agro-industrial complex

For citation:

Avarsky, Nabi D., and Alexander B. Melnikov. 2026. "Vnedrenie tekhnologij intellektual'nogo sel'skogo hozyajstva kak faktor obespecheniya prodovol'stvennoj bezopasnosti" ["The implementation of smart farming technologies as a factor in ensuring food security"] (In Russ.). *Ekonomicheskaya politika i natsional'naya bezopasnost'* [Economic policy and national security] 3, no. 1 (February):29–42.

Information about the authors:

Avarsky N. D. – Doc. Sci. (Econom.),
 Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences
 Federal Research Center of Agrarian Economy and Social Development
 of Rural Areas – All-Russian Research Institute of Agricultural Economics
 (35, build. 2, Khoroshevskoe high., Moscow, 123007, Russian Federation)
 Scientific Secretary,
 Head of the Department of Marketing and Development of Food Markets
 science@vniiesh.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3189-1179>
 Melnikov A. B. – Doc. Sci. (Econom.), Professor
 I. T. Trubilin Kuban State Agricultural University
 (13, Kalinina str., Krasnodar, 350044, Russian Federation)
 Head of the Department of Economics and Foreign Economic Activity
 melnikovalexander@hotmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-4099-6896>



ВВЕДЕНИЕ Интеллектуальное сельское хозяйство – это активно развивающаяся об-

ласть, использующая большие данные, искусственный интеллект и сетевые технологии для внедрения преимуществ цифровизации экономического пространства в агропромышленном комплексе. Интеграция инновационных технологий, включая дроны, умные датчики и аналитику данных, в традиционные методы ведения сельского хозяйства позволяет оптимизировать логистические цепочки производства и реализации сельскохозяйственной продукции, повысить производительность и эффективность производственных процессов, обеспечить приемлемый уровень финансовой устойчивости, а также частично нейтрализовать негативное влияние внешних факторов, таких как климатические изменения и высокая волатильность цен на глобальных рынках продуктов питания.

Производство и поставки сельскохозяйственной продукции являются сложными процессами, охватывающими как производителей, так и потребителей, а их эффективность зависит от решения проблем, связанных с повышением прозрачности логистических цепочек, снижением транзакционных издержек и минимизацией экзогенных рисков. Современные технологии производства и реализации сельскохозяйственной продукции характеризуются фрагментированными методами управления данными, при которых информация используется неэффективно, что нарушает координацию действий между заинтересованными сторонами, а также затрудняет процессы принятия решений и ограничивает возможности для внедрения инновационных производств и оптимизации существующих цепочек поставок. Неэффективная логистика также генерирует серьезные препятствия, приводя к задержкам, порче и потере скоропортящихся товаров при их транспортировке.

Искусственно создаваемые ограничения со стороны недружественных государств, экономические санкции и геополитическая напряженность не позволяют отечественным производителям выйти на траектории устойчивого роста, что отрицательно влияет на уровень экономической безопасности страны. Высокая волатильность цен на мировых рынках сельскохозяйственной продукции также оказывает негативное воздействие на агропромышленный комплекс, повышая зависимость сельхозпроизводителей от государственной поддержки, которая особенно актуальна в периоды экономических кризисов (Joshi and Sharma 2022). При этом необходимо учитывать, что несоблюдение соответствующих стандартов не только ставит под угрозу здоровье потребителей, но и создает для стейкхолдеров дополнительные юридические риски и приводит к возникновению репутационного ущерба.

Экологические риски угрожают формированию долгосрочных траекторий устойчивого развития сельского хозяйства, снижая уровень продовольственной безопасности. Финансовые ограничения еще больше усугубляют эти проблемы, сокращая инвестиции в обновление основных фондов, внедрение современных технологий и развитие инфраструктуры (Kumar et al. 2022). Нехватка рабочей силы и недостаточный уровень ее квалификации вследствие низкой оплаты труда добавляют еще один уровень неопределенности, нарушая производственные циклы и увеличивая операционную неэффективность сельхозпроизводителей (Sajja et al. 2021).

Решение данных проблем базируется на применении комплексного подхода, основанного на внедрении инновационных технологий, таких как блокчейн, интернет вещей, искусственный интеллект и аналитика данных. Е. А. Скворцов и др. обобщили возможности использования технологий искусственного интеллекта и заключили: «Технологии ИИ, применяемые в сельском хозяйстве, обладают рядом существенных особенностей, а именно – это технические решения, прежде всего, программные и технические средства для выполнения определенных сельскохозяйственных работ или прогнозирования развития отрасли в зависимости от различных факторов (климата, состояния почвы, количества осадков, цен на рынке)» (Скворцов и др. 2019). Более того, обеспечение необходимого уровня продовольственной безопасности требует адаптации экономической политики государства в направлении реализации инициатив по наращиванию финансового, социального и экологического потенциала агропромышленного комплекса и стимулирования инвестиционной активности сельхозпроизводителей. Внедряя инновационные практики в производство и реализацию продуктов питания, расширяя сотрудничество и используя принципы устойчивого развития, заинтересованные стороны смогут раскрыть весь потенциал агропромышленного комплекса и принять активное участие в разрешении проблемы обеспечения продовольственной безопасности, а интеллектуальное сельское хозяйство с использованием технологии блокчейн может стать основой указанного в условиях повышенной неопределенности и роста количества шоковых воздействий, с которыми в настоящее время сталкивается агропромышленный комплекс. Используя блокчейн-технологии, которые характеризуются децентрализацией, неизменяемостью и прозрачностью, можно повысить эффективность функционирования инфраструктуры, обеспечивая необходимый уровень устойчивости и безопасности. Развитие интеллектуального сельского хозяйства не только укрепляет доверие между заинтересованными сторонами, но и способствует формированию механизма внедрения инновационных технологий, что имеет решающее значение для противодействия возникающим угрозам, оптимизации использования ресурсов, а также реализации на практике устойчивых и надежных методов ведения сельского хозяйства.

