МЕЛИОРАЦИЯ, РЕКУЛЬТИВАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Обзорная статья

УДК 631.6

doi: 10.31774/2712-9357-2021-11-4-141-156

Цифровизация мелиоративных агротехнологий: возможности, вызовы, перспективы, инновации

Ирина Федоровна Юрченко

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации
имени А. Н. Костякова, Москва, Российская Федерация, irina.507@mail.ru,
<https://orcid.org/0000-0003-2390-1736>

Аннотация. **Цель:** изучение, анализ, оценка возможностей, преимуществ и перспектив, а также трудностей, барьеров, рисков и целесообразности создания, внедрения и использования инновационных технологий управления агропроизводством на мелиорируемых землях. **Методическая основа** работы базируется на изучении, обобщении и сравнении структурных, функциональных, технологических, эргономических и иных значимых факторов информационных систем, характеризующих их недостатки и возможности для развития высокопродуктивного и экологически устойчивого агропроизводства. **Результаты:** анализ становления цифровизации отечественного агропроизводства показал необходимость активного привлечения частных инвестиций в аграрный сектор экономики, что в свою очередь обусловило потребность в масштабном информационном освещении преимуществ и рисков цифровизации как мощного фактора повышения инвестиционной привлекательности агробизнеса. Выявлены и охарактеризованы приоритетные и перспективные направления цифровизации мелиоративного сектора экономики. Показаны преимущества использования автоматизированных технологий управления мелиоративным режимом агроэкосистем, обеспечивающие эффективность затрат на автоматизацию. Наряду с показателями ожидаемого эффекта рассмотрены факторы, характеризующие сложности, трудности и риски недостижения планируемой эффективности инвестирования, учет которых способствует нивелированию (ликвидации) указанных ограничений. Сформулированы предложения по совершенствованию информационно-аналитического ресурса обоснования эффективности цифровизации и влияния государства на его формирование на основе разработки платформенных технологий. **Выводы:** активизация работы по анализу, оценке и освещению состояния вопросов цифровизации системы растениеводства с возможностью доступа к ней всех заинтересованных участников агробизнеса будет способствовать мотивации предпринимателей к инвестированию последнего.

Ключевые слова: возможность, риск, цифровизация, мелиоративный режим, агротехнология, агроэкосистема

LAND RECLAMATION, RECULTIVATION AND LAND PROTECTION

Review article

Digitization of reclamation agricultural technologies: opportunities, challenges, prospects, innovations

Irina F. Yurchenko

All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation
named after A. N. Kostyakov, Moscow, Russian Federation, irina.507@mail.ru,
<https://orcid.org/0000-0003-2390-1736>

Abstract. Purpose: study, analysis, assessment of opportunities, advantages and prospects, as well as difficulties, barriers, risks and feasibility of creating, introducing and using innovative technologies for managing agricultural production on reclaimed lands. **The methodological basis** of the work is based on the study, generalization and comparison of structural, functional, technological, ergonomic and other significant factors of information systems that characterize their shortcomings and opportunities for the development of highly productive and environmentally sustainable agricultural production. **Results:** an analysis of the formation of digitalization of domestic agricultural production showed the need to attract actively private investment in the agricultural sector of the economy, which in turn led to the need for large-scale information coverage of the benefits and risks of digitalization as a powerful factor in increasing the investment attractiveness of agribusiness. The priority and promising directions of digitalization of the reclamation sector of the economy are identified and characterized. The advantages of using automated technologies for managing the reclamation regime of agroecosystems are shown, which ensure the cost-effectiveness of automation. Along with the indicators of the expected effect, the factors characterizing the complexities, difficulties and risks of failure to achieve the planned investment efficiency, which consideration contributes to the leveling (elimination) of these restrictions, are considered. Proposals are formulated to improve the information and analytical resource for substantiating the effectiveness of digitalization and the state influence on its formation based on the development of platform technologies. **Conclusions:** intensification of work on the analysis, assessment and coverage of the state of digitalization of the crop production system with the ability to access it for all interested participants in agribusiness will motivate the entrepreneurs to invest in the latter.

