

*А. Т. Байшуаков<sup>1,2✉</sup>, Е. Н. Кулик<sup>1</sup>*

## **Применение технологий искусственного интеллекта при выявлении болезней сельскохозяйственных посевов по материалам съемки**

<sup>1</sup>Сибирский государственный университет геосистем и технологий,

г. Новосибирск, Российская Федерация

<sup>2</sup>Новосибирский филиал ФГБУ «РосАгрохимслужба»,

п. Мичуринский, Новосибирская область, Российская Федерация

e-mail: arslan.bayschuakov@mail.ru

**Аннотация.** В условиях глобальных климатических/природных изменений и увеличения потребности в продовольствии, эффективное управление сельскохозяйственными ресурсами становится важнейшей задачей для агропромышленного сектора страны. Передовые технологии, в частности искусственный интеллект (ИИ), находят свое широкое применение в различных областях, включая сельское хозяйство. В статье рассматривается применение технологий ИИ для диагностики болезней посевов сельскохозяйственных культур с использованием данных, полученных с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). В рамках исследования был проведен библиометрический анализ, нацеленный на выявление основных направлений, тенденций и ключевых публикаций в области применения искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Анализ охватывает широкий спектр публикаций, включая научные статьи и материалы конференций, что позволяет сформировать объективное представление о развитии данной области. В статье также рассматриваются примеры применения ИИ и доступные инструменты, способствующие внедрению технологий точного земледелия на сельскохозяйственных предприятиях и фермерских хозяйствах. Приводится опыт успешного использования ИИ для прогнозирования распространения заболеваний, оптимизации внесения удобрений и средств защиты растений, а также для повышения общей эффективности управления сельскохозяйственными ресурсами.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, БПЛА, сельскохозяйственные культуры

*А. Т. Bayshuakov<sup>1,2✉</sup>, E. N. Kulik<sup>1</sup>*

## **Application of artificial intelligence in identifying diseases of agricultural crops based on survey data**

<sup>1</sup>Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation,

<sup>2</sup>Novosibirsk Branch FSBI «RosAgrokhimsluzhba»,

Michurinsky, Novosibirsk region, Russian Federation

e-mail: arslan.bayschuakov@mail.ru

**Abstract.** In the context of global climatic/natural changes and increasing food demand, effective management of agricultural resources is becoming an essential task for the country's agro-industrial sector. Advanced technologies, in particular artificial intelligence (AI), are widely used in various fields, including agriculture. The article discusses the use of artificial intelligence technologies for the diagnosis of crop diseases using data obtained from unmanned aerial vehicles (UAVs). As part of the study, a bibliometric analysis was conducted aimed at identifying the main directions, trends and key publications in the field of artificial intelligence in agriculture. The analysis covers a wide range

of publications, including scientific articles and conference proceedings, which allows to form an objective view of the progress of this field. The article also examines examples of AI applications and available tools that facilitate the introduction of precision farming technologies in agricultural enterprises and farms. Experience of successful use of AI for predicting the spread of diseases, optimizing the application of fertilizers and plant protection products, as well as for improving the overall efficiency of agricultural resource management are given.

**Keywords:** artificial intelligence, UAVs, agricultural crops

### *Введение*

Современное сельское хозяйство активно преобразуется благодаря цифровым технологиям, и искусственный интеллект, анализирующий геопространственные данные, позволяет значительно повысить эффективность и точность сельскохозяйственных процессов. Интеграция технологий ИИ в агропромышленный комплекс (АПК) – это не только перспективное направление в будущем, но и реальность нынешнего времени, активно поддерживаемая в России на федеральном уровне. Искусственный интеллект становится мощным инструментом, способным оптимизировать процессы, предлагать методы для снижения риска низкой урожайности сельскохозяйственных посевов, повышать эффективность затрат и обеспечивать устойчивое развитие сельскохозяйственной отрасли.

Современные технологии, включая компьютерное зрение, аэрофотосъемку и дистанционное управление техникой, всё чаще применяются в сельском хозяйстве – независимо от масштабов предприятия.

