Научная статья

https://doi.org/10.54220/v.rsue.1991-0533.2025.91.3.006
УДК 338.43.02; 631.171; 004.8

ПОТЕНЦИАЛ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РАЗВИТИИ УСТОЙЧИВОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИИ

***Миргородская О. Н.*[1]*, *Иванченко О. В.*[1]**
[1] *Ростовский государственный экономический университет (РИНХ), Ростов-на-Дону, Россия*
** olyana_mon@mail.ru*

Аннотация. *Введение.* В статье представлено исследование влияния технологий искусственного интеллекта (ИИ) на устойчивое развитие сельского хозяйства в России. Рост населения, экологические и климатические угрозы привели к тому, что традиционные методы ведения сельского хозяйства больше не могут удовлетворять спрос на продовольствие. Технологические инновации способствуют широкомасштабному внедрению ИИ в сельскохозяйственную отрасль России, открывая новые возможности для повышения ее эффективности и устойчивости посредством цифровизации методов ведения агробизнеса в условиях усиливающихся экологических вызовов. *Материалы и методы.* Основными материалами для данного исследования послужили публикации в периодической печати, официальные данные Министерства сельского хозяйства РФ, результаты аналитических исследований, информационных агентств и служб, вторичные данные из открытых источников в сети Интернет, экспертные оценки, а также собственные исследования авторов. В работе применены методы систематизации и логического обобщения, сравнения, анализа и синтеза полученных данных. *Результаты исследования.* Представлены аналитические данные, характеризующие высокий потенциал разработки и использования инновационных решений в сельскохозяйственном бизнесе в России. На основе проведенного анализа и с позиции системного подхода сделаны выводы о том, что технологии ИИ меняют традиционные подходы к управлению агробизнесом, позволяя фермерам повышать урожайность растений и воспроизводство животных, снижать издержки и нагрузку на занятых в агропромышленной отрасли работников, улучшать качество продукции, а также минимизировать воздействие на окружающую среду. *Обсуждение и заключение.* Проанализированы области применения ИИ-решений в сельскохозяйственной отрасли с учетом практики внедрения инновационных агротехнологий российскими компаниями-разработчиками интеллектуальных платформ. Выделены основные технологии ИИ для обеспечения устойчивости и продвижения экологически чистых методов ведения сельского хозяйства, а также обозначены проблемы цифровизации российских агропредприятий на базе ИИ. В совокупности агротехнологические инновации, основанные на моделях ИИ, стремительно меняют сельскохозяйственный ландшафт России, играя ключевую роль в направлении к более устойчивому, продуктивному и технологически суверенному аграрному бизнесу.

Ключевые слова: сельское хозяйство, искусственный интеллект, устойчивое развитие, цифровые технологии, инновации.

Для цитирования: Миргородская О. Н., Иванченко О. В. Потенциал технологий искусственного интеллекта в развитии устойчивого сельского хозяйства России. *Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ).* 2025;3(32):78-90. doi: 10.54220/v.rsue.1991-0533.2025.91.3.006.

Research article

JEL O13 O31 Q01 Q16

THE POTENTIAL OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE AGRICULTURE IN RUSSIA

***Mirgorodskaya O.*[1]*, *Ivanchenko O.*[1]**
[1] *Rostov State University of Economics, Rostov-on-Don, Russia*
** olyana_mon@mail.ru*

Abstract. *Introduction.* The article presents a study of impact of artificial intelligence (AI) technologies on the sustainable development of agriculture in Russia. Population growth, environmental and climate threats have led to the fact that traditional farming methods can no longer meet the demand for food. Technological innovations contribute to the large-scale introduction of AI into the Russian agricultural sector, opening up new opportunities to increase its efficiency and sustainability through the digitalization of agribusiness practices in the face of increasing environmental challenges. *Materials and methods.* The main materials for this study were publications in periodicals, official data from the Ministry of Agriculture of the Russian Federation, the results of analytical studies, news agencies and services, secondary data from open sources on the Internet, expert assessments, as well as the authors' own research. The article uses methods of systematization and logical generalization, comparison, analysis and synthesis of the data obtained. *Research results.* Analytical data describing the high potential for the development and use of innovative solutions in the agricultural business in Russia are presented. Based on the analysis and from the perspective of a systematic approach, it is concluded that AI technologies are changing traditional approaches to agribusiness management, allowing farmers to increase plant yields and animal reproduction, reduce costs and burden on workers employed in the agro-industrial sector, improve product quality, and minimize environmental impact. *Discussion.* The fields of application of AI solutions in the agricultural sector are analyzed, taking into account the practice of introducing innovative agricultural technologies by Russian companies developing intelligent platforms. The main AI technologies for ensuring sustainability and promoting environmentally friendly farming methods are highlighted, as well as the problems of digitalization of Russian agricultural enterprises based on AI. *Conclusion.* Collectively, agrotechnological innovations based on AI models are rapidly changing the agricultural landscape of Russia, playing a key role towards a more sustainable, productive and technologically sovereign agricultural business.

Keywords: agriculture, Artificial Intelligence, sustainable development, digital technologies, innovation.

