

РАЗДЕЛ 2. УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ И ИННОВАЦИИ

Научная статья

<https://doi.org/10.54220/v.rsue.1991-0533.2025.91.3.005>

УДК 631.6:004.8

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В АГРОМЕЛИОРАТИВНОЙ СФЕРЕ

Александровская Л. А.^{1}*

¹ Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт
имени А. К. Кортунова (филиал),
Донской государственный аграрный университет,
Новочеркасск, Россия
* alika2007@rambler.ru

Аннотация. *Введение.* Статья обосновывает актуальность интеграции систем искусственного интеллекта (ИИ) в мелиоративную деятельность, подчеркивая их способность к оптимизации управления ее различными аспектами. Цель исследования – анализ современного состояния применения ИИ в агромелиорации, выявление ключевых направлений, оценка успешности и проблемных аспектов, а также разработка концептуальных подходов с учетом российской специфики. *Материалы и методы.* Исследование основано на систематическом анализе научных публикаций и отчетов научно-исследовательских организаций, посвященных применению ИИ в агромелиорации и смежных областях. Методология включает контент-анализ, сравнительный анализ различных подходов и синтез информации с учетом организационно-экономических условий агропромышленного комплекса Российской Федерации. *Результаты исследования.* Показано, что исторически развитие ИИ в агромелиорации отражает динамику цифровизации, демонстрируя повышение сложности и эффективности данных технологий. Выделены ключевые направления и проанализирован практический опыт использования технологий ИИ. *Обсуждение и заключение.* Отмечается, что внедрение ИИ в агромелиорацию сталкивается с определенными проблемами, а специфика российских условий накладывает дополнительные требования к разработке адаптированных решений. В данном контексте предложена комплексная модель использования ИИ в агромелиоративной сфере Российской Федерации и обозначены направления ее реализации.

Ключевые слова: искусственный интеллект, агромелиорация, точное земледелие, управление водными ресурсами, машинное обучение, прогнозирование, цифровизация сельского хозяйства, интеллектуальные системы.

Для цитирования: Александровская Л. А. Основные направления использования систем искусственного интеллекта в агромелиоративной сфере. *Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ)*. 2025;3(32):66-77. doi: 10.54220/v.rsue.1991-0533.2025.91.3.005.

Research article

JEL Q24

MAIN DIRECTIONS OF USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS IN THE AGROMELIORATION SPHERE

Aleksandrovskaia L.^{1*}

¹ Novocherkassk Reclamation Engineering Institute
named after A. Kortunov (branch), Don State Agrarian University,
Novocherkassk, Russia

* alika2007@rambler.ru

Abstract. *Introduction.* The article substantiates the relevance of integrating artificial intelligence (AI) systems into land reclamation activities, emphasizing their ability to optimize management of its various aspects. The purpose of the study is to analyze the current state of AI application in agricultural land reclamation, identify key areas, assess success and problematic aspects, and develop conceptual approaches taking into account Russian specifics. *Materials and methods.* The research is based on a systematic analysis of scientific publications and reports of research organizations devoted to the use of AI in agricultural land reclamation and related fields. The methodology includes content analysis, comparative analysis of various approaches and synthesis of information, taking into account the organizational and economic conditions of the agro-industrial complex of Russian Federation. *Research results.* It is shown that historically, the development of AI in agriculture reflects the dynamics of digitalization, demonstrating an increase in the complexity and effectiveness of these technologies. The key directions are highlighted and the practical experience of using AI technologies is analyzed. *Discussion and conclusion.* It is noted that the introduction of AI into agricultural reclamation faces certain problems, and the specifics of Russian conditions impose additional requirements for the development of adapted solutions. In this context, a comprehensive model for the use of AI in the agro-reclamation sector of the Russian Federation is proposed and the directions of its implementation are outlined.

Keywords: Artificial Intelligence, agromelioration, precision agriculture, water resources management, machine learning, forecasting, digitalization of agriculture, intelligent systems.

For citation: Aleksandrovskaia L. Main directions of using artificial intelligence systems in the agromelioration sphere. *Vestnik of Rostov State University of Economics (RINH)*. 2025;3(32):66-77. doi: 10.54220/v.rsue.1991-0533.2025.91.3.005.

