

УДК УДК 631.4; 631.5; 631.6

Краткий обзор



DOI: 10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-199-209

И. Ф. Юрченко

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова, Москва, Российская Федерация

✉ irina.507@mail.ru

Поступила в редакцию:
11.04.2022

Одобрена после рецензирования:
02.08.2022

Принята к публикации:
22.08.2022

Review



DOI: 10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-199-209

Irina F. Yurchenko

All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Reclamation named after A. N. Kostyakov, Moscow, Russian Federation

✉ irina.507@mail.ru

Received by the editorial office:
11.04.2022

Accepted in revised:
02.08.2022

Accepted for publication:
22.08.2022

Концепция развития цифровизации комплексной мелиорации

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Возрастающее народонаселение и жесткая конкуренция на мировом и отечественном рынках продовольственных продуктов обусловили приоритет становления цифровизации мелиоративного водохозяйственного комплекса. Цель работы — освещение принципиальных подходов и перспективных направлений цифровизации комплексной мелиорации.

Методы. Исследования базировались на системном подходе к цифровизации мелиоративной деятельности отечественного АПК.

Результаты анализа практического опыта и интеграции публикаций отечественных и зарубежных ученых дополнены показателями эвристических прогнозов эффективности модернизации производственных процессов и мелиоративных предприятий, материалами обработки статистических данных использования цифровых решений в сельскохозяйственном производстве с применением инструментальных методов и экспериментальных расчетов.

Результаты. Выполнен анализ современного состояния цифровизации сферы мелиоративной деятельности отечественного АПК. Выявлена потребность в модернизации объектов мелиорации на основе цифровых решений технологических процессов их проектирования, строительства и эксплуатации. Сформулированы цели и задачи цифровизации мероприятий, инженерных систем и сооружений мелиорации. Представлены перспективные направления цифровых решений процессов мелиоративной деятельности на основе платформенного подхода. Структура платформы «Цифровая мелиорация» включает функциональные модули: «Эффективный мелиоративно-водохозяйственный комплекс», «Интеллектуальная мелиоративная система», «Умное мелиорируемое поле», «Безопасная мелиорация», «Конкурентоспособное предприятие» и «Профессиональная мелиорация», которые интегрируют весь объем знаний, информации и сведений в сфере мелиоративной деятельности, необходимый для принятия решений и реализации управляющих воздействий. Определен базовый инструментарий создания, строительства и эксплуатации программно-технологического комплекса цифровизации системы растениеводства мелиорируемых земель. Освещена область ожидаемых результатов внедрения цифровых решений в практику мелиоративного сектора экономики АПК. Следует отметить, что грядущая глобальная цифровизация мелиорации неизбежна. В конечном итоге выиграют те производства, руководители которых поймут это раньше, и начнут внедрять цифровые системы не только в рамках отдельных технологических процессов, но и комплексно.

Ключевые слова: концепция, направления, мелиорация, платформенная цифровизация, структура, функциональные модели

Для цитирования: Юрченко И. Ф. Концепция развития цифровизации комплексной мелиорации. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-199-209>

© Юрченко И. Ф.

The concept of development of digitalization of complex land reclamation

ABSTRACT

Relevance. The growing population and fierce competition in the global and domestic markets for food products have determined the priority of the digitalization of the reclamation water management complex. The purpose of the work is to highlight the fundamental approaches and promising areas of digitalization of integrated land reclamation.

Methods. The research was based on a systematic approach to the digitalization of land reclamation activities. The results of the analysis of practical experience and the integration of publications of domestic and foreign scientists are supplemented with indicators of heuristic forecasts for the effectiveness of the modernization of production processes and land reclamation enterprises, materials for processing statistical data on the use of digital solutions in agricultural production using instrumental methods and experimental calculations.

Results. The analysis of the current state of digitalization of the sphere of land reclamation activities of the domestic agro-industrial complex has been carried out. The need for modernization of land reclamation facilities based on digital solutions for the technological processes of their design, construction and operation has been identified. The goals and objectives of digitalization of measures, engineering systems and land reclamation facilities are formulated. Promising directions of digital solutions for land reclamation processes based on a platform approach are presented. The structure of the "Digital Reclamation" platform includes functional modules: "Efficient Reclamation and Water Management Complex", "Intellectual Reclamation System", "Smart Reclaimable Field", "Safe Reclamation", "Competitive Enterprise" and "Professional Reclamation", which integrate the entire scope of knowledge, information and data in the field of land reclamation activities, necessary for decision-making and implementation of control actions. The basic tools for the creation, construction and operation of the software and technological complex for the digitalization of the crop production system of reclaimed lands have been determined. The area of expected results of the introduction of digital solutions into the practice of the reclamation sector of the agro-industrial complex has been highlighted. It should be noted that the upcoming global digitalization of land reclamation is inevitable. In the end, those enterprises will win, whose managers understand this earlier, and will begin to introduce digital systems not only within individual technological processes, but also in a complex way.

Key words: concept, directions, land reclamation, platform digitalization, structure, functional models

For citation: Yurchenko I. F. The concept of development of digitalization of complex land reclamation. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-199-209> (In Russian).

© Yurchenko I. F.

Введение/Introduction

Возрастающее народонаселение и жесткая конкуренция на мировом и отечественном рынках продовольственных продуктов вынуждают руководителей агропромышленного комплекса искать новые инновационные пути повышения эффективности агропроизводства, включая развитие и совершенствование растениеводства на мелиорируемых землях.

Осуществляемая в настоящее время модернизация системы растениеводства отечественного АПК связана с цифровизацией сельского хозяйства. Мелиорация как наиболее технологичный сектор экономики агропроизводства не должна оставаться в стороне от внедрения этих новаций в практику земледелия.

В свете современных решений по развитию цифровой экономики Российской Федерации необходимо глобальное преобразование всей сферы мелиоративной деятельности отечественного АПК на базе процессов цифровизации с внедрением единых стандартов и требований к уровню методического, технологического и технического развития программно-технических комплексов и инструментария их создания и эксплуатации [1].

Целью настоящей работы является освещение предлагаемых автором принципиальных подходов и приоритетных направлений развития цифровизации комплексной мелиорации, обеспечивающих трансформацию мелиоративного водохозяйственного комплекса в соответствии с требованиями современного этапа модернизации производственных процессов АПК Российской Федерации [2].

Материалы и методы/Materials and methods

Методология выполненных исследований базируется на системном подходе к созданию технологий цифровизации мелиоративной деятельности, сформированном работами ученых и практикой инновационного агропроизводства. Результаты анализа практического опыта и интеграции разработок отечественных и зарубежных ученых дополнены показателями эвристических прогнозов эффективности модернизации производственных процессов и мелиоративных предприятий, материалами обработки статистических данных использования цифровых решений в сельскохозяйственном производстве с применением инструментальных методов и экспериментальных расчетов.

Объектом исследования является система цифровизации агропроизводства, предметом — процессы растениеводства в мелиорируемом земледелии. Потенциал для выполнения обоснованной трансформации и осуществления эффективного развития сферы цифровизации мелиоративного сектора экономики определялся по результатам возможной эволюции, конвергенции и интеграции широкого спектра решений ниже-следующих задач:

1. Оценка современного состояния индустрии цифровизации мелиорации.
2. Определение цели и задач планируемой трансформации сферы мелиоративной деятельности на основе цифровизации.
3. Разработка приоритетных направлений цифровизации мелиорации.
4. Формирование перспективного инструментария цифровизации комплексной мелиорации.
5. Выявление целевых показателей развития цифровизации процессов комплексной мелиорации.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Современное состояние индустрии цифровизации мелиорации.

Важнейшим условием становления высокоэффективного отечественного агропромышленного комплекса, способного конкурировать с ведущими мировыми производителями продуктов питания, является масштабное внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами растениеводства на мелиорированных землях, в первую очередь орошаемых, отличающихся максимальной отзывчивостью [3–6].