For citation: Mirgorodskaya O., Ivanchenko O. The potential of artificial intelligence technologies in the development of sustainable agriculture in Russia. *Vestnik of Rostov State University of Economics (RINH).* 2025;3(32):78-90. doi: 10.54220/v.rsue.1991-0533.2025.91.3.006.

Введение

В настоящее время ИИ становится ключевым инструментом разработки устойчивых решений для умного сельского хозяйства в эпоху цифровых технологий, которые отдают приоритет экологическому балансу и эффективному производству продуктов питания. Его

способность собирать и анализировать большие массивы данных из различных источников, таких как погодные условия, состояние почвы и сельскохозяйственных культур, исторические данные о сельском хозяйстве, позволяет принимать обоснованные решения по ирригации, внесению удобрений и борьбе с вредителями, сводя к минимуму негативное воздействие на окружающую среду. В результате спрос на ИИ на сельскохозяйственном рынке растет. Так, согласно данным IMARC Group, объем мирового рынка ИИ в сельском хозяйстве в 2024 г. оценивался в 2,18 млрд долл., и, по прогнозам, к 2033 г. он достигнет 12,95 млрд долл., демонстрируя темпы роста (CAGR) 19,48 % в течение 2025-2033 гг. [1]. Лидером сельскохозяйственного сектора по внедрению технологий ИИ является Северная Америка: в регионе активно апробируют новые решения для агротеха, включая ИИ и интернет вещей (IoT). Наибольшую динамику показывает Азиатско-Тихоокеанский регион, в частности Китай, а также Индия.

Быстрый рост и глобальное внедрение современных методов ведения сельского хозяйства, основанных на технологиях ИИ, стимулируются несколькими ключевыми факторами. В частности, растущее население планеты и последующая необходимость удовлетворения увеличивающегося спроса на продовольствие оказывают огромное давление на сельскохозяйственную отрасль, требуя повышения производительности и эффективности. ИИ предлагает расширенные возможности аналитики и прогнозного моделирования, позволяя фермерам оптимизировать урожайность и сокращать потери [7]. Доступность больших объемов сельскохозяйственных данных, включая погодные условия, состояние почвы и здоровье растений, расширила возможности для проведения анализа и принятия решений на основе ИИ. Более того, достижения в таких технологиях, как машинное обучение, компьютерное зрение и робототехника, сделали решения ИИ более доступными и экономически эффективными для фермеров. Правительственные инициативы и поддержка со стороны государства в сочетании с растущим пониманием методов устойчивого ведения сельского хозяйства способствуют внедрению ИИ в сельском хозяйстве [11]. В целом, эти движущие силы способствуют широкомасштабному внедрению ИИ в мировую сельскохозяйственную отрасль, превращая ее в более эффективный и экологически устойчивый сектор.

Материалы и методы

Теоретической и методической основой исследования являются научные работы отечественных и зарубежных авторов, посвященные инновационным методам и ИИ-технологиям ведения сельского хозяйства с учетом целей устойчивого развития.

В качестве исследовательского инструментария для формирования научно обоснованных выводов использованы методы систематизации и логического обобщения, сравнения, анализа и синтеза полученных данных.

Информационно-эмпирическую базу исследования преобразующего влияния ИИ на устойчивое развитие сельского хозяйства составили публикации в периодической печати, официальные данные Министерства сельского хозяйства России, обзорно-аналитические материалы консалтинговых компаний и результаты аналитических исследований научных учреждений, информационных агентств и служб, вторичные данные из открытых источников сети Интернет, экспертные оценки, а также собственные исследования авторов. Собранные эмпирические данные позволяют оценить уровень развития ИИ в сельском хозяйстве и провести анализ успешных российских практик обеспечения устойчивости и стабильности сельскохозяйственных систем, основанных на использовании технологий ИИ.

Результаты исследования

Аграрный сектор экономики РФ постепенно переходит к внедрению ин-

новационных решений, основанных на алгоритмах ИИ, способных сформировать более устойчивый и технологически ориентированный сельскохозяйственный ландшафт. По данным Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, порядка 15 % агрохозяйств начали использовать ИИ-технологии, а 36 % планируют внедрить их в ближайшее время, что свидетельствует о высоком потенциале разработки и использования инновационных решений в сельскохозяйственном бизнесе. Как следует из отчета АНО «Цифровая экономика», выпущенного в 2023 г., в перечне крупнейших компаний, осуществляющих инвестирование в развитие ИИ-технологий в сельхозиндустрии, значатся «Мираторг», «Щёлково Агрохим», «Магнит» и «Русагро» [19]. Подобные инвестиции дают свои плоды: разработок для этой отрасли от отечественных стартапов, специализирующихся на ИИ, с каждым годом появляется все больше. В свою очередь, среди регионов в лидерах цифровой трансформации АПК Республика Татарстан, Костромская область, Орловская область, Томская область, Чувашская республика. Согласно прогнозу ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, спрос российского сельского хозяйства на ИИ-технологии к 2030 г. может достигнуть в денежном выражении 86 млрд руб. (для сравнения: в 2020 этот показатель был равен 3,9 млрд руб.). По экспертным оценкам, в условиях массового внедрения ИИ может обеспечить прирост валовой добавленной стоимости к 2025 г. на 25 % в растениеводстве и на 13 % в животноводстве [3].