Введение

Агромелиоративная деятельность как комплекс мероприятий, направленных на коренное улучшение неблагоприятных природных условий сельскохозяйственных угодий и повышение их плодородия, играет ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности и устойчивом развитии агропромышленного комплекса. В условиях глобальных климатических изменений и необходи-

мости интенсификации сельского хозяйства традиционные подходы к мелиорации зачастую оказываются недостаточно эффективными или ресурсозатратными. В этом контексте интеграция систем искусственного интеллекта (ИИ) в агромелиоративную сферу открывает принципиально новые возможности для повышения точности, оперативности и экономической целесообразности мелиоративных мероприятий.

Данные системы, обладая способностью анализировать большие объемы данных, выявлять скрытые закономерности и принимать решения в сложных, динамически изменяющихся условиях, становятся мощным инструментом оптимизации управления земельными и водными ресурсами, прогнозирования состояния мелиорируемых земель, проектирования и эксплуатации мелиоративных систем, а также оценки эффективности проводимых мероприятий. Как справедливо отмечают специалисты, интеграция ИИ в агромелиоративную деятельность позволяет перейти к высокоточным, адаптированным к конкретным условиям каждого поля и даже его отдельных участков, технологиям [18].

Актуальность исследования обусловлена стремительным развитием технологий ИИ и их все более широким проникновением в различные отрасли сельского хозяйства, при этом специфические аспекты применения ИИ в агромелиорации требуют отдельного углубленного анализа. Целью настоящей статьи является анализ современного состояния исследований и практического применения систем искусственного интеллекта в агромелиоративной сфере, выявление ключевых направлений использования ИИ, оценка их успешности, идентификация проблемных аспектов и разработка концептуальных подходов к использованию систем ИИ в мелиоративной сфере с учетом российской специфики.

Материалы и методы

При подготовке статьи был проведен систематический анализ научных публикаций и отчетов научно-исследовательских организаций, посвященных применению систем искусственного интеллекта в агромелиорации и смежных областях. Поиск источников осуществлялся в ведущих наукометрических базах данных, включая Scopus, Web of Science, Google Scholar, а также в российских базах РИНЦ (eLibrary.ru) и КиберЛенинка. Временной охват проанализированных источников составил

преимущественно последние 10-15 лет, что позволило отразить наиболее актуальные тенденции и достижения в исследуемой области. Особое внимание уделялось работам, в которых описываются конкретные методики применения ИИ, приводятся результаты экспериментальных исследований или практического внедрения, а также анализируются полученные экономические и экологические эффекты. При отборе источников учитывались их научная значимость, достоверность представленных данных и глубина проработки темы.

Методология исследования включала контент-анализ научных публикаций, сравнительный анализ различных подходов к использованию потенциала ИИ в рассматриваемой сфере, синтез и обобщение полученной информации. Для структурирования информации и выявления общих закономерностей применялся системный подход. При формировании выводов и предложений учитывались не только технологические аспекты, но и организационно-экономические условия, характерные для агропромышленного комплекса России. В частности, при анализе работ российских ученых акцент делался на адаптации используемых технологий к местным условиям.

Результаты исследования

Отталкиваясь от закреплённой в отечественном законодательстве нормативной трактовки, искусственный интеллект может быть определен в качестве комплекса технологических решений, которые позволяют имитировать когнитивные функции человека, получая при выполнении конкретных задач результаты, как минимум сопоставимые с результатами его интеллектуальной деятельности [9]. В основе систем ИИ лежат алгоритмы и математические модели, позволяющие анализировать большие объемы данных, выявлять имеющие место закономерности и принимать обоснованные решения. Ключевыми компонентами данных систем являются технологии машинного обучения, в рамках которого

системы обучаются на основе данных без явного программирования, глубокого обучения, использующего многослойные нейронные сети для обработки сложных структур данных, компьютерного зрения для интерпретации изображений и обработки естественного языка для взаимодействия с человеческой речью. Эти технологии обеспечивают автоматизацию когнитивных процессов, что делает ИИ мощным инструментом для решения сложных задач в различных отраслях, включая агропроизводственный сектор [7].

Усиливающаяся актуальность применения ИИ в агромелиорации обусловлена необходимостью адаптации сельского хозяйства к современным вызовам. Возможности ИИ позволяют, в частности, прогнозировать погодные аномалии, моделировать водный баланс, оптимизировать ирригационные стратегии, минимизируя потери ресурсов. Точное земледелие, основанное на анализе данных с датчиков, спутников и дронов, обеспечивает персонализированный подход к управлению почвами и культурами, способствуя не только повышению урожайности, но и обеспечению устойчивости агроэкосистем. Комплексный анализ больших данных позволяет выявлять скрытые закономерности, что особенно важно для управления сложными мелиоративными системами в условиях ограниченных ресурсов.

