

**СОВРЕМЕННЫЙ РЫНОК ТЕХНОЛОГИЙ ТРАНСФОРМАЦИИ
МЕЛИОРАТИВНОГО РЕЖИМА АГРОСИСТЕМ И ЕГО
ПЕРСПЕКТИВЫ**

**MODERN MARKET OF AUTOMATED TECHNOLOGIES FOR REGULATING
THE RECLAMATION REGIME OF AGROECOSYSTEM AND ITS
PERSPECTIVES**



УДК 631.6

DOI:10.24411/2588-0209-2021-10332

Юрченко Ирина Федоровна, доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно – исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова» (127550 Россия, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44, строение 2), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2390-1736>, irina.507@mail.ru

Yurchenko Irina Fedorovna, Doctor of Technical Sciences, associate Professor, Chief research worker, All – Russian research Institute of hydraulic engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov ORCID:<http://orcid.org/0000-0003-2390-1736>, irina.507@mail.ru

Аннотация: Рациональные организация и управление мелиоративным режимом агрофитоценозов основополагающие условия устойчивого высокопродуктивного сельскохозяйственного производства. К ключевым факторам повышения эффективности реализации агротехнологий на мелиорируемых землях современной наукой и практикой относятся автоматизация и роботизация технологических процедур и операций, минимизирующая негативные последствия управляющих воздействий. К преимуществам функционирования автоматизированных систем управления (АСУ) относится также экономия труда, материалов и повышение своевременности, качества, точности и аккуратности реализации агротехнологий. Целью работы является повышение информационного

обеспечения широкого круга пользователей по проблематике исследования, анализа и систематизации структуры и состава лучших цифровых решений в области мелиорируемого земледелия, доступных к практическому применению. Используются общенаучные и специфические методические инструментари, включающие: анализ источников информации, обобщение и интеграцию предложений ведущих ученых, специалистов по теме НИР, а также сравнение и оценку различных показателей и параметров процессов, технологий, оборудования. Выполнен анализ технологий автоматизированной трансформации мелиоративного режима, используемых в практике отечественного агропроизводства. Выявлен приоритет применения систем однофакторного регулирования мелиоративного режима, изменяющих влажность почвы, температуру приземного слоя воздуха, поступление элементов минерального питания агроценозов. Охарактеризованы функциональные возможности и принципиальная схема автоматизации систем однофакторного регулирования мелиоративного режима. Представлены коммерческие предложения зарубежных рынков по автоматизации оборудования и процедур трансформации мелиоративного режима, нацеленные на развитие технологий прецизионных поливов и внесения удобрений/ядохимикатов с поливной водой. Установлена необходимость срочного формирования и успешного развития отечественного рынка технологий по цифровизации технологий комплексного регулирования мелиоративного режима агросистем. Сформулированы приоритетные направления автоматизации технологических процессов системы растениеводства на мелиорируемых землях, обеспечивающие эффективное изменение бизнес-моделей агропроизводства, повышение производительности, увеличения прибыли и определение стоимости продукции.

Abstract: Rational organization and management of the reclamation regime of the agroecosystem are fundamental conditions for sustainable highly productive agricultural production. The key factors in increasing the efficiency of the

implementation of agricultural technologies on reclaimed lands by modern science and practice include automation and robotization of technological procedures and operations, which minimizes the negative consequences of control impacts. The advantages of the functioning of automated control systems (ACS) also include saving labor, materials and increasing the timeliness, quality, accuracy and accuracy of the implementation of agricultural technologies. The aim of the work is to increase the information support of a wide range of users on the problems of research, analysis and systematization of the structure and composition of the best digital solutions in the field of reclaimed agriculture that are available for practical use. General scientific and specific methodological tools were used, including: analysis of information sources, generalization and integration of the proposals of leading scientists, specialists on the topic of research, as well as comparison and assessment of various indicators and parameters of processes, technologies, equipment. The analysis of the use of automated technologies in the practice of domestic agricultural production was carried out, which showed the priorities in the use of mono systems for regulating the water and thermal regimes of the soil and the surface layer of air, as well as the mineral nutrition of agrocenoses. The functional capabilities and a schematic diagram of the organization of the work of the automated control and regulation system of the specified components of the reclamation regime are shown. Commercial proposals of foreign markets for equipment and systems for automated regulation of the reclamation regime of agroecosystems, focused on the development of precision irrigation technologies and the introduction of fertilizers / pesticides with irrigation water, are presented. The necessity of urgent formation and successful development of the domestic market of technologies for digitalization of the crop production system has been established. The priority directions of digitalization of technological processes of production of products by reclaimed agroecosystems, which ensure effective change in business models of agricultural production, increase productivity, increase profits and determine the cost of products, have been formulated.

