13. Experience in approbation of societal land value as a basis for ecological and economic assessment of damage from land degradation / E. V. Tsvetnov [et al.] // Eurasian Soil Science. 2019. Vol. 52. No. 10. Pp. 1298-1305.
14. Geoinformational analysis of desertification of the Northwestern Caspian / K. N. Kulik [et al.] // Arid Ecosystems. 2020. Vol. 10. No 2. Pp. 98-105.
15. Kulik K. N., Rulev A. S., Sazhin A. N. Global processes of deflation in steppe ecosystems // Russian Meteorology and Hydrology. 2018. Vol. 43. No 9. Pp. 607-612.
16. Manaenkov A. S., Rybashlykova L. P. Increasing the efficiency of plant-cover restoration in the modern focus of deflation on pastures of the Northwestern Caspian region // Arid Ecosystems. 2020. Vol. 10. No. 4. Pp. 358-367.
17. On the 30th anniversary of the "General plan to combat desertification of black lands and Kizlyar pastures" / K. N. Kulik [et al.] // Arid Ecosystems. 2018. Vol. 8. No 1. Pp. 5-12.
18. Pugacheva A. M. Climatic fluctuations in dry steppes and their role in the demutation process // Arid Ecosystems. 2020. Vol. 10. No. 3. Pp. 181-187.
19. Radochinskaya L. P., Kladiev A. K., Rybashlykova L. P. Production potential of restored pastures of the Northwestern Caspian // Arid Ecosystems. 2019. Vol. 9. No. 1. Pp. 51-58.
20. Vlasenko M. V., Kulik A. K., Salugin A. N. Evaluation of the ecological status and loss of productivity of arid pasture ecosystems of the Sarpa lowland // Arid Ecosystems. 2019. Vol. 9. No 4. Pp. 273-281.

Authors Information

Salugin Alexander Nikolaevich, Chief Researcher, Laboratory of Hydrology of Agroforest Landscapes of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences, Doctor of agricultural sciences (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5443-7326>, e-mail: saluginan@mail.ru.

Vlasenko Marina Vladimirovna, Leading Researcher, Laboratory of Hydrology of Agroforest Landscapes of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences, Candidate of agricultural sciences (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6356-2225>, e-mail: vlasencomarina@mail.ru.

Информация об авторах

Салугин Александр Николаевич, главный научный сотрудник лаборатории гидрологии агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5443-7326>, e-mail: saluginan@mail.ru.

Власенко Марина Владимировна, ведущий научный сотрудник лаборатории гидрологии агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6356-2225>, e-mail: vlasencomarina@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-39

THE SPECIFICS OF DIGITAL TECHNOLOGIES FOR REGULATING THE RECLAMATION REGIME OF THE AGROECOSYSTEM

I. F. Yurchenko

*All – Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation
named after A. N. Kostyakov, Moscow*

Received 20.05.2021

Submitted 29.07.2021

Introduction. The offers of the market of digital technologies in agriculture in Russia, which are increasingly receiving the palm in assessing the competitiveness of agro-production, are being intensively improved, which actualizes the solution of the problems of developing and operating innovative digital solutions that increase the efficiency of agribusiness on reclaimed land. **The purpose of the work** is to establish the distinctive features of digital technologies for regulating the reclamation regime of agroecosystems, contributing to the solution of the strategic problem of the domestic agro-industrial complex to ensure the food and environmental security of society. The scientific novelty of

the research is determined by the formation of a set of unified key factors that ensure the effectiveness of the development and operation of digital technologies for managing agricultural production on reclaimed land, and an information resource about the conditions and results of digitalization of crop production processes. The positive aspects of this information support contribute to the active growth of motivation in the application of innovative solutions of the domestic Agro-Industrial Complex, which is of great practical importance for the development of the latter. As a basic method of research, an information-analytical approach was used, which uses the analysis of large volumes of factual material based on the theory of system analysis, methods of analog and expert assessments. **Results and discussion.** The analysis of the potential of the market offers of digital solutions for the transformation of the reclamation situation of agrophytocenosis is carried out. The possibilities of digital technologies for regulating the reclamation regime of agroecosystems in improving the efficiency of agricultural production are characterized. The factors of agricultural production that are to be taken into account in the development of economically and productively profitable management systems for agricultural technologies are identified, studied, systematized and differentiated by the sign of generality and specific features. The basic composition of the information-technical and functional modules of the automated control system with reclamation mode is proposed. Examples of successful software, technological and technical support for the processes of regulating the reclamation regime, priority-oriented procedures for «precision irrigation» and fertilization with irrigation water are presented. The necessity of accelerated development of domestic innovative solutions for digitalization of reclaimed agriculture is emphasized.

Key words: digital technologies, efficiency, regulation, land management regime, agroecosystem.

Citation. Yurchenko I. F. The specifics of digital technologies for regulating the reclamation regime of the agroecosystem, *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3 (63) 376-388 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-39.

