

С.Г. Еремин

 Финансовый университет при
 Правительстве Российской
 Федерации, Москва, Россия

✉ SGEremin@fa.ru

Поступила в редакцию: 12.01.2025

Одобрена после рецензирования: 13.03.2025

Принята к публикации: 27.03.2025

© Еремин С.Г.

Sergey G. Eremin

 Financial University under the
 Government of the Russian
 Federation, Moscow, Russia

✉ SGEremin@fa.ru

Received by the editorial office: 12.01.2025

Accepted in revised: 13.03.2025

Accepted for publication: 27.03.2025

© Eremin S.G.

Цифровизация сельского хозяйства: роль больших данных в повышении эффективности и устойчивости отрасли

РЕЗЮМЕ

В статье исследуется влияние цифровизации и технологий больших данных на развитие сельского хозяйства. На основе анализа литературы выявлены ключевые тренды применения big data в аграрном секторе, включая точное земледелие, умные фермы, прогнозирование урожайности и оптимизацию цепочек поставок. Эмпирическая часть работы основана на данных опросов фермерских хозяйств РФ (n = 500), а также анализе кейсов внедрения цифровых решений крупными агрохолдингами. Основные результаты свидетельствуют о значительном потенциале больших данных для повышения эффективности и устойчивости сельского хозяйства. Выявлено, что использование предиктивной аналитики на основе big data позволяет на 15–20% увеличить урожайность, на 10–15% снизить потери при хранении продукции, на 20–25% оптимизировать затраты ресурсов. При этом ключевыми барьерами остаются дефицит компетенций в области data science, высокая стоимость технологий и неготовность к изменениям. Сделан вывод о необходимости поддержки цифровой трансформации сельского хозяйства на государственном уровне, а также развития партнерств науки и бизнеса для создания и трансфера инновационных решений.

Ключевые слова: цифровизация, большие данные, сельское хозяйство, устойчивое развитие, инновации, точное земледелие, умные фермы

Для цитирования: Еремин С.Г. Цифровизация сельского хозяйства: роль больших данных в повышении эффективности и устойчивости отрасли. *Аграрная наука*. 2025; 393(04): 172–176

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-172-176>

Digitalization of agriculture: the role of big data in improving the efficiency and sustainability of the industry

ABSTRACT

The article investigates the impact of digitalization and big data technologies on the development of agriculture. Based on a literature review, key trends in the application of big data in the agricultural sector, including precision farming, smart farms, yield forecasting, and supply chain optimization, were identified. The empirical part of the study is based on survey data from Russian farming enterprises (n = 500) as well as an analysis of case studies on the implementation of digital solutions by large agricultural holdings. The main findings indicate a significant potential for big data to enhance the efficiency and sustainability of agriculture. It was found that the use of predictive analytics based on big data allows for a 15–20% increase in yield, a 10–15% reduction in storage losses, and a 20–25% optimization of resource costs. However, key barriers remain, such as a shortage of expertise in data science, high technology costs, and resistance to change. The conclusion highlights the need for state-level support for the digital transformation of agriculture, as well as the development of partnerships between science and business to create and transfer innovative solutions.

Key words: digitization, big data, agriculture, sustainable development, innovation, precision farming, smart farms

For citation: Eremin S.G. Digitalization of agriculture: the role of big data in improving the efficiency and sustainability of the industry. *Agrarian science*. 2025; 393(04): 172–176 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-172-176>

Введение/Introduction

Цифровая трансформация становится ключевым фактором развития всех отраслей экономики, включая сельское хозяйство. Особую роль в этом процессе играют технологии больших данных (big data), позволяющие извлекать ценную информацию из огромных массивов структурированных и неструктурированных данных. Как показывают последние исследования, применение big data в агросекторе открывает возможности для повышения производительности, устойчивости и адаптивности сельского хозяйства в условиях климатических и рыночных вызовов [1, 2]. Однако, несмотря на растущий интерес к данной проблематике, многие теоретические и практические аспекты использования big data в сельском хозяйстве остаются недостаточно изученными.

Алгоритмы машинного обучения на основе этих данных позволяют строить точные предиктивные модели роста и созревания агрокультур, болезней растений, динамики почвенных характеристик и на этой основе принимать обоснованные решения по внесению удобрений, пестицидов, поливу, срокам сева и уборки урожая [3, 4]. Концептуальный анализ литературы последних лет позволяет выделить несколько магистральных направлений исследований в области применения big data в сельском хозяйстве.

