

**ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ МЕЛИОРАТИВНОГО
РЕЖИМА АГРОЭКОСИСТЕМ**
DIGITAL SYSTEMS FOR AMELIORATION REGIME MANAGEMENT IN
AGROECOSYSTEMS



УДК 31.6.02:631.619:631.445.52

DOI:10.24411/2588-0209-2020-10164

Юрченко Ирина Федоровна, доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно – исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова»

<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

<http://orcid.org/0000-0003-2390-1736>, irina.507@mail.ru

Аннотация

В статье рассматривается ситуация с цифровизацией технологий регулирования мелиоративного режима агроэкосистемы. Актуальность исследований обусловлена потребностью агропроизводства в эффективных методах и средствах формирования комфортных условий для крайне неустойчивого биотического сообщества, созданного человеком для получения запланированной продукции растениеводства. Цель исследований - обоснование подходов к цифровизации технологий регулирования мелиоративного режима, соответствующих современным требованиям прецизионного (точного) управления агропроизводством. Научная новизна заключается в формировании унифицированных требований к информационному, технологическому, программному и пр. обеспечению процедур автоматизации регулирования мелиоративного режима агроэкосистем. Практическая значимость - в совершенствовании нормативно - методической базы становления цифровизации агропроизводства на мелиорируемых землях. Исследования базируются на информационно –

аналитических методах изучения действующих систем оперативного управления технологическими процессами, результатов НИР, трудов отечественных и зарубежных ученых, а также собственных исследований ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» по тематике работы. Выявлены эффективные факторы конкурентоспособности хозяйствующего субъекта, которые успешно реализуются при поддержке управленческих решений цифровыми системами в сфере мелиорируемого земледелия. Установлены ключевые принципы формирования цифровых систем регулирования мелиоративного режима. Сформулированы требования к функциональной структуре цифровой системы регулирования мелиоративного режима агроэкосистем. Определены перспективные инновационные технологии цифровых систем агропроизводства на мелиорируемых землях. Сформированы направления информационной поддержки реализации формализованных описаний агроэкосистем. Предложена трансформация подходов к созданию и использованию автоматизированных систем управления производственными процессами на мелиорируемых землях, связанных с реализацией специализированной субплатформы по мелиорации в составе разрабатываемой цифровой платформы АПК.

Abstract

Questions on digitalization of the technologies for amelioration regime regulation in the agroecosystem are considered in the paper. The relevance of the research is determined by the requirements in the effective methods and means to create comfortable conditions for an extremely unstable biotic community created by man to obtain high crop yields. The purpose of the research is approaches substantiation to technologies for land reclamation regime digitalization which meet modern requirements of the precision (precise) management in agricultural production. The scientific novelty of the research is creation of the unified requirements to information, technologies, software, and other procedures to support reclamation regime automatization management within agroecosystems. Practical significance of the research is improvement of the management and methodological framework to develop agricultural digitalization in the reclaimed land. The methodology of the research is based on the information and analytical methods of the existing systems' operational technological control, the result of the previous research, proceedings the domestic and foreign scientists, as well as our own research carried out in the Federal state budgetary institution "VNIIGIM" named after A. N. Kostyakov. Efficient parameters of an economic entity competitiveness successfully implemented on the base of decision support management using digital systems in the field of ameliorative agriculture are

determined. The key principles of the digital systems' formation to manager ameliorative regime are developed. The requirements for the functional structure of the digital system to regulate the amelioration regime of the agroecosystems are defined. Prospective innovative technologies for the digital agricultural systems in the reclaimed lands are developed. The main principles of the information support to implement the formalized descriptions of agroecosystems have been formed. The transformation of the approaches to the creation and use of the automated systems to manage production processes in the reclaimed lands depending on the implementation of a specialized land reclamation sub-platform as a part of the developed digital platform for the agro-industrial complex is proposed.

Ключевые слова: цифровые системы, регулирование, мелиоративный режим, агроэкосистема, субплатформа, мелиорация

Keywords: digital systems, regulation, land reclamation regime, agroecosystem, requirements, functional structure, information and software, sub-platform, land reclamation.