Ключевые слова: рынок, автоматизация, мелиоративный режим, агроэкосистема, развитие, становление.

Key words: market, automation, reclamation regime, agroecosystem, development, formation.

Введение

Мировой опыт и отечественная практика настоящего времени с очевидностью свидетельствуют о приоритете цифровых технологий в перспективных направлениях инновационного развития агропроизводства [1,2]. Внедрение цифровых технологий становится главным трендом развития аграрного сектора. На сегодняшний день организация функционирования эффективной и производительной агроэкосистемы не представляется без применения автоматизированных систем управления (АСУ).

Одной из базовых составляющих процедур организации устойчивой высокопродуктивной агроэкосистемы является рациональная организация и последующее управление мелиоративным режимом экосистемы [3]. В традиционном ручном режиме управления мелиоративными агротехнологиями на поле практически не возможно своевременно учесть все многочисленные аспекты развития агроценозов и все разнообразие негативных факторов, снижающих эффективность системы растениеводства.

По экспертным оценкам аграрию в период вегетации требуется принятие в условиях дефицита времени и информации до 40 экстренных решений по назначению технологических процедур и операций развития агрофитоценозов. Их качество часто далеко от оптимального, что сводится к минимуму при автоматизации способов регулирования параметров агросистемы. К преимуществам функционирования АСУ относится также экономия труда, материалов и повышение своевременности, качества, точности и аккуратности реализации агротехнологий [4].

Значимую роль в эффективности становления цифровизации агропроизводства, внедрении и использовании инновационных технологий играют знания специалистов о возможностях новых решений, профиле, продуктах и услугах автоматизированных систем, истории создания, развития и т.д. Не менее важно грамотное отношение к процессу цифровизации производства самого специалиста, постоянно повышающего профессиональный уровень, изучающего новации автоматизации технологических процессов.

Анализ существующих рисков эффективности внедрения цифровых технологий в аграрном секторе показал их связь не только с отсутствием необходимого количества IT-специалистов, но и, в большей степени, с недостатком информации о необходимости, целесообразности, возможности, эффективности и т. п. сведений о применении цифровых навыков и умений [5].

В текущих условиях растущей потребности агропромышленного комплекса России в использовании инновационных технологий, обусловленной решением задач национальной экономики по импортозамещению и продовольственной безопасности страны, выполненные в составе плана НИР ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» исследования современного рынка предложений по технологиям автоматизации способов трансформации параметров мелиорируемых агроэкосистем весьма актуальны.

Учитывая краткосрочность жизненного цикла функционирующих АСУ, вызванную высокими темпами морального старения технического оборудования, технологических алгоритмов и операций, в ряде случаев может быть эффективнее применение готового и апробированного решения взамен долговременной и в большей степени рискованной разработки новаций. Как минимум, это гарантированно способствует сокращению временного периода от принятия решений по автоматизации производства до его реализации.

Целью настоящей работы является повышение информационного обеспечения широкого круга пользователей по проблематике исследования, анализа и систематизации структуры и состава лучших цифровых решений в области мелиорируемого земледелия, доступных к практическому применению, что станет базовой основой эффективности процессов разработки, внедрения и использования новых структур и сервисов АСУ регулирования мелиоративного режима агроэкосистем.

Методика исследования

В процессе исследования использованы как общенаучные, так и специфические методические инструментари, включающие: анализ источников информации, обобщение и интеграцию предложений ведущих ученых, специалистов по теме НИР, а также сравнение и оценку различных показателей и параметров процессов, технологий, оборудования. При этом установлено, что важные функции, как для изучения, так и для поддержки и развития отечественной цифровой экономики и успешности ее интеграции в глобальное экономическое сообщество все чаще приобретает сеть Интернет [6]. Особенно успешно Интернет поставляет на рынок релевантную информацию о новостях и новинках в сфере информационно – коммуникативных технологий.

Результаты и обсуждение

Развитию современного высокопродуктивного агропроизводства в Европейских странах, обеспечивающего рациональное потребление поливной воды, удобрений, мелиорантов, ядохимикатов и пр. материалов с гарантией допустимого управляющего воздействия на структурные элементы агроландшафта, во многом обусловлены внедрением в практику товаропроизводителей инновационных информационных технологий, использующих приоритетные достижения научно – технического прогресса [7]. При этом потребность в ресурсах мелиорируемых агроэкосистем дифференцируется в пределах поля в зависимости от состояния выращиваемых растений, метеорологических, гидрогеологических, геоморфологических и др. условий возделываемого участка, что максимально увеличивает эффект, сокращает расходы производства и ущербы окружающей среде.