Conflict of interest. The authors state that there is no conflict of interest.

УДК 631.6.02:631.619:631.445.52

СПЕЦИФИКА ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПО РЕГУЛИРОВАНИЮ МЕЛИОРАТИВНОГО РЕЖИМА АГРОЭКОСИСТЕМЫ

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

*Всероссийский научно исследовательский институт гидротехники и мелиорации
имени А. Н. Костякова, Москва*

Дата поступления в редакцию 20.05.2021

Дата принятия к печати 29.07.2021

Актуальность. Предложения рынка цифровых технологий в сельском хозяйстве России, все чаще получающих пальму первенства в оценке конкурентоспособности агропроизводства, интенсивно совершенствуются, что актуализирует решение задач разработки и эксплуатации инновационных цифровых решений, повышающих эффективность агробизнеса на мелиорируемых землях. **Цель работы** заключается в установлении отличительных особенностей цифровых технологий регулирования мелиоративного режима агроэкосистем, способствующих решению стратегической проблемы отечественного АПК по обеспечению продовольственной и экологической безопасности общества. **Научная новизна исследований** определяется формированием множества унифицированных ключевых факторов, обеспечивающих эффективность разработки и эксплуатации цифровых технологий по управлению агропроизводством на мелиорируемых землях, и информационного ресурса об условиях и результатах цифровизации процессов растениеводства. Положительные аспекты указанного информационного обеспечения способствуют активному росту мотивации в применении инновационных решений отечественного АПК, что имеет большое практическое значение для развития последнего. В качестве **базового метода исследований** применялся информационно-аналитический подход, использующий анализ больших объемов фактографиче-

ского материала на основе теории системного анализа, методов аналоговых и экспертных оценок. **Результаты и обсуждение.** Выполнен анализ потенциала предложений рынка цифровых решений по трансформации мелиоративной ситуации агрофитоценоза. Характеризуются возможности цифровых технологий по регулированию мелиоративного режима агроэкосистем в повышении эффективности агропроизводства. Выявлены, изучены, систематизированы и дифференцированы по признаку общности и специфических особенностей факторы агропроизводства, подлежащие учету при разработке экономически и производственно выгодных систем управления мелиоративными агротехнологиями. Предложен базовый состав информационно-технических и функциональных модулей АСУ мелиоративным режимом. Представлены примеры успешно действующего программного, технологического и технического обеспечения процессов регулирования мелиоративного режима, ориентированных на приоритеты процедур «точного орошения» и внесения удобрений с поливной водой. Акцентируется необходимость ускоренного развития отечественных инновационных решений по цифровизации мелиорируемого земледелия.

Ключевые слова: цифровые технологии, точное орошение, регулирование мелиоративных режимов, цифровизация агротехнологий.

Цитирование. Юрченко И. Ф. Специфика цифровых технологий по регулированию мелиоративного режима агроэкосистемы. *Известия НВ АУК*, 2021. 3 (63). 376-388. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-39.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время конкурентоспособность российского рынка агропроизводства напрямую связывается с использованием цифровых технологий, особенно его секторов, обеспечивающих продовольственную и экономическую безопасность страны [6]. Мелиорация имеет определяющее значение для общего развития отечественного сельского хозяйства, способствуя повышению эффективности сельскохозяйственного производства, а также улучшению состояния земельных ресурсов, что актуализирует вопрос цифровизации ее бизнес-процессов. Вместе с тем ключевой становится проблема разработки и использования цифровых решений, повышающих эффективность агробизнеса на мелиорируемых землях [4].

Не следует забывать, что цифровизации агропроизводства предшествовали автоматизация, электронизация и информатизация агро-мелиоративных технологических процессов [10], которые, вопреки определенным достигнутым, а тем более ожидаемым успехам не оградили агропроизводство от глобальных вызовов в сфере продовольственной и экологической безопасности общества в настоящее время, вызванного низким уровнем его технологического и экономического развития. Последствия внедрения новой инфраструктурной технологии могут оказаться сложными и не особо предсказуемыми.

Для российских аграриев остается актуальным правило: «Нельзя автоматизировать хаос» [1, 2]. Успешность цифровизации технологических процессов и производства значимо соотносится с учетом их организационной и функциональной структуры, уровня инноваций в бизнес-процессах, корпоративной этики и культуры, практика которых реализуется в «цифре», а также влияния внешних воздействий (размера и специализация хозяйства, природно-климатических условий, транспортной и информационно-коммуникационной инфраструктуры, эффективности использования ресурсного потенциала, возможности доступа к цифровой инфраструктуре) и т. п. факторов.