Введение. Агроэкосистема представляет собой биотическое сообщество, созданное человеком для получения запланированной продукции растениеводства, отличающееся крайней неустойчивостью, что обуславливает актуальность создания методов и средств совершенствования управления состоянием агроэкосистемы в условиях априорной неопределенности абиотических факторов. Разработка цифровых алгоритмов моделирования мелиоративного состояния агроэкосистем представляет достаточно новое направление науки, получившее начало в середине прошлого века, вслед за появлением мощных вычислительных машин, позволяющих моделировать сложные динамические системы [1].

Цель настоящих исследований - обоснование подходов к цифровизации технологий регулирования мелиоративного режима, соответствующих современным требованиям прецизионного (точного) управления агропроизводством. Реализация указанной цели потребовала решения следующих задач:

- выявление функциональной структуры цифровой системы регулирования мелиоративного режима агроэкосистем;
- определение перспективных инновационных технологий цифровых систем агропроизводства на мелиорируемых землях.

Научная новизна исследований заключается в формировании требований к информационному и технологическому обеспечению процедур автоматизации регулирования мелиоративного режима агроэкосистем на основе унифицированного методологического подхода к их разработке и использованию.

Практическая значимость - в совершенствовании нормативно - методической базы становления цифровизации агропроизводства на мелиорируемых землях.

Методика исследований. В качестве теоретической и научно - методической базы работы использованы информационно-аналитические методы:

- изучения процедур создания, внедрения и использования приоритетных технологий оперативного управления технологическими процессами в мелиоративной области и смежных областях науки;
- результатов перспективных направлений НИР научно-исследовательских и производственных организаций;
- трудов зарубежных и отечественных ученых в разных областях знаний мелиорации, в сфере формирования технологий и технических средств орошения, повышения надежности, энергетической эффективности и экологической безопасности мелиоративных систем;
- собственных исследований ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» по тематике работы.

Результаты и обсуждение.

Для решения проблемы устойчивого повышения урожайности и энергетического потенциала агроэкосистемы и, следовательно, плодородия и устойчивости почвы необходимо регулирование параметров мелиоративного состояния в строго заданном диапазоне и временном цикле, что позволит не только увеличить количество возвращаемой в почву энергии, но и сохранить установившееся соотношение энергетических потоков [2, 3, 4].

Регулированием параметров мелиоративного состояния агроэкоценоза можно добиться более эффективного использования суммарной солнечной радиации путем точного регулирования водного, воздушного, теплового, пищевого режимов и микробиологического состояния почвы, температуры и влажности приземного слоя атмосферы, внекорневого питательного режима растений в зависимости от его развития.

К эффективным факторам конкурентоспособности хозяйствующего субъекта, которые успешно реализуются при поддержке управленческих решений цифровыми системами в сфере мелиорируемого земледелия, относятся:

- оперативность стратегического, тактического и повседневного планирования;
- повышение действенности внутрипроизводственного согласования воздействий и регулирования производства;
- рост производительности труда при его автоматизации и отсутствии рутины;
- строгий учет и выверенность действий на трансформацию потребительского спроса;
- улучшение потребительских свойств продукции на базе трансформации конструктивных и технологических решений;
- снижение себестоимости процедур выпуска продукции (услуг);
- расширение рынков сбыта;
- оптимизация периода обновления поставляемой на рынок продукции;
- совершенствование услуг логистики;
- упорядочивание состава и структуры документооборота и потоков информации.

Базовые принципы и требования к формированию цифровых систем регулирования мелиоративного режима должны сохранить лучшие достижения теории в области действенного и устойчивого агропроизводства на орошении, прошедшие испытания практикой, к которым относятся [4-6]:

- активное и целенаправленное регулирование всех основополагающих факторов реализации продуктивности агроэкосистем;
- приоритет в оптимизации регулируемого диапазона параметра, лимитирующего агропроизводство, т. е. параметра, находящегося в минимуме;
- существенное превышение диапазона саморегулирования параметров, лимитирующих агропроизводство, ошибки регулирования параметров мелиоративного режима агроэкосистем;
- оптимизация параметров агропроизводства в критические периоды роста и развития растений;
- обеспечение оптимальных условий агропроизводства для сельхозкультур всех полей севооборота;
- гармонизация условий повышения продуктивности агроценозов с воспроизводством почвенного плодородия;
- гарантия экологической безопасности системы регулирования мелиоративного режима;
- учет стохастической изменчивости почвенных свойств и запасов основных элементов питания сельскохозяйственных культур.