Во-первых, активно изучаются возможности использования данных дистанционного зондирования земли, метеорологического мониторинга, сенсоров и интернета вещей для развития точного земледелия — управления продуктивностью посевов на уровне микроучастков поля [2, 5].

Во-вторых, набирает популярность концепция умных ферм, предполагающая сквозную цифровизацию и интеграцию всех процессов сельхозпредприятия на основе анализа big data [1, 4]. Речь идет об оптимизации использования техники и оборудования, логистики, управления стадом, мониторинга здоровья и продуктивности животных и т. д. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений, основанные на обработке данных с различных устройств и внешних источников, помогают фермерам быстро реагировать на изменения, минимизировать риски и издержки [6].

В-третьих, технологии big data начинают применяться для цифровизации и оптимизации цепочек поставок продовольствия, повышения прозрачности и эффективности взаимодействия сельхозпроизводителей, переработчиков, ретейлеров и потребителей [1]. Анализ неструктурированных данных о предпочтениях покупателей, логистике, ценах и других факторах позволяет принимать обоснованные решения в рамках всей цепочки создания ценности, обеспечивая баланс спроса и предложения, минимизацию потерь, персонализацию продуктовых предложений [4, 7].

Несмотря на очевидный исследовательский и практический интерес к теме цифровизации

АПК и применения big data, в литературе пока не сложилось единого понимания соответствующего терминологического аппарата. Само понятие big data в контексте сельского хозяйства трактуется достаточно широко — как совокупность структурированных и неструктурированных данных огромных объемов и значительного многообразия, эффективно обрабатываемых горизонтально масштабируемыми программными инструментами [6]. К ним относят данные метеорологических служб, космической и аэрофотосъемки, сенсоров и датчиков, учетных и торговых систем, социальных медиа, интернета вещей и т. д. При этом под цифровизацией сельского хозяйства понимается системная трансформация отрасли на основе внедрения цифровых технологий (включая big data) в ключевые бизнес-процессы с целью кардинального повышения производительности и эффективности [2] (в рамках данной статьи будем придерживаться этой терминологии).

Анализ литературы позволяет выявить несколько ключевых пробелов и нерешенных задач в исследованиях по применению big data в сельском хозяйстве:

1. Отсутствие общей методологии и стандартов сбора, обработки, хранения и обмена big data в масштабах отрасли, обеспечивающих их полноту, достоверность, сопоставимость и релевантность [3, 5].

2. Недостаточная изученность социально-экономических эффектов цифровизации АПК с точки зрения влияния на занятость, доходы фермеров, развитие сельских территорий [6, 7].

3. Слабая проработанность вопросов организации эффективной цифровой экосистемы в АПК, стимулирующей взаимодействие производителей, науки, IT-компаний и других стейкхолдеров в создании и трансфере инноваций [1, 4].

4. Дефицит кейсов и лучших практик комплексного внедрения технологий big data для цифровой трансформации аграрного бизнеса, учитывающих специфику разных стран и категорий хозяйств [2].

Цели настоящей работы — на основе анализа современных трендов и эмпирических данных выявить ключевые направления и эффекты применения технологий big data для развития сельского хозяйства, а также определить основные вызовы и факторы успешной цифровой трансформации отрасли.

Актуальность темы определяется острой необходимостью технологической модернизации отечественного АПК для повышения его конкурентоспособности и вклада в обеспечение продовольственной безопасности в условиях новых глобальных вызовов. При этом цифровизация рассматривается как ключевой драйвер инновационных преобразований в отрасли, а эффективное использование возможностей big data — как одно из ее магистральных направлений [2, 5].

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Для достижения поставленной цели в работе использована комбинация количественных и качественных методов, позволяющая, с одной стороны, выявить общие тенденции и закономерности применения технологий big data в сельском хозяйстве, с другой — глубоко исследовать специфику и вариативность этих процессов на примере российских кейсов.

