

Березина Наталья Александровна
Орловский государственный аграрный университет,
Проректор по научной и инновационной деятельности,
д.т.н, профессор, г. Орел

**ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ.
СОСТОЯНИЕ ДЕЛ, ТРЕНДЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ**

В статье представлен обзор текущего состояния и перспектив развития применения искусственного интеллекта (ИИ) в сельском хозяйстве. Выявлены базовые задачи и направления деятельности, в которых применение ИИ позволит повысить эффективность производительности производства. Сформулирован перечень ограничений и сложностей применения ИИ, разрешение которых позволит повысить внедряемость и применимость таких систем в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: искусственный интеллект, инновационное сельское хозяйство, машинное обучение, машинное зрение, робототехника.

Berezina Natalia Aleksandrovna
Oryol State Agrarian University,
Vice-Rector for Scientific and Innovative Activities,
Dr. of Engineering, Professor, Oryol

**APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN
AGRICULTURE. STATUS, TRENDS, PROSPECTS**

This article presents an overview of the current state and prospects for the application of artificial intelligence (AI) in agriculture. It identifies key challenges and areas where AI can improve production efficiency. It also identifies limitations and challenges associated with AI application, the resolution of which will improve the adoption and applicability of such systems in agriculture.

Keywords: artificial intelligence, innovative agriculture, machine learning, machine vision, robotics.

Современное сельское хозяйство (область деятельности человека объединяющее агрономию, зоотехнику, ветеринарию, почвоведение, агроинженерию, экономику сельского хозяйства и ряд других направлений) также как и все общество активно использует достижения прогресса в своей

деятельности. Внедрение новых технологий в аграрный сектор связано с базовыми вызовами, с которыми сталкивается человечество:

- рост численности населения требует увеличения производства продовольствия и других сопутствующих товаров;

- изменение климата – опустынивание, обезвоживание или избыточная влажность требует изменения и учета этих факторов в деятельности;

- сокращение кадров в сельском хозяйстве.

С целью повышения производительности производства, снижения рисков стихийных бедствий, санитарно-эпидемиологических факторов активно применяют средства на основе искусственного интеллекта.

Так, активно внедряются: технологии беспилотной авиации (БПЛА), позволяющие осуществлять контроль состояния полей и садов, наличие признаков болезней, вредителей, сорных растений и др.; применение смарт устройств и чипов, позволяет осуществлять контроль территориального нахождения и состояния здоровья животных и рыб; технологии интернет вещей (IoT) для обеспечения передачи данных в реальном времени о состоянии влажности и химическом составе почвы и воздуха (применимо для теплиц, коровников и др. ограниченных и замкнутых мест).

Все это требует как наличие хорошо развитой телекоммуникационной инфраструктуры, наличие вычислительных мощностей и применения новых технологий обработки данных получаемых в реальном времени.

Отдельным направлением аграрной науки, в которой необходимы инструменты применяющие инструменты машинного обучения являются проводимые исследования, направленные на разработку новых сельскохозяйственных культур и животноводства.

Тренды применения ИИ в сельском хозяйстве:

Мониторинг и диагностика состояния посевов

Применение БПЛА обладающих функциями съемки в высоком качестве, позволяет на основе применения методов машинного зрения выявлять

распространение болезней и вредителей на ранних стадиях, что позволяет повысить своевременность реагирования и снижает убытки.

В качестве инструмента обработки изображения успешно применяют сверточные нейронные сети (CNN, например, AlexNet, GoogLeNet).

Известные CNN способны распознать (с точностью около 99 %) широкий перечень заболеваний сельскохозяйственных культур по фотографиям листьев (например, <http://pdd.jinr.ru/>). Указанное значение соответствует лабораторным испытаниям, в полевых испытаниях значения точности ниже, однако это не снижает востребованности данного подхода в сельском хозяйстве, а требует дальнейшего исследования.

Так же БПЛА с машинным зрением, позволяют оценивать объем сорных растений в полях. Автоматическое различение культурных растений и сорняков с помощью компьютерного зрения позволяет перейти к точечному (site-specific) применению гербицидов. Точность обнаружения составляет около 95 % для восьми видов сорняков [1, 2].

В качестве еще одного направления применения летательных объектов является оценка состояния посевов по данным дистанционного зондирования. С использованием спутников данные (например, Sentinel-2) и данных от БПЛА рассчитывают вегетационные индексы (NDVI, EVI, LAI), по которым модели ИИ оценивают биомассу, состояние здоровья, стрессовые факторы, стадию развития растений [2-4]. Например, компания Planet Labs предоставляет ежедневные спутниковые снимки всей поверхности Земли с разрешением 3-5 метров, которые анализируются с помощью ИИ для мониторинга сельскохозяйственных угодий.