Исторически развитие применения технологий ИИ в агромелиоративной сфере отражает динамику процессов цифровизации сельского хозяйства. В 1980-1990-е гг. началось использование экспертных систем и географических информационных систем (ГИС) для картирования земель и анализа почвенных данных, что заложило основу развития систем точного земледелия. В 2000-е гг. внедрение GPS и сенсорных технологий позволило собирать точные данные о состоянии полей и их отдельных участков, что способствовало дифференцированному управлению ресурсами. Начиная с

2010-х гг. машинное обучение и анализ больших данных начали применяться для прогнозирования урожайности и оптимизации ирригации, а в 2020-е гг. глубокое обучение и компьютерное зрение обеспечили анализ спутниковых снимков и автоматизацию мелиоративных процессов с помощью робототехники [12]. Таким образом, внедрение технологий ИИ трансформирует агромелиорацию, во все большей степени содействуя обеспечению устойчивого развития агропроизводственных систем, способных адаптироваться к изменяющимся условиям окружающей среды. В частности, результаты исследований показывают, что применение технологий ИИ способно повысить эффективность использования водных ресурсов на 20-40 % и снизить затраты на проведение мелиоративных работ на 15-30 % [11].

На основе обобщения зарубежного и отечественного практического опыта представляется возможным выделить ряд ключевых направлений использования систем искусственного интеллекта в агромелиоративной сфере.

Прежде всего, следует упомянуть такое направление, как интеллектуальное управление оросительными системами, в рамках которого потенциал ИИ используется для оптимизации норм и сроков полива на основе анализа данных о влажности почвы, метеорологических условиях, фазе развития растений и изменении погодных условий.

А. Ю. Федосов и его соавторы рассматривают возможность применения нейронных сетей и нечеткой логики для создания адаптивных систем полива, учитывающих фазу развития растений, погодные условия и актуальные данные с датчиков влажности почвы и окружающей среды. Подобные системы способны значительно сократить расход воды и энергии, одновременно повышая урожайность культур [10]. В свою очередь, М. Н. Лытов предлагает концепт систем управления орошением, где ИИ интегрируется в информационно-вычислитель-

ный блок, основанный на детерминированных алгоритмах, что обеспечивает надежность и эффективность. При этом он подчеркивает приоритет кластерного применения технологий ИИ, что позволяет решать локальные задачи управления с высокой точностью [4].

Аналогичные проблемы разрабатываются и зарубежными специалистами. Так, группа индийских исследователей описывает интеллектуальную систему на базе машинного обучения, которая интегрирует данные с беспроводных сенсорных сетей и метеостанций для адаптивного управления орошением в режиме реального времени, обеспечивая значительную экономию водных и энергетических ресурсов [13].

Следующим важным направлением в контексте проводимого анализа является мониторинг и оценка состояния мелиорированных земель. Технологии ИИ, в частности машинное обучение и компьютерное зрение, активно применяются для анализа данных дистанционного зондирования, получаемых со спутников и беспилотных летательных аппаратов. Это позволяет оперативно выявлять участки, подверженные засолению, переувлажнению, эрозии или дефициту питательных веществ. Например, в рамках проекта, поддержанного Российским научным фондом, разрабатывается методика интеллектуального анализа мультиспектральных и гиперспектральных изображений для оценки агрометеорологического состояния земель [5]. В свою очередь, коллектив китайских ученых использовал комбинацию спектральных индексов, полученных со спутника Sentinel-2, и алгоритмов машинного обучения (Random Forest, Support Vector Machines) для обеспечения высокоточного картирования степени засоления почв в засушливых регионах [20].

Управление системами дренажа и борьба с засолением также получают новые импульсы развития благодаря возможностям систем искусственного интеллекта. Алгоритмы машинного обуче-

ния помогают анализировать данные об уровне грунтовых вод, минерализации почвы и дренажного стока в целях оптимизации работы дренажных систем, предотвращения вторичного засоления и заболачивания. В частности, специалистами подчеркивается, что использование технологий ИИ позволяет более точно и эффективно оценивать состояние водоносных горизонтов, прогнозировать параметры качества грунтовых вод и разрабатывать стратегии управления водными ресурсами, что способствует оптимизации работы дренажных систем и предотвращению вторичного засоления [17].