Формирование новой «умной» мелиорации обусловлено ее современным назначением, связанным с эффективностью, экономичностью и оперативностью решаемых задач. Для достижения максимальной действенности «цифры» мелиоративному агробизнесу потребуется полное единение успешных результатов теории и практики автоматизации технологических процессов производства, накопленных за всю историю ее развития, и совре-

менных новаций в системе растениеводства. Этому в полной мере способствуют складывающиеся приоритеты модернизации сферы мелиорации за счет использования автоматизированных систем управления производством, базирующимся на инновационных разработках агробизнеса, в первую очередь, точного земледелия [8, 21].

Цель настоящей работы заключается в установлении отличительных особенностей цифровых технологий по регулированию мелиоративного режима агроэкосистем, способствующих решению стратегической проблемы отечественного АПК по обеспечению продовольственной и экологической безопасности общества. Воплощение указанной цели потребовало решения следующих задач:

- выполнить анализ потенциала рынка информационных технологий в сельском хозяйстве;
- определить базовые унифицированные параметры и характеристики эффективной автоматизированной системы по трансформации мелиоративной ситуации агрофитостемы, соответствующей целям и задачами сельскохозяйственного производства;
- сформировать требования к экономически и производственно-технологически эффективной автоматизированной системе по трансформации мелиоративной ситуации агрофитостемы, её ключевым элементам.

Материалы и методы. В настоящее время очевидные различия в развитии процессов внедрения и использования технологий цифровизации в сельском хозяйстве отдельных территориальных образований проявляются как на федеральном, так и региональном уровне и в большинстве своем не отражают объема производственного ресурса АПК региона, эффективность его использования, вклад в развитие агропроизводства в целом по стране [3].

Масштаб применения цифровых технологий скорее обусловлен размером чистой прибыли и рационального использования средств государственной поддержки, чем наоборот. Причины региональной дифференциации применения цифровизации агропроизводства вызваны различиями в эволюции систем поддержки модернизации сельского хозяйства, доле малых форм хозяйствования в структуре товаропроизводителей, в приоритетных стратегиях развития сельского хозяйства в регионах и пр. достаточно субъективных факторах, требующих учета при формировании мероприятий по стимулированию и использованию эффективных и надежных средств цифровизации агротехнологий.

В этой связи представляется неприемлемым однообразие подходов к разработке и использованию цифровых технологий бизнес-процессов агропроизводства для различающихся территориальных образований и агросистем без создания средств цифровизации, учитывающих условия внутриотраслевой среды вплоть до уровня хозяйств. В работе рассматриваются предложения по учету системами цифровизации регулирования мелиоративного режима агросистем отличительных особенностей агропроизводства, обусловленных природно-экологическими и социально-экономическими факторами формирования последнего.

В качестве базового метода исследований применялся информационно-аналитический подход, использующий анализ больших объемов фактографического материала на основе теории системного анализа, методов аналоговых и экспертных оценок.

Научная новизна полученного результата определяется формированием множества унифицированных ключевых факторов, обеспечивающих эффективность разработки и эксплуатации цифровых технологий управления агропроизводством на мелиорируемых землях, и информационного ресурса об условиях и возможностях цифровизации процессов растениеводства. Положительные аспекты указанного информационного обеспечения способствуют активному росту мотивации в применении инновационных решений отечественного АПК, что имеет большое практическое значение для развития последнего.

Результаты и обсуждение. Выполненный анализ предложений рынка цифровых технологий в сельском хозяйстве России показал его активное развитие. За десятилетний период, прошедший с 2006 г. по 2016 г., использование в агропроизводстве сети Интернет возросло с 12,9 до 61,2 % соответственно, то есть в 5 раз, но равномерность внедрения цифровых решений по категориям хозяйств оставляет желать лучшего. Для малых сельскохозяйственных организаций она составляет 55,4 %, микропредприятий – 44,2 %, крестьянских (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей – 24 %, личных подсобных хозяйств – 21,8 % [3]. Эти показатели включают использование на селе мобильной связи для всех целей, включая непроизводственные, что не повышает уровня их достоверности.

Вместе с тем установлено наличие резерва повышения действенности сельскохозяйственного производства (от 300 до 500 %), потенциала повышения оборота отрасли, роста производительности труда при использовании цифровых процессов и технологий в АПК для управления на макро- и локальных уровнях производства.

Вопросы развития агроэкосистемы сопряжены с повышением урожайности и перспективами возврата извлекаемых энергетических ресурсов. Для достижения поставленных целей используются мелиоративные системы и комплексы, работающие в зависимости от специфики организации агропроизводства в строго заданных технических параметрах и в рамках определенного времени [5, 11, 19]. При грамотной работе в данном направлении формируется адекватное распределение энергетических потоков.

