



ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НАРОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ ECONOMY AND MANAGEMENT OF NATIONAL ECONOMY



Научная статья

УДК 339.4.49

<https://doi.org/10.23947/2413-1474-2024-8-3-6-12>

Цифровые интеллектуальные технологии как драйвер развития агромелиоративной сферы

А.С. Чешев

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Проведено исследование процессов трансформации агромелиоративного комплекса под влиянием современных цифровых технологий. Проанализировано применение различных инструментальных средств, таких как геоинформационные системы, беспилотные летательные аппараты и искусственный интеллект. Особое внимание уделено использованию цифровых двойников агромелиоративных систем как средства прогнозирования и принятия обоснованных управленческих решений. Отмечено, что в результате использования подобных технологических решений агромелиоративный комплекс получает возможность перейти на качественно новый уровень своего развития, характеризующийся более высоким уровнем эффективности сельскохозяйственного производства и устойчивости агроэкосистем.

Ключевые слова: сельскохозяйственная мелиорация, цифровые технологии, геоинформационные системы, беспилотные летательные аппараты, искусственный интеллект, управление водными ресурсами, агромелиоративные системы, цифровые двойники

Для цитирования. Чешев А.С. Цифровые интеллектуальные технологии как драйвер развития агромелиоративной сферы. *Экономика и экология территориальных образований*. 2024;8(3):6–12. <https://doi.org/10.23947/2413-1474-2024-8-3-6-12>

Research Article

Digital Smart Technologies as Drivers of Agricultural Reclamation Development

Anatoly S. Cheshev

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The processes of transformation of the agricultural reclamation sector upon the influence of advanced digital technologies were studied. The use of various tools, such as geographic information systems, unmanned aerial vehicles and artificial intelligence, was analysed. Special attention was paid to the use of digital twins of the agricultural reclamation systems as the means of forecasting and making

justified managerial decisions. It was acknowledged that due to such technological solutions, the agricultural reclamation sector gets to the qualitatively new level of development, which is characterised by a higher level of agricultural production efficiency and agroecosystem sustainability.

Keywords: agricultural reclamation, digital technologies, geographical information systems, unmanned aerial vehicles, artificial intelligence, water resource management, agricultural reclamation systems, digital twins

For Citation. Cheshev AS. Digital Smart Technologies as Drivers of Agricultural Reclamation Development. *Economy and Ecology of Territorial Formations*. 2024;8(3):6–12. <https://doi.org/10.23947/2413-1474-2024-8-3-6-12>

Введение. Современные информационные технологии выступают мощным катализатором трансформации агромелиоративного комплекса. Цифровизация процессов управления водными ресурсами, мониторинга почвенных условий и оптимизации процессов выращивания сельскохозяйственных культур не только расширяет существующие производственные возможности, но и формирует качественно новые условия для повышения эффективности и устойчивости агроэкосистем.

Благодаря цифровым технологиям становится возможным осуществлять непрерывный мониторинг таких ключевых параметров, как состояние почвы, уровень грунтовых вод и метеорологические условия. Полученные данные служат основой для построения детальных прогнозных моделей, позволяющих симулировать различные сценарии развития агроэкосистем. В результате сельскохозяйственные производители получают уникальную возможность оптимизировать использование ресурсов, минимизировать риски, связанные с погодными аномалиями, и повысить эффективность используемых агротехнологий в целом.

Кроме того, информационные технологии способствуют повышению эффективности управления мелиоративными системами. Автоматизация процессов сбора и анализа данных, а также внедрение систем дистанционного мониторинга позволяют оперативно выявлять и устранять возникающие проблемы, снижая риски возникновения аварийных ситуаций.

Основная часть. Для повышения эффективности деятельности агросистем и их устойчивости используются геоинформационные системы, беспилотные летательные аппараты и искусственный интеллект. Применение геоинформационных систем (ГИС) в мелиорации открывает принципиально новые возможности в плане оптимизации управления водными ресурсами и повышения эффективности сельскохозяйственного производства. ГИС позволяют получать детальную пространственную информацию о рельефе местности, почвенных условиях, гидрологическом режиме и других характеристиках сельскохозяйственных угодий. Ключевые области применения ГИС в мелиоративной деятельности можно представить следующим образом [1]:

1. Гидрологический анализ. Проведение детального изучения гидрографической сети, включая определение водотоков, водоразделов, мест забора воды и оценку их характеристик, позволяет оптимизировать водопользование, предотвращать развитие эрозионных процессов и обеспечивать рациональное использование водных ресурсов.

2. Проектирование мелиоративных систем. Созданные с помощью ГИС цифровые модели рельефа используются при проектировании и строительстве дренажных систем, оросительных каналов и других гидротехнических сооружений, что позволяет минимизировать затраты и существенно повысить эффективность мелиоративных мероприятий.