В более общем плане на основании результатов практических разработок демонстрируется, что использование технологий искусственного интеллекта способствует оптимизации водораспределения, в частности в условиях дефицита водных ресурсов и при ограничении производственно-хозяйственных условий [6].

Еще одно важное направление приложения возможностей искусственного интеллекта связано с развитием систем поддержки принятия решений (СППР) в агрометеорологии. Такие системы интегрируют информацию из различных источников данных (агрометеорологические, почвенные, гидрологические, экономические), обрабатывают их с помощью алгоритмов ИИ и предоставляют пользователям рекомендации по оптимальному управлению мелиоративными мероприятиями, выбору технологий, оценке рисков и планированию инвестиций. При этом разработчики подобных систем во все большей степени фокусируются на интеграции данных в реальном времени и предоставлении оперативных рекомендаций через мобильные приложения или веб-платформы, что становится достижимым на основе использования технологий глубокого обучения [15].

Примеры успешного применения возможностей систем ИИ в отечественной агрометеорологической сфере демонстрируют существенный потенциал этих технологий. Так, компания Cognitive

Pilot разрабатывает системы автономного управления сельскохозяйственной техникой, которые могут использоваться при проведении мелиоративных работ, повышая их точность и снижая затраты [8]. Разработки SberDeveloper в области ИИ для сельского хозяйства включают решения для анализа состояния полей и оптимизации агротехнических операций, адаптируемых для задач мелиорации [1]. Система «СкайСкаут» обеспечи-

вает целостную картину состояния сельскохозяйственных культур на основе интеграции нескольких сервисов, обеспечивающих мониторинг полей в режиме онлайн, точное прогнозирование погоды, информацию о проблемных участках с низкой урожайностью и т. д. [2].

В качестве обобщения приведенной информации основные направления использования ИИ в мелиоративной сфере представлены в таблице 1.

Таблица 1 – **Важнейшие направления использования систем ИИ в агромелиоративной сфере**
Table 1 – **Key areas of application for AI systems in agricultural land reclamation**

Направление использования	Решаемые задачи	Применяемые технологии
Оптимизация орошения	Точный расчет норм полива, управление поливными системами, прогнозирование влажности почвы, детекция утечек	Нейронные сети, нечеткая логика, машинное обучение (регрессия, классификация), экспертные системы, генетические алгоритмы
Мониторинг состояния мелиорированных земель	Оценка засоления, переувлажнения, эрозии, дефицита питательных веществ, картирование состояния почв, мониторинг растительности	Машинное обучение (обработка изображений), компьютерное зрение, анализ данных ДЗЗ и БПЛА, геоинформационные системы с ИИ
Управление дренажными системами	Оптимизация работы дренажа, прогнозирование уровня грунтовых вод, предотвращение вторичного засоления	Моделирование на основе ИИ, предиктивная аналитика, системы поддержки принятия решений
Планирование мелиоративных мероприятий	Оценка потребности в мелиорации, прогнозирование эффективности мероприятий, оптимизация распределения ресурсов	Машинное обучение (временные ряды, классификация), глубокое обучение, агентное моделирование
Оптимизация применения средств химизации на мелиорируемых землях	Дифференцированное внесение удобрений и гербицидов с учетом состояния почвы и растений	Компьютерное зрение, машинное обучение, роботизированные системы

Приведенные данные свидетельствуют о постоянно растущем интересе к применению систем искусственного интеллекта в агромелиоративной сфере, что обусловлено практической реализуемостью и экономической целесообразностью внедрения интеллектуальных систем в практику хозяйствования.

Обсуждение

Несмотря на очевидный потенциал, внедрение ИИ в агромелиорацию сопряжено с рядом проблемных моментов, к важнейшим из которых можно отнести

следующие: недостаточная доступность качественных и детализированных данных для обучения моделей ИИ; высокая стоимость внедрения некоторых ИИ-решений и сенсорного оборудования; дефицит квалифицированных кадров, способных разрабатывать, адаптировать и эксплуатировать ИИ-системы; необходимость интеграции ИИ-технологий с существующей инфраструктурой и практиками ведения сельского хозяйства.

Одними из главных проблем являются доступность, качество и стандарты

зация данных. Алгоритмы машинного обучения, лежащие в основе большинства современных ИИ-систем, требуют больших объемов репрезентативных данных для обучения и эффективной работы [14]. В агромелиорации это могут быть данные о почвенных характеристиках, погодных условиях, состоянии растений, параметрах работы мелиоративных систем и т. д. Сбор таких данных зачастую затруднен, особенно на больших территориях или в хозяйствах с ограниченными ресурсами. Кроме того, данные могут быть разнородными, фрагментарными и содержать ошибки, что снижает точность моделей ИИ. И даже при наличии необходимых данных ИИ может столкнуться с ограничениями в широком контекстуальном понимании и алгоритмическими ошибками, что требует тщательной верификации и валидации моделей [19].