Система агропроизводства имеет следующие структурные элементы: распределение ресурсов; управление производственными процессами, кадровым потенциалом; расходной и доходной составляющей производства; ликвидностью, реализация работ, товаров, услуг. Все эти элементы характерны для мелиоративного сектора и в идеале должны быть максимально автоматизированы. Использование цифровых технологий позволяет [12-14, 16]:

- повысить качество принимаемых решений как стратегического и тактического, так и оперативного характера;
- увеличить эффективность внутри производственного согласования и управления;
- приумножить производительность труда за счет снижения рутинных процессов, выполняемых вручную;
- переориентировать производство на потребителя, повысив тем самым спрос на продукцию;
- снизить себестоимость – одно из наиболее эффективных и перспективных направлений повышения конкурентоспособности на рынке;
- расширить рынок сбыта;
- оптимизировать внедрение новых технологий и продукции;
- упорядочить кадровый потенциал;
- нормализовать документооборот, переведя его в большей степени в цифровой формат.

Автоматизированные технологии трансформации мелиоративной ситуации, по возможности, должны стать универсальным инструментом мощного развития отечественного агропроизводства, который может быть необходимым в различных субъектах хозяйствования: от малых фермерских хозяйств до крупных агрохолдингов и корпораций.

Формирование автоматизированных комплексов регулирования мелиоративного режима агроэкосистемы следует осуществлять на базе проверенных и апробированных теоретических выкладок. основополагающим показателем эффективности функциони-

рования системы комплексной мелиорации должно стать рациональное использование агроэкокультурами и близлежащими природными комплексами фотосинтетически активной солнечной радиации и привнесенной антропогенной энергии [7].

Таким образом, к автоматизированным системам предъявляются следующие общие требования, обязательные для любого сельскохозяйственного производства:

1. Максимальная производительность за счет рационального использования посевами фотосинтетического активного излучения солнца.

2. Учет необходимости регенерации энергетических и материальных потоков в близлежащих экосистемах до их естественного уровня, которая может обеспечить экологическую безопасность агроландшафта.

3. Прямое и целенаправленное управление всеми базовыми факторами, влияющими на эффективность мелиорируемой агроэкосистемы.

4. Оптимальный диапазон регулирования предельных параметров, характеризующих различные аспекты развития растений и культур, для каждой фазы роста растений.

5. Обеспечение устойчивости мелиорируемого агроценоза, в том числе и за счет увеличения биологического разнообразия созданием лесных полос вокруг мелиорируемых полей.

6. Формирование адекватного природно-хозяйственным условиям плодородия мелиорированных земель.

7. Оптимизация условий роста и развития для всех растений каждого севооборота (за счет ориентации на потребности наиболее требовательной культуры).

8. Приоритет возможностей по регулированию диапазонов параметров управления.

9. Наличие широкого диапазона саморегулирования характеристик, регламентирующих аграрное производство, значительно превосходящего неточность регулирования.

10. Возможность оптимизировать и автоматизировать производственные процессы в критические временные интервалы, например, при активном росте сельскохозяйственных культур.

11. Автоматизированный контроль нормализации восстановительных процессов в почвах.

12. Соблюдение норм экологической безопасности.

13. Идентификация стохастических свойств почв и распределения элементов питания растений.

Базовая структура информационно-технических модулей автоматизированной технологии регулирования мелиорируемой агроэкосистемы с учетом специфики функциональной направленности организации (производственная, проектная, научная, учебная) включает:

- программные комплексы автоматизированного принятия решений об управляющих воздействиях (СППР);
- геоинформационные системы (ГИС), реализующие технологии «больших данных»;
- базы данных и системы управления ими (СУБД);
- спутниковую систему навигации (GPS) в качестве источника онлайн информации для отслеживания местоположения отдельных объектов и их перемещения в пространстве;
- систему нормативно-методического обеспечения общих знаний (СОЗ);
- систему автоматизированного проектирования (САПР);
- автоматические системы управления технологическими процессами производства (АСУ ТП) и производством (АСУП).

Выбор структуры АСУ ТП, которая в идеальном варианте интегрируется в общую АСУП, заслуживает особого внимания. С точки зрения задач мелиоративной среды можно предложить следующую структурную схему АСУ ТП (рисунок).

Среди инновационных решений, которым следует отдавать приоритеты при выборе комплексов автоматизированной технологии регулирования мелиорируемой агроэкосистемы в зависимости от специфики организации агропроизводства, имеет смысл выделить следующие:

1. Электронные картографические данные для среднесрочного и долгосрочного прогнозирования агроэкологических процессов.
2. Интегрированные базы данных моделей, использующие разнообразные расчетные подходы, что позволяет существенно сократить время принятия управленческих решений и получать максимально объективную информацию о моделируемых процессах и событиях.
3. Мобильно ориентированные технологии, существенно расширяющие возможности управления агропроизводством, в первую очередь крупных сельскохозяйственных предприятий.
4. Технологии «умной мелиорации», позволяющие учитывать особенности отдельных элементов рельефа и прочих компонент ландшафта, что в первую очередь актуально для больших полей крупных хозяйств.