По данным фактографических материалов, полученным от государственных учреждений по управлению мелиорацией земель и сельскохозяйственному водоснабжению на уровне субъектов Российской Федерации, площадь орошаемых сельхозугодий в 2018 г. составляла 4222,71 тыс. га, или 1,9% от сельхозугодий (здесь и далее данные без Республики Крым), из них в сельскохозяйственном производстве использовалось 3593,2 тыс. га (84,1%). Указанные данные свидетельствуют о масштабности отрицательных изменений в области использования орошаемых земель.

Балансовая стоимость объектов мелиоративного водохозяйственного комплекса — 272,4 млрд руб., из них стоимость федеральной собственности — 158,4 млрд руб., или 58% общей балансовой стоимости. Сведения о полной и остаточной балансовой стоимости оросительных систем федеральной формы собственности по округам Российской Федерации свидетельствуют об их существенном, достигающем 70%, износе.

Урожайность зерновых культур на орошении выше их урожайности на площадях без полива на 35%, овощей — на 32,6%, продуктивность кормовых угодий — на 79,3%. Объем производства зерновых на орошаемых землях составил 3,09% общего объема производства зерновых, овощей — 21,91%, грубых и сочных кормов — 23,16%; такие показатели, конечно, требуют повышения. К примеру, во времена Союза Советских Социалистических Республик (СССР) агропроизводство на мелиорируемых землях обеспечивало более 30% общего объема валового производства сельхозпродукции [7, 8].

Сфера мелиоративной деятельности АПК Российской Федерации в силу наличия большой территории и площади земель сельскохозяйственного использования, а также значимых запасов таких природных ресурсов, как вода, в сочетании с низким уровнем использования цифровых решений в процессах планирования и реализации технологических процессов агропроизводства обладает существенным потенциалом применения цифровых решений (рис. 1).

В последнее время российские аграрии активизировали внедрение программно-технических комплексов в систему управления производством. Вместе с тем эти решения, как правило, модернизируют процедуры достаточно узкого спектра производственной деятельности, а их результаты не консолидированы с системой управления технологическими процессами производства и предприятием в целом, не говоря уже об интеграции с решениями всей сферы мелиоративной деятельности отечественного АПК [10–12].

На рисунке 2 представлены результаты опроса об использовании цифровых решений, проведенного в 1700 хозяйствах Краснодарского края, относящегося к

Рис. 1. Эффективность цифровых технологий программно-технических комплексов**Fig. 1.** The effectiveness of digital technologies for software and hardware systems

Примечание: Эффективность цифровых технологий отражена по пятибалльной системе оценки (1 — минимум, 5 — максимум), на рисунке дифференцирована по функциональной направленности. Представлено по данным [9]

Рис. 2. Внедрение цифровых решений сельскохозяйственными предприятиями Краснодарского края (представлено по материалам [9])**Fig. 2.** Implementation of digital solutions by agricultural enterprises of the Krasnodar Territory (based on [9])

регионам успешного агропроизводства, в том числе и «оцифрованного» [9].

Анализ данных рисунка 2 показывает, что наряду с очевидной необходимостью увеличения масштабов оцифровки агропроизводства следует трансформировать структуру ее мероприятий. Так, большинство представленных цифровых решений относится к направлению «точное (прецизионное) агропроизводство», тогда как интеллектуальное сельское хозяйство, базирующееся на сквозных цифровых технологиях управления производством и реализацией продукции растениеводства, формирование которого предполагается законодательством, представляет нечто большее. Для «умного агропроизводства» характерно объединение информации о сельхозтоваропроизводителях, потребителях и других заинтересованных участниках процессов создания продукции и формирования ее стоимости, что позволяет потребителю совершать покупки на основе информации о хозяйстве, производящем продукты питания, а сельхозтоваропроизводители могут принимать производственные решения на основе информации о покупках потребителей [13].

Внедрение мероприятий модернизации функционирующего мелиоративного водохозяйственного комплекса, а также создание гидромелиоративных систем нового поколения на основе цифровизации позволит повысить эколого-экономическую эффективность орошаемых земель, занятых в секторе производства сельскохозяйственной продукции. К приоритетным функциональным задачам цифровизации мелиорации относятся [14–19]:

1. Регулирование мелиоративного режима агроэкосистем, интегрированных в систему «точного земледелия».

2. Снижение расхода энергетических и природных, в первую очередь водных, ресурсов.

3. Мониторинг воздействия антропогенных факторов на природную экосистему.

4. Прогнозирование массопереноса в агроландшафтах.

5. Модернизация решений в области государственного управления становлением и развитием современной мелиорации.

Пока в агропроизводстве РФ применяют цифровые подходы менее 8–10% хозяйств, но доля цифровых технологий в производстве неуклонно возрастает, и к 2026 г. запланировано ее увеличение в АПК до 28–30 млрд, то есть в 5 раз [20, 21].

Успешному становлению индустрии цифровизации мелиорируемого агропроизводства будет способствовать устранение сдерживающих факторов, основными из которых являются [22–25]:

— отсутствие у хозяйствующих субъектов свободных финансов для модернизации и обновления пар-

ка техники и необходимого опыта использования программно-коммуникационных комплексов, цифровых платформ и пр. атрибутов цифровизации технологических процессов;

- недоступность должной инфраструктуры;
- низкая обеспеченность села квалифицированными кадрами для разработки, внедрения и эксплуатации цифровых решений;
- недостаточная информированность сельхозтоваропроизводителей о возможностях и вызовах технологий цифровизации и, как следствие, отсутствие у хозяйствующих субъектов мотивации для использования новаций.

Цели и задачи трансформации сферы мелиоративной деятельности на основе цифровизации

Ключевой целью системной цифровизации агропроизводства на мелиорируемых землях должно стать обеспечение значимого прироста эффективности и устойчивости системы растениеводства за счет существенных изменений качества управления технологическими процессами и процедурами принятия

решений. Последние базируются на перспективных инновационных способах формирования и последующего использования информации для точного регулирования потоков воды и минеральных веществ, оценки экологической безопасности корректируемой природной среды и снижения антропогенной нагрузки на мелиорируемые и прилегающие к ним земли.

Помимо цифровизации технологических процессов мелиорируемого земледелия, необходимо вести работы по развитию цифровых решений в области государственного управления становлением и развитием современной мелиорации.

Реализация указанной цели потребует решения следующих задач:

1. Объединение в общую систему анализа и разработки технических решений контроля и регулирования множественных факторов: метеорологических, почвенных, биологических, экономических и др., влияющих на агропроизводство. Это позволит выработать принципиально новые подходы к созданию цифровых платформ, которые в дальнейшем можно будет использовать в качестве универсальной базы для различных природно-климатических зон Российской Федерации.

2. Нивелирование влияния больших территорий Российской Федерации в области применения единых стандартов мелиорации, расширение возможности быстрого и эффективного внедрения на любом из предприятий мелиоративного комплекса инновационных технологий, методик и методов ведения хозяйственной деятельности.

3. Обеспечение высокого уровня межотраслевого взаимодействия с различными сопредельными производственными областями сельскохозяйственного комплекса, а также иными промышленными, социальными, торговыми, банковскими секторами экономики.

4. Разработка и внедрение в практику производства ряда масштабных платформ автоматизации мелиоративных процессов, конкурирующих между собой, но имеющих единый стандарт ведения баз данных для удобного взаимообмена информацией. Платформы должны быть фрагментированы по выполняемым функциям для того, чтобы небольшие, в том числе фермерские, хозяйства имели возможность использовать лишь актуальную для них часть общей платформы. Это снизит стоимость и повысит экономическую целесообразность перехода на цифровую мелиорацию.

5. Адаптация цифровизации в части внедрения «эко» стандартов и форматов. Это позволит России существенно повысить конкурентоспособность сельскохозяйственной продукции на мировом рынке.

6. Оцифровка всех без исключения сельскохозяйственных земель, а не только задействованных в мелиоративных процессах на данный момент времени, для дальнейшего использования в ГИС-подложке, которая должна стать базой для дальнейшего функционирования цифровых платформ в мелиорации.

7. Разработка, внедрение и применение инновационного инструментария для успешного использования решений по цифровизации агротехнологий, цифровых платформ и единого национального информационного ресурса.

8. Создание и воплощение в жизнь в сфере мелиоративной деятельности автоматизированных, роботизированных, использующих возможности интеллектуальных решений информационных технологий.