Прогнозирование урожайности

Прогнозирование урожайности – критически важная задача для планирования производства, логистики, ценообразования и продовольственной политики. Традиционные агрометеорологические модели (например, DSSAT, (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) – пакет моделей роста и развития сельскохозяйственных культур) основаны на физиологических

процессах и требуют большого количества входных параметров. Модели ИИ дополняют и улучшают традиционные подходы. Так применение ансамблей моделей машинного обучения (Random Forest, Gradient Boosting,) превосходят классические модели по точности прогноза урожайности кукурузы и сои [5].

Использование сверточных LSTM-сетей для прогнозирования урожайности на основе спутниковых данных и метеорологических наблюдений, интегрируя пространственные и временные зависимости.

Управление ирригацией и водными ресурсами

Орошаемое земледелие потребляет около 70% мирового забора пресной воды. ИИ оптимизирует ирригацию, определяя оптимальное время, объем и распределение полива. Системы на основе ИИ интегрируют данные датчиков влажности почвы, метеоданные, спутниковые снимки, прогнозы погоды и модели эвапотранспирации для расчета водного баланса в реальном времени. ИИ-управляемая ирригация сокращает расход воды на 20-30 % при сохранении урожайности. В качестве инструмента динамического управления ирригацией в условиях неопределенности применяют обучение с подкреплением (модель обучается оптимальной стратегии полива, балансируя между экономией воды и рисками снижения урожайности) [6].

Автономная сельскохозяйственная техника и робототехника

Одним из самых распространенных направлений применения ИИ в сельском хозяйстве является разработка автономных сельскохозяйственных машин и роботов:

Автономные тракторы. Компании John Deere, CNH Industrial, AGCO разрабатывают полностью автономные тракторы, использующие компьютерное зрение, LIDAR и GPS для навигации по полю, обхода препятствий и выполнения агротехнических операций без оператора. В 2022 году John Deere представил серийный автономный трактор 8R с системой TruePath [7].

Роботы для прополки. Роботы (FarmWise, Carbon Robotics) используют компьютерное зрение для идентификации сорняков и их механического или лазерного уничтожения без применения гербицидов [7].

Роботы для уборки урожая. Уборка деликатных культур (ягоды, фрукты, овощи) – трудоемкая операция, требующая ручного труда. Роботы с компьютерным зрением и мягкими манипуляторами (Octinion, Dogtooth Technologies, Abundant Robotics) обучаются определять зрелость плодов и аккуратно собирать урожай [8].

Роботизированное доение. Роботы-доильщики компаний Lely Astronaut, DeLaval VMS используют компьютерное зрение и машинное обучение для автоматического присоединения доильных стаканов, контроля качества молока, обнаружения мастита [9].

Животноводство

Системы компьютерного зрения и сенсоры (акселерометры, GPS-трекеры, датчики руминации) отслеживают двигательную активность, пищевое поведение, социальные взаимодействия животных с целью мониторинга здоровья и поведения животных. Модели ИИ обнаруживают ранние признаки заболеваний (хромота, мастит, респираторные инфекции), эструс, стресс задолго до появления клинических симптомов [10].

Прогнозирование продуктивности. Модели машинного обучения прогнозируют молочную продуктивность коров, привесы, конверсию корма на основе генетических, кормовых и средовых факторов [11].

Управление кормлением. ИИ-системы оптимизируют рационы кормления, балансируя между стоимостью кормов, продуктивностью и здоровьем животных. Системы автоматического кормления (DeLaval, Lely, GEA) адаптируют рацион индивидуально для каждого животного [12].

Мировой опыт (ключевые проекты)

John Deere – крупнейший мировой производитель сельхозтехники, инвестировавший свыше 1 миллиарда долларов в технологии ИИ. Приобретение Blue River Technology (2017), система See&Spray, автономные тракторы.

Climate Corporation (Bayer) – платформа Climate FieldView, использующая ИИ для управления полями, оптимизации посева и внесения удобрений.

Indigo Agriculture – применение ИИ и микробиологии для повышения устойчивости культур.

BASF Digital Farming (xarvio) – платформа xarvio FIELD MANAGER для мониторинга посевов и рекомендаций по защите растений на основе ИИ.

Проект MARS (Mobile Agricultural Robot Swarms) (Европа) – рой мобильных роботов для точного посева, разработка Fendt/AGCO.