В статье представлен обзор текущих трендов решения проблемы обеспечения продовольственной безопасности на основе использования инновационных технологий в рамках концепции интеллектуального сельского хозяйства. Цель статьи – анализ перспектив внедрения технологий интеллектуального сельского хозяйства в агропромышленном комплексе Российской Федерации, выявление текущих проблем, определение перспективных направлений их решения, а также прогнозирование долгосрочных трендов инновационного развития сельскохозяйственного производства и оценка их влияния на обеспечение продовольственной безопасности государства.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

- Информационную базу статьи составили:
- научные публикации, включенные в реферативные базы данных рецензируемой научной литературы Scopus и Web of Science;
 - аналитические отчеты продовольственной и сельскохозяйственной Организации Объединенных Наций (FAO)¹;
 - стандарты обмена агроданными, включенные в протокол передачи данных в индустрии сельского хозяйства ISOBUS/ISO 11783².

¹ Food and Agriculture Organization : [website]. URL: <https://www.fao.org/home/ru> (дата обращения: 25.12.2025).

² ISOBUS Data Dictionary according to ISO 11783-11 // Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V., (“VDMA”) : [website]. URL: <https://www.isobus.net/isobus/> (дата обращения: 25.12.2025).

В качестве базовых методов детерминирования трендов развития интеллектуального сельского хозяйства использовались синтез и анализ. В контексте обеспечения продовольственной безопасности целесообразность и результативность внедрения передовых инновационных технологий рассматривалась по четырем базовым измерениям:

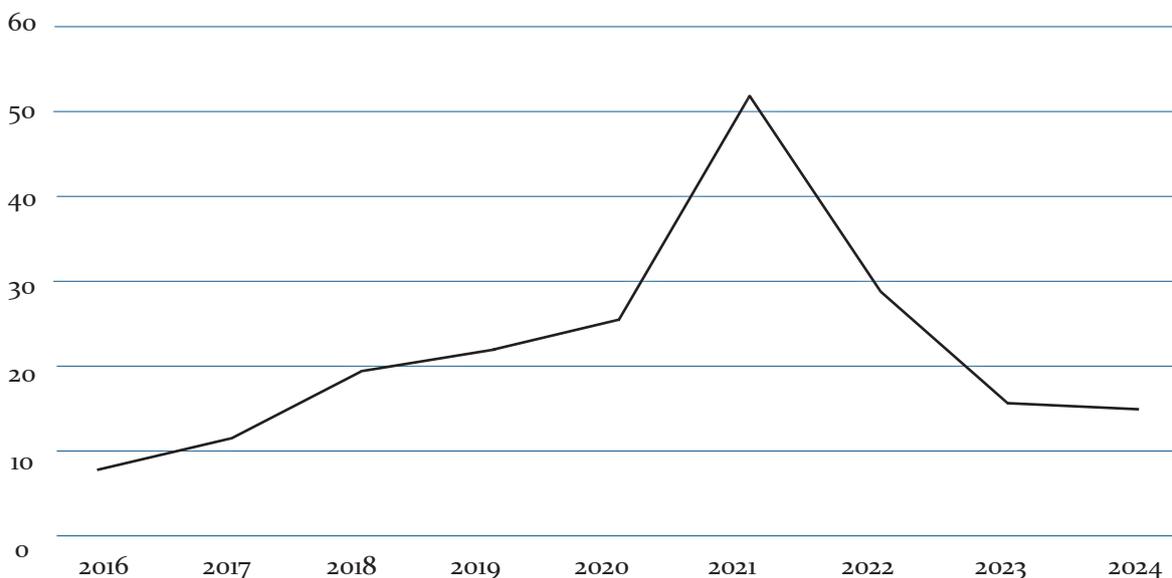
- рост эффективности производства сельскохозяйственной продукции и повышение урожайности;
- изменение рентабельности производства, повышение финансовой устойчивости предприятий агропромышленного комплекса;
- повышение качества и безопасности продуктов питания, сокращение издержек в части мониторинга условий хранения и транспортировки сельскохозяйственной продукции;
- обеспечение траекторий устойчивого развития агропромышленного комплекса в целом и отдельных сельхозпроизводителей в частности.

Для оценки перспектив внедрения технологий интеллектуального сельскохозяйственного производства в российском агропромышленном комплексе использовался SWOT-анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на то, что технологии интеллектуального сельского хозяйства в настоящее время активно используются во многих отраслях, раскрыть их потенциал в сельском хозяйстве трудно из-за многочисленных препятствий. Как отмечают А. В. Курдюмов и А. В. Королев, *«реализация цифрового сценария для хозяйствующего субъекта требует учета всех его социально-экономических, территориальных и иных особенностей, что делает востребованным налаживание коммуникаций между разработчиками цифрового обеспечения и их потребителями. Отсутствие прямых контактов с научными институтами снижает востребованность технологий. Не решена задача кадрового обеспечения анализируемого процесса. Очевидна недостаточность финансирования цифровых процессов»* (Курдюмов и Королев 2020). При этом данные проблемы характерны не только для Российской Федерации, но и для других стран (Матвейчук и др. 2024).

Неоднозначность и сложность внедрения технологий интеллектуального сельского хозяйства подтверждается динамикой венчурных инвестиций, представленных на рисунке 1.



Источник: составлено авторами³.

Рисунок 1. Динамика венчурных инвестиций в технологии интеллектуального сельского хозяйства (млрд долларов)
 Figure 1. Dynamics of venture capital investment in smart agriculture technologies (\$ billion)

³ Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных наций = Food and Agriculture Organization : [сайт]. URL: <https://www.fao.org/home/ru> (дата обращения: 25.12.2025).