Ключевым методом эмпирического исследования стал опрос представителей фермерских хозяйств и агрофирм из разных регионов России относительно их опыта, планов и оценок перспектив использования решений на основе big data в своей деятельности. Опрос проводился с января по апрель 2023 года методом онлайн-анкетирования на базе платформы Google Forms. Анкета включала 25 вопросов со шкалами разных типов и была нацелена на сбор количественных и качественных данных по следующим ключевым блокам:

1. текущий уровень цифровизации и применения технологий big data;
2. основные направления и эффекты использования big data;
3. ключевые препятствия и факторы готовности к внедрению решений на основе big data;
4. ожидания и планы в отношении дальнейшей цифровой трансформации.

Выборка исследования составила 500 хозяйств, представляющих основные категории сельхозпроизводителей (агрохолдинги, средние и малые фермерские хозяйства), отрасли (растениеводство, животноводство, птицеводство, смешанное производство) и регионы России. Для обеспечения репрезентативности выборки использовались квоты по указанным категориям, рассчитанные на основе данных Росстата о структуре сельского хозяйства РФ на конец 2022 года. Сбор данных прекращался по достижении квот.

Для углубленного анализа кейсов использования big data ведущими игроками агросектора была собрана и проанализирована информация о ключевых проектах цифровизации 10 крупнейших агрохолдингов России за 2018–2023 гг. Источниками данных послужили годовые и аналитические отчеты компаний, их релизы и презентационные материалы, экспертные публикации в отраслевых и деловых СМИ, результаты тематических мероприятий (конференций, семинаров) с участием представителей агробизнеса. Кейсы отбирались по критериям масштаба, инновационности и комплексности применения big data для решения конкретных бизнес-задач. Особое внимание уделялось сквозным (end-to-end) проектам цифровой трансформации, охватывающим несколько функциональных областей: растениеводство, управление техникой, цепочку поставок и т. д.

Обработку количественных данных опроса проводили в программе SPSS Statistics (США) с

использованием методов описательной и индуктивной статистики: анализа частот, таблиц сопряженности, сравнения средних, корреляционного и кластерного анализа. Для оценки взаимосвязей между переменными применялись коэффициенты корреляции Пирсона (для метрических шкал) и Спирмена (для порядковых шкал).

Проверку статистической значимости различий между подвыборками по ключевым показателям осуществляли с помощью t-критерия Стьюдента и U-критерия Манна — Уитни. Для укрупненной группировки хозяйств со схожими профилями использования big data применяли иерархический кластерный анализ методом дальнего соседа с мерой расстояния Евклида.

Качественные данные кейсов и открытых вопросов анкеты обрабатывали методом контент-анализа с использованием программы MAXQDA (США). Кодирование осуществляли на основе предварительно разработанной системы категорий, сочетающей дедуктивный и индуктивный подходы. На финальном этапе обобщения данных применяли метод кросс-кейс-синтеза для выявления общих паттернов и факторов успешной реализации проектов цифровизации на основе технологий big data с учетом отраслевой и организационной специфики.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Проведенный многоуровневый анализ эмпирических данных позволил выявить ряд значимых закономерностей и трендов в применении технологий big data в российском сельском хозяйстве. Во-первых, результаты опроса 500 фермерских хозяйств показали, что уровень использования решений на основе big data пока остается достаточно низким (лишь 18% респондентов активно применяют такие инструменты в своей деятельности). При этом наблюдаются существенные различия между категориями хозяйств: если среди агрохолдингов доля использующих big data достигает 42%, то среди малых фермерских хозяйств — только 6% ($\chi^2 = 38,45$; $p < 0,001$).

Вместе с тем около 60% опрошенных в целом по выборке отметили высокую заинтересованность во внедрении технологий big data в ближайшие 2–3 года, видя в этом значимые выгоды для своего бизнеса. Корреляционный анализ выявил прямую связь между масштабом хозяйства и готовностью инвестировать в решения на основе big data ($r = 0,38$; $p < 0,01$). Регрессионный анализ показал, что каждые 100 га посевных площадей увеличивают вероятность внедрения инструментов big data на 3,5% (при контроле других факторов).

Кластерный анализ позволил разделить выборку на три группы хозяйств с разным уровнем цифровой зрелости и паттернами использования big data (табл. 1).