9. Развитие информационного ресурса подготовки в удаленном режиме специалистов для агропроизвод-

ства и консультационных пунктов внедрения и эксплуатации технологий цифровизации.

10. Активное использование преимуществ, предоставляемых внедренными в практику «умными вещами», позволяющими в первую очередь снизить энергетическую нагрузку на предприятия при проведении мелиоративных работ.

11. Разработка единых образовательных программ для среднего специального и высшего образования по направлениям технической, экономической, управленческой поддержки «умной мелиорации». Определение перечня образовательных организаций, которые будут задействованы в подготовке квалифицированных специалистов.

12. Повышение престижа работы в агропроизводстве, благосостояния жителей села, востребованности IT-специалистов.

13. Обеспечение аграриев современной высокоскоростной связью посредством сети «Интернет», стандартными форматами и протоколами обмена данными между информационно-коммуникационными комплексами.

14. Создание цифровых технологий информационной поддержки назначения управленческих воздействий.

Планомерное и успешное решение сформированных задач цифровизации сферы мелиоративной деятельности АПК обеспечат:

- проведение масштабной цифровизации подведомственных предприятий;
- качественный и количественный прорыв в производительности труда, вплоть до роста основных показателей порядка 100%;
- стимулирование государственных федеральных и муниципальных структур в области финансирования цифровизации мелиоративной отрасли;
- регулярный сбор, анализ и обработку информации с целью принятия управленческих решений по корректировке разработки, внедрения и использования цифровых технологий в мелиоративном комплексе;
- межведомственное взаимодействие на региональном и федеральном уровне;
- повышение продовольственной безопасности Российской Федерации.

Исполнение запланированных мероприятий цифровизации мелиорации должно быть максимально ориентировано на собственный потенциал АПК и активную политику импортозамещения. Однако полное игнорирование разработанных и уже успешно апробированных в мировом сельском хозяйстве цифровых решений, включая мелиорацию, — подход, не отличающийся дальновидностью. Следует активно искать разумный компромисс в сфере интересов и возможностей развития отечественных цифровых агротехнологий для сокращения (вплоть до полной ликвидации) указанной проблемы национальной экономики.

Приоритетные направления цифровизации мелиорации

В свете концептуальных положений Ведомственного проекта «Цифровое сельское хозяйство», ориентированного на создание одноименной национальной цифровой платформы в АПК, и с учетом результатов выполненного анализа современного состояния, целей и задач развития цифровых решений сферы мелиоративной деятельности автором сформулированы следующие направления цифровизации мелиорации:

- научно-исследовательские, технологические, социально-экономические, производственные и пр. процессы в сферах проектирования, строительства и эксплуатации объектов мелиорации;

- область государственной поддержки сельхозтоваропроизводителя; нормативно-методические и нормативно-правовые базы, регулирующие освоение и развитие цифровых решений; финансирование, страхование и прочие процессы государственного управления мелиоративной деятельностью;

- информационная инфраструктура в сельской местности, технологическое, техническое и кадровое обеспечение и информационная безопасность использующих цифровых технологий.

Для реализации указанных направлений цифровизации мелиорации предлагается разработка субплатформы «Цифровая мелиорация» (далее по тексту — платформа «Цифровая мелиорация») в составе платформы «Цифровое сельское хозяйство», созданной в рамках Ведомственного проекта Минсельхоза России. Цель разработки платформы — развитие сферы мелиоративной деятельности на федеральном, областном, муниципальном уровнях и уровне хозяйствующих субъектов, обеспечивающее становление мелиоративных технологий, производительности труда, себестоимости товаров и услуг в области мелиорации на мировом уровне успешности либо выше его.

В составе платформы «Цифровая мелиорация» предлагается создание следующих цифровых модулей: «Эффективный мелиоративно-водохозяйственный комплекс», «Интеллектуальная мелиоративная система», «Умное мелиорируемое поле», «Безопасная мелиорация», «Конкурентоспособное предприятие» и «Профессиональная мелиорация», которые интегрируют весь объем знаний, информации и сведений в сфере мелиоративной деятельности, необходимый для принятия решений и реализации управляющих воздействий, как в области технологических и производственных процессов отдельно взятого хозяйства, так и в глобальных процессах государственного управления мелиоративным сектором экономики на муниципальном, областном и федеральном уровнях. Наличие достоверной и своевременной информации должно обеспечить эффективные показатели финансово-производственной деятельности за счет оптимизации управленческих воздействий [26, 27].

Наряду с этим в рамках сервисных модулей платформы «Цифровая мелиорация» следует организовать сбор и систематизацию данных для подготовки аналитического отчета о целесообразности оказания финансовой поддержки организациям, выступающим в качестве клиентов финансовых займов, страхования, кредитования, субсидий и других форм государственной поддержки. Программно-коммуникационные модули платформы должны взаимодействовать с другими цифровыми сервисами властных органов для аккумуляции данных и сведений в едином информационном пространстве.

Функциональный модуль «Эффективный мелиоративно-водохозяйственный комплекс» обеспечивает формирование инновационной системы планирования и оптимизации процессов развития и размещения мелиорации в агропроизводстве на разных уровнях обобщения агроландшафтов и использования земель (поле, участок, хозяйство, муниципалитет, субъект РФ, страна, зарубежные территории).

Целью разработки модуля «Интеллектуальная мелиоративная система» является реализация процессов эффективного развития, внедрения и эксплуатации технологий, конструкций и оборудования гидромелиоративных систем, сооружений и мелиоративных мероприятий на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации, базирующихся на использовании мощных инструментов цифровизации — искусственного интеллекта и роботизации.

Модуль «Умное мелиорируемое поле» включает цифровизацию технологий сбора, последующего анализа, обработки и применения в процессе принятия и реализации управляющих решений множеств больших данных, характеризующих как текущие процессы природной среды в целом, так и трансформации почвенных и других условий роста и развития растений, необходимых для бесперебойного увеличения производственных показателей растениеводства без нарушения экологической безопасности агроландшафта.

Модуль «Безопасная мелиорация» ведомственной платформы «Цифровая мелиорация» ориентирован на решение следующих основополагающих задач: применение ресурсосберегающих, экологически безопасных и/или малоотходных технологий; формирование экологически чистых энергетических источников при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов мелиоративного водохозяйственного комплекса; выращивание безопасных продуктов питания и сырья для пищевой промышленности; сохранение биологического разнообразия и защита окружающей среды.

Цель разработки модуля «Конкурентоспособное предприятие» заключается в создании сквозной системы интеллектуального сопровождения полного цикла процессов управления для руководящего состава организаций, занимающихся мелиорацией, начиная с момента моделирования нестандартной стратегии ее технологического развития с применением контрольных функций на отдельно взятый период и для конкретного проекта, и до оперативного реагирования на непредвиденные обстоятельства и чрезвычайные ситуации.

Основополагающая задача модуля «Профессиональная мелиорация» — помощь в создании и осуществлении на базе специализированных вузов и организаций среднего профессионального образования программ обучения, направленных на теоретическое обоснование разработки и практическое применение опыта внедрения и эксплуатации инновационных технологий в сфере мелиорации.

Необходимо также предпринимать определенные шаги для решения вопросов удаленного образования и переподготовки имеющихся в регионе IT-специалистов для сопровождения и обслуживания именно мелиоративных автоматизированных систем. Повышение профессиональной компетентности в вопросах цифровой мелиорации, безусловно, должно касаться не только узкоспециализированных инженеров и наладчиков, но и всего персонала, работающего в сегменте мелиоративной деятельности, что позволит прогнозировать перспективы цифровизации в мелиоративном секторе экономики Российской Федерации.

Формирование перспективного инструментария

Цифровизации процессов комплексной мелиорации

Сложность цифровизации системы растениеводства в целом обусловлена слишком большим размахом условий ее реализации, как по наличию и составу материально-технической базы, так и по кадровому потенциа-

лу производства хозяйствующих субъектов. В каждом конкретном случае разработчикам и проектировщикам необходимо подбирать индивидуальный актуальный инструментарий, с помощью которого планируется реализация программно-технического комплекса цифровизации агротехнологий на том или ином поле, участке, хозяйстве, регионе [28, 29].