Основным стимулом высокого роста сектора агротехнологий является активная роль государства. За счет господдержки разработчиков и конечных потребителей цифровых продуктов темпы внедрения отечественных ИИ- и беспилотных технологий в постпандемийный период в агроотрасль, по оценкам «ИнтерАгроТех», увеличились на 8-10 %. Затем, с наступлением санкций, в 2022 г. Минпромторг реализовал целый ряд инициатив по внедрению отечественных инноваций, импортозамещению и поиску альтернатив ушедшим с рынка ИИ-решениям [8]. Появились рыночные структуры, призванные ускорить этот процесс. Согласно данным ассоциации, интерес агрохозяйств к внедрению новых отечественных технологий за этот период вырос на 10-12 %, и на сегодняшний день более 75 % компаний перешли на отечественные решения в области прикладного программного обеспечения и средства управления процессами. К 2027-2028 гг. ожидается завершение перехода на отечественные промышленные платформы, которые будут включать системы управления элеваторами, маслоэкстракционными заводами и жировыми комбинатами; серийное производство роботизированных комплексов агрономического анализа почвы; устойчивое развитие собственных решений для автопилотирования, управления дронами и ИИ-аналитики [17].

Россия является одним из лидеров по уровню развития беспилотных технологий в сельском хозяйстве. ИИ здесь использует около 13-15 % агрохозяйств. Активнее всего беспилотные системы внедряют в сеялки и поливалки, а автопилоты – в тракторы и комбайны. «В настоящее время налажено массовое промышленное использование систем автопилотирования на основе ИИ, включая заводскую серийную комплектацию» [14]. Только за I квартал 2024 г. продажи ИИ-автопилотов в России на 30 % превысили показатели всего прошлого года. Умные тракторы и комбайны работают более чем в 30 регионах, от Псковской области до бухты Провидения.

По оценке аналитического агентства Maximize Market Research, мировой рынок автопилотируемой сельхозтехники в 2023 г. составил более 2,7 млрд долл. и к 2027 г. достигнет 11,9 млрд долл. при высокой динамике – 19,3 % [8]. В России наблюдается похожий рост. Основные драйверы этого процесса – показатели эффективности, которые дает

использование роботизированной техники. Потенциальный объем российского рынка систем автопилотирования для тракторов сегодня превышает 245 млрд руб. [18]. По данным Cognitive Pilot, «в 2023 г. в российских хозяйствах в период с марта по ноябрь 312 беспилотных трактора компании обработали 2,3 млн га. На сегодняшний день в России работает более 1700 умных тракторов и комбайнов в 30 регионах страны. К 2025 г. планируется выпуск звеньев, где ведущий трактор будет пилотируем, а ведомые – полностью беспилотные» [16].

Еще одним конкурентным преимуществом российского сектора АПК является устойчивое ускорение внедрения агродронов в сельскохозяйственные процессы, которое открывает новые возможности для точного земледелия. Эти современные устройства позволяют с высокой точностью вносить удобрения и средства защиты растений, обеспечивая их целевое воздействие на культуры. Такой подход не только значительно повышает эффективность работы, но и позволяет существенно экономить ресурсы, снижая расход химических веществ и минимизируя негативное воздействие на окружающую среду.

Исследовательская компания Markets and Markets оценивает, что мировой рынок сельскохозяйственных дронов вырастет с 2,01 млрд долл. в 2024 г. до 8,03 млрд долл. к 2029 г. при среднегодовом темпе роста 32 % [15]. «По оценке экспертов, сельскохозяйственные дроны занимают более 5 % рынка гражданских беспилотников в России, что составляет 1,5-2 млрд руб. в год. Сегодня большая часть используемых в АПК России беспилотников является аппаратами китайского производства или собранными на базе китайских комплектующих и программного обеспечения» [4]. Более массовое использование БПЛА в аграрной отрасли сдерживает запрет на их полет в ряде регионов, сложности и длительность получения разрешительной документации, а также недостаточное количество зарегистрированных для такого способа внесения препаратов. Впрочем, на развитие этого рынка будет влиять расширение областей применения и спектра агроуслуг, которые могут закрывать дроны. Так, дополнительные точки роста рынка агродронов в России в компании «Геомир» видят в использовании их при предпосевной обработке полей, при дифференцированном опрыскивании гербицидами по карте сорняков, а также для внесения энтомофагов.

В 2023 г. российская промышленность произвела около 3000 единиц агродронов, однако для достижения глобальных целей необходимо значительно увеличить объемы производства. Российская Федерация ставит перед собой масштабную цель – создать 1 млн дронов к 2035 г., что, по прогнозам экспертов, позволит кардинально изменить ситуацию в сельском хозяйстве [6]. Согласно ожиданиям аналитиков из Центра стратегических разработок, до 2030 г. российский рынок агродронов вырастет в 4 раза, достигнув оборота в 35 млрд руб. [6]. Интерес к подобным технологиям проявляют как крупные агрохолдинги, так и небольшие фермерские хозяйства, что свидетельствует о растущем спросе на инновационные решения в аграрной отрасли.

По оценке аналитиков «Гидмаркет», российский рынок сельскохозяйственных услуг с использованием БПЛА находится в переходной фазе между стадиями становления и активного роста. Данный этап характеризуется низкой зрелостью стандартов и высокой степенью инновационности решений. Рынок отличается активным тестированием компаниями разнообразных технологических решений, включая различные типы дронов, программное обеспечение и форматы оказания услуг. Конкуренция усиливается – отрасль переходит от монопольных моделей к более диверсифицированной структуре.