Keywords: opportunity, risk, digitalization, reclamation regime, agrotechnology, agroecosystem

Введение. На протяжении длительного периода сельское хозяйство кормит человечество, оставаясь, как сегодня принято говорить, дотационным видом деятельности [1]. Это связано с большими рисками и низкой добавленной стоимостью выпускаемой продукции. По этой причине сейчас в сельское хозяйство в целом и в мелиорацию в частности бизнесмены вкладываться особо не спешат, так как инвестиции в сельхозпроизводство в классическом исполнении не самый хороший вариант.

Очевидно, что всем владельцам, руководителям и топ-менеджерам сельхозпредприятий разных форм собственности необходимы определенные действия, повышающие инвестиционную привлекательность собственного бизнеса. В настоящее время властным структурам управления отечественным бизнесом оптимальное решение указанной проблемы видится во внедрении в систему технологических процессов растениеводства различных технологий цифровизации, положительные аспекты использо-

вания которых будут способствовать активному росту мотивации к применению креативных решений [2, 3]. Рассматриваются возможности развития цифровизации от внедрения геоинформационных систем, в какой-то мере уже апробированных и в определенной мере привычных, включения в производственный процесс интеллектуальных автоматических программно-технических комплексов принятия и реализации управленческих решений до применения интернет-технологий «умных вещей».

Безусловно, модернизация производства, особенно на базе внедрения цифровых технологий, всегда сопряжена с определенными финансовыми затратами. Но они по большей части окупаются, по крайней мере, при грамотной организации дела, о чем уже сейчас убедительно свидетельствует опыт зарубежных аграриев, надежно удерживающих пальму первенства в системе высокоустойчивого производства продуктов питания, гарантирующего успешность государственного экономического развития [4, 5].

В современных реалиях немаловажную роль в процессе эффективного становления цифровизации традиционных секторов экономики играет наличие надежного, научно обоснованного и проверенного практикой информационно-аналитического ресурса, содержащего достоверные сведения:

- о возможностях (преимуществах, достижениях) систем автоматизации и трудностях (рисках, барьерах), ожидающих их пользователей;
- процедурах (мероприятиях, направлениях, предложениях) оптимизации широкомасштабного внедрения технологий трансформации управления производством в практикующее производство.

Таким образом, исследования специалистов ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» в составе тематики плана НИР, посвященные разработке «Правил автоматизации технологий регулирования мелиоративного режима агроэкосистем», представляются весьма актуальными и своевременными.

С учетом важности для практикующих отечественных аграриев пол-

ноты знания об условиях и результатах цифровизации технологических процессов растениеводства исследовательский вопрос работы заключался в изучении, анализе, оценке возможностей, преимуществ и перспектив, а также трудностей, барьеров, рисков и целесообразности создания, внедрения и использования инновационных технологий управления агропроизводством на мелиорируемых землях.

Научной новизной исследований является совершенствование информационно-аналитического освещения процесса разработки и внедрения автоматизированных технологий управления агромелиоративными мероприятиями в растениеводстве, в настоящее время недостаточно изученного и представленного как в нормативно-методических документах, так и в печатных изданиях. Практическая значимость – в обеспечении информационной поддержки принимаемых управленческих и технических решений по автоматизации систем регулирования мелиоративного режима агроэкосистем.

Материалы и методы. Методическую основу работы составляет информационно-аналитический подход, базирующийся на изучении, обобщении и сравнении структурных, функциональных, технологических, эргономических и иных значимых факторов информационных систем, характеризующих их возможности и недостатки.

Результаты и обсуждение. Как уже отмечалось, внедрение информационных и инновационных технологий на всех этапах реализации бизнес-процессов позволяет повысить приток инвестиций. Но это достигается благодаря пониманию и рациональному использованию бизнесом всех плюсов применения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) в водохозяйственном мелиоративном комплексе, а также иных направлениях сельскохозяйственной деятельности.

К основным возможностям цифровизации с точки зрения практического, наиболее перспективного и приоритетного применения автоматизи-

рованных технологий управления технологическими процессами производства и производством в целом можно отнести [6–9]:

- информационную поддержку на этапе принятия и реализации управленческого решения для всех уровней иерархии экономики агропроизводства;

- планирование производственных процессов;
- мониторинг состояния контролируемых процессов и объектов;
- аналитическую оценку результатов производственной деятельности;
- контроль использования техники и оборудования.