Однако следует выделить универсальные, подлежащие стандартизации инструментарии создания и эксплуатации цифровых технологий, использование которых на этапах современного развития сферы мелиоративной деятельности агропроизводства и ближайшего будущего становится обязательным.

Прежде всего это технологии работы с данными в области управления (сбор, хранение, передача, трансформация и т.д.) и аналитических исследований на основе имеющихся данных [30, 31]. Для повышения эффективности сбора данных потребуется совершенствование технологического устройства датчиков с целью увеличения их многозадачности, миниатюризации и оптимизации стоимости. О перспективности указанного направления свидетельствует большой интерес потребителей в других областях производства к компактным, портативным, умным устройствам, более оперативным и имеющим множество дополнительных функций. Однако все еще существуют проблемы их функционирования вне помещения в условиях сурового климата. Серьезной проблемой портативных устройств становится также и обеспечение бесперебойного питания в ситуациях, когда невозможна замена локального источника (например, у высокочастотных GPS-датчиков).

Стоимость как передачи, так и хранения данных быстро снижается, что делает технологии работы с данными все более доступными для сельхозтоваропроизводителей.

Решения по хранению данных включают вопросы: выбор места хранения; конфиденциальность и доступность; резервное копирование и безопасность данных; разделение между облачным и локальным хранилищем; срок хранения данных. Решения для них все еще развиваются, отчасти по мере увеличения объема данных, которые необходимо передать.

В сфере мелиоративной деятельности АПК существует и сохраняют актуальность разработки совершенных технологий обработки больших массивов данных (Big Data) [32]. К Big Data в современном понимании принято относить массивы данных с объемом, приближающимся к петабайтам. В условиях грядущей глобальной цифровизации всего мелиоративного комплекса, учитывая, что работать придется с мультимедийным материалом, причем не только с фотографиями и снимками со спутников, но и с видеофайлами, такие объемы становятся все более реальными.

Для обработки массивов Big Data необходимо разрабатывать и внедрять специализированное программное обеспечение, а также проектировать технические средства на основе ГИС-технологий. Это потребует немалых финансовых вложений, которые, по понятным причинам, могут не окупиться с экономической точки зрения. Поэтому привлечение частных инвестиций к формированию инструментария управления массивами больших данных является достаточно проблематичным, что актуализирует задачи бюджетного государственного финансирования указанных разработок.

Стандартизированный подход к обработке и использованию больших массивов данных обеспечит всем без исключения хозяйствующим субъектам на объектах

мелиоративного водохозяйственного комплекса, вне зависимости от размеров и формы собственности объекта, доступ к необходимым сведениям. В результате появится возможность использовать облачные технологии для хранения и обработки данных. Это серьезно снизит техническую и экономическую нагрузку на конечного пользователя. По сути, через сеть «Интернет» будет передаваться запрос и приниматься результат. Хранение и вычисление будут осуществляться на централизованных серверах. По такому же принципу имеет смысл организовывать работу систем управления базами данных (СУБД) на облачных платформах.

Повышение аналитических возможностей цифровых технологий может обеспечить в дополнение к традиционно используемым методам описательной и диагностической аналитики, устанавливающим, «что произошло?» и «почему это произошло?», широкое применение прогнозирующих методов («что произойдет?») и формирующих решение аналитик («как мы можем это сделать?»), ориентированных на определение будущего состояния объекта управления. Методы прогнозирующей аналитики обеспечивают оценку тенденций развития событий и моделей поведения, а также вероятность возникновения определенной ситуации. Такие решения возможны при объединении областей статистики, занимающихся извлечением информации из данных, с правилами и алгоритмами их обработки, а при необходимости — и с привлечением внешних данных.

Цифровое сельское хозяйство должно обеспечивать гибкость управляющих воздействий, чтобы можно было эффективно и оперативно реагировать на часто возникающие в агропроизводстве непредвиденные ситуации. Рекомендации аналитики, формирующей решения, основанные на результатах обработки широкого спектра данных, оперативно поступающих от множества датчиков, повышают эти возможности. Растущая перспектива использования цифровых технологий для преобразования точных данных в цепи мероприятий производства и реализации продукции растениеводства в практические знания для управления и поддержки принятия сложных управленческих решений на предприятии и в цепи мероприятий агропроизводства и реализации продукции позволит перейти сельскому хозяйству «от обеспечения точности к принятию решения», что будет отличать «цифровое сельское хозяйство» от «прецизионного агропроизводства».

Успешность развития аналитики в качестве инструментария цифровизации мелиоративной сферы деятельности значимо повышается с возможностью использования искусственного интеллекта (ИИ) для формирования управленческих решений. Необходимо отметить, что применение искусственного интеллекта является перспективным направлением цифровизации и в других областях мелиоративной деятельности.

Наиболее актуальны для использования ИИ такие цифровые технологии сферы мелиоративной деятельности, как роботизация, мониторинг урожайности и почвенного плодородия, прогностический анализ, нейронные датчики.

Применение ИИ в агропроизводстве позволяет решать множество практических задач, которые в той или иной степени могут быть востребованы в мелиорации, но ему нет альтернативы в ситуациях, требующих замены человека при обслуживании технических средств (роботов, нейронных датчиков), например, в труднодоступных и/или удаленных от хозяйственных центров местах.

Роботы (роботизированные системы) с каждым днем повышают свою привлекательность в качестве мощного инструментария реализации автоматизированных цифровых систем в сельском хозяйстве [33]. Сейчас роботы способны решать производственные задачи без непосредственного участия человека. При этом значительно повышается производительность, точность исполнения технологических операций, снижается процент брака. Роботы сегодня сильнее, быстрее, точнее, стабильнее и, как следствие, эффективнее человека при выполнении определенных технологических операций производства. Прежде всего это тяжелые и/или рутинные процедуры, ситуации повышенного риска и низкой эргономичности технологических процедур. Вместе с тем все чаще мотивацией для роботизации производства становятся социально-экономические аспекты: снижение влияния человеческого фактора, доли ручного труда, кадровых рисков и т.п.

Однако не следует забывать, что эффективность и работоспособность роботов в значительной степени зависят от человека, его умения настраивать, управлять, ремонтировать роботов. Таким образом, возможности роботизации агротехнологий имеют свои ограничения, связанные с необходимостью предварительной подготовки в достаточном количестве квалифицированных кадров. Немаловажным фактором, ограничивающим использование роботов в сельском хозяйстве, является практическое отсутствие отечественных разработок в области агроцифровизации, а доступность зарубежных цифровых решений в условиях увеличивающихся санкций в адрес РФ и возрастающей нестабильности валют резко падает. Это лишний раз подтверждает необходимость импортозамещения в технологическом, техническом и программном обеспечении процессов цифровизации сферы мелиоративной деятельности.

Максимальной популярностью в качестве инструмента технологий цифровизации отечественного агропроизводства пользуются дроны, квадрокоптеры и беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Нередко БПЛА рассматривают как транспортное средство датчиков сбора информации для поддержки принимающих решений [34]. Учитывая, что БПЛА все чаще привлекаются для контроля и реализации агротехнологических процедур, беспилотники также предлагается относить к роботам.

В мелиорируемом земледелии беспилотники используются для выполнения видео-, аэрофото- и тепловизионной съемки; лазерного сканирования; компьютерного моделирования; внесения удобрений; обработки растений ядохимикатами; посева и полива сельскохозяйственных культур и пр.

К достаточно новому направлению разработки инструментария цифровых решений мелиоративной деятельности относится технология блокчейн — по существу представляющая собой «неподкупную» электронную бухгалтерскую книгу, помогающую отслеживать каждую транзакцию перемещения продуктов питания по пищевой цепочке и, следовательно, позволяющую определять их позиции в последовательности мероприятий формирования стоимости, облегчая для потребителя поиск сведений о происхождении приобретаемого товара [35–40].

Подключение к надежной, скоростной широкополосной связи для работы с Интернетом вещей и быстрой передачи больших объемов данных имеет важное значение для участия сельского населения в цифровом агропроизводстве [41]. Тем не менее, сельские районы

относятся к регионам, наименее обеспеченным сетью «Интернет», и «цифровая пропасть» между сельскими и городскими районами страны очевидна, что является одной из причин медленного развития масштабов цифровизации агропроизводства.