«Несмотря на действующие ограничения, ежегодный рост спроса на беспилотные авиасистемы (БАС) для реше-

ния агрономических задач, по оценке Союза беспилотной сельхозавиации, достигает 20,2 %» [5]. Следует отметить, что спрос на агродроны формируется при активной поддержке государства через финансирование и нормативное сопровождение со стороны профильных министерств и региональных властей. Развивается нормативно-правовая база, включая требования к регистрации БПЛА и обеспечению безопасности данных. В частности, в 2024 г., по данным Министерства промышленности и торговли РФ, российские власти начали программу поддержки отечественных производителей беспилотных аппаратов. В рамках этой программы было выделено более 4 млрд руб. на разработку и производство специализированных агродронов.

Таким образом, российское сельское хозяйство уверенно движется к модели устойчивого, высокоточного и технологически суверенного агробизнеса. К 2030 г. можно ожидать появления первых полностью автономных умных агрохолдингов с минимальным участием человека. При помощи ИИ они будут работать над повышением урожайности и снижением себестоимости, обеспечивая страну качественным продовольствием и готовыми решениями для экспорта.

Обсуждение

Устойчивое сельское хозяйство уделяет особое внимание методам ведения аграрного бизнеса, способствующим экологическому балансу и одновременно отвечающим потребностям продовольственной безопасности. Оно основано на сокращении использования пестицидов и удобрений, водосбережении, благополучии животных и рациональном использовании как человеческих, так и природных ресурсов. Устойчивое сельское хозяйство крайне необходимо для того, чтобы предлагать инновационные альтернативы для защиты землепользования и других природных ресурсов, обеспечивая их восстановление в будущем. Сегодня становится вполне очевидным, что в условиях глобальных экологических вызовов и цифровой трансформации ИИ-решения обладают высоким потенциалом для преобразования традиционных методов ведения сельского хозяйства в более устойчивые и эффективные модели агробизнеса.

«Интегрированные решения в области устойчивого ресурсосберегающего растениеводства и животноводства обретают массовое применение посредством объединения различных типов сенсоров, IoT-технологий, автоматизированной и беспилотной техники, роботизированных производственных систем. Платформенные решения, технологии обработки больших данных и машинного обучения позволяют перейти к глубокой реорганизации бизнес-процессов в сельском хозяйстве» [12].

В настоящее время в отрасли представлены компании – разработчики российских интеллектуальных систем по разным направлениям, которые уже сейчас предлагают рынку ИИ-решения мирового уровня, способные значительно оптимизировать работу сельхозпредприятий, а также стать залогом устойчивого развития аграрного сектора. Так, например, «ГеомирАгро» – ведущий разработчик программного обеспечения и сервисов для АПК, предоставляющий комплексные цифровые решения для повышения эффективности производства в растениеводстве. Основной продукт компании – облачная платформа «История Поля». Это веб- и мобильное приложение, объединяющие передовые технологии и более 14 промышленно эксплуатируемых моделей ИИ для решения актуальных задач агробизнеса. Платформа позволяет хозяйствам выстроить и автоматизировать ключевые производственные процессы, обеспечить полный контроль и мониторинг ситуации на полях, а также оперативно принимать качественные решения на основе объективных данных и аналитики.

Платформа «История Поля» обеспечивает агрономической службе актуальную информацию о состоянии посе-

вов посредством автоматизированного мониторинга полей с использованием БПЛА и ML-моделей. Дроны автоматически делают снимки, которые анализируются нейросетями для распознавания культур, их фенофаз, сорняков и болезней. Агрономы получают детализированную картину по каждому полю и автоматические рекомендации по обработкам, что позволяет одному специалисту эффективно контролировать тысячи гектаров. Также система предоставляет метеоданные и инструменты для картирования сорняков на полях с целью оптимизации внесения удобрений [9].

Продукты компании «ГеомирАгро» используются в сотнях хозяйств в России и за рубежом – от небольших, площадью 3-10 тыс. га, до крупнейших агрохолдингов. Экономический эффект зависит от уровня цифровизации. Например, интеллектуальный скаутинг может сэкономить до тысячи рублей на гектар за счет точного расхода химикатов.

Оптимизация маршрутов техники позволяет сэкономить 3-5 % топлива. Внедрение базового функционала повышает эффективность и открывает доступ к более продвинутым инструментам, что увеличивает экономический эффект. Одна из ключевых особенностей платформы «История Поля» – наличие целого набора передовых моделей ИИ и алгоритмов, разработанных специально для решения реальных задач агрономов и агропредприятий.