3. Мониторинг состояния мелиоративных систем. С использованием потенциала ГИС возможно выявлять и устранять возникающие проблемы в функционировании мелиоративных систем на ранних стадиях их проявления, что способствует повышению надежности и долговечности мелиоративных сооружений.

4. Оценка рисков и прогнозирование их проявления. ГИС используются для оценки рисков затопления, эрозии почв и других природных явлений как основы для разработки сценариев развития мелиоративных систем в различных условиях, что способствует принятию обоснованных управленческих решений.

5. Развитие прецизионного земледелия. Интеграция ГИС с системами точного земледелия позволяет использовать возможности варьирования норм внесения удобрений и средств защиты растений, что повышает эффективность использования этих ресурсов и снижает негативные воздействия на окружающую среду.

6. Оптимизация землепользования. ГИС применяются для определения оптимальных участков для выращивания различных сельскохозяйственных культур с учетом почвенно-климатических условий и рельефа местности, что влияет на повышение урожайности и качества продукции.

Беспилотные летательные аппараты обеспечивают регулярный мониторинг состояния сельскохозяйственных культур в разрезе широкого спектра самых разнообразных позиций. При помощи БПЛА получают изображения сельскохозяйственных угодий с высоким пространственным разрешением, что необходимо для создания цифровых карт полей, отражающих неоднородность растительного покрова, почвенных условий и рельефа. Сравнение этих карт с данными об урожайности, полученными с бортовых датчиков сельскохозяйственной техники, помогает выявлять участки поля с различными потребностями в питательных веществах и средствах защиты растений, что дает возможность оптимизировать использование ресурсов и повысить эффективность производства. Кроме того, данные, полученные с помощью БПЛА, являются основой для внедрения адаптивно-ландшафтных технологий земледелия, учитывающих разнообразие природных условий на каждом отдельном поле [2].

В свою очередь, основанные на данных, поступающих от разнообразных датчиков, метеорологических показателях и алгоритмах машинного обучения, системы интеллектуального орошения точно определяют потребность растений в воде, учитывая такие факторы, как влажность почвы, температура и уровень транспирации. В результате значительно сокращаются потери воды и повышается эффективность орошения.

При этом практика развития существующих систем орошения характеризуется высокой степенью разнородности используемых технологий и оборудования. Наиболее распространены дождевальные и поверхностные системы орошения, которые, несмотря на свою эффективность, имеют ряд недостатков, связанных с неравномерным распределением воды и большими потерями на испарение.

В данном контексте капельное орошение представляет собой высокоэффективную технологию полива сельскохозяйственных культур, обеспечивающую точную и локальную подачу воды непосредственно в прикорневую зону растений. Такой подход минимизирует потери влаги за счет испарения и поверхностного стока, что существенно повышает эффективность использования водных ресурсов. Помимо экономии воды, капельное орошение оптимизирует внесение удобрений, снижает риск развития заболеваний растений и улучшает качество про-

дукции. Российские производители систем капельного орошения предлагают широкий ассортимент оборудования и решений, способных удовлетворить потребности сельскохозяйственных предприятий и существенно снизить зависимость от импортных технологий.

Современные спринклерные системы оснащаются датчиками и системами управления, позволяющими оптимизировать процесс полива. В России ведутся разработки в области создания интеллектуальных систем управления орошением на базе дождевальных машин, достаточно успешным примером чего является технология «Каскад», разработанная специалистами Саратовского университета генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова.

Подземное орошение особенно эффективно в засушливых регионах, так как минимизирует потери воды при испарении и предотвращает засоление почвы. Российские ученые разрабатывают инновационные системы внутрипочвенного орошения, адаптированные к местным климатическим условиям. Например, в Волгоградском государственном аграрном университете создана эффективная система внутрипочвенного орошения, минимизирующая испарение и предотвращающая засоление почв [3].

На основе полученных данных подобные системы могут прогнозировать потребность растений в воде, оптимизируя режимы орошения. Это позволяет существенно повысить эффективность использования водных ресурсов, снизить затраты на производство сельскохозяйственной продукции и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду. Во многом это достигается использованием систем машинного обучения и искусственного интеллекта.

Следует отметить, что искусственный интеллект выступает драйвером революционных трансформаций в различных сферах, и агрономелиорация отнюдь не является исключением. Одним из ключевых направлений применения его потенциала в мелиорации является управление водными ресурсами. Алгоритмы машинного обучения, анализируя огромные объемы данных о прошлых и текущих гидрологических условиях, позволяют прогнозировать потенциальный расход водных ресурсов и разрабатывать эффективные стратегии их использования [4].