Достижение эффективности информационной поддержки требует обеспечения руководства и управляющих функциональных структур предприятия на всех уровнях и стадиях принятия, реализации и оценки последствий принимаемого управленческого решения максимально полной, достоверной и оперативной информацией. Внедрение цифровых технологий в бизнес-процессы агропроизводства на мелиорируемых землях позволяет отслеживать важные изменения в агрофитоценозах в режиме онлайн и, соответственно, принимать максимально верные управленческие решения [10, 11].

Основным инструментом информационного сопровождения является актуальная база данных, содержащая всю необходимую информацию, в т. ч. [12–14]:

- оцифрованную модель земельного участка, на котором осуществляется автоматизация управления мелиоративными процессами;
- сведения обо всех объектах, задействованных в агропроизводстве на мелиорируемых землях;
- данные о дистанционном зондировании или полученные иными способами сведения о показателях мелиоративного режима агроэкосистемы;
- информацию, ориентированную на модель земельного участка, о состоянии, составе и агротехнических характеристиках почвы;

- сведения об эффективности агропроизводства на управляемом объекте за многолетний период;
- данные о выращиваемых культурах, их состоянии;
- карты земель, подлежащих мелиорации.

При этом немаловажной деталью картографической информации для автоматизированных систем управления становится обеспечение ее многослойности, позволяющей дифференцированный подход к отображению приоритетных характеристик контролируемого объекта, что повышает эргономичность материала за счет включения (выключения) интересующих сведений.

Автоматизация процедур планирования мероприятий по эксплуатации мелиоративного водохозяйственного комплекса представляется перспективной для следующих направлений:

- техническая эксплуатация инженерных гидромелиоративных систем, включающая уход и осмотр, ремонт (текущий и капитальный), модернизацию, восстановление, реконструкцию и тому подобные мероприятия;
- анализ и оценка потенциального и эффективного использования кадрового состава служб, напрямую и косвенно связанных с функционированием мелиоративных объектов;
- определение местоположения и геометрических размеров различных объектов, относящихся к мелиоративному водохозяйственному комплексу, с использованием лучших достижений всего арсенала технических и технологических решений, в т. ч. основанных на геолокации и информации, получаемой со спутников;
- оценка потребности в технике для мелиоративной деятельности;
- формирование очередности реализации мелиоративных мероприятий и тому подобных действий.

Цифровизация процедур мониторинга состояния контролируемых процессов и объектов агропроизводства позволяет в минимальные сроки

получить информацию о протекающих в системе процессах и, что является основополагающим, внести необходимые управляющие коррективы в работу, причем высокоточные и оперативные. Учитывая достаточно высокую вероятность нештатных ситуаций, негативно влияющих на результат, обеспечение цифровыми технологиями такой возможности в процессе управления деятельностью трудно переоценить.

Аналитическая оценка результатов производственной деятельности – один из ведущих секторов, обладающих мощным потенциалом для применения технологий цифровизации. Для каждого отдельно взятого отчетного периода (квартал, год и т. д.) руководству и менеджменту компаний сельскохозяйственных направлений необходимо проводить достаточно серьезную аналитическую работу с составлением отчетов и других систематизированных документов для государственных структур, контролирующих органов и других организаций и ведомств. Это только небольшая часть аналитических выкладок, относительно формализованных, но даже их подготовка отнимает достаточно много времени, сил и, главное, нервных усилий.

Однако основная аналитика все же рассчитана на использование непосредственно руководящим составом в управлении технологическими процессами производства и производством. Формирование аналитических данных по результатам широкомасштабного и глубокого анализа фактографических данных с использованием методов и способов современных подходов (работа с большими базами данных, использование интеллектуальных сетей и т. п.) имеет принципиальное значение для принятия правильных и обоснованных управленческих решений. Именно цифровизация является той первичной основой, «кирпичиком», которая позволяет формировать различные базы данных, АСУ ТП и получить точные данные и только полезную, важную информацию.

АСУ ТП мелиоративного водохозяйственного комплекса, как и дру-

гие элементы цифровизации, позволяют решать следующие практические задачи контроля использования техники и оборудования.

1 Автоматическое формирование графиков рабочего времени, прохождения технического обслуживания, планового ремонта для всех видов используемой техники. Понятно, что чисто теоретически это может сделать любой механик. Но речь идет о человеческом факторе, и помимо безусловного субъективизма в подходах к решению производственной задачи при большом парке машин в графиках неизбежны ошибки и недочеты, которые в ряде случаев могут оказаться критическими.