Другим существенным барьером является достаточно высокая стоимость внедрения и эксплуатации ИИ-систем, которая включает затраты на приобретение специализированного оборудования (датчики, дроны, вычислительные мощности), программного обеспечения, а также на привлечение или обучение квалифицированных специалистов. Для многих сельскохозяйственных предприятий, особенно малых и средних, такие инвестиции могут оказаться неподъемными, что обуславливает необходимость разработки адаптивных решений [3]. При этом важно отметить, что аналогичные проблемы отмечаются специалистами и в зарубежной практике [16].

Недостаток квалифицированных кадров, способных разрабатывать, внедрять и обслуживать сложные ИИ-системы в аграрной специфике, также является серьезной проблемой, что обуславливает необходимость разработки образовательных программ для подготовки специалистов в области цифрового сельского хозяйства в целом и использования технологий искусственного интеллекта в частности.

Интеграция систем ИИ с существующими технологиями представляет собой еще один существенный вызов. Многие мелиоративные системы были введены в эксплуатацию несколько десятилетий назад и не всегда совместимы с современными цифровыми решениями. Модернизация такой инфраструктуры требует значительных капиталовложений. Кроме того, возникает вопрос совместимости различных ИИ-платформ и программных продуктов от разных производителей.

Специфика российских условий накладывает дополнительные ограничения и формирует особые требования к ИИ-системам, используемым в агромелиорации. Огромные территории, разнообразие природно-климатических зон, различия в уровне технической оснащенности хозяйств, а также экономические факторы требуют разработки адаптированных, гибких и масштабируемых решений. В данной связи, например, М. Н. Лытов подчеркивает важность учета местных условий при разработке систем управления орошением, предлагая сочетание детерминированных алгоритмов с элементами ИИ [4].

Для решения этих проблем и эффективного внедрения ИИ в мелиоративную сферу России представляется необходимой реализация следующих мероприятий.

1. Создание Единой национальной платформы агромелиоративных данных (ЕНПАД). Она должна агрегировать данные из различных источников (Росгидромет, Роскосмос, Минсельхоз, научные институты, сельхозпроизводители), обеспечивать их стандартизацию, хранение, обработку и предоставление доступа авторизованным пользователям. Важно обеспечить совместимость с существующими государственными информационными системами.

2. Разработка и поддержка отечественных ИИ-библиотек и инструментов, адаптированных для решения задач агромелиорации, что позволит снизить за-

висимость от зарубежных программных продуктов и учесть специфику российских данных и алгоритмов. Необходимо стимулировать исследования и разработки в этой области через гранты и целевые программы.

3. Формирование сети региональных центров компетенций по использованию ИИ в агромелиорации. Данные центры, которые могут создаваться на базе ведущих аграрных вузов и НИИ, должны заниматься адаптацией и внедрением ИИ-технологий на местах, обучением специалистов, оказанием консультационной поддержки сельхозпроизводителям и мелиоративным организациям.

4. Реализация пилотных проектов по внедрению ИИ-систем в различных природно-климатических зонах России. Успешные пилотные проекты позволят продемонстрировать эффективность технологий, отработать методики их применения и тиражирования, а также выявить и устранить узкие места. Приоритетными могут быть проекты по интеллектуальному орошению в засушливых регионах

Юга России, мониторингу засоления и заболачивания в Поволжье и Западной Сибири, оптимизации функционирования осушительных систем в Нечерноземной зоне.

5. Государственная поддержка и стимулирование внедрения ИИ, включающая субсидирование части затрат на приобретение технологических решений, льготное кредитование, налоговые преференции для предприятий, внедряющих ИИ, а также финансирование НИОКР в данной области.

6. Развитие образовательных программ и повышение квалификации кадров. Необходимо включение курсов по ИИ и анализу данных в программы подготовки агрономов, гидротехников, мелиораторов, а также разработка программ переподготовки для работающих специалистов.