Рисунок 1 – Функциональная схема АСУ ТП

Примечание: представлено по данным [9]

Figure 1 – Functional diagram of the automated control system

Note: presented according to [9]

Уже сейчас ведущие мировые производители мелиоративной техники стали уделять пристальное внимание вопросам выпуска программного и технического обеспечения процессов регулирования мелиоративного режимов с приоритетами процедур «точного орошения» и внесения удобрений с поливной водой. Среди них выделяются предложения корпораций: John Deere, Lindsay Corp, Crowsmart Lindsay и других [15, 17, 18, 20, 22, 23]. Программно-технические комплексы автоматического управления мелиорацией оптимальным образом подходят для сельскохозяйственных предприятий, занимающихся производством экопродукции, регламентируемой стандартами не только нашей страны, но и Европейского Союза. В архитектуру данного комплекса включены:

- дистанционные тензиометры, определяющие энергетические затраты растений на получение необходимой влаги;
- микроконтроллеры с дистанционным управлением для переключения затворов подачи влаги (информация передается с облачного или, что реже, стационарного сервера посредством сотового соединения);
- программное обеспечение, использующее математические модели, алгоритмы анализа ситуации и формирования управляющих сигналов для запирающих гидравлических затворов;
- усилители сигналов для увеличения площади охвата при работе на больших территориях;
- температурные датчики, а также контрольные датчики влажности воздуха.

Внешние модули интегрируются в систему диспетчерского контроля SCADA. Она обеспечивает возможность пользователям в режиме онлайн контролировать текущие процессы мелиорации. При этом в автоматическом режиме ведется контроль расхода воды из источников.

Отдельно необходимо обратить внимание на наполнение рынка разнообразными датчиками дождя поливных машин, учитывающих его интенсивность и качество. В этом отношении востребованы профильные контроллеры от таких производителей, как SpitnikL и CropX.

Необходимо отметить, что на сегодня приоритетными на отечественном рынке остаются зарубежные, уже апробированные и доказавшие свою эффективность комплексы автоматического управления мелиорацией. Ситуация требует повышенного внимания к совершенствованию отечественной научно-технической базы цифровизации агротехнологий АПК, привлечения в сферу агропроизводства специалистов различных профилей из смежных секторов экономики: инженеров-техников, программистов, инженеров-конструкторов и т. п. специалистов.

Разработка экономически и производственно выгодной автоматизированной системы трансформации мелиоративной ситуации обеспечивается учетом: площади агроэкосистемы, структуры агрофитоценоза, планируемых размеров производительности и использованием сквозных инновационных технологий.

Перечень и приоритеты использования указанных технологий установлены федеральной программой «Цифровая экономика Российской Федерации» от 28.07.2017 №1632-р» в целом для отечественной экономики и проектом программы Минсельхоза РФ «Цифровизации агропромышленного комплекса», рассчитанном до 2024 г., в частности, для сельского хозяйства. В зависимости от профильной ориентации агропромышленного предприятия эффективность сквозных технологий в цифровых комплексах агропроизводства отражена по пятибалльной системе оценки (1-минимум, 5-максимум) в таблице.

Таблица – Эффективность использования инновационных технологий цифровых комплексов агропроизводства в зависимости от профильной ориентации сельскохозяйственного предприятия

Table - The effectiveness of the use of innovative technologies of digital complexes of agricultural production, depending on the profile orientation of an agricultural enterprise

Технологические решения / Technological solutions	Субплатформы цифровых комплексов / Sub-platforms of digital complexes		
	Земля и сопровождение, мелиорация / Land and accompaniment, reclamation	Сельское хозяйство / Agriculture les	Переработка и продажа / Processing and sale
Большие данные / Big data technologies	4	2	4
Нейросети и искусственный интеллект / Neural networks and artificial intelligence technologies	3	3	5
Системы распределенного реестра (блокчейн-технологии) / Distributed ledger systems (blockchain technologies)	3	4	4
Квантовые технологии / Quantum technology	4	2	1
Новые производственные технологии / New production technologies	3	1	2
Промышленный и Интернет вещей / Industrial and Internet of Things	5	4	5
Робототехника и сенсорика / Robotics and sensorics	5	5	3
Технологии беспроводной связи Wi-Fi, Bluetooth / Wireless technologies Wi-Fi, Bluetooth	3	3	3
Технологии дополнительной и виртуальной реальности / Augmented and virtual reality technologies	4	1	2

Примечание: представлено по данным [17].

Выводы. На современном этапе развития сельскохозяйственного производства в целом и мелиорации, в частности для достижения достаточного уровня конкурентоспособности, необходимо использовать в практике отечественных аграриев передовые цифровые программно-технические комплексы, позволяющие автоматизировать многие технологические процессы агропроизводства, в том числе и поддержку производственных управленческих решений. Рынок цифровых технологий в сельском хозяйстве России в последнее время активно развивается, и его предложения интенсивно совершенствуются.