По определению важнейшей характеристикой агроэкосистемы является продуктивность, при моделировании которой в задачах мелиорации агроэкосистем перечень почвенных параметров должен отражать фундаментальные, относительно консервативные почвенные характеристики (энергию почвообразования, гидротермический режим и т.д.), существенные для формирования потенциального плодородия. При ориентации модели на «программируемый урожай» большее внимание уделяется факторам жизни растений, определяющим продуктивность (наличие воды, воздуха, питательных веществ, должного температурного режима в системе «атмосфера-растение – почва» в соответствующие фазы развития растений) и реализуемым агротехнологическими приемами.

Успешное создание моделей агроэкосистем при использовании любого математического аппарата для её разработки должно базироваться на положениях системного анализа, формирующего методологическую основу описания взаимодействия агроэкосистемы с окружающей средой [7,8]. Системность представлений о развитии и взаимоотношениях продукционного, почвообразовательного и производственного процессов, характеризующихся для конкретных почвенно-климатических условий, обеспечивает возможность построения моделей, сфера и ареал применения которых отвечает задачам прецизионного управления агропроизводством в режиме реального времени [10].

В связи с этим можно говорить о действенности применения в решении задач регулирования мелиоративного режима динамических балансовых моделей, представленных в виде количественных значений потоков вещества, энергии и пр., формирующихся в гомогенных или мало отличающихся от них условиях. Популярными на сегодняшний день балансовые модели характеризуют изменения в изучаемой системе во времени посредством операций переноса энергии и вещества. В роли методологического аппарата формализованного представления природно-технологических процессов используются дифференциальные уравнения [11,12]. Так, при изучении геохимических

циклов агроэкосистем успешно используются балансовый подход для оценки миграции и накопления зольных элементов в системе «почва - растение», формирования биомассы и изменения запасов органического вещества почвы.

Очевидно, что возможности цифровых систем, гарантирующие конкурентоспособность организации, во многом зависят от качества и доступности используемой информации, квалификации пользователей, мотивации персонала на совершенствование бизнес-процессов, влияющих на эффективность использования аналитической информации [12-13]. По мере уменьшения стратегической значимости технологии для рыночной конкуренции роль навыков ее повседневного использования может стать определяющей в успешности предприятия.

Информационную поддержку реализации формализованных описаний агроэкосистем, значимо повышающую действенность агроэкологического прогнозирования, необходимо проводить на базе [14]:

- программных комплексов СППР (систем принятия решений) и ГИС (геоинформационных систем);
- специализированных баз данных (БД) и систем управления базами данных (СУБД);
- данных системы знаний (СОЗ);
- систем автоматизированного проектирования (САПР);
- автоматизированных системы управления производством (АСУП) и автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП).

В общем виде архитектура АСУ ТП включает: датчики контроля состояния объекта наблюдения; устройства автоматической обработки данных - регуляторы (контроллеры); исполнительные устройства, формирующие исходные данные и реализующие управляющие воздействия; системы учета и визуализации данных (экраны, табло и др. носители) [9] (рисунок 1).

Новым требованием к АСУ ТП в области автоматизации регулирования мелиоративного режима является ее интеграции с АСУП, в качестве единой системы, включающей комплекс технических и программных средств для решения задач контроля и управления основным и вспомогательным оборудованием, технологическими процессами, а также инструментальных систем для цифрового управления мелиоративными системами.