2 Оценка расхода топлива по каждой единице техники и в целом по хозяйству. Стоит отметить, что подобные расчеты в подробном формате выполняются далеко не всегда из-за их сложности и трудоемкости. В автоматическом режиме формирования документа можно получать много полезной информации для оказания управляющих воздействий. Как показывает практика, экономия горюче-смазочных материалов является серьезной статьей снижения себестоимости выпускаемой сельскохозяйственным предприятием продукции и, соответственно, повышения ее конкурентоспособности.

3 Решение логистических задач, в частности, определение оптимальных маршрутов следования материально-технического обеспечения производства и готовой продукции. В стандартных ситуациях проблема решается банальным использованием геоинформационных систем, даже в стандартном смартфоне можно найти навигатор. Но когда речь заходит о крупных, тяжелых, сверхтяжелых грузах, предположим, оборудовании для реконструкции и (или) создания мелиоративных комплексов, задача серьезно усложняется. Необходимо учитывать дорожные знаки, ограничивающие движение по дорогам общего пользования, высоту мостов и эстакад, ширину дорожного полотна и иные аспекты движения. Справиться с данным вопросом может только автоматизированная система.

По крайней мере, ее результат может быть положен в основу конкретного управленческого решения.

4 Контроль не только работы техники и ее технических параметров, но и правил безопасного труда водителей, соблюдения ими скоростных режимов, нормативов продолжительности рабочей смены, условий и времени отдыха.

Безусловно, цифровизация в области управления транспортом, машинами и механизмами – процесс сложный и крайне неоднозначный. Нет сомнений, что в полной мере автоматизировать, например, работу трактора крайне сложно, хотя перспективные наработки в этом направлении уже имеются, правда, выполнять техническое обслуживание и ремонт пока (до введения полной роботизации) приходится человеку.

Внедрение цифровых технологий никогда не проходит без каких-то осложнений и даже серьезных затруднений [15–17]. Мелиоративная сфера в этом отношении является наиболее релевантным примером. Это связано с большим количеством внешних факторов, объектов управления, различных подсистем и значимой ролью человеческого фактора на всех этапах автоматизации технологий агропроизводства.

Стоит начать с того, что в современных условиях развития мелиоративного сектора экономики практически отсутствуют отечественные производители, специализирующиеся на производстве и внедрении АСУ ТП, а также иных форм цифровизации. Использовать зарубежные, даже успешно апробированные аналоги не всегда целесообразно из-за большого количества особенностей ведения хозяйства и принципов организации бизнеса в Российской Федерации и за ее пределами.

По этой причине возникает насущная необходимость разрабатывать узкоспециализированные проекты под конкретное предприятие. И здесь появляются первые серьезные риски, связанные с наличием на рынке большого количества не самых ответственных и профессиональных ис-

полнителей, предлагающих услуги по разработке. По этой причине к выбору компании-подрядчика необходимо подходить предельно серьезно и внимательно. Рекомендуется учитывать следующие аспекты.

1 Организацию работы по цифровизации следует проводить исключительно в белом поле. Не стоит сотрудничать с компаниями и тем более частными исполнителями, предлагающими реализацию работы полностью или частично на основе устной договоренности. Такие «мастера» действительно могут быть дешевле. Но дальнейшие расходы на устранение ошибок будут многократно выше, при этом отстаять собственные интересы в суде будет очень трудно или невозможно.

2 Оптимальным решением этой проблемы видится исполнение работы под ключ, когда компания-подрядчик выполняет полный комплекс услуг, начиная с разработки планирующей документации, разработки программного обеспечения, подбора и поставки аппаратной составляющей, монтажа, сборки, настройки, заканчивая пуско-наладочными мероприятиями и сопровождением на стадии эксплуатации. Не стоит игнорировать возможность пригласить аутсорсинговую компанию для мониторинга работы основного подрядчика. Стоимость автоматизации мелиоративного сектора достаточно высока, чтобы экономить на уверенности в ее успешности.

3 Следует также отметить, что стоимость услуг и работ не может быть слишком низкой. Подобные предложения должны настораживать, так как работа профессионалов всегда стоит денег. И если разработчики закладывают в смету сумму затрат значительно ниже среднерыночной цены, то это однозначно говорит об их компетенции.