Однако к выбору автоматизированной технологии регулирования мелиорируемой агроэкосистемы для каждого конкретного сельхозпредприятия необходимо подходить предельно осторожно и ответственно, с учетом сферы применения, в зависимости от специализации отдельно взятого агропроизводства и его мощности, специфики организации управления технологическими процессами и производством, кадрового и ресурсного обеспечения и т. п. ограничений.

Представляется правильным инициировать работы:

- по формированию качественного, достоверного и релевантного информационного ресурса о достоинствах, преимуществах, возможностях и пр. положительных характеристиках цифровых технологий регулирования мелиоративного режима, проектируемых, эксплуатирующихся и разрабатываемых РФ и за рубежом;

- по систематизации сведений о выявленных недостатках применения цифровых решений, обусловленных трудно предсказуемыми последствиями использования инновационных технологий в производственных, социально-экономических, психологических сферах управления предприятием; сложностью эксплуатации; высокой затратностью на реализацию и пр. подобными им факторами.

Открытый доступ к такой информации всех участников становления эффективных инновационных агротехнологий в АПК и, в первую очередь, непосредственных заказчиков, будет способствовать успешности цифровизации отрасли.

Отдельного внимания требует ускоренное развитие отечественных инновационных решений. При должной мотивации и правильно организованной поддержке они в состоянии составить достойную конкуренцию зарубежной продукции в области цифровизации мелиоративных процессов агропроизводства. В сравнении с профессионально разрекламированными и эффективно продвинутыми на российский рынок иностранными разработками отечественные проекты цифровизации в большей степени могут адаптироваться к нуждам аграриев России.

Библиографический список

1. Анализ существующих автоматизированных систем управления технологическим процессом / П. Е. Минин [и др.] // Спецтехника и связь. 2014. № 1. С. 29-37. <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-suschestvuyuschih-avtomatizirovannyh-sistem-upravleniya-tehnologicheskim-protsessom>.
2. Безопасность бесхозяйных гидротехнических сооружений: Безопасность бесхозяйных гидротехнических сооружений мелиоративного водохозяйственного комплекса / Г. Т. Балакай, И. Ф. Юрченко, Е. А. Лентяева, Г. Х. Ялалова. Германия: LAP LAMBERT, 2016. 85 с.
3. 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.
4. 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.
5. Кирейчева Л. В., Юрченко И. Ф., Яшин В. М. Методические рекомендации по оценке экологической и мелиоративной ситуаций на орошаемых землях. Москва: Россельхозакадемия, 1994. 56 с.
6. Концепция «Научно-технологического развития цифрового сельского хозяйства». <http://mcxas.ru/upload/iblock/97d/97d2448548e047b0952c3b9a1b10edde.pdf>.
7. Научные основы создания и управления мелиоративными системами в России / под ред. Л. В. Кирейчевой. Москва, 2017. 296 с.
8. Об общих научных подходах к созданию унифицированных прецизионных энерго-сберегающих АСУ ТП / Г. И. Канюк [и др.] // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. 2016. № 2 (145). С. 20-32. <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-obschih-nauchnyh-podhodah-k-sozdaniyu-unifitsirovannyh-pretsizionnyh-energoberegayuschih-asu-tp>.
9. Савина Т. Н. Цифровая экономика как новая парадигма развития: вызовы, возможности и перспективы // Финансы и кредит. 2018. № 3 (771). <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-ekonomika-kak-novaya-pa-radigma-razvitiya-vyzovy-vozmozhnosti-i-perspektivy>.
10. Юрченко И. Ф. Системы поддержки принятия решений как фактор повышения эффективности управления мелиорацией (обзор) // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2017. № 2(26). С. 195-209.
11. Bandurin M. A., Volosukhin V. A., Yurchenko I. F. The Efficiency of Impervious Protection of Hydraulic Structures of Irrigation Systems // Advances in Engineering Research. Tyumen: Atlantis Press, 2018. P. 56-61.

12. Chakravorti B., Chaturvedi R. Sh. Digital Planet 2017: How Competitiveness and Trust in Digital Economies Vary Across the World. Medford: The Fletcher school Tufts university, 2017. 70 p. https://sites.tufts.edu/digitalplanet/files/2017/05/Digital_Planet_2017_FINAL.pdf.
13. Gray J., Rumpe B. Models for digitalization // Soft & Systems Modeling. 2015. Vol. 14. Issue 4. Pp. 1319-1320.
14. Heather Clancy Why smart irrigation startups are bubbling up. <https://www.greenbiz.com/article/why-smart-irrigation-startups-are-bubbling>.
15. John Deere Field Connect. <https://www.deere.com/en/technology-products/precision-ag-technology/field-and-water-anagement>.
16. 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. V. 89. P. 158-174.
17. Lindsay Corporation. Plug & Play Add-Ons. <http://www.growsmart.com>.
18. Mobile Drip Irrigation. <https://www.youtube.com/watch?v=3yT9yiyjB-4>.
19. Reclamation Measures to Ensure the Reliability of Soil Fertility / I. F. Yurchenko, M. A. Bandurin, V. A. Volosukhin [et al.] // Advances in Engineering Research. Tyumen: Atlantis Press, 2018. P. 62-66.
20. SWAMP: An IoT-based Smart Water Management Platform for Precision Irrigation in Agriculture / C. Kamienski [et al.] // Proceedings of the IEEE Global IoT Summit 2018 (GIoTS'18), Bilbao, Spain, 4-7 June 2018. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30641960>.
21. Tevatronic. Autonomous Irrigation. <http://tevatronic.net>.
22. Variable Rate Irrigation (VRI) Animation. www.youtube.com/watch?v=tIDfSqAz11s.
23. Yang S. H. Internet-based Control Systems: Design and Applications. Springer, 2011. 224 p.