Пик инвестиций в мире пришелся на 2021 год, когда их объем составил около 51,5 млрд долларов. В дальнейшем наблюдалось резкое сокращение, что было обусловлено высокой долей стартап-компаний, которые не смогли стать коммерчески успешными. Основная причина этого связана с тем, что помимо традиционного уровня риска, характерного для венчурных инвестиций, их окупаемость в агропромышленном комплексе находится на низком уровне вследствие высокой экзогенной неопределенности. В связи с этим необходимо более детально рассмотреть проблемы внедрения технологий интеллектуального сельского хозяйства.

Существенным ограничением является масштабируемость, поскольку блокчейн-сетям сложно управлять большими объемами транзакций, которые возникают в логистических цепочках поставок сельскохозяйственной продукции (Demestichas et al. 2020; Годин 2020). Кроме того, проблемы совместимости осложняют интеграцию блокчейна с существующими системами и технологиями, затрудняя синхронизацию информационных потоков и обмен данными.

Отсутствие эффективного регулирования также является серьезным препятствием для внедрения блокчейн-технологий, поскольку изменения в нормативно-правовой базе, касающиеся цифрового экономического пространства, не успевают устранять пробелы в действующем законодательстве (Sajja et al. 2021). Возникающая неопределенность в отношении соблюдения нормативных требований и правил конфиденциальности данных создает трудности для компаний и организаций, стремящихся внедрить блокчейн-решения в сельском хозяйстве.

Технические ограничения приводят к росту транзакционных издержек, медленная обработка данных и низкая энергоэффективность еще больше осложняют внедрение блокчейн-технологии в сельском хозяйстве. Повышение масштабируемости, снижение затрат и увеличение скорости транзакций являются основополагающими направлениями для решения этих проблем.

Рост кадрового потенциала и осведомленности играет ключевую роль в содействии внедрению блокчейн-технологии в агропромышленный комплекс. Малый и средний бизнес часто не заинтересованы в использовании перспективных инноваций, т. к. не имеют полного представления об их преимуществах и потенциальных рисках.

Сотрудничество и партнерство важны в преодолении трудностей и развитии инноваций в сельскохозяйственном секторе. Объединение заинтересованных сторон из разных отраслей, включая сельхозпроизводителей, пищевую промышленность, оптово-розничную торговлю и органы государственной власти, а также поставщиков и интеграторов информационно-коммуникационных технологий, позволит совместно разрабатывать и эффективно внедрять блокчейн-решения, адаптированные к конкретным требованиям и препятствиям, возникающим в цепочках добавленной стоимости сельскохозяйственной продукции (Kumar M et al. 2021).

Блокчейн-технология обеспечивает прозрачность, безопасность и децентрализацию процесса производства и реализации продуктов питания. Помимо этого, как отмечает А. А. Смагин, «Технология блокчейн предлагает надежные финансовые инструменты для предоставления сельскохозяйственным организациям своевременной и полной оплаты их труда, помогает избежать рисков и облегчает ведение хозяйства, обеспечивает безопасность работы с предварительными заказами. Смарт-контракты могут включать любые условия без привлечения юридического сопровождения» (Смагин 2018). Именно поэтому она является основой для организации производства в рамках интеллектуального сельского хозяйства. Транзакции невозможно изменить или скрыть, поскольку каждое такое действие отслеживается, регистрируется и видно всей сети пользователей, имеющих доступ к данным. Наличие безопасных и транспарентных технологий их передачи позволяет активно внедрять интернет вещей в производство сельскохозяйственной продукции. Отдельные успешные кейсы подтверждают перспективность данных технологий: «Отслеживание данных гидрометеорологических показателей дает возможность удаленно контролировать окружающую среду и агрономические изменения. Это также помогает прогнозировать урожай,

рационально расходовать водные ресурсы, сокращать количество применяемых удобрений и классифицировать типы почв в зависимости от климатических условий и выращиваемых культур. Достоинства, которые могут быть получены от внедрения интернета вещей: повышение экологической и сельскохозяйственной устойчивости; поддержка стабильности урожайности сельскохозяйственных культур; контроль органических отходов; отслеживание сельскохозяйственных культур; обеспечение безопасности продукции» (Сафонова и др. 2024).

Технологии интеллектуального сельского хозяйства используют распределенное хранилище данных, что предполагает развитие сетевых технологий хранения информации и позволяет каждому пользователю просматривать данные и получать к ним доступ. Поэтому наличие развитой сетевой инфраструктуры и систем передачи данных является необходимым условием успешного использования данных технологий в сельском хозяйстве (Мальсагова 2025).

Поскольку блокчейн обеспечивает высокий уровень прозрачности, он снижает транзакционные издержки взаимодействия, т. к. отсутствует необходимость в посредничестве центрального органа, а также минимизируются риски возникновения споров между сторонами. К ключевым технологиям интеллектуального сельского хозяйства следует отнести применение дистанционного зондирования и спутниковой съемки, географических информационных систем, а использование машинного обучения и аналитики данных позволяет строить поливариантные прогнозные модели (таблица 1).

Таблица 1 – Ключевые технологии для развития интеллектуального сельского хозяйства