4 Сеть Интернет – мощный инструмент получения информации о подрядчике. Сегодня существует большое количество разнообразных форумов и чатов, где можно посмотреть отзывы об исполнителе. Однако в полной мере им доверять не следует, поскольку отзывы могут быть банально «накручены». Избежать ошибки на стадии знакомства с информацией

можно с помощью приглашения независимого эксперта – специалиста в области цифровизации сельского хозяйства в целом и мелиорации в частности. Его мнение однозначно будет полезным при принятии решения о сотрудничестве с тем или иным партнером.

5 Еще одной серьезной проблемой в области цифровизации мелиоративных агротехнологий является отсутствие достаточного количества квалифицированных специалистов в области эксплуатации систем. Одним из вариантов снижения рисков можно считать переподготовку собственных кадров с привлечением специализированных образовательных организаций.

Наряду с указанными рисками существуют определенные ограничения (субъективного и объективного характера) эффективности управленческих воздействий, которые также необходимо учитывать при выборе отдельных компонентов цифровизации. Такими ограничениями являются следующие [18–21].

1 Статистические предельные показатели внедрения цифровых технологий, демонстрирующие пределы применения геоинформационной и цифровой мелиорации. Так, регулирование влажности почв на базе любых технологий выполняется в диапазоне отклонений от наименьшей влагоемкости как в сторону ее превышения, так и понижения не более 34 %. Указанный диапазон включает до 68 % значений влажности, обеспечивающих развитие сельскохозяйственных культур. За данными пределами имеют место естественные проявления катастрофических природных процессов и рисков.

2 Географические пределы обусловлены размером управляемого объекта, его рельефом, ориентацией по сторонам света и тому подобными факторами, в свою очередь влияющими на количество используемого периферийного оборудования. Теоретически количество датчиков может быть любым. Но на практике увеличение оборудования приводит к снижению контролируемости процесса. В таком же аспекте стоит рассматривать размеры площадей контролируемых объектов, как слишком маленьких, так

и чрезмерно крупных. Например, устанавливать в небольших фермерских хозяйствах АСУ ТП или использовать иные цифровые технологии экономически нецелесообразно.

3 Использование цифровых технологий по умолчанию предполагает минимизацию воздействия человека на природу. Однако на практике проведение монтажных и эксплуатационных мероприятий и порой бездумное и необоснованное применение мелиорации приводят к нарушению экологического баланса. Как следствие, на этапе проектирования цифровых модулей автоматизированных систем необходимо учитывать экологическую составляющую их функционирования.

Ключевым решением проблемы популяризации инвестиций в развитие агробизнеса представляется разработка специализированного информационно-аналитического приложения в составе государственной цифровой платформы мелиоративного сектора экономики, включающего современный простой и прозрачный интерфейс для предоставления необходимой информации о возможных последствиях, приобретениях и потерях такого решения. Его задачей должна стать помощь сельхозтоваропроизводителям и другим предпринимателям в решении вопросов цифровизации, начиная с мотивации, через формирование идеи, проведение исследования, выбор функционала, создание пользовательского интерфейса, к текущему прогрессу и модернизации, а также планированию будущего. Приложение сможет быть полезным предпринимателям в популяризации деятельности, способствовать созданию благоприятной среды для развития, содействовать взаимосвязи ассоциаций и малого бизнеса и т. п.

Выводы. Результаты анализа становления процесса цифровизации отечественного агропроизводства показали высокий уровень его ожидаемого положительного эффекта при более скромных результатах по скорости и интенсивности практической реализации.

Принимая во внимание важность и при этом низкую популярность

автоматизации технологических процессов в растениеводстве, в составе исследований решали задачу информационного освещения достоинств и достижений, а также рисков цифровизации регулирования мелиоративного режима агроэкосистем.

Показаны преимущественные возможности цифровизации мелиоративного сектора экономики на примере использования автоматизированных технологий в наиболее перспективных и приоритетных направлениях деятельности. Установлены определенные риски внедрения и последующего использования цифровых решений в сфере мелиорации, которые подлежат учету в обязательном порядке. Однако они не должны стать препятствием процессу автоматизации или причиной отказа от него. При грамотном подходе и привлечении к работе специалистов, как правило, находятся действенные способы нивелирования существующих рисков и учета актуальных ограничений.