Интернет вещей (IoT) — относительно новая, но быстро развивающаяся технология цифровизации АПК, обеспечивающая непосредственное взаимодействие физических объектов, устройств и систем производственных процессов на основе средств коммуникации и связи [42–44]. Приоритетная задача IoT в сельском хозяйстве, как и в мелиоративном комплексе в частности, заключается в эффективном и рациональном распоряжении поступающими ресурсами. «Умная» мелиорация ориентирована не только на увеличение количества выпускаемой продукции или осуществляемых мелиоративных мероприятий, но в первую очередь на повышение их качественных показателей [45].

Среди актуальных направлений в области умной мелиорации выделяются:

1. IoT-технологии в коммуникации, где необходима адаптация управленческих механизмов и механизмов контроля под мобильные приложения. Это позволит специалистам вносить корректировки в базы данных и предоставлять для обработки актуальную информацию в режиме реального времени, находясь непосредственно на мелиоративном объекте. В целом стремление к мобильной реализации цифровых решений характерно не только для технологий коммуникации, но и для других направлений производственной деятельности.

2. Сервис-ориентированная архитектура (SOA), обеспечивающая серверную централизацию всех текущих процессов агропроизводства. Такой подход для IoT в полной мере коррелирует с перспективами использования облачных Big Data.

3. Автоматическая идентификация объектов через радиосигнал (RFID). Штрих-кодирование и применение несложных датчиков считывания позволяют формализовать объекты цифровизации, что для мелиоративного комплекса принципиально важно. Так, маркировка отдельных участков полей обеспечивает ранжирование продукции растениеводства по возрасту, сорту и другим параметрам, что гораздо эффективнее использования других методов, к примеру, искусственного интеллекта.

Выявление целевых показателей развития

цифровизации процессов комплексной мелиорации

АПК Российской Федерации на первом этапе осуществляющейся в настоящий период его модернизации предстоит обеспечить население страны отечественными конкурентоспособными продуктами питания, а пищевую промышленность — сырьем, а затем решить следующую, еще более глобальную задачу — занять передовые позиции мирового рынка конкурентоспособных высококачественных экологически чистых продуктов питания.

По данным экспертов, цифровизация аграрного сектора экономики сокращает: затраты аграриев на производство и обеспечение качества продукции растениеводства — на 10–40% и 10–20% соответственно, простой оборудования — на 30–50%, период вывода продукции на рынок — на 20–50%, финансирование хранения запасов — на 20–50%.

К ожидаемым результатам цифровизации сферы мелиоративной деятельности относятся [2, 5, 46–50]:

- гарантированное обеспечение экологической безопасности природопользования мелиорируемого расте-

ниеводства и рационального использования природных ресурсов (земли, воды, климатического потенциала и пр.) на разных уровнях обобщения агроландшафтов и использования земель (поле, участок, хозяйство, муниципалитет, субъект РФ, страна, зарубежные территории);

- внедрение специализированных платформ поддержки цифровизации агропроизводства базовых эко-продуктов дифференцированно по культурам и их продвижения на рынки в объемах, обеспечивающих России передовые позиции мирового сельхозтоваропроизводителя;

- повышение доли импортозамещения на российском рынке высококачественных продуктов питания;

- рост производства, создания и использования отечественной техники, оборудования, конструкций, инновационных материалов, программно — технических комплексов и т.п. мероприятий, способствующих снижению зависимости мелиоративного растениеводства от зарубежных поставок;

- замена морально устаревшего и физически изношенного мелиоративного фонда высокотехнологичными и надежными, функционально эффективными, экономически рациональными и экологически безопасными мелиоративными мероприятиями, системами, а также отдельно расположенными гидротехническими сооружениями;

- формирование успешного рынка труда на основе эффективной конкуренции и снижения безработицы вплоть до полной ликвидации;

- создание системы управления платформами сопровождения производства продукции растениеводства на мелиорируемых землях с использованием технологий Интернета вещей, управления техникой, приложений «Интеллектуальная мелиоративная система», «Умное мелиорируемое поле»;

- оцифровка мелиорируемых земель сельскохозяйственного назначения, включая состав и структуру почвы и GIS-подложку с разрешением 1 м;

- расширение мер государственной поддержки в зависимости от фактических данных сельхозпроизводителей в части участия в процедурах цифровизации мелиорируемого агропроизводства;

- разработка программ подготовки специалистов в области создания, внедрения и эксплуатации цифровых решений агропроизводства и распределение выпускников профильных вузов на работу в селе;

- автоматическое в режиме онлайн поступление от сельхозтоваропроизводителей, подключенных к платформе «Цифровая мелиорация», систематизированной и агрегированной в унифицированном формате информации о метеорологических условиях, состоянии агрофитоценозов, затратах на возделывание сельскохозяйственных культур. Платформа, выступая в роли интегратора услуг банков, страховых и других компаний поддержки процессов цифровизации агропроизводства, аккумулирует предложения по кредитованию (страхованию), реализации продукции, субсидированию, технологическим решениям, предоставлению складских помещений и т.п. услугам для конкретного хозяйствующего субъекта с учетом его специфических возможностей и особенностей.

Непосредственно услуги обеспечивают банки, страховые компании и другие соучастники рынка поддержки агробизнеса;

- повышение производительности труда сельхозтоваропроизводителей и качества производимой продукции в результате замены посредников цифровыми платформами и формирования производственных цепочек с контролируемым жизненным циклом продукции;

- прогнозирование цен на базовые продукты агропроизводства в начале сезона, что повысит возможности регулирования продовольственной безопасности Российской Федерации.

В настоящее время на федеральном уровне рассматриваются два прогнозных варианта стратегического развития агропромышленного комплекса [5, 6]. По аналогии в составе настоящих исследований предлагаются локальный и прорывной сценарии внедрения цифровых решений мелиоративного сектора АПК.

Локальный вариант развития цифровизации предусматривает постепенное, без использования государственного бюджетного ресурса, исключительно на экономических принципах, продвижение цифровых технологий в мелиоративном секторе. В этом случае имеет смысл говорить об относительно линейном росте экономических показателей отрасли. К примеру, валовой внутренний продукт (ВВП) мелиоративного сектора экономики в 2020 г. составил порядка 10,8 трлн руб. При локальном развитии без резких подвижек к 2025 г. он достигнет, предположительно, 15,05 трлн руб., а к 2030 г. — 20 трлн руб. Прогнозируемые параметры инвестиций в сферу мелиоративной деятельности АПК представлены в таблице 2.

На начальном этапе реализации локального варианта целесообразно создать несколько экспериментальных полигонов на базе крупных аграрно-хозяйственных холдингов и нескольких фермерских хозяйств. На этих площадках следует осуществлять производственную проверку инновационных решений, определить эффективность цифровых подходов к ведению мелиорации, сформировать предварительную базу данных и в дальнейшем постепенно перейти к расширению проектов цифровизации на принципах добровольности, активно рекламируя и популяризируя их положительные достижения в конкретных хозяйствах, организуя курсы подготовки и переподготовки специалистов, оказывая государственную финансовую поддержку в формате субсидий и льготных кредитов.

Таким образом, локальный путь развития цифровизации гарантирует достижение поставленных целей по повышению производительности труда, эффективности мелиорации и, как следствие, обеспечение к 2030

Таблица 1. Прогнозируемые инвестиции в мелиоративный сектор экономики в сценариях развития мелиорации (предложено автором по материалам нормативно-правовой базы развития АПК)

Table 1. Projected investments in the reclamation sector of the economy in scenarios for the development of reclamation (proposed by the author based on the materials of the regulatory and legal framework for the development of the agro-industrial complex)

Прогноз	2020	2025	2030
Локальный вариант			
Инвестиции, трлн руб.	2,0	3,04	3,77
Прорывной вариант			
Инвестиции, трлн руб.	2,0	4,44	6,57

г. в соответствии с заданием Правительства РФ полной продовольственной безопасности страны и 100%-го импортозамещения. Цели, безусловно, амбициозные, но они вполне реализуемы при грамотном и квалифицированном подходе к решению предстоящих задач. Локальный формат развития позволяет нивелировать риски ошибочных решений.