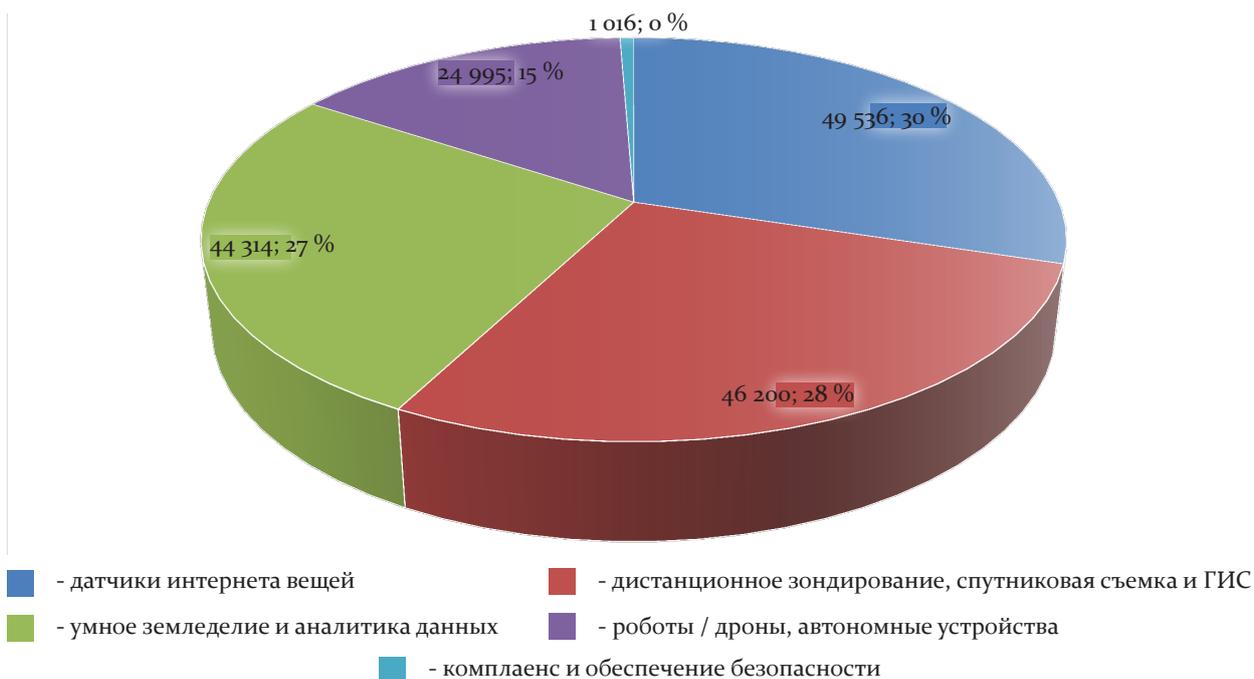
Table 1 – Key technologies for the development of smart agriculture

Название технологии	Описание технологии
Датчики и интернет вещей	Сбор данных с сельскохозяйственного оборудования в режиме реального времени в отношении домашнего скота, сельскохозяйственных культур и условий окружающей среды
Дистанционное зондирование и спутниковая съемка	Сбор данных о состоянии сельскохозяйственных культур, характеристиках почвы и переменных окружающей среды на больших площадях
Географические информационные системы	Интеграция и анализ пространственных данных для картографирования и мониторинга сельскохозяйственных ландшафтов
Машинное обучение и аналитика данных	Анализ больших массивов данных, выявление закономерностей и построение прогнозных моделей
Облачные вычисления и хранение данных	Обеспечение необходимой вычислительной мощности и хранилища данных для передачи информации
Автоматизированное проектирование	Разработка 3D-моделей сельскохозяйственной техники, сооружений и оборудования для создания цифровых двойников
Биоинформатика и геномика	Интеграция генетических и геномных данных в единые базы для применения в сельскохозяйственной биотехнологии

Источник: составлено авторами.

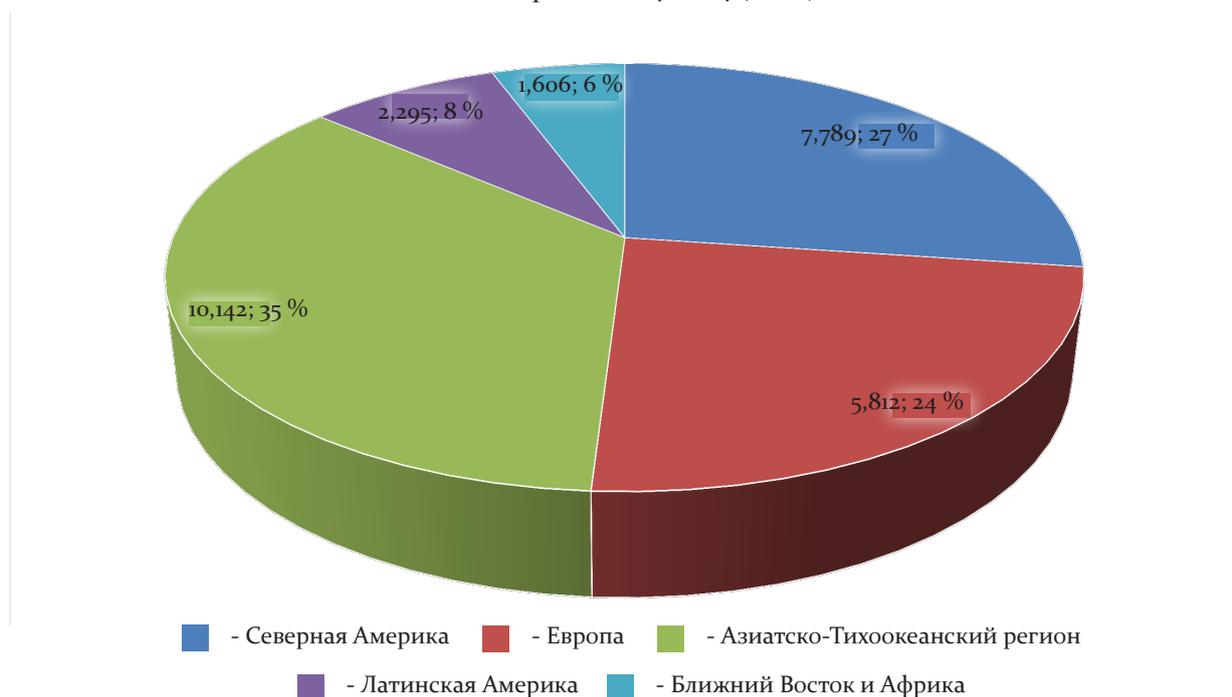
Распространенность и перспективность внедрения тех или иных инновационных технологий в агропромышленном производстве можно оценить на основе показателей, характеризующих их место в сфере защиты прав интеллектуальной собственности. В период с 2014 года по 2024 год максимальное количество патентов (49 536) или около 30 % было связано с интернетом вещей. Активно развиваются технологии, связанные с дистанционным зондированием и географическими информационными системами (ГИС) (28 %), а также умным земледелием (27 %) (рисунок 2).