Российские аграрии пока значимо отстают от зарубежных коллег в области применения «умных технологий» в растениеводстве. Но актуальность широкого применения «цифры» в практике отечественного сельскохозяйственного товаропроизводства, ориентированного на оптимизацию технологического процесса и стабилизацию продуктивности агроценозов с максимальным учетом российских реалий, постоянно возрастает.

На сегодняшний день в АПК России из технологий по автоматизации способов трансформации факторов жизнеобеспечения агроэкосистем (водный, тепловой, питательный, газовый, микробиологический и т. п. режимы) наиболее широко представлены [8,9]:

- системы трансформации водного питания;
- технологии регулирования теплового режима системы «почва - растение – приземный слой воздуха»
- комплексы формирования минерального питания агрофитоценозов.

Гидрологические условия агроэкосистем обусловлены осадками, испарением с поверхности почвы и растений, транспирацией, глубиной залегания грунтовых вод, а также влажностью почвы, из которых легче всего измеряются осадки и уровни грунтовых вод, более трудоемко определение испарения и максимально сложны замеры почвенной влажности. Вместе с тем, учитывая, наибольшую релевантность зависимости водного режима почвы от ее увлажненности, система регулирования водного режима базируется на контроле и трансформации влажности корнеобитаемого слоя почвы. Влажность почво-грунтов агроэкосистем может снижаться мероприятиями водоотведения и увеличиваться поливом при односторонней операционной системе мелиораций, а также изменяться по

необходимой траектории в зависимости от заданного уровня грунтовых вод при мелиоративной системе двустороннего регулирования.

Принципиальная схема повышения почвенной влажности мелиорируемых земель орошением предусматривает наличие установленных датчиков, передающих сигналы в специальный блок, которые усредняются (если не проводится пространственная дифференциация управляющих воздействий на орошаемом участке) и сравниваются с расчетным оптимальным значением влажности почвы для разных фаз развития сельскохозяйственной культуры.

Автоматическое изменение расчетных значений влажности во времени, осуществляется устройством, которое использует для корректировки программы полива сигнал о метеорологических условиях роста и развития растений, например, сумму температур воздуха или рекомендации специализированных аналитических систем управляющего компьютера. Рекомендации основаны на информации о фактической влажности почвы, фазах вегетации агроценоза, ожидающихся осадках и о других необходимых сведениях. Усилитель-преобразователь передает данные о назначенном сроке и продолжительности полива на исполнительный механизм (в случае инерционных передатчиков) или вырабатывает сигнал "включение/выключение" (на основе измеренных значений влажности в ситуации с активными датчиками).

При формировании почвенной влажности за счет повышения/снижения глубины залегания грунтовых вод, уровень последних также назначается устройством - регулятором влажности в зависимости от ее измеренных значений. Специфическая функция автоматизированной системы регулирования влажности почвы посредством изменения уровня грунтовых вод включает процедуру корректировки их понижения с развитием корневой системы сельскохозяйственных культур. Изменение во времени оптимального уровня влажности происходит по сигналу от управляющего блока системы. Его программное обеспечение имеет доступ к сведениям об изменении глубины проникновения в почву корневой системы и к прогнозным данным об интенсивности солнечной радиации, развитие которой повышает допустимые значения уровня грунтовых вод.

Автоматизация процесса регулирования температурного режима мелиорируемых агроценозов базируется на изменении водного режима и может осуществляться регуляторами влажности и уровня грунтовых вод. Снижение температуры достигается за счет испарения воды компонентами агроэкосистемы (почвой, растениями, приземным слоем воздух и пр.), требующего большого количества тепла и приводящего к охлаждению.

Повышение температуры происходит при снижении уровня грунтовых вод, а также скорости испарения влаги почвой и/или растительностью. Для защиты растений от заморозков или резкого снижения температуры воздуха необходимо увеличить поток тепла из почвы посредством повышения теплопроводности за счет увлажнения. Снижение температуры приземного слоя воздуха регулируется увлажнением.

Нормы полива для регулирования температуры (порядка 50 - 100 м³/га) и/или необходимая глубина залегания грунтовых вод рассчитываются программным обеспечением аналитического блока АСУ с учетом прогнозных данных о морозах и засухах.

Автоматизация регулирования пищевого режима мелиорируемых агроценозов требует разработки и внедрения датчиков концентраций в почве основных питательных веществ. При орошении приоритетным направлением автоматизированного управления подачей любых видов минеральных удобрений, включая трудно растворимые фосфорные, становится фертигация, реализующая способ внесения удобрений (пестицидов, мелиорантов и т. д.) одновременно с поливной водой. Фертигация требует приготовления питательного раствора необходимой концентрации и консистенции и его подачи в напорный трубопровод и/или поливные устройства оросительной системы.