Прорывным направлением использования ИИ является цифровое фенотипирование – автоматизированный сбор и анализ данных о растениях, позволяющий выявлять адаптивные признаки культур к стрессам, оптимизировать селекцию и управлять ресурсами. В этом контексте платформа StatFaRmer, разработанная коллективом Всероссийского НИИ сельскохозяйственной биотехнологии, представляет собой инновационное решение, объединяющее методы ИИ, машинного обучения и Big Data для анализа временных рядов в агробиологических исследованиях. StatFaRmer использует элементы ИИ для решения критических задач:

– прогностическая аналитика: алгоритмы выявляют связи между условиями среды (засоление, дефицит влаги), генами и продуктивностью растений;

– обработка Big Data: инструмент обрабатывает сотни тысяч измерений на эксперимент, автоматизируя рутинные операции и сокращая время анализа на 40-60 %;

– поддержка принятия решений: визуализация и экспорт результатов в табличных форматах помогают агрономам и селекционерам оптимизировать условия выращивания и выбирать перспективные генотипы.

В ходе экспериментов с 50 сортами сои StatFaRmer выявил, что короткий фотопериод (8 ч света) повышает NDVI на 15 % у стрессоустойчивых сортов, свидетельствуя об их адаптивности к изменению климата [9].

«Смарт Технологии Инвест» внедряет цифровую систему управления свиноводством «Пульс. ЦСС». Одним из ключевых элементов системы является мобильное приложение, которое позволяет сотрудникам ферм оперативно вводить данные о животных, кормлении, ветеринарных процедурах, а также отслеживать показатели в реальном времени. Использование RFID-меток и QR-кодов минимизирует ошибки при идентификации животных и существенно ускоряет процесс регистрации данных. Вся информация синхронизируется с центральной системой, что позволяет получать аналитические отчеты в режиме реального времени.

В результате внедрения системы «Пульс. ЦСС» крупнейшие холдинги начали отказываться от иностранных решений и переходить на отечественный продукт. Клиенты, воспользовавшиеся данной системой, улучшили ключевые показатели на 1-5 %, что подтверждает правильность подхода, основанного на цифровой трансформации [20].

Компания ПЛИНОР разработала инновационное решение – платформу МОЛОКО 2.0, которая меняет подход к управлению молочным производством. МОЛОКО 2.0 – цифровая платформа, которая интегрируется с оборудованием фермы и позволяет контролировать все ключевые процессы в режиме реального времени. Ключевой функционал системы:

– мониторинг состояния животных: контроль репродуктивного цикла, лактации, здоровья;

– автоматический сбор данных с доильных систем и датчиков – исключает человеческий фактор и ошибки учета;

– гибкое планирование и контроль задач – удобный календарь с напоминаниями для персонала;

– полная интеграция с 1С, SAP и другими ERP-системами – упрощает учет и документооборот;

– аналитика в режиме реального времени – позволяет формировать отчеты без ручного ввода данных.

Результаты внедрения платформы МОЛОКО 2.0:

– точный контроль запуска позволил снизить потери удоя с 40 % до 5 %, что увеличило доходность фермы;

– общий надой в хозяйстве увеличился на 15-20 % благодаря правильному управлению стадом;

– затраты на ветеринарное обслуживание сократились на 10-15 % за счет снижения случаев болезней, связанных с ошибками в запуске;

– автоматизация процессов снизила нагрузку на персонал на 30 %, оптимизировав работу фермы.

Российская компания Cognitive Pilot является ведущим мировым разработчиком систем автономного управления сельхозтехникой на базе ИИ. Компания производит систему автопилотирования для тракторов, комбайнов и других видов техники Cognitive Agro Pilot. Система позволяет механизатору доверить самый трудоемкий процесс – управление движением – роботу-помощнику, при этом самому сконцентрироваться на контроле качества выполнений сельхозопераций.

Использование ИИ позволяет Cognitive Agro Pilot работать в зонах со слабым GPS-сигналом или наличия средств РЭБ, например, в областях, близких к проведению СВО. Система работает в ночных условиях, что существенно сокращает общее время проведения работ. Опыт практического использования Cognitive Agro Pilot позволяет утверждать, что система повышает эффективность агрохозяйства до 30-35 % [20].

На основе проведенного исследования были выделены следующие основные технологии ИИ для обеспечения устойчивости сельского хозяйства.

Прогнозная аналитика, направленная на принятие решений на основе данных для прогнозирования спроса и предложения, повышения урожайности и снижения потерь. Когнитивные вычисления в сельском хозяйстве используют предиктивные модели для прогнозирования таких угроз, как засухи или наводнения, которые могут свести на нет сбор урожая, что позволяет фермерам принимать превентивные меры защиты растений для снижения потерь от изменения климата. Аналогичным образом алгоритмы ИИ могут предоставлять ценную информацию о состоянии почвы и скота, а также помогать фермерам в оценке, сортировке и сборе урожая.

ИИ трансформирует управление цепочками поставок, анализируя исторические данные и рыночные тенденции для прогнозирования спроса и оптимизируя уровни запасов для минимизации отходов. Алгоритмы ИИ также способны отслеживать поставки в режиме реального времени, прогнозировать сбои в логистике и планировать своевременную доставку для оптимизации цепочки поставок.

Машинное обучение и анализ больших данных. Алгоритмы машинного обучения обрабатывают массивы данных о почве, погоде, состоянии растений и истории урожайности. На их основе создаются модели, позволяющие прогнози-

ровать оптимальные сроки посева и уборки, определять зоны риска заболеваний и дефицита питательных веществ. Объединяя большие данные с возможностями ИИ и машинного обучения, фермеры могут выявлять вредителей и болезни и реагировать на них целенаправленно и своевременно. Это позволяет минимизировать ненужное использование химикатов, способствует сохранению биоразнообразия и повышает качество сельскохозяйственной продукции, одновременно снижая затраты и уменьшая углеродный след [2].