При этом следует отметить, что рынок стран Азиатско-Тихоокеанского региона остается наиболее перспективным, его объем в 2024 году составил более 10 млрд долларов (рисунок 3).



Источник: составлено авторами⁴.

Рисунок 2. Структура и количество зарегистрированных патентов, касающихся интеллектуального сельского хозяйства за период 2014–2024 гг. (ед.)
 Figure 2. Structure and number of registered patents related to smart agriculture for the period 2014–2024 (units)



Источник: составлено авторами⁵.

Рисунок 3. Объем рынка технологий интернета вещей, используемых в агропромышленном комплексе, в разрезе регионов мира по данным 2024 г. (млрд долларов)
 Figure 3. Market volume of Internet of Things technologies in the agro-industrial complex, segmented by global region, 2024 data (\$ billion)

⁴ URL: <https://www.fao.org/home/ru> (дата обращения: 25.12.2025).

⁵ Там же.

Эффективное внедрение технологий интеллектуального сельского хозяйства, основанное на интернете вещей и способствующее повышению уровню продовольственной безопасности, требует последовательной реализации алгоритма, включающего четыре ключевых этапа.

Этап 1 – генерация потоков данных:

- организация системы мониторинга сельскохозяйственных угодий, включающей интеграцию технологий интеллектуального сельского хозяйства на базе интернета вещей, а также использование датчиков температуры, pH, освещенности, влажности почвы и т. д.;
- сохранение данных и упорядочение полученной с этих устройств информации.

Все это позволит сельхозпроизводителям принимать обоснованные решения о выращивании своих культур, используя информацию, полученную с помощью датчиков и устройств. Необходимо учитывать, что перед сохранением в блокчейне информация должна быть актуализирована и структурирована. Данные действия направлены на повышение качества и ценности собираемой информации, которая впоследствии становится основой для проведения интеллектуального анализа.

Для эффективной структуризации данных необходимо выполнить ряд операций:

- структуризация данных путем внедрения временных меток;
- подготовка данных для соблюдения требований законодательства;
- обеспечение соответствия данных для гарантирования защиты и соблюдения протоколов безопасности данных, собранных с устройств интернета вещей и связанных с персональными данными.

Результатом второго этапа является преобразование данных в формат, готовый для использования в машинном обучении.

Этап 2 – обработка данных.

Этап 3 – анализ данных с использованием алгоритмов глубокого машинного обучения.

Интеллектуальный анализ предполагает получение дополнительной информации из исходных массивов данных на основе использования нейросетевых моделей и технологий глубокого машинного обучения для создания прогнозных моделей, которые в агропромышленном комплексе используются в следующих ключевых направлениях:

- разработка рекомендаций по внесению удобрений и обработке посевов в целях повышения урожайности;
- обеспечение необходимого уровня качества сельскохозяйственных культур;
- прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур на основе использования данных, полученных с датчиков устройств интернета вещей;
- прогнозирование спроса на сельскохозяйственную продукцию и цен на глобальных рынках.

Этап 4 – перенос данных в блокчейн:

- интеграция полученной информации в облачное хранилище с помощью блокчейн-технологии, что исключает возможность централизованного контроля данных;
- внесение полученных данных в смарт-контракты, которые позволяют автоматически согласовывать интересы стейкхолдеров, встроенных в цепочки поставок сельскохозяйственной продукции, и исполнять договорные обязательства.

Предложенный алгоритм по своей структуре универсален и может быть использован не только для растениеводства, но и для животноводства (рисунок 4).

Особого внимания при использовании данного алгоритма заслуживает прогнозирование результатов внедрения технологий интеллектуального сельского хозяйства: *«Прогнозирование производства с/х культур требует использования критериев валидации. Полагаться только на общую точность оценки достоверности классификатора недостаточно, поэтому для проверки необходимо использовать различные параметры: достоверность, F1-score, общая точность»* (Багно 2025).

Предложенный алгоритм подтверждает, что в рамках интеллектуального сельского хозяйства возможна интеграция блокчейна, интернета вещей и машинного обучения в единую систему. С практической точки зрения формируется унифицированный механизм, который

позволяет оперативно получать необходимую информацию с различных датчиков и анализировать ее в режиме реального времени. При этом ключевая задача, связанная с обеспечением конфиденциальности, целостности и доступности получаемой информации, решается в рамках смарт-контрактов. В результате повышается эффективность и оперативность принимаемых решений, а логистическая инфраструктура, связывающая сельхозпроизводителей, пищевую промышленность и сферу оптово-розничной торговли, становится более адаптивной.



Источник: составлено авторами.

Рисунок 4. Алгоритм интеллектуального анализа данных на основе внедрения интернета вещей
Figure 4. Intelligent data analysis algorithm based on the implementation of the Internet of Things

Из этого следует, что, принимая решение об инвестировании в технологии интеллектуального сельского хозяйства, нельзя руководствоваться только финансовыми критериями эффективности. Аналогичного мнения придерживаются И. Г. Паршутина и др.: «Традиционные показатели инвестиций в основной капитал, информационно-цифровые технологии и инфраструктуру не должны быть единственным фактором при оценке воздействия технологий на производительность труда. Поскольку они оказывают влияние на экономическую деятельность на четырех уровнях – производительность; создание / трансформация предприятий; уровень занятости, динамика экономического роста» (Паршутина и др. 2023).