Информация о наличии в почве основных минеральных элементах питания растений (азота, фосфора и калия) подается в блок автоматического формирования пищевого режима АСУ, который может выдавать команду на использование питательного раствора из устройства подготовки. Команда инициируется с помощью управляющего оборудования на основании информации о потребностях растения в питании, стадии развития и водном режиме почвы.

Комплекс технологического оборудования автоматизированного регулирования пищевого и водного режима мелиоративных систем может сочетаться с сооружениями и устройствами для сбора и последующего использования на поливе дренажного стока и сбросных вод, содержащих элементы питания, что обеспечивает значимую экономию воды и удобрений.

Процесс оптимизации подающихся питательных веществ технологически сложен и недостаточно формализован, поэтому необходима связь с оператором, контролирующим потребность в коррективах работы автоматизированной системы.

При существенно ограниченном, в сравнении с потребностью, применении автоматизированных систем однофакторного регулирования мелиоративного режима агроэкосистем еще более сужена область автоматизации его комплексной трансформации, значимо повышающей эффективность управленческих воздействий.

Особенности функционирования автоматизированной технологии комплексного регулирования мелиоративного режима однозначно требуют: использования аналитического блока, централизованного сбора информации с объекта управления, ее хранения и обработки для формирования сигналов корректировки работы однофакторных автоматических регуляторов. Значения всех измеряемых параметров автоматически вводятся в регистрационные единицы, кодируются в блоке формирования данных и после этого передаются в управляющий блок. В случае удаленного сбора информации (например, измерение влажности почвы с помощью спутника с использованием сверхвысокочастотной локации, беспилотных летательных аппаратов и т.д., или при использовании агрохимических лабораторий для определения концентраций питательных веществ), ее ввод в блок формирования данных может быть осуществлен, как автоматизировано, так и вручную. Оператор контролирует результаты работы управляющего блока системы.

Базовая структура автоматизированной системы комплексного регулирования мелиоративного режима состоит:

- из набора датчиков, которые выполняют мониторинг и сбор необходимых качественных и количественных данных о состоянии растений, атмосферы, почвы и т. д.;
- контроллерных устройств, осуществляющих автоматическое включение и выключение оборудования управляющих воздействий (орошения, внесения удобрений и ядохимикатов, водопонижения и т.д.);
- резервуаров для дренажных и сточных вод;
- контрольно-приёмный блока регистрации данных и управления (облачный сервер, физический процессор).

На практике функционирующие системы комплексного регулирования мелиоративного режима агроэкосистем ограничиваются трансформацией его двух факторов: водного и питательного режимов.

В современных реалиях ведущие поставщики рынка оросительной техники и оборудования активно развивают инновационные решения по автоматизации агротехнологий, машин и оборудования «умного орошения». Рациональное водопотребление обеспечивается дифференцированным подходом к поливу локальных участков орошаемого массива в зависимости от потребности территории в увлажнении, топографии, конфигурации и других отличительных свойств. Предлагается дистанционный мониторинг и беспроводное управление дождевальными системами, реализующими возможности, как традиционного орошения, так и переменных поливных норм и дифференцированного внесения удобрений вместе с ней в зависимости от изменяющихся требований агроэкосистем.

Основные, характерные для рынка предложения по системам и оборудованию автоматизированного управления орошением представлены в таблице.

Таблица. Коммерческие предложения оборудования и систем автоматизированного управления орошением [10-17]

№№ п/п		Компания разработчик	Функциональные возможности
1	Облачная платформа мониторинга и оценки потребности орошения .	Crop x	Контроль и обработка данных с датчиков, интегрируемых в разные слои элементов агроэкосистемы для оценки потребности в поливе, удобрении и защите растений. Управление системой с любого устройства, имеющего доступ к Интернету.
2	Система автономного орошения и удобрения	Tevatronik	Контроль, оценка и автоматическая реализация полива поля или его отдельных участков. Контроль удобрений. Управление системой с любого устройства, имеющего доступ к сети Internet.
3	Система контроля микроклиматических данных iMETOS	Pressl Instruments	Мониторинг влажности почвы и полива, осадков, наводнений и снежного покрова. Обеспечение сигнала тревоги о заморозках. Моделирование болезней сельскохозяйственных культур. Гиперлокальный прогноз погоды.
4	Веб-платформа для беспроводного управления поливами в режиме реального времени	Growsmart от Lindsay	Дистанционное управление дождевальными машинами, водяными пушками, инжекторами и насосами, мониторинг метеоусловий. Оптимизация затрат природных, трудовых и материально – технических ресурсов без потери качества технологических процессов.
5	Система автоматизированного управления орошением Field Connect	John Deere	Веб-интерфейс информационной поддержки управленческих решений по контролю выполнения полива с учетом широкого круга агрономических сведений.
6	Система диспетчерского контроля и учета водообеспеченности (SCADA)	Университет штата ЮТА , США Лаборатория Водных ресурсов	Контроль водообеспеченности оросительной сети и орошаемых земель в режиме реального времени. Автоматизация учета водоподачи.
7	Система удаленной связи (SM-Autonomous Irrigation Control)	Acromag	Широкий спектр локальных источников энергии (солнечной, ветровой, водной геотермальной или аккумуляторной). Услуги беспроводной сети .