Каждый день в режиме реального времени генерируются тысячи точек данных о почве, влажности, температуре, использовании воды и т. д. Эти данные собираются с датчиков, спутников и дронов. При использовании алгоритмов ИИ и машинного обучения большие данные предоставляют значимую информацию для оптимизации операций, например: когда следует поливать, сколько удобрений вносить и на какие целевые участки. Собранные данные также могут помочь фермерам в точечном опрыскивании, что помогает им определять и нацеливать пестициды на конкретные участки вместо сплошного опрыскивания. Такая информация критически важна для производителей, поскольку она сводит к минимуму потребность в ненужных затратах.

Интернет вещей (IoT) и сенсорные сети. Умные датчики, размещенные в почве и на растениях, измеряют влажность, температуру, содержание питательных веществ и другие параметры. ИИ системы обрабатывают эти данные в реальном времени, формируя рекомендации по поливу, внесению удобрений и защите от вредителей.

Компьютерное зрение. Нейронные связи выполняют аудит и интерпретацию данных, полученных визуально (видео, фотографии). Технология в сельском хозяйстве может быть задействована для оценки состояния растений, выявления вредителей, заболеваний, подсчета поголовья скота, мониторинга урожая.

«Обработка естественного языка (NLP). Нейронные технологии понимают человеческую речь, умеют ее обрабатывать. В контексте сельского хозяйства NLP применяется для анализа данных из отчетов и исторических записей и взаимодействия с фермерами через чат-боты или виртуальных помощников» [10].

Робототехника и автоматизация – автономные технологии для сокращения трудозатрат с целью сокращения нехватки рабочей силы и повышение эффективности. Автономная сельскохозяйственная техника, такая как беспилотные тракторы, роботизированные комбайны, автоматические опрыскиватели, дроны, роботы-посадочные машины и т. д., работает без участия человека. Эти устройства используют машинное зрение и датчики интернета вещей, чтобы выполнять свою работу точнее и быстрее. В результате сбор урожая становится автоматизированным, затраты труда снижаются, а эффективность агробизнеса повышается.

Технология блокчейна на основе ИИ может повысить прозрачность цепочки поставок, предоставляя потребителям подробную информацию о происхождении их продуктов питания. Эта прозрачность поощряет устойчивые практики, поскольку потребители все чаще отдают предпочтение продуктам с низким воздействием на окружающую среду.

Таким образом, использование ИИ в сельском хозяйстве имеет большой потенциал для повышения устойчивости сельскохозяйственной отрасли. Используя ИИ, фермеры могут повысить производительность, оптимизировать управление ресурсами и сократить отходы [13]. Благодаря внедрению технологий ИИ может быть достигнут баланс между методами ведения сельского хозяйства и охраной окружающей среды, что приведет к более устойчивой и эффективной сельскохозяйственной отрасли.

Хотя потенциальные преимущества ИИ в устойчивом сельском хозяйстве достаточно обширны, его внедрение связано с рядом проблем. В частности, высо-

кие первоначальные затраты на внедрение технологий и инфраструктуры ИИ могут стать серьезным препятствием, особенно для небольших предприятий с ограниченными финансовыми ресурсами. Нехватка квалифицированной рабочей силы, владеющей ИИ и аналитикой данных, создает проблему для эффективного использования инструментов ИИ и извлечения значимой информации из сельскохозяйственных данных. Кроме того, опасения по поводу конфиденциальности и безопасности данных могут ограничить желание фермеров делиться своими данными с системами ИИ. Наконец, сложность интеграции технологий ИИ в существующие методы ведения сельского хозяйства и потенциальное сопротивление изменениям внутри сельскохозяйственного сообщества могут препятствовать широкому внедрению ИИ в сельском хозяйстве.

Несмотря на указанные проблемы и ограничения, необходимо отметить, что полная цифровизация агропредприятий на базе ИИ будет способствовать дальнейшему повышению устойчивости и эффективности методов ведения аграрного бизнеса. Для нивелирования данных препятствий необходимы согласованные усилия различных заинтересованных сторон, в том числе государственных органов, технологических компаний, научного и фермерского сообщества.

Заключение

Проведенное исследование показало, что ИИ, интернет вещей (IoT), компьютерное зрение, робототехника, нейросети, спутниковый мониторинг, большие данные и блокчейн уже сегодня меняют подходы к управлению агробизнесом, позволяя фермерам принимать более обоснованные решения, повышать устойчивость и эффективность современного сельского хозяйства. Внедрение ИИ в сельском хозяйстве приносит пользу не только окружающей среде, но и экономическому аспекту сельского хозяйства. Оптимизируя использование ресурсов и сводя к минимуму потери урожая, фермеры могут добиться более высоких урожаев, снизить производственные затраты и повысить общую прибыльность. Российский АПК демонстрирует активное внедрение передовых цифровых решений, что подтверждается успешными проектами в области точного земледелия, умных ферм и цифровых платформ для управления цепочками поставок. Вместе с тем для достижения устойчивого и технологически суверенного аграрного бизнеса необходимо продолжать развивать цифровую инфраструктуру, стимулировать инвестиции в инновации и укреплять взаимодействие между государством, технологическими компаниями, сельскохозяйственной отраслью и научным сообществом.