БПЛА, оснащенные мультиспектральными и гиперспектральными камерами, датчиками, используются в сельскохозяйственных предприятиях, позволяя собирать большие объемы данных о состоянии сельскохозяйственных угодий. Здесь находят свое применение алгоритмы ИИ, способные в автоматическом режиме обрабатывать, интерпретировать данные и принимать решения, которые по скорости и точности превосходят традиционные методы сельскохозяйственного мониторинга. Это позволяет оптимизировать использование таких ресурсов, как вода, удобрения и пестициды.

Целью данной работы является исследование возможностей применения ИИ для управления и автоматизации работы БПЛА и их бортового оборудования в решении сельскохозяйственных задач, в числе которых мониторинг состояния растительности для выявления болезней и вредителей посевов сельскохозяйственных культур.

### *Методология и методы*

В последнее время ИИ активно применяется в различных сферах жизнедеятельности общества [18]. Однако, понятие ИИ представляет собой еще не до конца изученную систему, и имеет разные определения, выдвинутые учеными разных специальностей. Согласно исследованиям авторов [2, 3, 25], проведенным на основе анализа более 70 определений ИИ, данный термин интерпретируется как системы, созданные людьми, способные к решению сложных задач и обработке больших данных.

По мнению авторов [16, 17] ИИ определяется как математическая модель и программное обеспечение, которые по структуре и функционированию подобны биологическим нейронным сетям живых организмов. В научной литературе ИИ [12] определяется как совокупность устройств, способных осуществлять когнитивные процессы, подобные человеческим.

Вопросы внедрения и использования технологий ИИ в сельском хозяйстве рассматривали российские ученые: А. А. Гришин, Л. П. Кормановский, Ю. Ф. Лачуга, Н. М. Морозов, П. А. Суровцев, Р. Р. Хисамов и другие. В процессе данного исследования используется библиометрический метод, который заключается в сборе и систематизации информации о научных работах разных авторов, областью изучения которых является применение ИИ технологий в сельском хозяйстве.

На начальном этапе изучены основные сельскохозяйственные задачи, решаемые с помощью материалов съемок с БПЛА и ИИ [1, 10, 23].

- мониторинг состояния посевов сельскохозяйственных культур;
- обнаружение болезней растений;
- идентификация сорной растительности;
- классификация, определение и подсчет сельскохозяйственных плодов;
- дифференцированное внесение минеральных удобрений;
- точечное распыление пестицидов без ущерба для посевов сельскохозяйственных культур;
- прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур.

В исследованиях авторов [7, 8, 11] современные системы ИИ находят широкое применение в агропромышленном комплексе, обеспечивая поддержку принятия решений по основным аспектам сельского хозяйства. К числу таких решений ИИ относятся: оптимизация водопользования, планирование севооборотов, определение оптимальных сроков посева культур и уборки урожая, мониторинг и управление системами питания растений. Современные технологии с поддержкой ИИ, основанные на алгоритмах машинного обучения, в сочетании с изображениями, полученными со спутников и БПЛА, позволяют прогнозировать метеорологические условия и анализировать устойчивость урожая. Такие технологии способны диагностировать болезни растений, определить патологию, оценить состояние посевов на разных стадиях фенологического развития с учетом агроклиматических параметров [4].

ИИ позволяет обеспечить реализацию методов визуального анализа изображений для идентификации болезней растений и вредителей на них. Обработка и интерпретация данных осуществляется посредством систем компьютерного зрения, основанных на архитектуре искусственных нейронных сетей. Данная технология способна осуществлять раннюю диагностику заболеваний растений и их патогенов, что способствует повышению эффективности системы защиты растений.

В работе [20, 28] авторами рассмотрена практика применения ИИ для целей борьбы с заболеваниями посевов сельскохозяйственных культур. Авторы акцентируют внимание на использование нейронных сетей, которые стали стандартом в классификации и идентификации болезней растений. В основе подхода лежит анализ изображений и текстовых описаний [28].