Важным фактором снижения уровня рисков в сельском хозяйстве и привлечения частных инвестиций в аграрный сектор экономики должно стать влияние государства на формирование информационно-аналитического и программно-технологического ресурса в составе платформенной цифровизации мелиоративного сектора экономики.

Учитывая длительность реализации этого мероприятия, считаем необходимым активизировать работу по анализу, оценке и освещению состояния вопросов цифровизации растениеводства в целом и регулирования мелиоративного режима агроэкосистем в частности.

Список источников

1. Кирейчева Л. В., Юрченко И. Ф., Яшин В. М. Методические рекомендации по оценке экологической и мелиоративной ситуации на орошаемых землях. М.: Россельхозакадемия, 1994. 56 с.
2. Савина Т. Н. Цифровая экономика как новая парадигма развития: вызовы, возможности и перспективы // Финансы и кредит. 2018. Т. 24, № 10. С. 579–590.
3. Цифровая экономика и перспективы ее роста на 2018–2020 годы / А. В. Захарян, Е. С. Померко, А. В. Негодова, М. А. Давыденко // Экономика и предпринимательство. 2018. № 5(94). С. 169–173.

4. Clancy H. Why smart irrigation startups are bubbling up [Electronic resource]. 2018. URL: <https://www.greenbiz.com/article/why-smart-irrigation-startups-are-bubbling> (date of access: 20.03.2021).
5. Kumari R., Devadas V. Input-output analysis for rural industrial development of Patna region // *Journal of Regional Development and Planning*. 2014. Vol. 3, № 2. P. 37–50.
6. Lehmann R. J., Reiche R., Schiefer G. Future internet and the agri-food sector: State-of-the-art in literature and research // *Comput. Electron. Agric.* 2012. 89. P. 158–174. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2012.09.005>.
7. Огневцев С. Б. Цифровизация экономики и экономика цифровизации // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2019. № 2(368). С. 77–80.
8. Об общих научных подходах к созданию унифицированных прецизионных энергосберегающих АСУ ТП / Г. И. Канюк, И. А. Бабенко, М. Л. Козлова, И. В. Сук, А. Ю. Мезеря // *Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит*. 2016. № 2(145). С. 20–32.
9. Кадомцева М. Е., Нейфельд В. В. Региональные особенности использования технологий точного земледелия в сельском хозяйстве // *Проблемы развития территории*. 2021. Т. 25, № 2. С. 73–89. DOI: 10.15838/ptd.2021.2.112.5.
10. The efficiency of impervious protection of hydraulic structures of irrigation systems / M. A. Bandurin, I. F. Yurchenko, V. A. Volosukhin, V. V. Vanzha, A. V. Mikheyev // *Advances in Engineering Research*. Tyumen: Atlantis Press, 2018. P. 56–61. <https://doi.org/10.2991/agrosmart-18.2018.11>.
11. Reclamation measures to ensure the reliability of soil fertility / I. F. Yurchenko, M. A. Bandurin, V. A. Volosukhin, V. V. Vanzha, A. V. Mikheyev // *Advances in Engineering Research*. Tyumen: Atlantis Press, 2018. P. 62–66. <https://doi.org/10.2991/agrosmart-18.2018.12>.
12. Кирейчева Л. В., Юрченко И. Ф., Яшин В. М. Модели и информационные технологии управления водопользованием на мелиоративных системах, обеспечивающие благоприятный мелиоративный режим // *Мелиорация и водное хозяйство*. 2014. № 5–6. С. 50–55.
13. Безопасность бесхозяйных гидротехнических сооружений. Безопасность бесхозяйных гидротехнических сооружений мелиоративного водохозяйственного комплекса / Г. Т. Балакай, И. Ф. Юрченко, Е. А. Лентяева, Г. Х. Ялалова. LAP Lambert, 2016. 85 с.
14. Носов А. К., Юрченко И. Ф. Выявление потенциально опасных ГТС сферы мелиораций // *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ»*. Новочеркасск: Геликон, 2013. Вып. 51. С. 101–110.
15. Chakravorti B., Chaturvedi R. Sh. Digital Planet 2017: How Competitiveness and Trust in Digital Economies Vary Across the World [Electronic resource]. Medford: Fletcher School, Tufts University, 2017. 70 p. URL: https://sites.tufts.edu/digitalplanet/files/2020/03/Digital_Planet_2017_FINAL.pdf (date of access: 20.03.2020).
16. Yang S. H. Internet-based Control Systems: Design and Applications. Springer, 2011. 204 p. DOI: 10.1007/978-1-84996-359-6.
17. Adesta E. Y. T., Agusman D., Avicenna A. Internet of Things (IoT) in Agriculture Industries // *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics (IJEI)*. 2017. Vol. 5, № 4. P. 376–382. DOI: 10.11591/ijeel.v5i4.373.
18. Priorities for science to overcome hurdles thwarting the full promise of the ‘digital agriculture’ revolution / M. Shepherd, J. Turner, B. Small, D. Wheeler // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018. Vol. 100, iss. 14. P. 5083–5092. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9346>.
19. Luo Y. A general framework of digitization risks in international business // *Journal of International Business Studies*. 2021, May 27. P. 1–18. DOI: 10.1057/s41267-021-00448-9.