Несомненно, технологии интеллектуального агропромышленного производства имеют в Российской Федерации большие перспективы. Использование интернета вещей позволяет накапливать большие массивы информации, а алгоритмы машинного обучения позволяют получать комплексные рекомендации по посеву, поливу, подкормке, защите растений, а также рациону питания животных и ветеринарии. Растущие требования национальных стандартов обеспечения качества продуктов питания также стимулируют переход к умному земледелию и повышению прозрачности логистических цепочек от сельхозпроизводителей до сетей розничных магазинов. При этом успешная реализация таких проектов предполагает решение ряда проблем (таблица 2).

Таблица 2 – SWOT-анализ внедрения технологий интеллектуального сельскохозяйственного производства

Table 2 – SWOT analysis of the implementation of intelligent agricultural production technologies

SWOT	Технологии
S – Сильные стороны	<ul style="list-style-type: none"> – рост эффективности производства и повышение урожайности; – снижение потерь и уменьшение простоев; – высокая прозрачность в логистических цепочках поставок; – автоматизация расчетов и соблюдения требований; – технологическая синергия
W – Слабые стороны	<ul style="list-style-type: none"> – высокий порог входа; – высокие риски инвестирования; – ограничения информационной инфраструктуры и систем связи; – низкий уровень качества данных; – отсутствие унифицированных решений; – дефицит высококвалифицированных кадров; – высокие риски кибербезопасности и приватности
O – Возможности	<ul style="list-style-type: none"> – активизация использования технологий устойчивого земледелия; – обеспечение современных стандартов и требований к прослеживаемости и качеству продукции; – диверсификация рисков за счет появления новых финансовых и страховых продуктов; – развитие кооперации в рамках платформенной экономики; – использование цифровых двойников; – монетизация данных и экосервисов
T – Угрозы	<ul style="list-style-type: none"> – технологическая зависимость от импорта высокотехнологичных комплектующих; – санкционное давление и отсутствие регулярных поставок; – нормативно-правовая неопределенность; – высокая экономическая волатильность; – усиление социальных и организационных рисков

Источник: составлено авторами.

Таким образом, интеллектуальное сельскохозяйственное производство основано на внедрении передовых инновационных технологий. Интернет вещей обеспечивает сбор больших массивов информации, которые с помощью машинного обучения интерпретируются для получения относительно точных прогнозов. Блокчейн позволяет использовать полученную информацию и аналитические отчеты всеми заинтересованными сторонами путем организации обмена данными между сельхозпроизводителями, предприятиями пищевой промышленности, оптовыми и розничными продавцами, а также логистическими компаниями. Для этого используются стандартизированные протоколы, обеспечивающие прозрачность и безопасность обмена данными. Наличие такого комплексного механизма сбора, обработки и передачи информации повышает эффективность внедрения инновационных технологий в сельском хозяйстве, обеспечивает приемлемый уровень финансовой устойчивости компаний агропромышленного комплекса и, как итог, способствует росту уровня продовольственной безопасности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ Результаты исследования показали, что использование передовых инновационных технологий в агропромышленном комплексе, таких как блокчейн, имеет высокий потенциал, но их внедрение сопряжено с рядом проблем, устранение которых является необходимым условием обеспечения продовольственной безопасности.

Генерация больших объемов данных с различных устройств и датчиков интернета вещей требует расширения возможностей блокчейна для обработки значительных массивов информации без ущерба для производительности. Традиционные блокчейны, такие как Bitcoin и Ethereum, имеют ограниченную пропускную способность транзакций, поэтому необходимо разработать или внедрить технологии, которые способны справиться с высокими объемами передаваемой информации, характерными для интеллектуального сельского хозяйства.

Оперативность принимаемых сельхозпроизводителями решений требует обработки данных в режиме реального времени. Задержка, присущая блокчейн-операциям (из-за механизмов консенсуса), может стать узким местом. В связи с этим необходима разработка более быстрых и эффективных механизмов консенсуса, подходящих для приложений, применяемых в интеллектуальном сельском хозяйстве. Устройства интернета вещей, используемые в сельском хозяйстве, имеют ряд ограничений, таких как малые срок службы батареи и вычислительная мощность. Интеграция данных устройств с блокчейн-решениями с высоким уровнем энергонезависимости и низким энергопотреблением является ключевым моментом в решении проблемы обеспечения продовольственной безопасности. Следовательно, важна разработка решений, основанных на возобновляемых источниках энергии.

Помимо финансовых и экономических факторов, необходимость внедрения цифровых технологий обусловлена ростом влияния геополитических условий. В качестве примера можно привести опыт Китая по цифровизации экономического пространства, в т. ч. в денежно-кредитной системе. Причины ускоренного ввода суверенной цифровой валюты Китая:

- противодействие долларовой шантажу, предоставление выбора для инвесторов-бизнесменов и дальнейшее развитие системы торговых расчетов на основе юаня в качестве альтернативы долларовым расчетам;

- использование «цифрового юаня» для международных расчетов со странами-участниками инициативы «Один пояс, один путь» (Хоружий и Ашмарина 2020).

Таким образом, обеспечение устойчивых темпов роста производства сельскохозяйственной продукции требует использования комплексных стратегий долгосрочного развития, включающих направления экономического, социального, технологического, правового и экологического характера:

- сельскохозяйственные данные обладают высоким уровнем конфиденциальности, включая запатентованные методы ведения сельского хозяйства и личные данные сельхозпроизводителей, поэтому требуется разработка надежных механизмов контроля доступа, которые позволяют только авторизованным лицам читать и записывать данные в блокчейне;

- интеллектуальное сельское хозяйство включает в себя широкий спектр гетерогенных устройств и датчиков, интеграция которых с существующими системами в рамках блокчейн-технологии представляет собой сложную задачу, решение которой требует использования унифицированных платформ и протоколов;

- внедрение и поддержка блокчейн-решений является дорогостоящей процедурой, поэтому в условиях недостатка финансовых ресурсов у сельхозпроизводителей необходимо разрабатывать экономически эффективные решения, обеспечивающие оптимальный баланс между безопасностью и производительностью;

- требуется минимизировать комиссии за транзакции, а также предоставить различные формы государственной поддержки при реализации инвестиционных проектов, направленных на обновление основных фондов, внедрение интернета вещей и модернизацию логистической инфраструктуры;

- устранение законодательных пробелов является необходимым условием внедрения блокчейн-решений, включая вопросы, связанные со смарт-контрактами и распределением ответственности.