8	Контроллеры	Sprinkl	Дифференцированный подход к дождеванию с учетом фактической почвенной влажности.
---	-------------	---------	--

Сельхозтоваропроизводителям доступны также и технологии назначения полива по результатам анализа информации о состоянии агроценозов, условиям суммарного испарения; картографическим материалам мелиорируемой территории.

В очередной раз приходится отмечать отсутствие коммерческих предложений по АСУ орошением от отечественных фирм, что, к сожалению, объясняется дефицитом инновационных решений по цифровизации, достаточно апробированных, с налаженным производством техники и оборудования для реализации процедур автоматизации и роботизации производственных процессов в практике аграриев.

В основном цифровые технологии управления технологическими процессами орошения представлены опытно - конструкторскими разработками. Из них можно особо отметить роботизированный комплекс «КАСКАД», созданный для полива дождеванием кормовых, зерновых, технических культур с различной высотой стебля специалистами Саратовского ГАУ имени Н.И. Вавилова. Интеллектуальная система мониторинга и управления комплекса, базирующаяся на программируемом контроллере отечественного производства, реализует полив с внесением необходимых удобрений и пестицидов, контролирует затраты воды, наличие топлива в генераторе и другие показатели.

Повышению эффективности развития и роли цифровых технологий в мелиоративном секторе агропроизводства может способствовать передача в сельское хозяйство из успешных отраслей отечественной и мировой экономики «умных» технологий, оборудования, устройств и конструкций, а также пр. новаций, способных реализовать контроль и реализацию производственных операций всего процесса управления системой растениеводства.

Ключевым направлением цифровизации технологических процессов мелиорируемых агроэкосистем должно стать комплексное регулирование мелиоративного режима (АСУ ТП_{мр}), обеспечивающее постоянный контроль и непосредственное формирование взаимоувязанных факторов мелиоративного режима агроэкосистем. К приоритетным факторам формирования мелиоративного режима относятся водный, питательный, тепловой, газовый режимы орошаемых почв, их плодородие, микрофлора, потребность в ремедиации и т. п. мероприятиях.

Оптимальность решений по автоматизации технологических процессов агропроизводства на мелиорируемых землях (мониторинг, проверка, исправление,

самообучение) достигается их максимальной автономностью при, практически, автоматическом управлении объектом для всех периодов работы: стандартном, предаварийном и аварийном. Указанный подход повышает качество и производительность производственных операций, снижая, вплоть до полного исключения, влияние человеческого фактора на их реализацию. Базовая архитектура АСУ ТП_{мр} включает (рисунок):

- техническое оснащение объекта управления для контроля, хранения и передачи данных о показателях его мелиоративного состояния: влажности, тепловом режиме, солевом составе и т.п., а также для работы с информацией;
- системы обработки данных (СОД), управления базой данных (СУБД), управления базой моделей (СУБМ) в составе аналитического блока облачного сервера для назначения управляющих воздействий на основе информации с устройств контроля, трансформированной оборудованием обработки сведений;
- устройства беспроводного дистанционного управления процедурами и операциями формирования и регулирования мелиоративного режима агрофитосистем;
- облачный Интернет сервер с доступом к моделям, базам данных и алгоритмам поддержки принимаемых решений для исполнительных устройств автоматизированных систем управления;
- трансляторы сигнала от контролирующих устройств цифровой АСУ мелиорируемых агрофитосистем.