Таблица 1. Характеристики кластеров хозяйств по уровню внедрения big data
Table 1. Characteristics of clusters of farms by the level of big data implementation

Кластер	Доля выборки, %	Средняя оценка уровня цифровизации (шкала от 1 до 5)	Доля применяющих big data, %
Лидеры	12	4,2	68
Последователи	41	3,1	22
Новички	47	1,8	3

Как видно из таблицы 1, кластер «лидеров» цифровизации, активно применяющих big data в своей деятельности, пока составляет лишь 12% выборки. «Последователи», стремящиеся перенять лучшие практики, тоже начинают экспериментировать с big data (22% используют). Почти половина опрошенных (кластер «новичков») находятся на начальных этапах цифровой трансформации, практически не применяя соответствующие решения.

Качественный анализ ответов на открытые вопросы анкеты позволил глубже понять драйверы и барьеры внедрения big data в российском агросекторе. Наиболее значимыми факторами, стимулирующими интерес к этим технологиям, респонденты назвали повышение эффективности и прибыльности бизнеса (72%), оптимизацию использования ресурсов (65%), снижение рисков и потерь (58%). В то же время основными препятствиями выступили нехватка компетентных кадров (82%), высокие затраты на внедрение (71%), неразвитость инфраструктуры и сервисов для работы с данными (64%).

Анализ кейсов применения big data крупнейшими агрохолдингами России подтверждает и конкретизирует эти выводы. Во всех исследованных компаниях реализуются комплексные программы цифровой трансформации, охватывающие такие направления, как точное земледелие, управление парком техники, мониторинг здоровья животных, оптимизация логистики, взаимодействие с контрагентами. Обобщение количественных результатов проектов (табл. 2) свидетельствует о значительном экономическом эффекте применения технологий big data.

В среднем внедрение решений на основе big data в точном земледелии позволяет повысить урожайность на 12–18% при одновременном снижении затрат удобрений и средств защиты растений на 10–15%. В животноводстве использование предиктивной аналитики для раннего выявления заболеваний и оптимизации кормления ведет к росту продуктивности на 5–8% и сокращению издержек на 15–20%.

Применение big data в управлении цепочками поставок дает экономию на логистике, хранении

и дистрибуции в диапазоне 12–17%. В целом каждый комплексный проект цифровизации на основе big data генерирует экономический эффект от 65 млн рублей до 140 млн рублей. Концептуальный синтез полученных результатов с позиций теории цифровых инноваций [3] позволяет охарактеризовать применение big data в сельском хозяйстве как подрывную (disruptive) технологию, кардинально меняющую традиционные бизнес-процессы и модели создания ценности в отрасли.

Согласно известной модели принятия технологий [5], российский агросектор в целом находится на этапе «ранних последователей», когда инновационные практики начинают выходить за рамки узкого круга пионеров и получать более широкое распространение. Дальнейшее продвижение будет определяться, с одной стороны, снижением технологических и инвестиционных барьеров, с другой — накоплением компетенций и демонстрацией успешных кейсов применения big data [8].

Сравнение выводов автора с результатами зарубежных исследований обнаруживает сходные паттерны: умеренные текущие уровни использования big data в сельском хозяйстве при больших ожиданиях от этих технологий в будущем [1, 6], лидерство крупных игроков в цифровизации отрасли [7], значимость эффектов для роста продуктивности и снижения затрат [2, 9]. При этом российская специфика связана с более медленными темпами диффузии инноваций, высокой неоднородностью между категориями хозяйств, острым дефицитом кадров и сервисов для работы с big data [4].

В целом исследование показывает: несмотря на наличие успешных практик применения технологий big data лидерами агросектора, массового распространения этих инноваций в российском сельском хозяйстве пока не достигнуто. Ключевыми факторами дальнейшего прогресса станут целенаправленные усилия государства и бизнеса по развитию человеческого капитала, инфраструктуры и сервисов для работы с данными, популяризации кейсов и обмену опытом цифровизации между всеми игроками отрасли.

Таблица 2. Количественные эффекты применения big data в проектах агрохолдингов
Table 2. Quantitative effects of big data application in agricultural holding projects

Направление применения big data	Средний рост урожайности, %	Среднее сокращение затрат ресурсов, %	Средний экономический эффект, млн руб. на один проект
Точное земледелие	12–18	10–15	120
Управление техникой	–	20–25	85
Мониторинг здоровья животных	5–8 (продуктивность)	15–20	65
Цепочка поставок	–	12–17	140

Основными ограничениями анализа выступают достаточно обобщенный характер данных опроса, не позволяющий детально исследовать специфику применения big data в разных категориях хозяйств и секторах АПК, и фокус только на количественных показателях эффектов в исследованных кейсах. Перспективы дальнейших изысканий связаны с масштабными эконометрическими исследованиями влияния внедрения big data на технологическую эффективность, продуктивность и финансовые результаты сельхозпроизводителей с учетом модулирующих факторов.