Alibaba ET Agricultural Brain – платформа ИИ для свиноводства (распознавание животных, мониторинг здоровья) и растениеводства.

Pinduoduo Smart Agriculture Competition – соревнования по выращиванию клубники с помощью ИИ, где ИИ-команды превзошли опытных фермеров по урожайности.

Phytech – ИИ-платформа для управления ирригацией на основе данных сенсоров растений.

Применение ИИ в сельском хозяйстве России

Текущее состояние

Россия обладает значительным потенциалом для применения ИИ в сельском хозяйстве: 197 миллионов гектаров сельскохозяйственных угодий (крупнейшая площадь в мире), развитая система аграрного образования и науки, растущий уровень цифровизации [13].

Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года предусматривает цифровую трансформацию отрасли. Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» включает направление цифровизации сельского хозяйства.

Российские компании и проекты

– Cognitive Pilot (дочерняя компания Сбера и Cognitive Technologies) – системы автопилотирования для комбайнов и тракторов, работающие на основе компьютерного зрения и ИИ. Установлены на более чем 3000 машин.

– «Геомир» – спутниковый мониторинг сельскохозяйственных угодий.

– «АгроСигнал» – платформа мониторинга и управления сельхозпроизводством.

– ExactFarming – платформа точного земледелия.

– SmartAgro (МТС) – IoT-платформа для сельского хозяйства.

Ограничения и сложности внедрения ИИ в сельском хозяйстве

Качество и доступность данных – сельское хозяйство характеризуется высокой пространственной и временной вариабельностью: каждое поле уникально, условия меняются год от года. Качественные размеченные датасеты для обучения моделей (ground truth) дороги и трудоемки в создании. Многие разработки выполнены на ограниченных датасетах, не отражающих реальное разнообразие условий.

Перенос моделей между условиями – модели, обученные в одних агроклиматических условиях, часто плохо работают в других (проблема domain shift). Модель, обученная распознавать болезни пшеницы в Канаде, может быть неэффективна в условиях Краснодарского края из-за различий в сортах, климате, фоне освещения.

Инфраструктурные ограничения – сельские районы во многих странах, включая Россию, характеризуются ограниченным доступом к интернету, электроэнергии, квалифицированным кадрам. Это создает барьеры для внедрения ИИ-технологий, требующих подключения к облачным сервисам и технической поддержки.

Экономические барьеры – высокая стоимость внедрения (датчики, дроны, программное обеспечение, обучение персонала), длительный срок окупаемости и неопределенность экономического эффекта сдерживают внедрение, особенно в малых и средних хозяйствах.

Перспективы развития

Цифровые двойники ферм – концепция «цифрового двойника» (digital twin) – виртуальной модели фермы, интегрирующей данные о почвах, климате, культурах, технике, экономике и позволяющей моделировать сценарии

и оптимизировать решения. ИИ является вычислительным ядром цифровых двойников.

Рой роботов и мультиагентные системы – Переход от крупногабаритной техники к роям мелких автономных роботов, способных совместно выполнять задачи (посев, прополка, уборка) с минимальным воздействием на почву. Мультиагентные системы на основе ИИ координируют действия роботов.

Вертикальное земледелие и контролируемые среды – ИИ управляет всеми параметрами среды (свет, температура, влажность, CO₂, питание) в вертикальных фермах и теплицах, максимизируя продуктивность при минимальных ресурсах. Компании Plenty, AeroFarms, AppHarvest используют ИИ для оптимизации выращивания.

Интеграция ИИ с биотехнологиями – конвергенция ИИ, геномного редактирования (CRISPR), синтетической биологии и высокопроизводительного фенотипирования ускоряет создание новых сортов и пород с заданными характеристиками: устойчивость к засухе, болезням, повышенная продуктивность, улучшенные питательные свойства.

Заключение

Искусственный интеллект трансформирует сельское хозяйство и аграрную науку, предлагая решения для ключевых глобальных вызовов: обеспечение продовольственной безопасности растущего населения, адаптация к изменению климата, устойчивое использование природных ресурсов, компенсация дефицита кадров.

Применение ИИ охватывает все этапы сельскохозяйственного производства: от селекции и посева до уборки, хранения и доставки потребителю. Компьютерное зрение диагностирует болезни растений, модели машинного обучения прогнозируют урожайность, нейронные сети оптимизируют ирригацию и питание растений, автономные роботы выполняют полевые операции, большие языковые модели консультируют фермеров и анализируют научную литературу.

В аграрной науке ИИ ускоряет селекцию (геномное прогнозирование), автоматизирует фенотипирование, моделирует агроэкосистемы, обрабатывает экспериментальные данные, создает цифровые карты почв и открывает новые закономерности в сложных биологических системах.