Многочисленные примеры мировой экономики: китайское экономическое «чудо», Гонконг, послевоенная Япония и многие другие свидетельствуют, что основополагающим фактором прорывных успехов с высокими экономическими показателями за короткий промежуток времени является волевое решение государства, что позволяет ряду экспертов говорить о диктатуре, плановом и даже тоталитарном режиме ведения хозяйства.

Конечно, такой подход в определенной степени противоречит принципам рыночной экономики и общепринятым в настоящее время отечественным экономическим стандартам. Но прогнозные расчеты показывают, что при успешной реализации прорывного сценария результат будет гарантированно выше, нежели при локальном развитии событий.

Рост валового внутреннего продукта в мелиорации в сценарии глобального прорыва цифровизации прогнозируется параболический. Так, к 2025 г. он составит 17,8 трлн руб., а к 2030 г. — соответственно 29,8 трлн руб. Прогнозируемые инвестиции в цифровизацию мелиорации представлены в таблице.

Казалось бы, второй вариант развития событий однозначно выглядит более привлекательным. Но здесь существуют определенные подводные камни, которые в обязательном порядке необходимо учитывать при окончательном выборе направления цифровизации в Российской Федерации. В первую очередь это риски широкого внедрения неопробованных на практи-

ке технологий. Также существует большая проблема с подготовкой квалифицированных кадров в режиме «авральных работ» по развитию цифровых решений агропроизводства.

Если в случае планомерного и поступательного развития цифровых технологий возможна параллельная разработка и внедрение отечественных автоматизированных систем поддержки решений, обработки больших массивов данных, роботов, беспилотных летательных аппаратов и иных инновационных инструментариев создания и эксплуатации программно-технических комплексов цифровизации, то при прорывном сценарии развития цифровизации однозначно придется закупать в больших объемах зарубежное оборудование, программную и т.п. продукцию, а также приглашать иностранных специалистов для ее освоения, по крайней мере на первых порах, которые исчисляются по меньшей мере десятилетием. К тому же, такое решение во многом противоречит генеральной линии Правительства, ориентированной на импортозамещение в сфере производства продуктов питания для населения.

Выводы/ Conclusion

Цифровые технологии и их взаимосвязь через Интернет вещей повышают эффективность решений, обеспечивая устойчивый рост производства продуктов питания и непосредственное, исключая посредников взаимодействие потребителей и сельхозтоваропроизводителей. Однако очевидно, что организация цифрового сельского хозяйства и рациональное совместное использование возможных выгод, которые оно может предложить, потребует значительных изменений в процессах производства и реализации продукции растениеводства и решения важнейших социально-этических, а также технических вопросов. Наука и ученые должны играть решающую роль в управлении этими изменениями.

Автор несет ответственность за свою научную работу и представленные данные в научной статье.

The author is responsible for his scientific work and the data presented in the scientific article.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р
2. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: официальное издание. — М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. — 48 с
3. Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 25.08.2017 г. № 996 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы»
5. Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года», утвержденный Правительством Российской Федерации от 10 июля 2018 г.
6. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 12 января 2017 г. № 3 «Об утверждении Прогноза научно-технологического развития агропромышленного комплекса РФ на период до 2030г.»
7. Юрченко И. Ф., Носов А. К. Оптимизационная модель формирования вариантов развития мелиораций в составе схемы комплексного использования и охраны водных объектов. *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. 2015; 2; 53-66.

REFERENCES

1. Program "Digital Economy of the Russian Federation". Utverzhdena rasporyazheniem Pravitel'sta Rossijskoj Federacii ot 28 iyulya 2017 g. № 1632-r. (In Russian).
2. Departmental project "Digital Agriculture": official publication. - M.: FGBNU "Rosinformagrotech", 2019. - 48 p. (In Russian)
3. Decree of the President of the Russian Federation of May 7, 2018 "On national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period up to 2024". (In Russian).
4. Resolution of the Government of the Russian Federation № 996 of 25.08.2017 "On approval of the Federal Scientific and Technical Program for the Development of Agriculture for 2017-2025". (In Russian).
5. "Forecast of scientific and technological development of the Russian Federation for the period up to 2030", approved by the Government of the Russian Federation on July 10, 2018. (In Russian).
6. Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation № 3 dated January 12, 2017 "On approval of the Forecast of scientific and technological development of the agro-industrial complex of the Russian Federation for the period up to 2030". (In Russian).
7. Yurchenko I. F., Nosov A. K. Optimization model for the formation of options for the development of melioration as part of the scheme for the integrated use and protection of water bodies. *Vodnoye hozyajstvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie*. 2015; 2; 53-66. (In Russian)