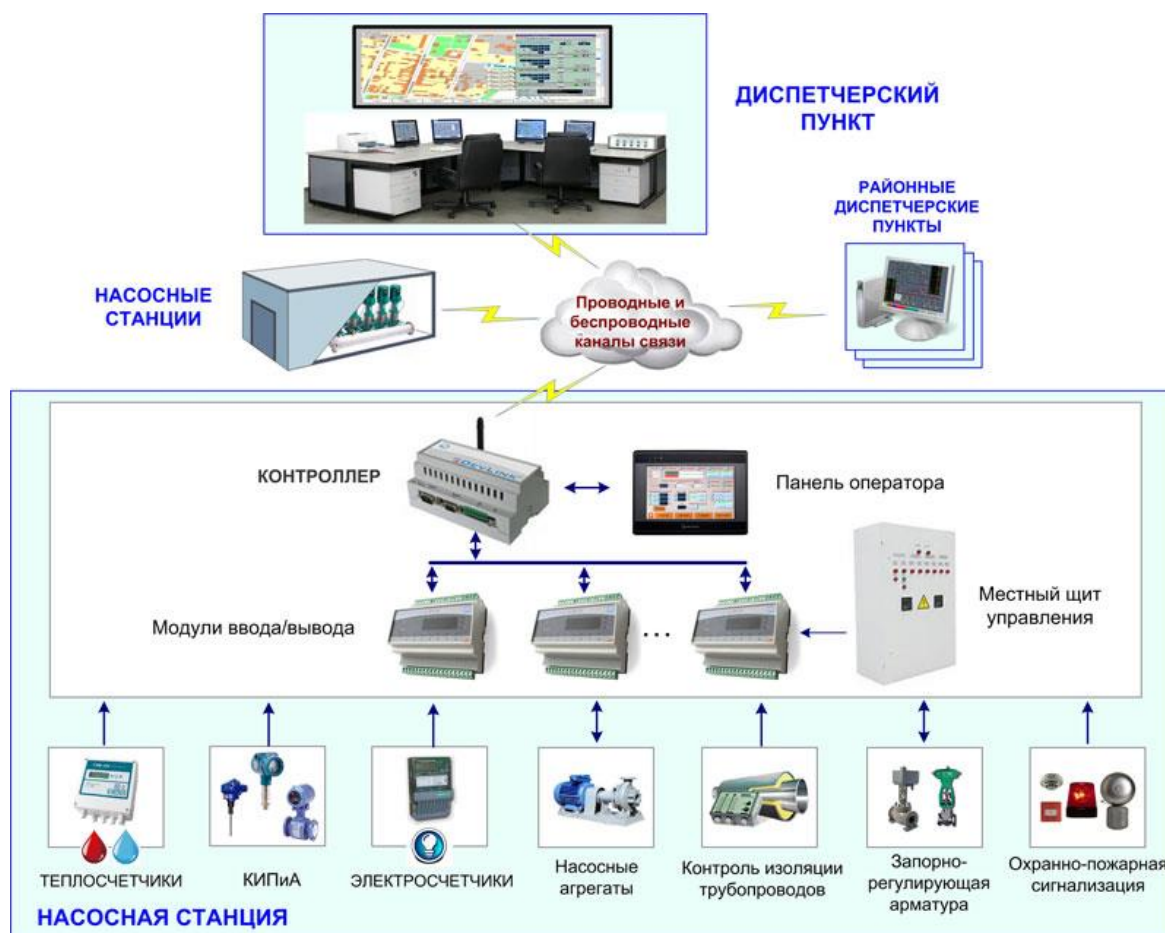


Рисунок 1. Функциональная структура АСУ ТП насосной станции системы орошения [9]

Следует отметить, что в последние годы расширяется практика использования электронных картографических материалов для разработки долгосрочных агроэкологических прогнозов. Также приобрели популярность интегрированные банки моделей, обеспечивающие их обобщение по различиям расчетных методов. Все это становится неотъемлемым требованием при создании автоматизированных систем регулирования мелиоративного режима агроэкосистем.

Сельхозтоваропроизводителям все чаще требуются многочисленные технологии информационной поддержки регулирования процедур полива, передающие на сенсорные дисплеи соответствующие рекомендации, формирующиеся по результатам анализа и оценки данных, поступающих со спутниковых снимков; датчиков состояния агроэкосистем, условий эвапотранспирации; картографирования контролируемой территории.

Рационализацию водопотребления и экономию водных ресурсов обеспечивают технологии точного орошения, оптимизирующие на поле способы водоподдачи сельхозкультурам, выполняющие учет конфигурации поля, потребности в поливе различных участков одного поля и его топографии, а также прочей специфики поливаемых полей.