Conclusions. At the present stage of the development of agricultural production in general and land reclamation in particular, in order to achieve a sufficient level of competitiveness, it is necessary to use advanced digital software and hardware complexes in the practice of domestic farmers, which make it possible to automate many technological processes of agricultural production, including the support of production management decisions. The market for digital technologies in agriculture in Russia has recently been actively developing, and its proposals are being intensively improved.

However, the choice of an automated technology for regulating the reclaimed agroecosystem for each specific agricultural enterprise must be approached extremely carefully and responsibly, taking into account the scope of application, depending on the specialization of a particular agricultural production and its capacity, the specifics of the organization of management of technological processes and production, personnel and resource support, etc. n. restrictions.

It seems to be correct to initiate work:

- on the formation of a high-quality, reliable and relevant information resource about the merits, advantages, opportunities and other positive characteristics of digital technologies for regulating the reclamation regime, designed, operated and developed by the Russian Federation and abroad;
- on the systematization of information about the identified shortcomings of the use of digital solutions, due to the difficultly predictable consequences of the use of innovative technologies in production, socio-economic, psychological spheres of enterprise management; the complexity of operation; high cost of implementation and other factors similar to them.

Open access to such information for all participants in the formation of effective innovative agricultural technologies in the agro-industrial complex and, first of all, for direct customers, will contribute to the success of the digitalization of the industry.

The accelerated development of domestic innovative solutions requires special attention. With proper motivation and properly organized support, they are able to compete with foreign products in the field of digitalization of land reclamation processes in agricultural

production. In comparison with foreign developments professionally advertised and effectively promoted to the Russian market, domestic digitalization projects can adapt to a greater extent to the needs of Russian farmers.

References

1. Analysis of existing automated control systems for technological process / P. E. Minin [et al.] // Special equipment and communication. 2014. № 1. P. 29-37. <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-suschestvuyuschih-avtomatizirovannyh-sistem-upravleniya-tehnologicheskimi-protsessami>.
2. Safety of ownerless hydraulic structures: Safety of ownerless hydraulic structures of ameliorative water management complex / G. T. Balakai, I. F. Yurchenko, E. A. Lentyaeva, G. Kh. Yalalova. Germany: LAP LAMBERT, 2016. 85 p.
3. Kadomtseva M. E., Neifeld V. V. Regional features of the use of precision farming technologies in agriculture // Problems of territory development. 2021. Vol. 25. No 2. P. 73-89.
4. Kireicheva L. V., Yurchenko I. F., Yashin V. M. Models and information technologies for water management on reclamation systems, providing a favorable reclamation regime // Melioration and water management. 2014. No. 5-6. P. 50-55.
5. Kireicheva L. V., Yurchenko I. F., Yashin V. M. Methodological recommendations for the assessment of ecological and reclamation situations on irrigated lands responsible for the preparation. Moscow: Russian Agricultural Academy, 1994. 56 p.
6. The concept of "Scientific and technological development of digital agriculture". <http://mcx.ac.ru/upload/iblock/97d/97d2448548e047b0952c3b9a1b10edde.pdf>.
7. Scientific basis for the creation and management of reclamation systems in Russia / ed. L. V. Kireycheva. Moscow, 2017. 296 p.
8. On general scientific approaches to the creation of unified precision energy-saving APCS / G. I. Kanyuk [et al.] // Energy saving. Energy. Energy audit. 2016. No. 2 (145). P. 20-32. <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-obschih-nauchnyh-podhodah-k-sozdaniyu-unifitsirovannyh-pretsizionnyh-energoberegayuschih-asu-tp>.
9. Savina T. N. Digital economy as a new development paradigm: challenges, opportunities and prospects // Finance and credit. 2018. № 3 (771). <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-ekonomika-kak-novaya-paradigma-razvitiya-vyzovy-vozmozhnosti-i-perspektivy>.
10. Yurchenko I. F. Decision support systems as a factor in improving the efficiency of land reclamation management (review) // Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2017. No. 2 (26). P. 195-209.
11. Bandurin M. A., Volosukhin V. A., Yurchenko I. F. The Efficiency of Impervious Protection of Hydraulic Structures of Irrigation Systems // Advances in Engineering Research. Tyumen: Atlantis Press, 2018. P. 56-61.
12. Chakravorti B., Chaturvedi R. Sh. Digital Planet 2017: How Competitiveness and Trust in Digital Economies Vary Across the World. Medford: The Fletcher school Tufts university, 2017. 70 p. https://sites.tufts.edu/digitalplanet/files/2017/05/Digital_Planet_2017_FINAL.pdf.
13. Gray J., Rumpe B. Models for digitalization // Soft & Systems Modeling. 2015. Vol. 14. Issue 4. Pp. 1319-1320.
14. Heather Clancy Why smart irrigation startups are bubbling up. <https://www.greenbiz.com/article/why-smart-irrigation-startups-are-bubbling>.
15. John Deere Field Connect. <https://www.deere.com/en/technology-products/precision-ag-technology/field-and-water-management>.
16. 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. V. 89. P. 158-174.
17. Lindsay Corporation. Plug & Play Add-Ons. <http://www.growsmart.com>.
18. Mobile Drip Irrigation. <https://www.youtube.com/watch?v=3yT9yijB-4>.
19. Reclamation Measures to Ensure the Reliability of Soil Fertility / I. F. Yurchenko, M. A. Bandurin, V. A. Volosukhin [et al.] // Advances in Engineering Research. Tyumen: Atlantis Press, 2018. P. 62-66.