8. Кирейчева Л. В., Юрченко И. Ф. Роль мелиорации земель в решении проблемы продовольственной безопасности России. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2015; 2; 13-15
9. Труфляк Е. В. Использование элементов точного сельского хозяйства в России. Краснодар: КубГАУ, 2018. 26 с
10. Александровская, Л. А. Развитие процессов цифровизации в мелиоративной сфере: тенденции и перспективы. *Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ)*. 2020; 4(72); 103-110
11. Ольгаренко В. И., Юрченко И. Ф., Ольгаренко И. В. [и др.] Обоснование эффективности планирования технологических процессов водопользования и оперативное управление водораспределением на базе использования метода Монте-Карло. *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. 2018; № 1(29); 49-65.
12. Степных Н. В., Нестерова Е. В., Заргарян А. М. [и др.] Цифровизация управления агротехнологиями. Куртамыш: ООО «Куртамышская типография», 2018. 43 с
13. Shepherd, Mark & Turner, James & Small, Bruce & Wheeler, David. (2018). Priorities for science to overcome hurdles thwarting the full promise of the "digital agriculture" revolution: Realising the promise of 'Digital agriculture'. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 100. 10.
14. Маринченко Т. Е. Цифровая трансформация растениеводства. *Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ*. 2018; № 4; 330-338
15. Юрченко И. Ф. Водосберегающая технология планирования технической эксплуатации мелиоративных систем. *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. 2016; № 5; 76-88.[
16. Юрченко И. Ф., Трунин В. В. Методология создания информационной технологии оперативного управления водораспределением на межхозяйственных оросительных системах. *Природообустройство*. 2013; № 4; 10-14.[
17. Поляков В. В., Александровская Л. А., Лукьянченко Е. П., Чешев А. С. Использование и охрана природных ресурсов в рамках агроинженерных систем. Ростов н/Д: М., 2018. 223 с.
18. Bandurin, M. A. Computer Technology to Assess the Capacity Reserve of the Irrigation Facilities of the Agro-Industrial Complex / M. A. Bandurin, I. F. Yurchenko, I. P. Bandurina // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2019, Vladivostok, 01-04 октября 2019 года. – Vladivostok: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2019. – P. 8933970. – DOI 10.1109/FarEastCon.2019.8933970.
19. Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2025 гг., утв. постановлением Правительства Российской Федерации № 996 от 25 августа 2017 г. *Информация ФГБУ «Спеццентр» в АПК» от 29.05.18 г.* URL:www.rg.ru. [
20. Цифровая трансформация сельского хозяйства России: офиц. изд. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 80 с
21. Кульков В.М. Цифровая экономика: надежды и иллюзии. *Философия хозяйства. Альманах Центра общественных наук и экономического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова*. 2017; № 5; 145-156.
22. Захарян А. В., Померко Е. С., Негодова А. В., Давыденко М. А. Цифровая экономика и перспективы ее роста на 2018-2020 годы. *Экономика и предпринимательство*. 2018; № 5 (94); 169-173.
23. Fanzo J., Covic N., Dobermann A., Henson S., Herrero M., Pingali P., Staal S. A research vision for food systems in the 2020s: defying the status quo. *Global Food Security*. - 2020. - T. 26. - C. 100397. DOI: 10.1016/j.gfs.2020.100397.
24. Klerkx L., Jakku E., Labarthe P. A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda // *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*. - 2019. - T. 90. - C. 100315. DOI: 10.1016/j.njas.2019.100315 EDN: VHSTUI
25. Rotz S. et al. The politics of digital agricultural technologies: a preliminary review // *Sociologia Ruralis*. - 2019. - T. 59. - №. 2. - C. 203-229. DOI: 10.1111/soru.12233.
26. Щедрин В. Н., Васильев С. М., Слабунов В. В. [и др.] Подходы к формированию информационной системы «Цифровая мелиорация». *Информационные технологии и вычислительные системы*. 2020; № 1; 53-64. DOI 10.14357/20718632200106
27. Юрченко И. Ф. Системы поддержки принятия решений как фактор повышения эффективности управления мелиорацией (обзор). *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. 2017; № 2(26); 195-209.[
28. Smith M. J. Getting value from artificial intelligence in agriculture // *Animal Production Science*. - 2020. - T. 60. - №. 1. - P. 46-54. DOI: 10.1071/AN18522.
29. Shepon A., Henriksson P. J. G., Wu T. Conceptualizing a Sustainable Food System in an Automated World: Toward a "Eudaimonian" Future. *Frontiers in Nutrition*. - 2018. - T. 5. - P. 104. DOI: 10.3389/fnut.2018.00104.
8. Kirejcheva L. V., Yurchenko I. F. The role of land reclamation in solving the problem of food security in Russia. *Vestnik Rossijskoj sel'skhozajstvennoj nauki*. 2015; 2; 13-15. (In Russian).
9. Truflyak E. V. The use of elements of precision agriculture in Russia. Krasnodar: KubGAU, 2018. 26 p. (In Russian).
10. Aleksandrovskaia, L. A. Development of digitalization processes in the land reclamation sphere: trends and prospects. *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta (RINH)*. 2020; 4(72); 103-110. (In Russian).
11. Ol'garenko V. I., Yurchenko I. F., Ol'garenko I. V. [i dr.] Justification of the effectiveness of planning technological processes of water use and operational management of water distribution based on the use of the Monte Carlo method. *Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii*. 2018; № 1(29); 49-65. (In Russian).
12. Stepnyh N. V., Nesterova E. V., Zargaryan A. M. [i dr.] Digitalization of agricultural technology management. Kurtamysh: ООО «Kurtamyshskaya tipografiya», 2018. 43 p. (In Russian).
13. Shepherd, Mark & Turner, James & Small, Bruce & Wheeler, David. (2018). Priorities for science to overcome hurdles thwarting the full promise of the "digital agriculture" revolution: Realising the promise of 'Digital agriculture'. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 100. 10.
14. Marinchenko T. E. Digital transformation of crop production. Innovations in agriculture. *Federal'nyi nauchnyi agroinzhenernyi centr VIM*. 2018; № 4; 330-338. (In Russian).
15. Yurchenko I. F. Water-saving technology for planning the technical operation of reclamation systems. *Vodnoe hozyajstvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie*. 2016; № 5; 76-88. (In Russian).
16. Yurchenko I. F., Trunin V. V. Methodology for creating information technology for operational management of water distribution in inter-farm irrigation systems. *Prirodoobustrojstvo*. 2013; № 4; 10-14. (In Russian).
17. Polyakov V. V., Aleksandrovskaia L. A., Lukyanchenko E. P., Cheshev A. S. Use and protection of natural resources within agro-reclamation systems. Rostov n / D: M., 2018. 223 p. (In Russian).
18. Bandurin, M. A. Computer Technology to Assess the Capacity Reserve of the Irrigation Facilities of the Agro-Industrial Complex / M. A. Bandurin, I. F. Yurchenko, I. P. Bandurina // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2019, Vladivostok, 01-04 октября 2019 года. – Vladivostok: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2019. – P. 8933970. – DOI 10.1109/FarEastCon.2019.8933970.
19. Federal Science and Technology Program for the Development of Agriculture for 2017-2025, approved by Decree of the Government of the Russian Federation No. 996 of August 25, 2017. *Information of the Federal State Budgetary Institution "Special Center for Agriculture"*, dated May 29, 2018. URL: www. rg.ru . (In Russian).
20. Digital transformation of Russian agriculture: official. ed. M.: FGBNU «Rosinformagrotech», 2019. - 80 p. (In Russian).
21. Kul'kov V.M. Digital Economy: Hopes and Illusions. *Filosofiya hozyajstva. Al'manah Centra obshchestvennyh nauk i ekonomicheskogo fakul'teta MGU im. M.V. Lomonosova*. 2017; № 5; 145-156. (In Russian).
22. Zaharyan A. V., Pomerko E. S., Negodova A. V., Davydenko M. A. Digital economy and its growth prospects for 2018-2020. 2018; № 5 (94); 169-173. (In Russian).
23. Fanzo J., Covic N., Dobermann A., Henson S., Herrero M., Pingali P., Staal S. A research vision for food systems in the 2020s: defying the status quo. *Global Food Security*. - 2020. - T. 26. - C. 100397. DOI: 10.1016/j.gfs.2020.100397.
24. Klerkx L., Jakku E., Labarthe P. A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda // *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*. - 2019. - T. 90. - C. 100315. DOI: 10.1016/j.njas.2019.100315 EDN: VHSTUI
25. Rotz S. et al. The politics of digital agricultural technologies: a preliminary review // *Sociologia Ruralis*. - 2019. - T. 59. - №. 2. - C. 203-229. DOI: 10.1111/soru.12233.
26. Shchedrin V. N., Vasil'ev S. M., Slabunov V. V. [i dr.] Approaches to the formation of the information system "Digital melioration". *Informacionnye tekhnologii i vychislitel'nye sistemy*. 2020; № 1; 53-64. (In Russian). DOI 10.14357/20718632200106
27. Yurchenko I. F. Decision support systems as a factor in improving the efficiency of land reclamation management (review). *Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii*. 2017; № 2(26); 195-209. (In Russian).
28. Smith M. J. Getting value from artificial intelligence in agriculture // *Animal Production Science*. - 2020. - T. 60. - №. 1. - P. 46-54. DOI: 10.1071/AN18522.
29. Shepon A., Henriksson P. J. G., Wu T. Conceptualizing a Sustainable Food System in an Automated World: Toward a "Eudaimonian" Future. *Frontiers in Nutrition*. - 2018. - T. 5. - P. 104. DOI: 10.3389/fnut.2018.00104.