Оснащение дождевальных систем контроллерами от компании Sprinkl позволяет экономить воду за счет дифференцированного подхода к орошению, обеспечивая

мониторинг потребности в поливе для конкретных участков поля по данным почвенной влажности.

Современные решения в области управления и автоматизации мелиоративного режима агросистем на западном рынке широко представлены компаниями John Deere, Lindsay Corp.'s [15,16]. Передачу данных о влагообеспеченности агроценозов на смартфон успешно осуществляют датчики влажности компании CropX.

Предлагаемые на рынке инновационные продукты компании Growsmart Lindsay основаны на методах управления поливами, обеспечивающими удобство пользователю и снижение эксплуатационных затрат за счет оптимизации используемого количества времени, труда, электроэнергии и воды при высоком качестве реализованных технологических операций [17].

В составе системы управления орошением фирмы Tevatronik реализованы технологические операции, обеспечивающие полив сельскохозяйственных культур и внесение удобрений без вмешательства человека. Архитектура системы представлена:

- беспроводными тензиометрами для определения и передачи данных о затратах корневой системой растения энергии по извлечению почвенной влаги;
- контроллером переключателя затворов ирригационных каналов для сбора данных с тензиометров и их передачей по сотовой связи на облачный сервер для анализа и выработки управляющих воздействий;
- дистанционным беспроводным переключателем гидравлического затвора, работающим по управляющему воздействию соответствующих контроллеров;
- облачным Интернет сервером, использующим математические модели и алгоритмы для анализа данных и принятия управляющих решений, транслирующихся на переключатель затворов для выполнения;
- беспроводным передатчиком, расширяющим зону приема сигнала от тензиометров;
- датчиками температуры и относительной влажности воздуха.

Система диспетчерского контроля и сбора данных SCADA (Supervisory control and data acquisition), поставляемая на рынок исследовательской лабораторией Водных ресурсов университета штата ЮТА (США), выполняет точный, интегрированный контроль водообеспечения гидромелиоративной сети и мелиорируемых земель в режиме реального времени [18]. Автоматизируется учет количества воды, поступающей из водисточника, аккумулирующейся в каналах, и подаваемой на поля. Пользователи системы SCADA могут всегда получить сведения о водораспределении и водопользовании на системе, что повышает качество управляющих воздействий.

Очевидно, что становление цифровой инфраструктуры управления производственными процессами в мелиорации не должно быть полностью ориентированным на зарубежные технологии, приоритет которых явно превалирует на отечественном рынке. Это требует большой работы по незамедлительному совершенствованию научного и технологического уровня разработки отечественных систем для управления мелиоративным режимом, обеспечивающего им не только соответствие, но и превосходство функциональных возможностей и технико-экономических параметров АСУ ТП, создаваемых за рубежом и в развитых секторах отечественной экономики.

Так, в отличие от традиционно использующихся автоматизированных систем текущего периода, назначающих управляющие воздействия по физическим параметрам (влажность почвы, расходы воды и т. п.), управление следует осуществлять согласно технологическим и технико-экономическим показателям и критериям оперативно-производственных и организационно-экономических задач агропроизводства на мелиорируемых землях.

Централизованная интегрированная обработка первичной информации должна осуществляться в режиме «онлайн» технологического процесса и использоваться для оперативного управления, адаптации и эволюции управляющей системы путем корректировки параметров математических моделей и для решения задач вышестоящих уровней иерархии управления. Достаточно ярко выраженной тенденцией и очевидной направленностью в изменении управленческих систем поддержки корректирующих воздействий является постоянное повышение уровня встроенного искусственного интеллекта в системах управления [19-20].

Структуру системы цифрового управления технологическими процессами производства необходимо формировать с учетом интеграции доступов к информации по организационно-экономическим процедурам управления предприятием. Трансформация подходов к созданию и использованию автоматизированных систем управления производственными процессами (АСУТП) и общих подходов к управлению предприятиями и организациями (АСУП) связана также и с требованиями активно развивающихся технологий «Интернет вещей (ИВ)», одно из новейших направлений эволюции современных интернет – технологий.