В качестве примера успешной интеграции технологий в агропромышленный сектор можно привести компанию «Гарден Ритейл Сервис» [20], внедрившую приложение NoGa, которое взаимодействует с платформой, способной предоставлять пользователям возможности выявления заболеваний растений. В рамках сотрудничества с НЦМУ «Агротехнологии будущего», базирующимся на площадке Московской сельскохозяйственной академии имени К. А. Тимирязева [13], проводятся исследования с применением нейросетевых моделей. Цель этих исследований заключается в изучении влияния параметров освещения на процессы роста и развития растений. Разработка авторов [20, 28] направленная на решение задач диагностирования и предотвращения болезней посевов сельскохозяйственных культур, способствовала созданию платформы [15]. Созданная на данной платформе нейросетевая модель способна распознавать с точностью 95% более 50 различных болезней и вредителей посевов. У авторов платформы [15] имеется перспектива построить модели для определения дефицита основных элементов, таких как: N, P, Ca, Fe и др.

Зарубежными компаниями разработаны аналогичные приложения, работающие на основе ИИ. Например, разработанное в Германии приложение Plantix – позволяет выявлять дефицит питательных веществ в почве, включая вредителей и болезни растений [24]. Компания Tracse Genomics также применяет алгоритмы машинного обучения, что дает возможность фермерским хозяйствам анализировать плодородие почвы.

В сфере анализа изображений, получаемых с БПЛА и спутников, нейронные сети открывают перспективные возможности для дифференциации сорных растений от сельскохозяйственных культур. Авторами [27] описываются разработанные прогностические модели на основе нейронных сетей. Модель получает большой объем данных, охватывающий широкий спектр агрономических и метеорологических параметров: генетический тип почвы, гранулометрический (механический) состав, тип сельскохозяйственной культуры, фенологическая фаза роста и развития растений, влажность, температура, осадки, облачность.

Благодаря использованию БПЛА открывается возможность выполнять оперативный мониторинг и анализ состояния посевов сельскохозяйственных культур. В растениеводстве это позволяет осуществлять прогноз оптимального времени для посадки, рассчитывать циклы фенологического развития растений, включая их фазы от кущения до созревания. Внедрение технологий ИИ в процессы мониторинга значительно расширяет возможности анализа. ИИ способен обнаруживать дефицит макро- и микроэлементов в почве, а также недостаток питательных веществ в растениях, что в последующем может сигнализировать о критических состояниях посевов.

Автоматизированные дистанционные дроны осуществляют локальную доставку ресурсов, необходимых для растений, безопасно транспортируют пестициды для борьбы с вредителями, а также проводят фотосъемку местности. Это позволяет собирать и накапливать важную информацию для анализа и прогнозирования будущих урожаев, что является полезным для предприятий сельского хозяйства.

Сельскохозяйственные роботы помогают автоматизировать определенные процессы в агропромышленной сфере. Например, система Prospera [26], реализованная израильскими исследователями, эффективно используется для мониторинга посевов. Эта система уведомляет аграриев о появлении симптомов заболеваний у растений. Алгоритм способен выявлять на изображениях растений признаки плесени, бактерий или следы повреждений насекомыми, а также выполнять анализ различных данных о питании растений, прогнозах погоды, pH-кислотности и т.д., что в совокупности дает возможность фермерам оценивать потенциальные риски гибели посевов и предотвращать их. На рисунке 1 представлено фото и изображение, полученное ботами Prospera, где зеленым цветом показаны томаты, зараженные минералами, красным показан дефицит Mg, синим – дефицит K.

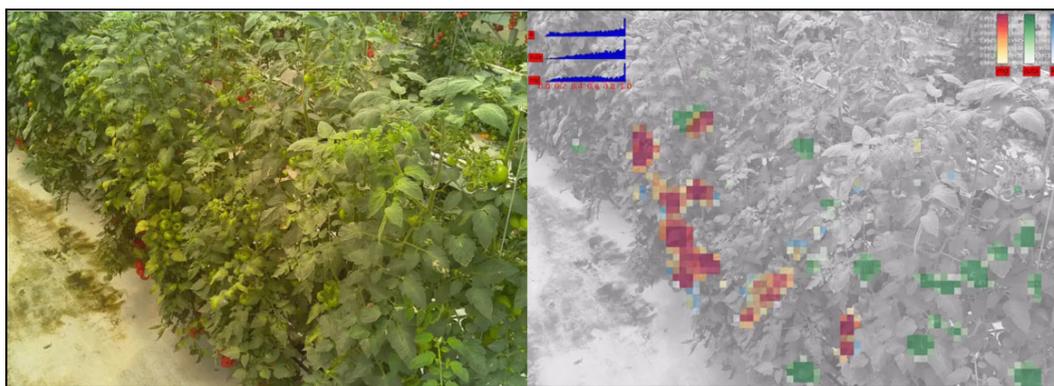


Рис. 1. Фото (слева) и изображение, полученное ботами Prospera (справа) [26]