20. Shibata S. Digitalization or flexibilization? The changing role of technology in the political economy of Japan // Review of International Political Economy. 2021. P. 1–45. <https://doi.org/10.1080/09692290.2021.1935294>.

21. Напрасников А. Т. Географическое начало в гидрологии и мелиорации // Успехи современного естествознания. 2017. № 9. С. 82–88.

References

1. Kireicheva L.V., Yurchenko I.F., Yashin V.M., 1994. *Metodicheskie rekomendatsii po otsenke ekologicheskoy i meliorativnoy situatsii na oroshaemykh zemlyakh* [Methodological Recommendations for Assessing the Ecological and Reclamation Situation on Irrigated Lands]. Moscow, Rosselkhozakademiya Publ., 56 p. (In Russian).

2. Savina T.N., 2018. *Tsifrovaya ekonomika kak novaya paradigma razvitiya: vyzovy, vozmozhnosti i perspektivy* [Digital economy as a new development paradigm: challenges, opportunities and prospects]. *Finansy i kredit* [Finance and Credit], vol. 24, no. 10, pp. 579–590. (In Russian).

3. Zakharyan A.V., Pomerko E.S., Negodova A.V., Davydenko M.A., 2018. *Tsifrovaya ekonomika i perspektivy ee rosta na 2018–2020 gody* [Digital economy and prospects for its growth for 2018–2020]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo* [Economy and Entrepreneurship], no. 5(94), pp. 169–173. (In Russian).

4. Clancy H., 2018. Why smart irrigation startups are bubbling up, available: <https://www.greenbiz.com/article/why-smart-irrigation-startups-are-bubbling> [accessed 20.03.2021].

5. Kumari R., Devadas V., 2014. Input-output analysis for rural industrial development of Patna region. *Journal of Regional Development and Planning*, vol. 3, no. 2, pp. 37–50.

6. Lehmann R.J., Reiche R., Schiefer G., 2012. Future internet and the agri-food sector: State-of-the-art in literature and research. *Comput. Electron. Agric.*, 89, pp. 158–174, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2012.09.005>.

7. Ognitsev S.B., 2019. *Tsifrovizatsiya ekonomiki i ekonomika tsifrovizatsii* [Digitalization of the economy and the economy of digitalization]. *Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal* [International Agricultural Journal], no. 2(368), pp. 77–80. (In Russian).

8. Kanyuk G.I., Babenko I.A., Kozlova M.L., Suk I.V., Mezerya A.Yu., 2016. *Ob obshchikh nauchnykh podkhodakh k sozdaniyu unifikirovannykh pretsizionnykh energosberegayushchikh ASU TP* [On general scientific approaches to the creation of unified precision energy-saving APCS]. *Energoaudit. Energosberezhenie. Energetika* [Energy Saving. Power Engineering. Energy Audit], no. 2(145), pp. 20–32. (In Russian).

9. Kadomtseva M.E., Neifeld V.V., 2021. *Regional'nye osobennosti ispol'zovaniya tekhnologiy tochnogo zemledeliya v sel'skom khozyaystve* [Regional features of the use of precision farming technologies in agriculture]. *Problemy razvitiya territorii* [Problems of Territory's Development], vol. 25, no. 2, pp. 73–89, DOI: 10.15838/ptd.2021.2.112.5. (In Russian).