Вместе с тем внедрение ИИ в аграрный сектор сталкивается с объективными ограничениями: недостаток качественных данных, проблемы переноса моделей между условиями, инфраструктурные и экономические барьеры, вопросы интерпретируемости и доверия пользователей. Преодоление этих ограничений требует скоординированных усилий научного сообщества, агробизнеса, разработчиков технологий и государственной политики.

Россия, обладая крупнейшими в мире сельскохозяйственными угодьями и сильной школой аграрной науки, имеет значительный потенциал для становления лидером в области ИИ-агротехнологий. Реализация этого потенциала требует инвестиций в инфраструктуру, подготовку кадров на стыке аграрных наук и ИИ, создание открытых датасетов и развитие отечественных ИИ-платформ для сельского хозяйства.

Будущее сельского хозяйства – это симбиоз многовековых агрономических знаний и передовых технологий ИИ, направленный на устойчивое, эффективное и экологически ответственное производство продовольствия для всего человечества.

Список литературы

1. Мониторинг биомассы лука с помощью RGB-изображений, полученных с помощью БПЛА / М. А. Морено, Д. Эрнандес, Х. Ортега, Р. Бальестерос // *Precis. Agric.* – 2018. – Т. 19. – С. 840-857. – DOI: 10.1007/s11119-018-9560-y.

2. Анализ урожайности и внесения удобрений в посевы ячменя по снимкам с беспилотных летательных аппаратов: подход на основе глубокого обучения / Р. Васкес, Х. Де Ла Кальеха, А. Моралес-Рейес, М. Хименес-Лисаррага, С. Родригес-Санчес, Х. Дж. Эскаланте // *Int. J. Remote Sens.* – 2019. – Т. 40. – С. 2493-2516. – DOI: 10.1080/01431161.2019.1577571.

3. Воздушная гиперспектральная и тепловизионная съёмка с высоким разрешением для раннего выявления вертициллёзного увядания оливковых деревьев с использованием флуоресцентных, температурных и узкополосных спектральных индексов / П. Дж.

Зарко-Техада, К. Лусена, Дж. А. Навас-Кортес, Р. Кальдерон // *Remote Sens. Environ.* – 2013. – Т. 139. – С. 231–245. – DOI: 10.1016/j.rse.2013.07.031.

4. Сегментация изображений для обнаружения плодов и оценки урожайности в яблоневых садах / Дж. П. Андервуд, С. Барготи // *J. Field Robot.* – 2017. – Т. 34. – С. 1039-1060. – DOI: 10.1002/rob.21699.

5. A fuzzy-optimized hybrid ensemble model for yield prediction in maize-soybean intercropping system / А. Ikram, S. Ikram, E.-S. M. El-kenawy, A. Hussain, A. H. Alharbi, M. M. Eid // *Front. Plant Sci.* – 2025. – Sec. Technical Advances in Plant Science. – Vol. 16. – URL: (дата обращения: 26.02.2026).

6. Медведев, М. А. Применение искусственного интеллекта в сельском хозяйстве / М. А. Медведев, В. М. Чайковский // *Инжиниринг и технологии.* – 2023. – Т. 8, № 2. – С. 1–4. – DOI: 10.21685/2587-7704-2023-8-2-9.

7. Тракторный прорыв: первый беспилотник от John Deere выходит в поля // *Своё фермерство.* – URL: (дата обращения: 26.02.2026).

8. 12 революционных роботов в сельском хозяйстве // *Своё фермерство.* – URL: (дата обращения: [вставьте дату 26.02.2026]).

9. Дояр, пастух, уборщик и раздатчик кормов: роботы в животноводстве // *Своё фермерство.* – URL: (дата обращения: 26.02.2026).

10. Искусственный интеллект в ветеринарии // *Биомолекула.* — URL: (дата обращения: [вставьте дату]).

11. A review of machine learning models applied to genomic prediction in animal breeding / N. Chafai, I. Hayah, I. Houaga, B. Badaoui // *Sec. Livestock Genomics.* – 2023. – Vol. 14. – URL: (дата обращения: 26.02.2026).

12. Умные фермы: роль ИИ в мониторинге здоровья сельскохозяйственных животных // *Ведомости.* – 2025. – 19 ноября. – URL: (дата обращения: 26.02.2026).

13. Роль цифровизации в повышении производительности АПК обсудили на пленарном заседании «Золотой осени» // *Официальный сайт Министерства сельского хозяйства РФ.* – URL: (дата обращения: 26.02.2026).