### ***Результаты***

Исследования показали [9, 14, 19], что в сельском хозяйстве России к настоящему времени накоплен большой опыт использования технологий ИИ. Результаты исследования подтверждают, что технологии ИИ, в частности в сочетании с БПЛА, имеют значительный потенциал для улучшения диагностики и лечения заболеваний сельскохозяйственных культур, что, в свою очередь, способствует повышению устойчивости и продуктивности агропромышленного сектора.

### ***Обсуждение***

В 2022 году в Российской Федерации вступил в силу новый национальный стандарт ГОСТ Р 59920-2021 «Системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Требования к обеспечению характеристик эксплуатационной безопасности систем автоматизированного управления движением сельскохозяйствен-

ной техники» [6]. Этот ГОСТ стал первым в России нормативно-техническим документом, который регулирует использование технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Использование БПЛА для съемки сельскохозяйственных полей позволит значительно ускорить процесс сбора данных о состоянии посевов. Анализ изображений, полученных путем аэрофотосъемки, с помощью алгоритмов машинного обучения позволит выявлять симптомы заболеваний на ранних стадиях, что способствует более эффективному вмешательству и лечению растений.

### *Заключение*

В ходе библиометрического анализа были исследованы прикладные и теоретические примеры применения ИИ в сельскохозяйственной отрасли. Следует подчеркнуть, что рассмотренные примеры ИИ в области сельского хозяйства отечественными и зарубежными компаниями, особенно в контексте выявления болезней посевов сельскохозяйственных культур, открывают новые горизонты для повышения эффективности и устойчивости аграрного производства.

Использование алгоритмов ИИ и обработки большого объема данных, включая изображения, полученные с БПЛА, обеспечивает возможность не только своевременно выявлять и диагностировать заболевания, но и оптимизировать процесс принятия решений на основе анализа полученных данных.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абалуев, Р. Н. Перспективы использования аддитивных технологий в агропромышленном комплексе / Р. Н. Абалуев, С. О. Чиркин // Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – № 2. – С. 311.
2. Анохин, К. В. Искусственный интеллект для науки и наука для искусственного интеллекта / К. С. Новоселов, С. К. Смирнов [и др.] // Вопросы философии. – 2022. – № 3. – С. 93–105.
3. Бадмаева, М. Х. К вопросу об особенностях и проблемах применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве / М. Х. Бадмаева // Вестник Бурятского государственного университета. – 2022. – №3. – С. 75–83.
4. Бычков, А. Д. Цифровизация – основной вектор развития сельского хозяйства / А. Д. Бычков, Н. В. Пчелинцева, Т. А. Полякова, [и др.] // Материалы Международной научно-практической конференции «Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК», Мичуринск – 2021. – С. 53–55.
5. Вавилов, Н. А. Компьютер как новая реальность математики. I Personal Account / Н. А. Вавилов // Компьютерные инструменты в образовании. – 2020. – № 2. – С. 5–26.
6. ГОСТ Р 59920-2021 «Системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Требования к обеспечению характеристик эксплуатационной безопасности систем автоматизированного управления движением сельскохозяйственной техники».
7. Гущина, А. А. Применение искусственного интеллекта в обеспечении безопасности данных / А. А. Гущина, Н. В. Пчелинцева, В. А. Шацкий // Материалы Международной научно-практической конференции «Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК», Мичуринск. – 2021. – С. 79–81.
8. Гущина, А. А. Устройства и технологии виртуальной реальности в нашей жизни / А. А. Гущина // Наука и Образование. – 2020. – Т. 3. – № 4. – С. 85.
9. Деревянных, Е. А. О применении искусственного интеллекта в сельском хозяйстве / Е. А. Деревянных, Т. В. Митрофанова, С. С. Сорокин [и др.] // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. – 2023. – № 4(27). – С. 182–187.
10. Копцев, П. Ю. Влияние информационных технологий на рост синергетического эффекта в АПК / П. Ю. Копцев, Н. В. Картечина, Ю. А. Скрипко // Материалы Международной

научно-практической конференции «Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК», Мичуринск. – 2018. – С. 187–190.