Список литературы

1. AI market size in agriculture, share, trends, and forecast by supply, technology, application, and region for 2025-2033 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.imarcgroup.com/ai-in-agriculture-market.

2. A Smart Agricultural Model by Integrating IoT, Mobile and Cloud-based Big Data Analytics / S. Rajeswari, K. Suthendran, K. Rajakumar // International Journal of Pure and Applied Mathematics. – 2018. – № 118 (8). – P. 365-370. – DOI: 10.1109/I2C2.2017.8321902.

3. *Бабаева, Р.* Аграрии будущего: как «цифра» изменит сельское хозяйство. [Электронный ресурс]. – URL: https://trends.rbc.ru/trends/industry/cmrm/6579a6d59a7947010b869cb6?from=copy.

4. Беспилотные авиационные системы в агросекторе России [Электронный ресурс]. – URL: https://obzoragrodronov.ru/chapter%205.

5. *Долбунова, Е.* Агродроны облетают российские поля. Как БПЛА помогают сельхозпредприятиям экономить [Электронный ресурс]. – URL: https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/43094-agrodrony-obletayut-rossiyskie-polya-kak-bpla-pomogayut-selkhozpredpriyatiyam-ekonomit.

6. Дроны – ключ к новой эре сельского хозяйства? [Электронный ресурс]. – URL: https://sdexpert.ru/news/project/drony-klyuch-k-novoy-ere-selskogo-khozyaystva.

7. *Иванченко, О. В.* Технологии искусственного интеллекта в управлении сельским хозяйством // Эффективные системы менеджмента: качество и цифровая трансформация : материалы VIII Международного научно-практического форума. – Казань: Познание, 2019. – С.127-131.

8. ИИ наступает: что ждет российский агротех [Электронный ресурс]. – URL: https://cognitivepilot.com/cognitive-news/news/ii-nastupaet-chto-zhdet-rossiyskiy-agrotekh.

9. Информационный бюллетень Технологического лидерства. Направление «Агропромышленный комплекс» [Электронный ресурс]. – URL: https://files.data-economy.ru/Docs/Info_TechLead__APK.pdf.

10. Искусственный интеллект в сельском хозяйстве: цифровое будущее ферм [Электронный ресурс]. – URL: https://bizonagro.com/blog/iskusstvennyy-intellekt-v-selskom-khozyaystve-tsifrovoe-budushchee-ferm.

11. Как правительство поддерживает внедрение искусственного интеллекта. [Электронный ресурс]. – URL: https://digitaldeveloper.ru/blog/tpost/7kgtyxafr1-kak-gosudarstvo-podderzhivaet-vnedrenie.

12. *Кузнецова, А. В.* Цифровизация агропромышленного комплекса на территории Алтайского края // Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2. – С. 71-75.

13. *Миргородская, О. Н., Иванченко, О. В.* Технологии искусственного интеллекта в управлении устойчивым развитием сельского хозяйства // Цифровой регион: опыт, компетенции, проекты : сборник статей VI Международной научно-практической конференции, Брянск, 16-17 мая 2024 г. – Брянск, 2024. – С. 464-468.

14. *Михайлова, А., Нараева, А.* Через 2-3 года полностью беспилотные трактора станут массовыми [Электронный ресурс]. – URL: https://www.vedomosti.ru/technologies/trendsrub/articles/2024/05/16/1037465-bespilotnie.

15. *Овсянникова, А. В.* Умное поле: как искусственный интеллект и дроны меняют сельское хозяйство [Электронный ресурс]. – URL: https://www.vedomosti.ru/press_releases/2025/07/25/umnoe-pole-kak-iskusstvennii-intellekt-i-droni-menyayut-selskoe-hozyaistvo.

16. Российские роботракторы с ИИ готовы бороздить просторы [Электронный ресурс]. – URL: https://cognitivepilot.com/cognitive-news/news/rossijskie-robotraktory-s-ii-gotovy-borozdit-prostory.

17. Свобода от рутины: как внедрение ИИ меняет российский АПК [Электронный ресурс]. – URL: https://itrussia.media/ru/article/svoboda-ot-rutiny-kak-vnedrenie-ii-menyaet-rossiyskiy-apk.

18. Тракторы с ИИ обработали за первый год применения в России более 2,3 млн га земли [Электронный ресурс]. – URL: https://cognitivepilot.com/cognitive-news/blog/traktory-s-ii-obrabotali-za-pervyy-god-primeneniya-v-rossii-bolee-2-3-mln-ga-zemli.

19. Умные фермы: как искусственный интеллект меняет сельское хозяйство [Электронный ресурс]. – URL: https://www.rbc.ru/technology_and_media/14/06/2023/64802aae9a7947c6121756b7.

20. Эффективные отечественные практики на основе технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. – URL: http://tinyurl.com/32sbhpcw.

References

1. AI market size in agriculture, share, trends, and forecast by supply, technology, application, and region for 2025-2033 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.imarcgroup.com/ai-in-agriculture-market.