По итогам проведенного анализа следует выделить задачи, требующие оперативного решения:

- разработка новых алгоритмов консенсуса, способных поддерживать высокую скорость транзакций в каналах с низкой пропускной способностью;

- оценка эффективности использования гибридных блокчейнов, которые сочетают в себе преимущества публичных и частных сетей для достижения лучшей масштабируемости, конфиденциальности и безопасности;
 - интеграция периферийных устройств с блокчейном для организации первичной обработки данных максимально близко к источнику информации для сокращения задержек и повышения оперативности принимаемых решений;
 - использование интеллектуального анализа данных и машинного обучения для повышения точности прогнозной аналитики в целях оптимизации методов ведения сельского хозяйства;
 - разработка более эффективных и безопасных устройств интернета вещей, адаптированных для бесшовной интеграции с блокчейном;
 - создание децентрализованных приложений, специально разработанных для интеллектуального сельского хозяйства, облегчающих различные варианты использования, такие как управление цепочками поставок, прослеживаемость и управление ресурсами.
- Решение данных задач и акцентирование внимания на наиболее актуальных и перспективных направлениях позволит в полной мере реализовать потенциал технологий блокчейн и интеллектуального анализа данных для повышения эффективности ведения сельского хозяйства и обеспечения продовольственной безопасности страны.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

- Багно В. А. Интеллектуальное сельское хозяйство с использованием методов машинного обучения и глубокого обучения // *Инженерный вестник Дона* : [электронный журнал]. 2025. № 7 (127). С. 126–138. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n7y2025/10244
- Bagno, Vadim A. 2025. “Intellektual'noe sel'skoe hozyajstvo s ispol'zovaniem metodov mashinnogo obucheniya i glubokogo obucheniya” [“Intelligent agriculture using machine learning and deep learning methods”] (In Russ.). *Inzhenernyj vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don]* 127, no. 1 (July):126–38. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n7y2025/10244
- Годин В. В., Белоусова М. Н., Белоусов В. А., Терехова А. Е. Сельское хозяйство в цифровую эпоху: вызовы и решения // *E-Management*. 2020. Т. 3. № 1. С. 4–15. <https://doi.org/10.26425/2658-3445-2020-1-4-15>
- Godin, Vladimir V. [et al.]. 2020. “Sel'skoe hozyajstvo v cifrovuyu epohu: vyzovy i resheniya” [“Agriculture in the Digital Age: challenges and solutions”] (In Russ.). *E-Management* 3, no. 1 (March):4–15. <https://doi.org/10.26425/2658-3445-2020-1-4-15>
- Курдюмов А. В., Королев А. В. Внедрение цифровых технологий в сельском хозяйстве // *Московский экономический журнал*. 2020. № 12. С. 369–383. <https://doi.org/10.24411/2413-046X-2020-10867>
- Kurdyumov, Alexander V., and Alexander V. Korolev. 2020. “Vnedrenie cifrovyyh tekhnologij v sel'skom hozyajstve” [“Introduction of digital technologies in agriculture”] (In Russ.). *Moskovskij ekonomicheskij zhurnal [Moscow Economic Journal]*, no. 12 (December):369–83. <https://doi.org/10.24411/2413-046X-2020-10867>
- Матвейчук Н. М., Сотсков Ю. Н., Михайлов А. Ю. Обзор и перспективы развития управления информационными технологиями в сельском хозяйстве Российской Федерации, Китая и Белоруссии // *E-Management*. 2024. Т. 7, № 3. С. 4–19. <https://doi.org/10.26425/2658-3445-2024-7-3-4-19>
- Matvejchuk, Natalja M., and Yuri N. Sotskov, Alexey Yu. Mihajlov. 2024. “Obzor i perspektivy razvitiya upravleniya informacionnymi tekhnologiyami v sel'skom hozyajstve Rossijskoj Federacii, Kitaya i Belorussii” [“Review and prospects for the development of information technology management in agriculture in the Russian Federation, China and Belarus”] (In Russ.). *E-Management* 7, no. 3 (March):4–19. <https://doi.org/10.26425/2658-3445-2024-7-3-4-19>
- Мальсагова Р. Г. Проблемы и интеллекта, перспективы применения искусственного больших данных и блокчейн-технологий в сельском хозяйстве России // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2025. № 2 (404). С. 220–224. https://doi.org/10.55186/25876740_2025_68_2_220
- Mal'sagova, Radima G. 2025. “Problemy i intellekta, perspektivy primeneniya iskusstvennogo bol'shih dannyh i blokchejn-tekhnologij v sel'skom hozyajstve Rossii” [“Problems of artificial intelligence, prospects for the use of artificial big data and blockchain technologies in agriculture in Russia”] (In Russ.). *Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal [International Agricultural Journal]* 404, no. 2 (June):220–4. https://doi.org/10.55186/25876740_2025_68_2_220
- Паршутина И. Г., Солодовник А. И., Амелина А. В. Анализ влияния цифровизации и интернета вещей на производительность труда в экономике // *Вестник аграрной науки*. 2023. № 4 (103). С. 155–163. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2023.4.155>
- Parshutina, Inna G., and Alexandra I. Solodovnik, Anastasia V. Amelina. 2023. “Analiz vliyanija cifrovizacii i interneta veshchej na proizvoditel'nost' truda v ekonomike” [“Analysis of the impact of digitalization and the Internet of Things on labor productivity in the economy”] (In Russ.). *Vestnik agrarnoj nauki [Bulletin of Agrarian Science]* 103, no. 4 (August):155–63. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2023.4.155>

Тенденции развития умного сельского хозяйства / Сафонова Т. В., Мокряк А. В., Муленко М. Д., Лескова Д. О. [и др.] // *Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности*. 2024. Т. 9, № 6 (44). С. 137–144.