11. Лазарева, А. А. Анализ состояния цифровизации сельскохозяйственных предприятий Рязанской области / А. А. Лазарева, Н. В. Пчелинцева // Наука и Образование. – 2020. – Т. 3. – № 2. – С. 47.

12. Масалов, Е. И. Искусственный интеллект – инновация, меняющая экономику стран и регионов / Е. И. Масалов // Управленческий учет. – 2023. – № 10. – С. 236–241.

13. ОИЯИ развивает платформу для распознавания болезней растений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://new.ras.ru/activities/news/oiyai-razvivaet-platformu-dlya-raspoznaniya-bolezney-rasteniy/> (дата обращения 15.03.2025).

14. Осовин, М. Н. Анализ современных тенденций внедрения технологий искусственного интеллекта в сельское хозяйство / М. Н. Осовин // Островские чтения. – 2024. – № 1. – С. 136–144.

15. Платформа распознавания болезней [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pdd.jinr.ru/> (дата обращения 15.03.2025).

16. Побединский, А. А. Опыт и перспективы применения искусственных нейронных сетей в сельском хозяйстве / А. А. Побединский // Агропродовольственная политика России. – 2022. – №4–5. – С 46–50.

17. Рустамов, Б. М. Искусственный интеллект и математическое моделирование / Б. М. Рустамов // Символ науки. – 2023. – №5–2. – С. 141–142.

18. Скворцов, Е. А. Применение технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве / Е. А. Скворцов, В. И. Набоков, К. В. Некрасов [и др.] // Аграрный вестник Урала. – 2019. – № 8 (187). – С. 91–98.

19. Сухоруков, С. В. Технологии искусственного интеллекта для сельского хозяйства в регионе / С. В. Сухоруков, Р. Б. Яковлев // Вестник Академии знаний. – 2024. – №3 (62). – С. 439–444.

20. Ужинский, А. Искусственный интеллект против болезней растений / А. Ужинский // Открытые системы СУБД. – 2022. – №3. – С. 29–31.

21. Федоренко, В. Ф. Мировые тенденции интеллектуализации сельского хозяйства / В. Ф. Федоренко, В. И. Черноиванов, В. Я. Гольпяпин [и др.]. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. 232 с.

22. Чиркин, С. О. Применение искусственного интеллекта в сельском хозяйстве / С. О. Чиркин, Н. В. Картечина, В. А. Рубанов // Наука и образование. – 2022. – Т.5. – № 2. – Порядковый номер 242.

23. Чуйкин, К. А. Влияние дронов и искусственного интеллекта на сельское хозяйство / К. А. Чуйкин // Актуальность проблемы авиации и космонавтики. – 2018. –С. 389–391.

24. 1 Free App for Crop Diagnosis and Treatments Farmers [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://plantix.net/en/> (дата обращения 19.03.2025).

25. Legg, S. A Collection of Definitions of Intelligence / S. Legg, M. Hutter // Frontiers in Artificial Intelligence and Applications [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/0706.3639> (дата обращения 12.03.2025).

26. Prospera Robot Can See Dying Plants Before Farmers [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.businessinsider.com/prospera-robot-can-see-dying-plants-before-farmers-2016-7> (дата обращения 14.03.2025).

27. Robinson, C. A Neural Network System for the Protection of Citrus Crops from Frost Damage / C. Robinson, N. Mort. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.sci-hub.ru/10.1016/S0168-1699\(96\)00037-3?ysclid=mar4z-vibxj304500140](https://www.sci-hub.ru/10.1016/S0168-1699(96)00037-3?ysclid=mar4z-vibxj304500140) (дата обращения: 20.03.2025).

28. Uzhinskiy, A. Oneshot Learning With Triplet Loss for Vegetation Classification Tasks / A. Uzhinskiy, G. Ososkov, P. Goncharov, A. Nechaevskiy // Computer Optics. – 2021. – №45 (4). – С. 608–614.

© А. Т. Байшуаков, Е. Н. Кулик, 2025