2. A Smart Agricultural Model by Integrating IoT, Mobile and Cloud-based Big Data Analytics / S. Rajeswari, K. Suthendran, K. Rajakumar // International Jour-

nal of Pure and Applied Mathematics. – 2018. – № 118 (8). – P. 365-370. – DOI: 10.1109/I2C2.2017.8321902.

3. *Babayeva, R.* Agrarians of the future: how the «digit» will change agriculture. [Electronic resource]. – URL: https://trends.rbc.ru/trends/industry/cmrm/6579a6d59a7947010b869cb6?from=copy.

4. Unmanned aircraft systems in the agricultural sector of Russia [Electronic resource]. – URL: https://obzoragrodronov.ru/chapter%205.

5. *Dolbunova, E.* Agrodrones fly around Russian fields. How UAVs help agricultural enterprises save money [Electronic resource]. – URL: https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/43094-agrodrony-obletayut-rossiyskie-polya-kak-bpla-pomogayut-selkhozpredpriyatiyam-ekonomit.

6. Are drones the key to a new era of agriculture? [Electronic resource]. – URL: https://sdexpert.ru/news/project/drony-klyuch-k-novoy-ere-selskogo-khozyaystva.

7. *Ivanchenko, O.* Artificial intelligence technologies in agricultural management // Effective management systems: quality and digital transformation : proceedings of VIII International scientific-practical forum. – Kazan: Cognition, 2019. – P. 127-131.

8. AI is coming: what awaits the Russian agrotech [Electronic resource]. – URL: https://cognitivepilot.com/cognitive-news/news/ii-nastupaet-chto-zhdet-rossiyskiy-agrotekh.

9. Technology Leadership Newsletter. The agro-industrial complex direction [Electronic resource]. – URL: https://files.data-economy.ru/Docs/Info_TechLead APK.pdf.

10. Artificial intelligence in agriculture: the digital future of farms [Electronic resource]. – URL: https://bizonagro.com/blog/iskusstvennyy-intellekt-v-selskom-khozyaystve-tsifrovoe-budushchee-ferm.

11. How the government supports the introduction of artificial intelligence [Electronic resource]. – URL: https://digitaldeveloper.ru/blog/tpost/7kgtyxafr1-kak-gosudarstvo-podderzhivaet-vnedrenie.

12. *Kuznetsova, A.* Digitalization of agro-industrial complex in Altai Territory // Bulletin of Youth Science of Altai State Agrarian University. – 2023. – № 2. – P. 71-75.

13. *Mirgorodskaya, O., Ivanchenko, O.* Artificial intelligence technologies in the management of sustainable agricultural development // Digital region: experience, competencies, projects : collection of articles of VI International scientific-practical conference, Bryansk, May 16-17, 2024. – Bryansk, 2024. – P. 464-468.

14. *Mikhailova, A., Naraeva, A.* In 2-3 years fully unmanned tractors will become mass [Electronic resource]. – URL: https://www.vedomosti.ru/technologies/trendsrub/articles/2024/05/16/1037465-bespilotnie.

15. *Ovsyannikova, A.* Smart field: how artificial intelligence and drones are changing agriculture. [Electronic resource]. – URL: https://www.vedomosti.ru/press_releases/2025/07/25/umnoe-pole-kak-iskusstvennii-intellekt-i-droni-menyayut-selskoe-hozyaistvo.

16. Russian AI robots are ready to explore the open spaces [Electronic resource]. – URL: https://cognitivepilot.com/cognitive-news/news/rossijskie-robotraktory-s-ii-gotovy-borozdit-prostory.

17. Freedom from routine: how the introduction of AI is changing the Russian agro-industrial complex [Electronic resource]. – URL: https://itrussia.media/ru/article/svoboda-ot-rutiny-kak-vnedrenie-ii-menyaet-rossiyskiy-apk.

18. Tractors with AI have processed more than 2.3 million hectares of land in Russia in the first year of their use [Electronic resource]. – URL: https://cognitivepilot.com/cognitive-news/blog/traktory-s-ii-obrabotali-za-pervyy-god-primeneniya-v-rossii-bolee-2-3-mln-ga-zemli.

19. Smart farms: how artificial intelligence is changing agriculture [Electronic resource]. – URL: https://www.rbc.ru/technology_and_media/14/06/2023/64802aae9a7947c6121756b7.

20. Effective domestic practices based on artificial intelligence technologies in agriculture [Electronic resource]. – URL: http://tinyurl.com/32sbhpcw.

Об авторах:

***Миргородская Ольга Николаевна**, кандидат экономических наук, доцент кафедры маркетинга и рекламы Ростовского государственного экономического университета (РИНХ), Ростов-на-Дону, Россия, olyana_mon@mail.ru*

***Иванченко Олеся Валерьевна,** кандидат экономических наук, доцент кафедры маркетинга и рекламы Ростовского государственного экономического университета (РИНХ), Ростов-на-Дону, Россия, iovkmr@mail.ru*

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

About the Authors:

***Olga Mirgorodskaya,** Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor of the Department of Marketing and Advertising, Rostov State University of Economics, Rostov-on-Don, Russia, olyana_mon@mail.ru*

***Olesya Ivanchenko,** Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor of the Department of Marketing and Advertising, Rostov State University of Economics, Rostov-on-Don, Russia, iovkmr@mail.ru*

Conflict of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)