Safonova, Tatyana V. [et al.]. 2024. "Tendencii razvitiya umnogo sel'skogo hozyajstva" ["Smart agriculture development trends"] (In Russ.). *Mezhdunarodnyj zhurnal informacionnyh tekhnologij i energoeffektivnosti [International Journal of Information Technologies and Energy Efficiency]* 44, Vol. 9, no. 6 (June):137–44.

Применение технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве / Скворцов Е. А., Набоков В. И., Некрасов К. В., Скворцова Е. Г. [и др.] // *Аграрный вестник Урала*. 2019. № 8 (187). С. 91–98. https://doi.org/10.32417/article_5d908ed78f7fc7.89378141

Skvortcov, Egor A. [et al.]. 2019. "Primenenie tekhnologij iskusstvennogo intellekta v sel'skom hozyajstve" ["Application of artificial intelligence technologies in agriculture"] (In Russ.). *Agrarnyj vestnik Urala [Agrarian Bulletin of the Urals]* 187, no. 8 (August):91–8. https://doi.org/10.32417/article_5d908ed78f7fc7.89378141

Смагин А. А. Интеграция цифровой экономики в сельское хозяйство: международный опыт и его применение в Российской Федерации // *Экономика сельского хозяйства России*. 2018. № 6. С. 92–97.

Smagin, Aleksandr A. 2018. "Integraciya cifrovoj ekonomiki v sel'skoe hozyajstvo: mezhdunarodnyj opyt i ego primenenie v Rossijskoj Federacii" ["Integration of the digital economy into agriculture: international experience and its application in the Russian Federation"] (In Russ.). *Ekonomika sel'skogo hozyajstva Rossii [The economics of agriculture in Russia]*, no. 6 (June):92–7.

Хоружий Л. И., Ашмарина Т. И. Сельское хозяйство и цифровой Шёлковый путь // *Экономика сельского хозяйства России*. 2020. № 3. С. 16–19. <https://doi.org/10.32651/203-16>

Horuzhij, Lyudmil I., and Tatiana I. Ashmarina. 2020. "Sel'skoe hozyajstvo i cifrovoj Shyolkovyj put" ["Agriculture and the digital Silk Road"] (In Russ.). *Ekonomika sel'skogo hozyajstva Rossii [The economics of agriculture in Russia]*, no. 3 (March):16–9. <https://doi.org/10.32651/203-16>

Blockchain in agriculture traceability systems: A review / Demestichas K., Peppeset N., Alexakis Th., Adamopoulou E. // *Applied Sciences*. 2020. № 10 (12). P. 4113. <https://doi.org/10.3390/app10124113>

Demestichas, Konstantinos [et al.]. 2020. "Blockchain in agriculture traceability systems: A review." *Applied Sciences* 12, no. 10 (June):4113. <https://doi.org/10.3390/app10124113>

Kumar M S., Jayagopal P., Mani P., Venkat M. Applying blockchain in agriculture: A study on blockchain technology, benefits, and challenges // *Deep learning and edge computing solutions for high performance computing*. Springer, Switzerland : Cham, 2021. P. 167–181. https://doi.org/10.1007/978-3-030-60265-9_11

Kumar M, Sandeep [et al.]. 2021. "Applying blockchain in agriculture: A study on blockchain technology, benefits, and challenges." In: Suresh A., Paiva S. (eds) *Deep Learning and Edge Computing Solutions for High Performance Computing*. EAI/Springer Innovations in Communication and Computing 167–81. Springer, Switzerland : Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-60265-9_11

Joshi S., Sharma M. Digital technologies (DT) adoption in agri-food supply chains amidst COVID-19: an approach towards food security concerns in developing countries // *Journal of Global Operations and Strategic Sourcing*. 2022. № 2 (15). P. 262–282. <https://doi.org/10.1108/JGOSS-02-2021-0014>

Joshi, Sudhanshu, and Manu Sharma. 2022. "Digital technologies (DT) adoption in agri-food supply chains amidst COVID-19: an approach towards food security concerns in developing countries." *Journal of Global Operations and Strategic Sourcing* 15, no. 2 (October):262–82. <https://doi.org/10.1108/JGOSS-02-2021-0014>

Kumar S., Agrawal N., Rau R. D., Cheikhrouhou N. Integrated blockchain and internet of things in the food supply chain: Adoption barriers // *Technovation*. 2022. № 107 (118). P. 102589. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2022.102589>

Kumar, Shashank [et al.]. 2022. "Integrated blockchain and internet of things in the food supply chain: Adoption barriers." *Technovation* 118, no. 107 (July):102589. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2022.102589>

Lu Yi, Li P., Xu He. A Food anti-counterfeiting traceability system based on Blockchain and Internet of Things // *Procedia Computer Science*. 2022. № 5 (199). P. 629–636. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.077>

Lu, Yi, and Peng Li, He Xu. 2022. "A Food anti-counterfeiting traceability system based on Blockchain and Internet of Things." *Procedia Computer Science* 199, no. 5 (February):629–36. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.077>

Sajja G. S., Rane K., Phasina K., Kassanuk Th. Towards applicability of blockchain in agriculture sector // *Materials Today: Proceedings*. 2021. № 8 (80). P. 3705–3708. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.07.366>

Sajja, Guna S. [et al.]. 2021. "Towards applicability of blockchain in agriculture sector." *Materials Today: Proceedings* 80, no. 8 (August):3705–8. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.07.366>

Авторами внесен равный вклад в написание статьи.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors have made an equal contribution to the writing of the article.
The authors declare no conflicts of interests.