Совокупность представленных направлений формирует модель использования ИИ в мелиоративной сфере, характеристика компонентов которой представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика компонентов модели использования ИИ в мелиоративной сфере Российской Федерации
Table 2 – Characteristics of components of the AI application model in the land reclamation sector of Russian Federation

Компонент модели	Описание	Ключевые участники	Особенности учета специфических условий
Единая национальная платформа агромелиоративных данных (ЕНПАД)	Агрегация, стандартизация, хранение, обработка и предоставление доступа к данным для агромелиорации	Минсельхоз РФ, Росгидромет, Роскосмос, научные институты, ИТ-компании	Большие территории, разнообразие источников данных, необходимость централизации и координации усилий
Отечественные ИИ-библиотеки и инструменты	Разработка и поддержка российского ПО и алгоритмов для ИИ в агромелиорации	Научные институты (ВНИИГиМ, Почвенный институт и др.), университеты, ИТ-компании, фонды поддержки науки	Необходимость импортозамещения, адаптация к специфике российских данных и задач, снижение стоимости лицензий
Региональные центры компетенций	Адаптация и внедрение ИИ на местах, обучение, консультации	Аграрные вузы, НИИ в регионах, передовые сельхозпредприятия	Разнообразие природно-климатических зон, необходимость учета местных особенностей, доступность экспертизы на местах

Компонент модели	Описание	Ключевые участники	Особенности учета специфических условий
Пилотные проекты	Демонстрация эффективности, отработка методик, тиражирование успешных решений в различных зонах	Минсельхоз РФ, региональные органы управления АПК, научные организации, сельхозпроизводители, ИТ-интеграторы	Необходимость апробации технологий в реальных условиях различных регионов перед масштабным внедрением
Государственная поддержка и стимулирование	Финансовые (субсидии, кредиты) и нефинансовые (налоговые льготы, госзаказ на НИОКР) меры	Правительство РФ, Минсельхоз РФ, Минэкономразвития РФ, региональные власти	Высокая капиталоемкость ИИ-проектов, необходимость снижения рисков для инвесторов, стимулирование инновационной активности в АПК
Образование и кадры	Включение курсов по ИИ в аграрное образование, программы переподготовки	Минобрнауки РФ, аграрные вузы, центры дополнительного профессионального образования	Дефицит междисциплинарных специалистов, необходимость повышения цифровой грамотности работников АПК

Представленная модель носит комплексный характер и предполагает реализацию скоординированных усилий со стороны государства, научно-образовательной сферы и бизнеса. Ее реализация позволит преодолеть существующие барьеры и в наиболее полной мере использовать потенциал ИИ для повышения эффективности агромелиоративной деятельности в Российской Федерации.

Заключение

Системы искусственного интеллекта обладают огромным трансформирующим потенциалом для агромелиоративной сферы. Анализ научных исследований и практического опыта позволяет обозначить множество направлений эффективного применения возможностей ИИ – от прецизионного управления оросительными и дренажными системами до глобального мониторинга состояния мелиорированных земель и стратегического планирования мелиоративных мероприятий.

Несмотря на очевидную эффективность использования данных технологий, широкое распространение ИИ в агромелиорации сдерживается рядом проблем, таких как высокая стоимость их внедрения, нехватка квалифицированных кадров, необходимость адаптации моделей к локальным условиям и сложности инте-

грации с существующей инфраструктурой. Предложенная в обзоре модель использования ИИ в отечественной агромелиоративной сфере направлена на преодоление этих барьеров. При этом ее реализация требует приложения комплексного подхода и взаимодействия всех заинтересованных сторон – государственных органов, научных и образовательных учреждений, бизнеса и сельхозпроизводителей.

В целом применение технологий искусственного интеллекта открывает принципиально новую эру в развитии агромелиорации, способствуя переходу к более точному, адаптивному и ресурсосберегающему управлению земельными и водными ресурсами. Эффективное использование этих технологий является важнейшим фактором обеспечения продовольственной безопасности и устойчивого развития национального агропромышленного комплекса.

Список литературы

1. ИИ в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. – URL: <https://developers.sber.ru/help/gigachat-api/ai-agricultural>.
2. Искусственный интеллект в сельском хозяйстве – будущее уже наступило! [Электронный ресурс]. – URL:

<https://kabelirkutsk.ru/news/iskusstvennyj-intellekt-v-selskom-hozyajstve-budushchee-uzhe-nastupilo>.

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

4. *Лытов, М. Н.* Методологические инструменты управления орошением с искусственным интеллектом // Мелиорация и гидротехника. – 2023. – № 2. – С. 1-18.