Согласно программе «Цифровая экономика Российской Федерации» (2017 г), определяющей цели и базовые подходы к процессам цифровизации отечественной экономики, основная задача цифровой трансформации агропроизводства заключается в интеграции потоков объективных данных сельхозпроизводителей и государственных сведений в платформу цифрового агропромышленного комплекса.

Программой «Цифровая экономика» предусматривается «успешное функционирование не менее десяти отраслевых (индустриальных) цифровых платформ для основных предметных областей экономики, предоставляющих потребителю возможность использования облачной инфраструктуры для размещения базового программного обеспечения, а также новых или существующих приложений (собственных, разработанных на заказ или приобретенных тиражируемых приложений). Эти приложения, для обозначения которых принято использовать термин API (Application Programming Interface — интерфейс прикладных программ), представляют собой готовые процедуры и решения различных практических прикладных задач. Операционная система платформы позволяет пользователю воспользоваться любым API по своему желанию. В состав цифровых платформ входят программные средства создания, тестирования и запуска различных комбинаций API.

Перспективные инновационные цифровые технологии, планируемые к реализации и внедрению, установленные в программе «Цифровая экономика», базируются на повсеместном распространении смартфонов и невероятно быстром росте мощности и возможностей компьютерных сетей. К последним относятся:

- технологии больших данных (big data) для работы с растущими объемами данных, которые не удастся обработать как единый массив обычными методами.
- нейротехнологии и технологии искусственного интеллекта для изучения деятельности живых организмов;
- системы распределенного реестра (блокчейн технологий), обеспечивающие обработку поступающей информации по блокам и специальные процедуры кодирования каждого блока (хеширования) таким образом, что уже закодированную и сохраненную информацию нельзя подменить и скорректировать. При этом каждый пользователь может с легкостью проверить на своем компьютере достоверность всего информационного массива;
- квантовые технологии, основанные на квантовой спутанности фотонов, электронов и других элементарных частиц, позволяющей, в принципе, многократно ускорить многие специальные вычислительные процедуры, например кодирование и декодирование. Эти направления находятся в стадии становления;
- новые производственные технологии (НПТ), представляющие комплекс процессов проектирования и изготовления индивидуализированных товаров различной сложности с себестоимостью товаров массового производства, реализующиеся, как аддитивные технологии печати на 3D принтерах;
- промышленный Интернет или Интернет вещей (IoT) — технологии связи и передачи информации по Интернет непосредственно между вещами (оборудованием, приборами, товарами);
- компоненты робототехники и сенсорики для выполнения рутинных операций и замещения целого ряда рабочих профессий;
- технологии беспроводной связи (ZigBee, BlueTooth, Wi-Fi), ставшие альтернативой для проводной передачи информации, в первую очередь для производства с территориальной удаленностью инфраструктурных и производственных объектов;
- технологии виртуальной и дополненной реальностей (virtual reality, VR), обеспечивающей компьютерную имитацию реальности или воспроизведение определенной ситуации.

Экспертная оценка (в баллах) возможностей использования сквозных технологий в цифровых субплатформах и связанных с ними приложениях цифровой платформы АПК рассмотрены в таблице 1.

По мере появления и развития новых технологий планируется дополнение перечня прорывных технологий

Таблица 1 – Экспертная оценка (в баллах) возможностей использования сквозных технологий в цифровых субплатформах и связанных с ними приложениях цифровой платформы АПК

	Субплатформы цифровой платформы АПК		
Сквозные технологии	Земля и обеспечение	Сельское хозяйство	Переработка и торговля
Большие данные	4	2	4

Системы распределенного реестра	3	3	5
Новые производственные технологии	3	1	2
Промышленный интернет	4	4	5
Компоненты робототехники и сенсорики	2	5	3
Технологии беспроводной связи	3	3	3
Технологии виртуальной и дополненной реальностей.	4	1	3

В управлении агропроизводством на мелиорируемых землях, состояние и плодородие которых значимо зависит от системы мелиоративных мероприятий, постоянно приходится иметь дело с такими «сквозными» технологиями. Последние могут и должны быть достойно представлены в цифровой субплатформе «Мелиорация» и API к ней в составе реализуемой цифровой платформы АПК.