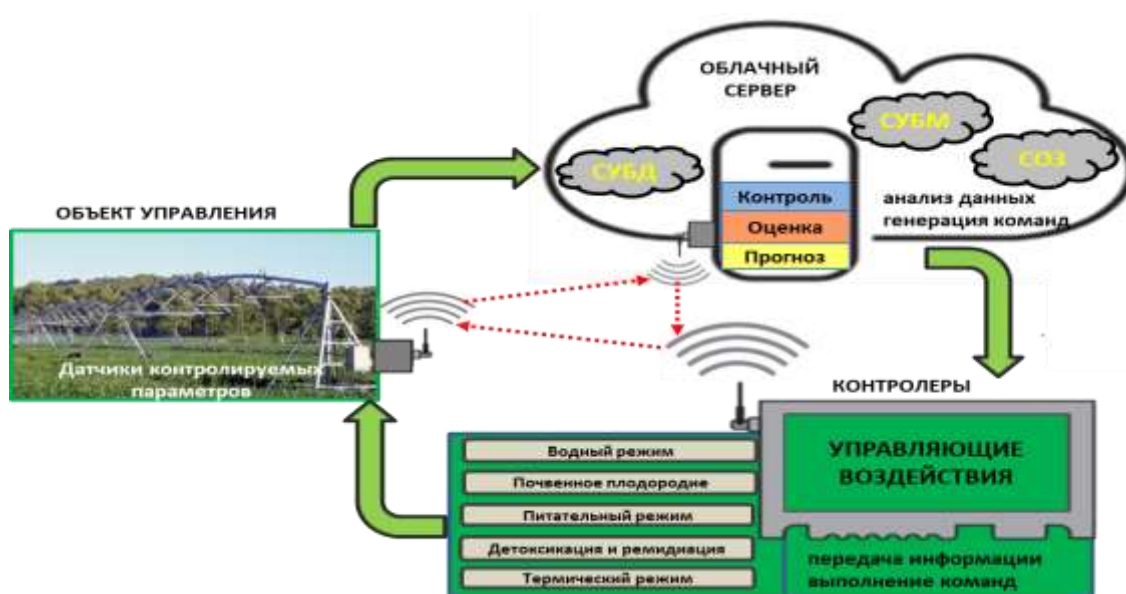


Рисунок . - Архитектура автоматизированной системы прецизионного управления комплексным мелиоративным режимом агроэкосистем (АСУ ТП_{мр}) где СУБМ и СУБД системы управления моделями, управления базой данных, соответственно ; СОЗ – система управления знаниями.

Необходимость в решении широкого круга задач мелиоративной деятельности при эффективном взаимодействии всех ее участников [18-21] формирует новый тренд в становлении комплексных технологий по регулированию (АСУ ТП_{мр}) на базе цифровых платформ «умной мелиорации». Такие платформы обладают необходимым набором сервисов и функций, обеспечивающих разработкам дополнительный инновационный функционал, а деловым партнерам укрепление сетевого взаимодействия на основе реализации экономических операций.

Использование платформ позволяет предприятиям сократить издержки на создание информационно – коммуникационных технологий и затраты времени на разработку новых продуктов за счет унификации и использования апробированных эффективных решений задач цифровизации указанной предметной области, выполненных на основе теоретически обоснованных подходов к комплексному анализу конкретной ситуации, реализованному с максимально возможной широтой и глубиной. Предлагаемая направленность цифровизации решений по регулированию мелиоративного режима агроэкосистем представляется достойной альтернативой программным продуктам для задач автоматизации разрозненных локальных узких мест производства, реализуемым в режиме работы «пожарной команды».

Практическая значимость платформенной цифровизации заключается в актуализации процессов разработки и использования инновационных решений по автоматизации и роботизации в секторе мелиоративной экономики, что может повысить эффективность производства не только отдельно взятых предприятий, но и стать мощным вызовом для всей сферы мелиорации.

Выводы

Современный опыт использования в системе растениеводства технологий автоматизации и роботизации убедительно свидетельствует о существенном их влиянии на снижение риска эффективности агропроизводства и действенного решения задачи повышения рейтинга отечественного сельскохозяйственного производства в мировой экономике .

Действующий рынок коммерческих предложений в области автоматизации и роботизации регулирования мелиоративного режима агроэкосистем достаточно широко представлен зарубежными системами и оборудованием для прецизионного орошения и внесения удобрений/ядохимикатов с поливной водой, по большей части интегрированными в систему точного земледелия.

Российский рынок АСУ технологическим процессом агропроизводства на мелиорируемых землях, отличающийся высоким потенциалом спроса, находится в стадии

формирования. Важная ключевая задача отечественной мелиоративной науки и практики сегодняшнего дня заключается в наполнении отечественного рынка инновационных технологий мелиорируемого земледелия эффективными решениями по цифровизации, гарантирующими АПК РФ возможность развития в ближайшее время до показателей, соответствующих уровню лидеров мировой экономики и выше.