5. Мониторинг и интеллектуальное управление продуктивностью орошаемых агрофитоценозов в условиях рискованного земледелия Волгоградской области с использованием алгоритмов искусственного интеллекта и нейронных сетей глубокого обучения [Электронный ресурс]. – URL: <https://rscf.ru/project/25-21-20019>.

6. Управление системным водораспределением на основе экономико-математического моделирования и методов искусственного интеллекта / Д. А. Рогачев, И. Ф. Юрченко, А. Ф. Рогачев // Мелиорация и гидротехника. – 2023. – № 3. – С. 87-106.

7. Сущность искусственного интеллекта и машинного обучения при решении управленческих проблем сельскохозяйственного производства / А. Н. Семин, Е. А. Скворцов, А. С. Гусев // Russian Journal of Management. – 2023. – № 3. – С. 140-149.

8. Умные фермы: как искусственный интеллект меняет сельское хозяйство [Электронный ресурс]. – URL: https://www.rbc.ru/technology_and_media/14/06/2023/64802aae9a7947c6121756b7?ysclid=may4eoaux5135153140.

9. О проведении эксперимента по установлению специального регулирования в целях создания необходимых условий для разработки и внедрения технологий искусственного интеллекта в субъекте РФ – городе федерального значения Москве и внесении изменений в статьи 6

и 10 Федерального закона «О персональных данных» : Федеральный закон от 24.04.2020 № 123-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2020. – № 17. – Ст. 2701.

10. Применение искусственного интеллекта при оптимизации орошения и применении гербицидов / А. Ю. Федосов, А. М. Меньших, В. А. Фартуков, М. И. Зборовская, Д. М. Васильев // Экономика строительства. – 2023. – № 2. – С. 42-51.

11. Machine learning approaches for crop yield prediction and nitrogen status estimation in precision agriculture: A review / A. Chlingaryan, S. Sukkarieh, B. Whelan // Computers and Electronics in Agriculture. – 2018. – Vol. 151. – P. 61-69.

12. A Deep Learning Approach to Mapping Irrigation Using Landsat: IrrMapper U-Net / T. Colligan, D. Ketchum, D. Brinkerhoff, M. Maneta // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. – 2020. – Iss. 60. – Id. 3175635.

13. An IoT based smart irrigation management system using machine learning and open source technologies / A. Goap, D. Sharma, A. K. Shukla, C. R. Krishna // Computers and Electronics in Agriculture. – 2018. – Vol. 155. – P. 41-49.

14. *Jordan, M. I., Mitchell, T. M.* Machine learning: Trends, perspectives, and prospects // Science. – 2015. – № 349. – P. 255-260.

15. *Kamilaris, A., Prenafeta-Boldú, F. X.* Deep learning in agriculture: A survey // Computers and Electronics in Agriculture. – 2018. – Vol. 147. – P. 70-90.

16. Machine learning in agriculture: A review / K. G. Liakos, P. Busato, D. Moshou, S. Pearson, D. Bochtis // Sensors. – 2018. – № 8. – P. 2674.

17. Application of GIS-based machine learning algorithms for prediction of irrigational groundwater quality indices / M. A. A. Mohammed, F. Kaya, et al. // Frontiers in Earth Science. – 2023. – Vol. 11. – P. 1-19.

18. Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimisation of

irrigation and application of pesticides and herbicides / M. Pathan, N. Patel, H. Yagnik, M. Shah // *Artificial Intelligence in Agriculture*. – 2020. – Iss. 4. – P. 58-73.

19. Artificial intelligence in land use prediction modeling: a review / W. Utami, C. Sugiyanto, N. Rahardjo // *IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI)*. – 2024. – Iss. 3. – P. 2514-2523.

20. Soil Salinity Mapping Using Machine Learning Algorithms with Sentinel-2 MSI in Arid Areas, China / J. Wang, J. Peng, H. Li et al. // *Remote Sensing*. – 2021. – № 2. – P. 305.

References

1. AI in agriculture [Electronic resource]. – URL: <https://developers.sber.ru/help/gigachat-api/ai-agricultural>.

2. Artificial intelligence in agriculture – the future has already arrived! [electronic resource]. – URL: <https://kabelirkutsk.ru/news/iskusstvennyj-intellekt-v-selskom-hozyajstve-budushchee-uzhe-nastupilo>.

3. Artificial intelligence in agriculture: the digital future of farms [Electronic resource]. – URL: <https://bizonagro.com/blog/iskusstvennyj-intellekt-v-selskom-hozyaystve-tsifrovoe-budushchee-ferm>.