В части регулирования мелиоративного режима субплатформа «Мелиорация» может включать модели, экспертные системы и банки данных:

- по регулированию водного, режима мелиорируемых агроэкосистем и энергетического потенциала мелиорируемых земель;
- обоснованию прецизионного регулирования термического режима почв и приземного слоя атмосферы;
- прецизионному регулированию актуального плодородия мелиорируемых земель;
- обоснованию возможности регулирования энергетического потенциала мелиорируемых земель;
- автоматизации управления технологическим процессом формирования мелиоративного состояния агроэкосистем и энергетического потенциала мелиорированных земель.

Заключение. Эффективность инновационных мероприятий по мелиорации сельскохозяйственных земель в значительной степени гарантируется использованием прецизионных автоматизированных систем управления технологическими процессами формирования мелиоративного режима агроэкосистем.

Совершенствование цифровых технологий в агропромышленном комплексе приобретает дальнейшее развитие и значимость благодаря передаче «умных» конструкций из передовых отраслей отечественной и мировой экономики в сельское хозяйство, которые осуществляют полный контроль производственного цикла функциональных структур растениеводства в агропроизводстве.

Это достигается за счет интеграции эксплуатационных параметров всех объектов и их среды (оборудование и датчики для мониторинга, учета, обработки, оценки и т. д.), а также линий связи между объектами управления и внешними партнерами сельскохозяйственного производства.

В управлении агропроизводством на мелиорируемых землях, состояние и плодородие которых значимо зависит от системы мелиоративных мероприятий, постоянно растет потребность в вышеуказанных технологиях. Последние могут и должны

быть достойно представлены в цифровой субплатформе «Мелиорация» и API к ней в составе реализуемой цифровой платформы АПК.

Литература

1. Савичев О.Г. Эксплуатация и мониторинг систем и сооружений природообустройства и водопользования. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. - 215 с.
2. Новые технологии проектирования, обоснования строительства, эксплуатации и управления мелиоративными системами/под ред. Л.В. Кирейчевой. -М.: ВНИИА, 2010. - 240с.
3. Эколого-экономическая эффективность комплексных мелиораций Барабинской низменности/ под ред. Л. В. Кирейчевой. -М.: ВНИИА, 2009. -312 с.
4. Научные основы создания и управления мелиоративными системами в России/под редакцией Л. В. Кирейчевой. -М: «ФГБНУ ВНИИ агрохимии», 2017.-296 с.
5. Шабанов В. В. Автоматизация комплексного регулирования факторов жизни растений / Шабанов В. В. // Гидротехника и мелиорация. – 1982. – № 1.– С. 60-75. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ieek.timacad.ru/kmirz/Htmls/works/1982_41.pdf
6. Якушев В. П. Новые возможности изучения и управления продуктивностью агроэкосистем / Якушев В. П. // Агроэкосистемы в естественных и регулируемых условиях: от теоретической модели к практике прецизионного управления: мат. Всерос. науч. конф (с междунар. уч.) [21-23 сентября 2016, г. Санкт-Петербург], – СПб. : ФГБНУ АФИ, 2016. – С. 11-15.
7. [Юрченко И.Ф.](#), [Трунин В.В.](#) Совершенные системы водопользования как фактор сохранения почвенного плодородия и устойчивости сельскохозяйственного производства в орошаемых агроландшафтах// [Агрохимический вестник](#), 2013, № 1. -С. 25-27.
8. [Юрченко И.Ф.](#), [Трунин В. В.](#) Методология и компьютерная технология поддержки решений при оперативном управлении водораспределением на межхозяйственных оросительных системах//[Мелиорация и водное хозяйство](#). - 2012. - № 2 -С.6-10.
9. Голованов А.И., Айдаров И.П., Григоров М.С. Мелиорация земель. М.: Колос. 2014. — 828 с.
10. Heather Clancy Why smart irrigation startups are bubbling up. – [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.greenbiz.com/article/why-smart-irrigation-startups-are-bubbling>.
11. Yurchenko I.F. INFORMATION SUPPORT FOR DECISION MAKING ON DISPATCHING CONTROL OF WATER DISTRIBUTION IN IRRIGATION. Journal of Physics: Conference Series. 2018. T. 1015. P. 042063.
12. 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. - 2018. - P. 62-66.
13. Bandurin M.A., Yurchenko I.F., Volosukhin V.A. Remote Monitoring of Reliability for Water Conveyance Hydraulic Structures//Materials Science Forum. 2018. Vol. 931, P. 209-213.