10. Bandurin M.A., Yurchenko I.F., Volosukhin V.A., Vanzha V.V., Mikheev A.V., 2018. The efficiency of impervious protection of hydraulic structures of irrigation systems. *Advances in Engineering Research*. Tyumen, Atlantis Press Publ., pp. 56–61, <https://doi.org/10.2991/agrosmart-18.2018.11>.

11. Yurchenko I.F., Bandurin M.A., Volosukhin V.A., Vanzha V.V., Mikheev A.V., 2018. Reclamation measures to ensure the reliability of soil fertility. *Advances in Engineering Research*. Tyumen, Atlantis Press Publ., pp. 62–66, <https://doi.org/10.2991/agrosmart-18.2018.12>.

12. Kireicheva L.V., Yurchenko I.F., Yashin V.M., 2014. *Modeli i informatsionnye tekhnologii upravleniya vodopol'zovaniem na meliorativnykh sistemakh, obespechivayushchie blagopriyatnyy meliorativnyy rezhim* [Models and information technologies for water management on reclamation systems, providing a favorable reclamation regime]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Irrigation and Water Management], no. 5–6, pp. 50–55. (In Russian).

13. Balakay G.T., Yurchenko I.F., Lentyaeva E.Kh., Yalalova G.Kh., 2016. *Bezopasnost' beskhozyaynykh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy. Bezopasnost' beskhozyaynykh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy meliorativnogo vodokhozyaystvennogo kompleksa* [Safety of ownerless hydraulic structures. Safety of ownerless hydraulic structures of ameliorative water management complex]. LAP Lambert Publ., 85 p. (In Russian).

14. Nosov A.K., Yurchenko I.F., 2013. *Vyyavlenie potentsial'no opasnykh GTS sfery melioratsiy* [Identification of potentially dangerous GTS in the area of land reclamation]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya: sbornik statey FGBNU «RosNIIPM»* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture: Proc.]. FGBNU “RosNIIPM”, Novocherkassk, Helikon Publ., vol. 51, pp. 101-110. (In Russian).

15. Chakravorti B., Chaturvedi R.Sh., 2017. Digital Planet 2017: How Competitiveness and Trust in Digital Economies Vary Across the World. Medford, Fletcher School, Tufts University, 70 p., available: https://sites.tufts.edu/digitalplanet/files/2020/03/Digital_Planet_2017_FINAL.pdf [accessed 20.03.2020].

16. Yang S.H., 2011. Internet-based Control Systems: Design and Applications. Springer Publ., 204 p., DOI: 10.1007/978-1-84996-359-6.

17. Adesta E.Y.T., Agusman D., Avicenna A., 2017. Internet of Things (IoT) in Agriculture Industries. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics (IJEI), vol. 5, no. 4, pp. 376-382, DOI: 10.11591/ijeii.v5i4.373.

18. Shepherd M., Turner J., Small B., Wheeler D., 2018. Priorities for science to overcome hurdles thwarting the full promise of the ‘digital agriculture’ revolution. Journal of the Science of Food and Agriculture, vol. 100, iss. 14, pp. 5083-5092, <https://doi.org/10.1002/jsfa.9346>.

19. Luo Y., 2021. A general framework of digitization risks in international business. Journal of International Business Studies, May 27, pp. 1-18, DOI: 10.1057/s41267-021-00448-9.

20. Shibata S., 2021. Digitalization or flexibilization? The changing role of technology in the political economy of Japan. Review of International Political Economy, pp. 1-45, <https://doi.org/10.1080/09692290.2021.1935294>.

21. Naprasnikov A.T., 2017. *Geograficheskoe nachalo v gidrologii i melioratsii* [The geographical principle in hydrology and land reclamation]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Advances in Current Natural Sciences], no. 9, pp. 82-88. (In Russian).

Информация об авторе

И. Ф. Юрченко – главный научный сотрудник, доктор технических наук, доцент.

Information about the author

I. F. Yurchenko – Chief Researcher, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 02.07.2021; одобрена после рецензирования 20.09.2021; принята к публикации 14.10.2021.

The article was submitted 02.07.2021; approved after reviewing 20.09.2021; accepted for publication 14.10.2021.