К приоритетным направлениям цифровизации технологических процессов производства продукции мелиорируемыми агроэкосистемами, актуализирующим достижение этих целей следует отнести:

- широкое внедрение в сельское хозяйство лучших решений по автоматизации и роботизации производства в передовых отраслях отечественной экономики;

- автоматическое управление технологическими процессами агропроизводства при максимальной автономности технологий автоматизации для работы в стандартном, предаварийном и аварийном режимах;

- комплексная трансформация мелиоративного режима агроэкосистем, включающая постоянный контроль, формирование и изменение в соответствии с потребностями растений: увлажнения и температуры почвы, а так же приземного слоя воздуха, режима питания агроценозов, газового режима почв, плодородия и микрофлоры и т. п. показателей;

- развитие цифровых платформ «умной мелиорации» с базовым набором сервисов и функций для создания, внедрения и эксплуатации автоматизированных технологий управления агро мелиоративными мероприятиями и укрепления взаимодействия всех участников реализуемых бизнес проектов.

Таким образом, сегодня на этапе становления современной цифровой экономики Российской Федерации цифровизация мелиоративного сектора АПК становится важным инструментарием изменения бизнес-моделей агропроизводства, повышения производительности, увеличения прибыли и определения стоимости продукции.

Литература

1. Цифровая трансформация сельского хозяйства России: офиц. изд. –М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 80 с.

2. Цифровизация управления агротехнологиями / Н.В. Степных [и др.]. Куртамыш: ООО «Куртамышская типография», 2018. – 43 с.

3. Научные основы создания и управления мелиоративными системами в России/ под редакцией Л. В. Кирейчевой. – М: ФГБНУ ВНИИ агрохимии, 2017.-296 с.

4. Александровская Л. А. Развитие процессов цифровизации в мелиоративной сфере: тенденции и перспективы // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). 2020. №4 (72). С. 103-110.
5. Ерешко Ф. И., Меденников В. И. Формирование цифровой платформы АПК // Проектирование будущего. Проблемы цифровой реальности : труды 1-й Международной конф. (8—9 февраля 2018 г., Москва). М. : ИПМ им. М. В. Келдыша, 2018. С. 65—73. URL: <http://keldysh.ru/future/2018/10.pdf> doi:10.20948/future-2018-10.
6. Кластерная экономика и промышленная политика: теория и инструментарий // Budner W.W., Palicki S., Pawlicka K., Анисимов С.Д., Бабкин А.В., Бизина О.А., Бухвальд Е.М., Буянова М.Э. и др. - Санкт-Петербург, Изд-во Политехн. ун-та, 2015].
7. Gray J., Rumpe B. Models for digitalization // Soft & Systems Modeling. 2015. Vol. 14. Issue 4. Pp. 1319—1320.
8. Кирейчева, Л. В. Модели и информационные технологии управления водопользованием на мелиоративных системах, обеспечивающие благоприятный мелиоративный режим / Л. В. Кирейчева, И. Ф. Юрченко, В. М. Яшин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2014. – № 5-6. – С. 50-55.
9. Шабанов В. В. Автоматизация комплексного регулирования факторов жизни растений // Гидротехника и мелиорация. – 1982. – № 1.– С. 60-75.
10. Acromag. SM-Autonomous Irrigation Control. [Electronic resource]. URL: <https://www.acromag.com/content/sm-autonomous-irrigation-control>.
11. Tevatronic. Autonomous Irrigation. [Electronic resource]. URL: <http://tevatronic.net>.
12. Mobile Drip Irrigation. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=3yT9yiyjB-4>.
13. Variable Rate Irrigation (VRI) Animation. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=tIDfSqAz11s>.
14. Yang S. H. Internet-based Control Systems: Design and Applications. Springer, 2011. 224 p
15. CropX. URL: <https://www.cropx.com>.
16. Lindsay Corporation. Plug & Play Add-Ons. [Electronic resource]. URL: <http://www.growsmart.com>.
17. John Deere eField Connect. [Electronic resource]. URL: <https://www.deere.com/en/technology-products/precision-ag-technology/field-and-water-anagement>.
18. Кирейчева, Л. В. Методические рекомендации по оценке экологической и мелиоративной ситуаций на орошаемых землях / Л. В. Кирейчева, И. Ф. Юрченко, В. М.

Яшин; Ответственный за подготовку - акад. РАСХН Шумаков Б.Б. – Москва: Россельхозакадемия, 1994. – 56 с.

19. 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.

20. The Efficiency of Impervious Protection of Hydraulic Structures of Irrigation Systems / М. А. Bandurin, V. A. Volosukhin, I. F. Yurchenko // Advances in Engineering Research, Tyumen, 16–20 июля 2018 года. – Tyumen: Atlantis Press, 2018. – P. 56-61.

21. Reclamation Measures to Ensure the Reliability of Soil Fertility / I. F. Yurchenko, М. А. Bandurin, V. A. Volosukhin [et al.] // Advances in Engineering Research, Tyumen, 16–20 июля 2018 года. – Tyumen: Atlantis Press, 2018. – P. 62-66.