Искусственный интеллект также играет важную роль в управлении оросительными системами. Благодаря интеграции с датчиками и устройствами Интернета вещей появляется возможность в режиме реального времени отслеживать состояние систем, выявлять утечки и неисправности, что существенно снижает потери воды и повышает эффективность орошения.

Прецизионное земледелие, основанное на данных, полученных с помощью самых разнообразных датчиков, становится возможным во многом именно благодаря технологиям искусственного интеллекта. Алгоритмы машинного обучения позволяют анализировать эти данные и создавать предельно объективные карты почвенного плодородия, что помогает оптимизировать внесение удобрений и повысить урожайность. Кроме того, данные технологии дают возможность разрабатывать индивидуальные планы орошения для каждого участка поля, учитывая его особенности и потребности выращиваемых культур.

Российские компании достаточно активно внедряют технологии искусственного интеллекта в сферу мелиорации, предлагая инновационные решения для оптимизации использования водных ресурсов и повышения эффективности сельскохозяйственного производства.

Так, компания «K2Тех» разработала интеллектуальную систему дифференцированного полива, направленную на оптимизацию расхода воды и повышение равномерности увлажнения почвы. Система оснащена датчиками, установленными на поливочных машинах, которые непрерывно собирают данные о влажности почвы и температуре воздуха. Применение алгоритмов машинного обучения позволяет максимально точно оценить потребности каждого

участка поля в орошении. Это, в свою очередь, обеспечивает оптимизацию водного режима. Анализ данных обеспечивает возможность прогнозировать урожайность возделываемых культур, что способствует принятию обоснованных управленческих решений.

Совместная разработка компании «ИнноГеоТех» и Университета Иннополис представляет собой инновационную систему, основанную на передовых алгоритмах глубокого обучения. Она ориентирована на осуществление комплексного анализа многомерных данных, включающих в себя информацию о почвенных условиях, климатических параметрах, рельефе местности, истории выращивания культур, а также данные дистанционного зондирования высокого разрешения. Благодаря этому обеспечивается предельно точный мониторинг состояния растений и прогнозирование фитопатологий [5].

При том что вышеперечисленные направления использования цифровых технологий в рамках агрономелиоративной сферы уже получили достаточно широкое распространение, создание цифровых двойников агрономелиоративных систем представляет собой новый революционный подход, который позволяет перейти к точным прогнозам, основанным на анализе больших данных и цифровом моделировании, что радикально меняет традиционные методы управления.

Цифровой двойник агрономелиоративной системы — это ее точная виртуальная копия, детально воспроизводящая все происходящие в ее рамках физические процессы. Благодаря наличию такой модели появляется возможность проводить детальный анализ, экспериментировать с различными сценариями и прогнозировать их последствия без риска для функционирования реальной агрономелиоративной системы.

Ключевые особенности использования инструментария цифровых двойников в агрономелиорации можно изложить следующим образом:

1. Высокоразрешающий анализ данных, основанный на интеграции информации, поступающей от спутников, беспилотников и наземных сенсоров, позволяет создать детальную цифровую копию агрономелиоративной системы. Эта модель предоставляет возможность анализировать происходящие в ее рамках процессы, выявлять даже самые незначительные неоднородности, что критически важно для повышения эффективности мелиоративных мероприятий.

2. Предиктивное моделирование на основе детальной симуляции реальных процессов дает возможность оценивать урожайность, водную и питательную потребность растений, а также эффективность различных агротехнических приемов в рамках комплекса неоднородных сценариев развития агрономелиоративных систем.

3. Динамическая адаптация, основанная на непрерывном обновлении данных и определяющая высокую точность и достоверность моделирования, позволяет оперативно отражать как естественные, так и антропогенно обусловленные изменения в агрономелиоративной системе. Такая гибкость моделирования является ключевым фактором для принятия обоснованных решений в условиях изменяющейся среды.

4. Интеграция с системами точного земледелия, способствующая созданию адаптивных агрономелиоративных систем, предоставляет возможность оптимизировать применение удобрений, средств защиты растений и орошения, что повышает продуктивность сельскохозяйственных культур и минимизирует антропогенное воздействие на окружающую среду.

Компания IBM, выступая одним из пионеров в области разработки цифровых двойников для агрономелиоративной сферы, представила в 2018 году разработку Watson Decision Platform for Agriculture, предоставляющую сельхозпроизводителям уникальную возможность прогнозировать урожайность на основе комплексного анализа больших данных. В последующие

годы IBM расширила свое предложение, выпустив продукт Weather Signals, предназначенный для моделирования влияния погодных условий на развитие растений [6].

Одним из примеров успешного применения цифровых двойников в отечественной агро-мелиорации является платформа «Цифровые двойники растений», разработанная в научно-образовательном центре мирового уровня «Инженерия будущего». Эта платформа позволяет моделировать и прогнозировать состояние реальных посевов на полях с учетом данных о климате, почве, применяемых технологиях и других факторов [7].