4. Lytov, M. Methodological tools for irrigation management with artificial intelligence // *Land reclamation and hydraulic engineering*. – 2023. – № 2. – P. 1-18.

5. Monitoring and intelligent management of the productivity of irrigated agrophytocenoses in the conditions of risk agriculture in Volgograd region using artificial intelligence algorithms and deep learning neural networks [Electronic resource]. – URL: <https://rscf.ru/project/25-21-20019>.

6. Management of system water distribution based on economic and mathematical modeling and artificial intelligence methods / D. Rogachev, I. Yurchenko, A. Rogachev // *Irrigation and hydraulic engineering*. – 2023. – № 3. – P. 87-106.

7. The essence of artificial intelligence and machine learning in solving managerial problems of agricultural production /

A. Semin, E. Skvortsov, A. Gusev // *Russian Journal of Management*. – 2023. – № 3. – P. 140-149.

8. Smart farms: how artificial intelligence is changing agriculture [Electronic resource]. – URL: https://www.rbc.ru/technology_and_media/14/06/2023/64802aae9a7947c6121756b7?ysclid=may4eoaux5135153140.

9. On Conducting an Experiment to Establish Special Regulation in order to Create the Necessary Conditions for the Development and Implementation of Artificial Intelligence Technologies in the Subject of Russian Federation – Federal City of Moscow and Amendments to Articles 6 and 10 of Federal Law «On Personal Data» : Federal Law № 123-FZ from 24.04.2020 // *Co-review of the legislation of Russian Federation*. – 2020. – № 17. – St. 2701.

10. The use of artificial intelligence in optimizing irrigation and the use of herbicides / A. Fedorov, A. Menshikh, V. Fartukov, M. Zborovskaya, D. Vasiliev // *Economics of construction*. – 2023. – № 2. – P. 42-51.

11. Machine learning approaches for crop yield prediction and nitrogen status estimation in precision agriculture: A review / A. Chlingaryan, S. Sukkarieh, B. Whelan // *Computers and Electronics in Agriculture*. – 2018. – Vol. 151. – P. 61-69.

12. A Deep Learning Approach to Mapping Irrigation Using Landsat: IrrMapper U-Net / T. Colligan, D. Ketchum, D. Brinkerhoff, M. Maneta // *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. – 2020. – Iss. 60. – Id. 3175635.

13. An IoT based smart irrigation management system using machine learning and open source technologies / A. Goap, D. Sharma, A. K. Shukla, C. R. Krishna // *Computers and Electronics in Agriculture*. – 2018. – Vol. 155. – P. 41-49.

14. Jordan, M. I., Mitchell, T. M. Machine learning: Trends, perspectives, and prospects // *Science*. – 2015. – № 349. – P. 255-260.

15. Kamilaris, A., Prenafeta-Boldú, F. X. Deep learning in agriculture: A survey //

Computers and Electronics in Agriculture. – 2018. – Vol. 147. – P. 70-90.

16. Machine learning in agriculture: A review / K. G. Liakos, P. Busato, D. Moshou, S. Pearson, D. Bochtis // Sensors. – 2018. – № 8. – P. 2674.

17. Application of GIS-based machine learning algorithms for prediction of irrigational groundwater quality indices / M. A. A. Mohammed, F. Kaya, et al. // Frontiers in Earth Science. – 2023. – Vol. 11. – P. 1-19.

18. Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimisation of

irrigation and application of pesticides and herbicides / M. Pathan, N. Patel, H. Yagnik, M. Shah // Artificial Intelligence in Agriculture. – 2020. – Iss 4. – P. 58-73.

19. Artificial intelligence in land use prediction modeling: a review / W. Utami, C. Sugiyanto, N. Rahardjo // IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI). – 2024. – Iss. 3. – P. 2514-2523.

20. Soil Salinity Mapping Using Machine Learning Algorithms with Sentinel-2 MSI in Arid Areas, China / J. Wang, J. Peng, H. Li et al. // Remote Sensing. – 2021. – № 2. – P. 305.

Об авторах:

Александровская Людмила Анатольевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры землепользования и землеустройства Новочеркасского инженерно-мелиоративного института имени А. К. Кортунова (филиала) Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Россия, alika2007@rambler.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:

Lyudmila Alexandrovskaya, Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor of the Department of Land Use and Land Management, Novocherkassk Reclamation Engineering Institute named after A. Kortunov (branch), Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russia, alika2007@rambler.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)