Literatura

1. Tsifrovaya transformatsiya sel'skogo khozyaistva Rossii: ofits. izd. –М.: FGBNU «RosinformagroteKH», 2019. – 80 с.

2. Tsifrovizatsiya upravleniya agrotekhnologiyami / N.V. Stepnykh [i dr.]. Kurtamysh: ООО «Kurtamyshskaya tipografiYA», 2018. – 43 с.

3. Nauchnye osnovy sozdaniya i upravleniya meliorativnymi sistemami v Rossii/ pod redaktsiei L. V. Kireichevoi. – М: FGBNU VNII agrokhimii, 2017.-296 с.

4. Aleksandrovskaya L. A. Razvitie protsessov tsifrovizatsii v meliorativnoi sfere: tendentsii i perspektivy// Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo ehkonomicheskogo universiteta (RINKH). 2020. №4 (72). S. 103-110.

5. Ereshko F. I., Medennikov V. I. Formirovanie tsifrovoi platformy APK // Proektirovanie budushchego. Problemy tsifrovoi real'nosti : trudy 1-i Mezhdunarodnoi konf. (8—9 fevralya 2018 g., Moskva). М. : IPM im. М. V. Keldysha, 2018. S. 65—73. URL: <http://keldysh.ru/future/2018/10.pdf> doi:10.20948/future-2018-10.

6. Klasternaya ehkonomika i promyshlennaya politika: teoriya i instrumentarii // Budner W.W., Palicki S., Pawlicka K., Anisimov S.D., Babkin A.V., Bizina O.A., Bukhval'd E.M., Buyanova M.EH. i dr. - Sankt-Peterburg, Izd-vo Politekhn. un-ta, 2015].

7. Gray J., Rumpe B. Models for digitalization // Soft & Systems Modeling. 2015. Vol. 14. Issue 4. Pp. 1319—1320.

8. Kireicheva, L. V. Modeli i informatsionnye tekhnologii upravleniya vodopol'zovaniem na meliorativnykh sistemakh, obespechivayushchie blagopriyatnyi meliorativnyi rezhim / L. V. Kireicheva, I. F. Yurchenko, V. M. Yashin // Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo. – 2014. – № 5-6. – S. 50-55.

9. Shabanov V. V. Avtomatizatsiya kompleksnogo regulirovaniya faktorov zhizni rastenii // *Gidrotekhnika i melioratsiya*. – 1982. – № 1. – S. 60-75.
10. Acromag. SM-Autonomous Irrigation Control. [Electronic resource]. URL: <https://www.acromag.com/content/sm-autonomous-irrigation-control>.
11. Tevatronic. Autonomous Irrigation. [Electronic resource]. URL: <http://tevatronic.net>.
12. Mobile Drip Irrigation. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=3yT9yiyjB-4>.
13. Variable Rate Irrigation (VRI) Animation. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=tIDfSqAz11s>.
14. Yang S. H. *Internet-based Control Systems: Design and Applications*. Springer, 2011. 224 p
15. CropX. URL: <https://www.cropx.com>.
16. Lindsay Corporation. Plug & Play Add-Ons. [Electronic resource]. URL: <http://www.growsmart.com>.
17. John Deere eField Connect. [Electronic resource]. URL: <https://www.deere.com/en/technology-products/precision-ag-technology/field-and-water-anagement>.
18. Kireicheva, L. V. Metodicheskie rekomendatsii po otsenke ehkologicheskoi i meliorativnoi situatsii na oroshaemykh zemlyakh / L. V. Kireicheva, I. F. Yurchenko, V. M. Yashin; Otvetstvennyi za podgotovku - akad. RASKHN Shumakov B.B. – Moskva: Rossel'khozakademiya, 1994. – 56 s.
19. Bezopasnost' beskhoz'yainykh gidrotekhnicheskikh sooruzhenii meliorativnogo vodokhozyaistvennogo kompleksa/ G. T. Balakai, I. F. Yurchenko, E. A. Lentyaeva, G. KH. Yalalova. – Germaniya : LAP LAMBERT, 2016. – 85 s.
20. The Efficiency of Impervious Protection of Hydraulic Structures of Irrigation Systems / M. A. Bandurin, V. A. Volosukhin, I. F. Yurchenko // *Advances in Engineering Research*, Tyumen, 16–20 iyulya 2018 goda. – Tyumen: Atlantis Press, 2018. – P. 56-61.
21. 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, 16–20 iyulya 2018 goda. – Tyumen: Atlantis Press, 2018. – P. 62-66.