- 30 Wolfert S, Ge L, Verdouw S и Bogaardt M-J, Big data in smartfarming — review. *agricultural system* 153: 69–80 (2017).
- 31 Carolan M, Publicising food: big data, precision agriculture, and co-experimentation techniques of addition. *Sociologia Ruralis* 57:135–154 (2017).
- 32 Franks, B. Taming the Big Data Tidal Wave Finding Opportunities in Huge Data Streams with Advanced Analytics. Bill Franks, 2012.
- 33 Гольятин В. Я. Роботы для полей: обзор интеллектуальной сельхозтехники: сайт *Агробизнес. Техника*, 2019. URL: <https://agbztch.ru/article/robots-for-fields-review-of-intelligent-agricultural-equipment> [Дата обращения: 23.01.2022].
- 34 Хорт Д.О., Личман Г.И., Филиппов Р.А., Беленков А.И. Применение беспилотных летательных аппаратов (дронов) в точном земледелии. *Фермер. Поволжье*. 2016; № 7; 12–19.
35. Вартанова М.Л., Дробот Е.В. Регулирование цифровых финансовых активов и применение блок-чейн технологий в сельском хозяйстве. *Креативная экономика*. 2019; Том 13. № 1; 37–48.
36. Sylvester G. E-agriculture in action: Blockchain for agriculture. The Food and Agriculture Organization of the United States and the International Telecommunication Union, Bangkok. - 2019.
37. Xiong H. et al. Blockchain Technology for Agriculture: Applications and Rationale. *Frontiers in Blockchain*. - 2020. - Т. 3. - P. 7. DOI: 10.3389/fbloc.2020.00007.
38. Motta G. A., Tekinerdogan B., Athanasiadis I. N. Blockchain Applications in the Agri-Food Domain: The First Wave. *Frontiers in Blockchain*. - 2020. - Т. 3. - С. 6. DOI:10.3389/fbloc.2020.0000.
39. Idelberger F. et al. Evaluation of logic-based smart contracts for blockchain systems // International symposium on rules and rule markup languages for the semantic web. - Springer, Cham, 2016. - С. 167–183. DOI: 10.1007/978-3-319-42019-6_11.
40. Swan M. Blockchain temporality: smart contract time specificity with blocktime // International symposium on rules and rule markup languages for the semantic web. - Springer, Cham, 2016. - С. 184–196. DOI: 10.1007/978-3-319-42019-6_12
41. Adesta E. Y. T., Agusman D., Avicenna A. Internet of Things (IoT) in Agriculture Industries // Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics (IJEI). - 2017. - V. 5. - №. 4. - P. 376–382.
42. Козубенко И. С., Балабанов И. В. «Интернет вещей» в управлении агропромышленным комплексом. *Техника и оборудование для села*. 2017; № 8; 46–48
43. Walter A., Finger R., Huber R., Buchmann N. Opinion: Smart farming is key to developing sustainable agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. - 2017. - Т. 114. - №. 24. - С. 6148–6150. DOI: 10.1073/pnas.1707462114. DOI: 10.1073/pnas.1707462114
44. Verdouw CN, Wolfert S and Tekinerdogan B, Internet of Things in agriculture. *CAB Rev* 11:1–12 (2016).
45. Jakku E, Taylor B, Fleming A, Mason C, Fielke S et al., 'If they don't tell us what they do with it, why would we trust them?' Applying the multi-level perspective on socio-technical transitions to understand trust, transparency and benefit-sharing in Smart Farming and Big Data, in Paper presented at the 13th European International Farm Systems Association Symposium, 1–5 July 2018, Chania, Greece (2018).
46. Ловчикова Е. А., Первых Н. А., Солодовник А. И. Цифровая экономика и кадровый потенциал АПК: стратегическая взаимосвязь и перспективы. *Вестник аграрной науки*. 2017; № 5(68); 107–112.
47. Староверов В.И., Вартанова М.Л. Стимулирование отечественного производителя. *Продовольственная политика и безопасность*. 2018; Том 5, № 2; 91–97.
48. Goldman Sachs. -URL: <https://www.crn.ru/news/detail.php?ID=121765> [Accessed 13.04.2022 r.
49. David R. Montgomery, Jennifer J. Otten, Sarah M. Collier It's time to rethink the disrupted US food system from the ground up <https://theconversation.com/its-time-to-rethink-the-disrupted-us-food-system-from-the-ground-up-139708> 16.09.2020.
50. Puma, M., S. Bose, S.Y. Chon, and B. Cook, 2015: Assessing the evolving fragility of the global food system. *Environ. Res. Lett.*, 10, no. 2, 024007,. DOI: 10.1088/17489326/10/2/ 024007.
30. Wolfert S, Ge L, Verdouw S и Bogaardt M-J, Big data in smartfarming — review. *agricultural system* 153: 69–80 (2017).
31. Carolan M, Publicising food: big data, precision agriculture, and co-experimentation techniques of addition. *Sociologia Ruralis* 57:135–154 (2017).
32. Franks, B. Taming the Big Data Tidal Wave Finding Opportunities in Huge Data Streams with Advanced Analytics. Bill Franks, 2012.
33. Gol'tyapin V. Ya. Robots for the fields: an overview of intelligent agricultural equipment: сайт *Агробизнес. Техника*, 2019. URL: <https://agbztch.ru/article/robots-for-fields-review-of-intelligent-agricultural-equipment> [Accessed: 23.01.2022].
34. Hort D.O., Lichman G.I., Filippov R.A., Belenkov A.I. Robots for the fields: an overview of intelligent agricultural equipment. *Fermer. Povolzh'e*. 2016; № 7; 12–19. (In Russian).
35. Vartanova M. L., Drobot E. V. Regulation of digital financial assets and the use of blockchain technologies in agriculture. *Kreativnaya ekonomika*. 2019; Tom 13. № 1; 37–48. (In Russian).
36. Sylvester G. E-agriculture in action: Blockchain for agriculture. The Food and Agriculture Organization of the United States and the International Telecommunication Union, Bangkok. - 2019.
37. Xiong H. et al. Blockchain Technology for Agriculture: Applications and Rationale. *Frontiers in Blockchain*. - 2020. - Т. 3. - P. 7. DOI: 10.3389/fbloc.2020.00007.
38. Motta G. A., Tekinerdogan B., Athanasiadis I. N. Blockchain Applications in the Agri-Food Domain: The First Wave. *Frontiers in Blockchain*. - 2020. - Т. 3. - С. 6. DOI:10.3389/fbloc.2020.0000.
39. Idelberger F. et al. Evaluation of logic-based smart contracts for blockchain systems // International symposium on rules and rule markup languages for the semantic web. - Springer, Cham, 2016. - С. 167–183. DOI: 10.1007/978-3-319-42019-6_11.
40. Swan M. Blockchain temporality: smart contract time specificity with blocktime // International symposium on rules and rule markup languages for the semantic web. - Springer, Cham, 2016. - С. 184–196. DOI: 10.1007/978-3-319-42019-6_12
41. Adesta E. Y. T., Agusman D., Avicenna A. Internet of Things (IoT) in Agriculture Industries // Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics (IJEI). - 2017. - V. 5. - №. 4. - P. 376–382.
42. Kozubenko I.S., Balabanov I.V. "Internet of things" in the management of the agro-industrial complex. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2017; № 8; 46–48. (In Russian)
43. Walter A., Finger R., Huber R., Buchmann N. Opinion: Smart farming is key to developing sustainable agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. - 2017. - Т. 114. - №. 24. - С. 6148–6150. DOI: 10.1073/pnas.1707462114. DOI: 10.1073/pnas.1707462114
44. Verdouw CN, Wolfert S and Tekinerdogan B, Internet of Things in agriculture. *CAB Rev* 11:1–12 (2016).
45. Jakku E, Taylor B, Fleming A, Mason C, Fielke S et al., 'If they don't tell us what they do with it, why would we trust them?' Applying the multi-level perspective on socio-technical transitions to understand trust, transparency and benefit-sharing in Smart Farming and Big Data, in Paper presented at the 13th European International Farm Systems Association Symposium, 1–5 July 2018, Chania, Greece (2018).
46. Lovchikova E. A., Pervyyh N. A., Solodovnik A. I. Digital economy and personnel potential of agro-industrial complex: strategic interrelation and prospects. *Vestnik agrarnoy nauki*. 2017; № 5(68); 107–112. (In Russian)
47. Staroverov V. I., Vartanova M. L. Stimulating domestic producers. *Prodovol'stvennaya politika i bezopasnost'*. 2018; Tom 5, № 2; 91–97 (In Russian)
48. Goldman Sachs. -URL: <https://www.crn.ru/news/detail.php?ID=121765> [Accessed 13.04.2022 r.
49. David R. Montgomery, Jennifer J. Otten, Sarah M. Collier It's time to rethink the disrupted US food system from the ground up <https://theconversation.com/its-time-to-rethink-the-disrupted-us-food-system-from-the-ground-up-139708> 16.09.2020.
50. Puma, M., S. Bose, S.Y. Chon, and B. Cook, 2015: Assessing the evolving fragility of the global food system. *Environ. Res. Lett.*, 10, no. 2, 024007,. DOI: 10.1088/17489326/10/2/ 024007.

ОБ АВТОРЕ:

Юрченко Ирина Федоровна,
доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник
Всероссийский научно-исследовательский институт имени А.Н. Костякова. 44. ул. Большая Академическая, Москва, 127550, Российская Федерация
Tel. 7 916 328-85-1
<https://orcid.org/0000-0003-2390-1736>
e-mail: Irina.507@mail.ru

ABOUT THE AUTHOR:

Irina Fedorovna Yurchenko,
doctor of technical Sciences, associate Professor, chief researcher
Department of Environmental and information technologies of the all-Russian research Institute of hydraulic engineering and land reclamation named after A.N. Kostyakov, 44, Bolshaya Akademicheskaya str., Moscow, 127550, Russian Federation
Tel. 7 916 328-85-1
<https://orcid.org/0000-0003-2390-1736>
e-mail: Irina.507@mail.ru