Цифровые двойники агро-мелиоративных систем открывают широкие перспективы для развития прецизионного земледелия. В будущем можно ожидать появления более сложных моделей, учитывающих не только физические, но и биологические процессы, происходящие в агроэкосистемах. Это позволит создавать самообучающиеся системы управления, способные адаптироваться к меняющимся условиям, и обеспечивать максимальную эффективность сельскохозяйственного производства.

Заключение. Все вышесказанное позволяет констатировать, что использование современных цифровых технологий в рамках агро-мелиоративной сферы открывает принципиально новые возможности для совершенствования деятельности сельскохозяйственных товаропроизводителей как в плане повышения эффективности их работы, так и с точки зрения существенного улучшения параметров эколого-экономического воздействия. При этом вполне обоснованно ожидать появления в данной области технологических решений, которые откроют новые горизонты развития сферы сельскохозяйственной мелиорации и всей системы национального агропроизводства в целом.

Список литературы / References

1. Ильясова С.К., Шакибаев И.И., Имашева Б.С. Использование ГИС технологий для системного анализа космоснимков при решении гидрогеолого-мелиоративных задач. *Евразийский Союз Ученых*. 2015;(4–8(13)):167–170.

Ilyasova SK, Shakibaev II, Imasheva BS. Use of GIS Technologies for System Analysis of Space Images in Solving Hydrogeological and Meliorative Problems. *Eurasian Union of Scientists*. 2015;(4–8(13)):167–170. (In Russ.).

2. Ахмедов А.Д., Бабаев Д.Э., Липский Д.Д., Пискунов А.В. Особенности применения геоинформационных систем в мелиорации. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2023;(3(71)):394–402.

Akhmedov AD, Babaev DE, Lipskiy DD, Piskunov AV. Features of Application of Geographic Information Systems in Land Reclamation. *Izvestiya nizhnevolzhsky agrouniversity complex*. 2023;(3(71)):394–402. (In Russ.).

3. Интеллектуальные системы орошения и управление водными ресурсами. URL: <https://rosstip.ru/news/2203-intellektualnye-sistemy-orosheniya-i-upravlenie-vodnymi-resursami> (дата обращения: 01.10.2024).

Intelligent Irrigation Systems and Water Resource Management. URL: <https://rosstip.ru/news/2203-intellektualnye-sistemy-orosheniya-i-upravlenie-vodnymi-resursami> (accessed: 01.10.2024). (In Russ.).

4. Рогачев Д.А. Перспективы использования искусственного интеллекта при разработке информационно-аналитических систем в мелиорации. В: *Материалы Международной*

научно-практической конференции «Мелиорация земель в решении геоэкологических проблем Евразии». Москва: ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова»; 2024. С. 418–428.

Rogachev DA. Prospects for the Use of Artificial Intelligence in the Development of Information and Analytical Systems in Land Reclamation. In: *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Land Reclamation in the Context of Solving Geoecological Problems of Eurasia”*. Moscow: Federal Scientific Center VNIIGiM Named after A.N. Kostyakov; 2024. P. 418–428. (In Russ.).

5. Эффективные отечественные практики на базе технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. URL: https://files.data-economy.ru/Docs/Effektivnye_otechestvennye_praktiki_na_baze_tekhnologij_iskusstvennogo.pdf (дата обращения: 29.11.2024).

Efficient Domestic Practices Based on Artificial Intelligence Technologies in Agriculture. URL: https://files.data-economy.ru/Docs/Effektivnye_otechestvennye_praktiki_na_baze_tekhnologij_iskusstvennogo.pdf (accessed: 29.11.2024). (In Russ.).

6. Цифровые двойники в сельском хозяйстве. URL: <https://habr.com/ru/articles/775150> (дата обращения: 01.10.2024).

Digital Twins in Agriculture. URL: <https://habr.com/ru/articles/775150> (accessed: 01.10.2024). (In Russ.).

7. Цифровые двойники растений: самарские ученые разработали платформу для точного земледелия. URL: <https://www.spb.kp.ru/daily/27489/4747397> (дата обращения: 01.10.2024).

Digital Twins of Plants: Samara Scientists Have Developed a Platform for Precision Farming. URL: <https://www.spb.kp.ru/daily/27489/4747397> (accessed: 01.10.2024). (In Russ.).

Об авторе:

Анатолий Степанович Чешев, доктор экономических наук, профессор, ведущий научный сотрудник центра научных компетенций Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1).

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

About the Author:

Anatoly S. Cheshev, Dr.Sci. (Economics), Professor, Senior Research Associate of the Centre of Scientific Competencies, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation)

Conflict of Interest Statement: the author declares no conflict of interest.

The author has read and approved the final manuscript.