20. SWAMP: An IoT-based Smart Water Management Platform for Precision Irrigation in Agriculture / C. Kamienski [et al.] // Proceedings of the IEEE Global IoT Summit 2018 (GI-oTS'18), Bilbao, Spain, 4-7 June 2018. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30641960>.
21. Tevatronic. Autonomous Irrigation. <http://tevatronic.net>.
22. Variable Rate Irrigation (VRI) Animation. www.youtube.com/watch?v=tIDfSqAz11s.
23. Yang S. H. Internet-based Control Systems: Design and Applications. Springer, 2011. 224 p.

Информация об авторе

Юрченко Ирина Федоровна, главный научный сотрудник отдела «Природоохранных и информационных технологий» Всероссийского научно исследовательского института гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова (РФ, 127550 г. Москва, ул. Большая Академическая, дом 44, строение 2), доктор технических наук, доцент, ORCID: 0000-0003-2390-1736. Тел. +7 916 328-85-1, e-mail: Irina.507@mail.ru

Author's information

Irina Yurchenko, chief researcher of the Department of Environmental and information technologies of the all-Russian research Institute of hydraulic engineering and land reclamation named after A. N. Kostyakov (Russia, 127550 Moscow, Bolshaya Akademicheskaya str., building 2), doctor of technical Sciences, associate Professor, ORCID: 0000-0003-2390-1736. Tel. +7 916 328-85-1, e-mail: Irina.507@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-40

METHOD FOR PROTECTING SLOPES FROM WATER EROSION

A. V. Slabunova, V. V. Slabunov

Federal State Budget Scientific Institution

«Russian Research Institute for Melioration Problems», Novocherkassk

Received 28.04.2021

Submitted 23.08.2021

Abstract

Introduction. The Rostov region is a region of wide and widespread water erosion, and therefore agriculture in the region under consideration should have a pronounced soil protection character. Currently, various technologies and solutions are used to protect the soil from erosion, but they require constant improvement, which, in turn, makes it necessary to develop new methods and methods obtained on the basis of ongoing scientific research, both in Russia and abroad, as well as more affordable in financial terms to agricultural producers. The purpose of the study is to develop improved design solutions for anti-erosion hydraulic structures to protect slopes from water erosion. **An object.** The object of research is antierosion hydraulic structures. **Materials and methods.** The information base of the research was made up of: studies of various authors devoted to the problem of water erosion, materials of patent search for known design solutions that contribute to the protection of slopes from water erosion. Comparative analysis of design solutions was carried out using general scientific (analysis and synthesis) methods. **Results and conclusions.** A constructive solution of an anti-erosion hydraulic structure is proposed, including the creation of a water-distributing trench oriented along the horizontal terrain, with a water-retaining earthen shaft and a water-retaining screen, the trench is filled with filler. In this case, the water-retaining screen is made by covering the wall of the trench adjacent to the water-retaining earthen shaft with a geocomposite drainage material with a geomembrane, together with the shaft, and the opposite wall and the bottom of the trench are covered with a geocomposite drainage material. As a filler, a water-conducting natural filler in the form of expanded clay gravel with a fraction of 20-40 mm is used. Thanks to the proposed design solution, the reliability and stability of the operation of the anti-erosion structure increases and, as a result, the effectiveness of combating water erosion on arable slope lands increases.

Key words: *water erosion, anti-erosion hydraulic structures, erosion processes, method of protecting slopes from water erosion, surface runoff.*

Citation. Slabunova A. V., Slabunov V. V. Method for protecting slopes from water erosion. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 388-396 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-40.