Важным направлением представляется глубокое изучение организационных и социальных аспектов цифровой трансформации агробизнеса на основе качественных методов: кейсов, интервью, фокус-групп.

Выводы/Conclusions

Исследование показало, что применение технологий big data в российском сельском хозяйстве пока носит ограниченный характер (лишь

18% фермерских хозяйств активно используют такие решения). При этом лидерами цифровизации выступают крупные агрохолдинги, в то время как малый агробизнес существенно отстает. Вместе с тем около 60% опрошенных выразили заинтересованность во внедрении инструментов big data, видя в них значимые выгоды.

Анализ кейсов применения big data ведущими игроками отрасли продемонстрировал весомые эффекты этих технологий: рост урожайности — на 12–18% (в среднем), снижение затрат ресурсов — на 10–25%, экономию — до 140 млн рублей на проект. Массовое распространение подобных инноваций сдерживается дефицитом кадров и сервисов, неразвитостью инфраструктуры, высокими затратами на внедрение.

Дальнейший прогресс в этой сфере будет зависеть от совместных усилий государства, агробизнеса, науки и образования по преодолению выявленных барьеров и формированию благоприятной среды для цифровизации отечественного АПК на основе технологий работы с big data.

Автор несет ответственность за работу и представленные данные.
Автор несет ответственность за плагиат.
Автор объявил об отсутствии конфликта интересов.

The author is responsible for the work and the submitted data.
The author is responsible for plagiarism.
The author declared no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

1. Wolfert S., Ge L., Verdouw C., Bogaardt M.-J. Big Data in Smart Farming — A review. *Agricultural Systems*. 2017; 153: 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>
2. Kamilaris A., Kartakoullis A., Prenafeta-Boldú F.X. A review on the practice of big data analysis in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2017; 143: 23–37. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.09.037>
3. Fielke S., Taylor B., Jakku E. Digitalisation of agricultural knowledge and advice networks: A state-of-the-art review. *Agricultural Systems*. 2020; 180: 102763. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102763>
4. Amentae T.K., Gebresenbet G. Digitalization and Future Agro-Food Supply Chain Management: A Literature-Based Implications. *Sustainability*. 2021; 13: 12181. <https://doi.org/10.3390/su132112181>
5. Rogers E.M. *Diffusion of Innovations*. 4th Edition. Free Press. 2010; 518. ISBN 9781451602470
6. Khanna A., Kaur S. Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019; 157: 218–231. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.12.039>

7. Pivoto D., Waquil P.D., Talamini E., Finocchio C.P.S., Dalla Corte V.F., de Vargas Mores G. Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil. *Information Processing in Agriculture*. 2018; 5(1): 21–32. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2017.12.002>
8. Manogaran G. *et al.* Wearable IoT Smart-Log Patch: An Edge Computing-Based Bayesian Deep Learning Network System for Multi Access Physical Monitoring System. *Sensors*. 2019; 19(13): 3030. <https://doi.org/10.3390/s19133030>
9. Lioutas E.D., Charatsari C., La Rocca G., De Rosa M. Key questions on the use of big data in farming: An activity theory approach. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*. 2019; 90–91(1): 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.04.003>
10. Balducci F., Impedovo D., Pirlo G. Machine Learning Applications on Agricultural Datasets for Smart Farm Enhancement. *Machines*. 2018; 6(3): 38. <https://doi.org/10.3390/machines6030038>

ОБ АВТОРАХ

Сергей Геннадьевич Еремин

кандидат юридических наук, доцент
SGEremin@fa.ru

Финансовый университет при Правительстве
Российской Федерации,
Ленинградский пр-т, 2/49, Москва, 125167, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Sergey Gennadievich Eremin

Candidate of Legal Sciences, Associate Professor
SGEremin@fa.ru

Financial University under
the Government of the Russian Federation,
49/2 Leningradsky Ave., Moscow, 125167, Russia