14. Yurchenko, I. F. Information support system designed for technical operation planning of reclamative facilities/I. F. Yurchenko//Journal of Theoretical and Applied Information Technology. -2018. -Vol. 96, № 5. -P. 1253-1265.
15. John Deere Field Connect.–[Electronic resource].–Access mode: <https://www.deere.com/en/technology-products/precision-ag-technology/field-and-water-anagement>.
16. CropX –.[Electronic resource]. – Access mode: <https://www.cropx.com>
17. Lindsay Corporation. Plug & Play Add-Ons. – [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.growsmart.com>.
18. Utah State University. – [Electronic resource].- Access mode: <https://usu.hiretouch.com/view-all-jobs/default.cfm?per=25&start=26>
19. Irrigate-IQ Uniform Corner – [Electronic resource].- Access mode: <https://www.youtube.com/watch?v=LebHG733B4E>
20. Mobile Drip Irrigation. – [Electronic resource].- Access mode: <https://www.youtube.com/watch?v=3yT9iyjB-4>
16. Variable Rate Irrigation (VRI) Animation. – [Electronic resource].- Access mode: <https://www.youtube.com/watch?v=tLDfSqAz11s>

Literatura

1. Savichev O.G. Ehkspluatatsiya i monitoring sistem i sooruzhenii prirodoobustroistva i vodopol'zovaniya. Tomsk: Izd-vo Tomskogo politekhnicheskogo un-ta, 2014. - 215 s.
2. Novye tekhnologii proektirovaniya, obosnovaniya stroitel'stva, ehkspluatatsii i upravleniya meliorativnymi sistemami/pod red. L.V. Kireichevoi. -M.: VNIIA, 2010. -240s.
3. Ehkologo-ehkonomicheskaya ehffektivnost' kompleksnykh melioratsii Barabinskoi nizmennosti/ pod red. L. V. Kireichevoi. -M.: VNIIA, 2009. -312 s.
4. Nauchnye osnovy sozdaniya i upravleniya meliorativnymi sistemami v Rossii/pod redaktsiei L. V. Kireichevoi. -M: «FGBNU VNII agrokhimii», 2017.-296 s.
5. Shabanov V. V. Avtomatizatsiya kompleksnogo regulirovaniya faktorov zhizni rastenii / Shabanov V. V. // Gidrotehnika i melioratsiya. – 1982. – № 1.– S. 60-75. – [Ehlektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa: http://www.ieek.timacad.ru/kmirz/Htmls/works/1982_41.pdf
6. Yakushev V. P. Novye vozmozhnosti izucheniya i upravleniya produktivnost'yu agroehkosistem / Yakushev V. P. // Agroehkosistemy v estestvennykh i reguliruemykh usloviyakh: ot teoreticheskoi modeli k praktike pretsizionnogo upravleniya: mat. vseros. nauch. konf (s mezhdunar. uch.) [21-23 sentyabrya 2016, g. Sankt-Peterburg], – SPb. : FGBNU AFI, 2016. – C. 11-15.
7. Yurchenko I.F., Trunin V.V. Sovershennyye sistemy vodopol'zovaniya kak faktor sokhraneniya pochvennogo plodorodiya i ustoichivosti sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva v oroshaemykh agrolandshaftakh// Agrokhimicheskii vestnik, 2013, № 1. -S. 25-27.
8. Yurchenko I.F., Trunin V. V. Metodologiya i komp'yuternaya tekhnologiya podderzhki reshenii pri operativnom upravlenii vodoraspredeleniem na mezhkhozyaistvennykh orositel'nykh sistemakh//Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo. - 2012. - № 2 -S.6-10.
9. Golovanov A.I., Aidarov I.P., Grigorov M.S. Melioratsiya zemel'. M.: Kolos. 2014. — 828 s.
10. Heather Clancy Why smart irrigation startups are bubbling up. – [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.greenbiz.com/article/why-smart-irrigation-startups-are->

bubbling.

11. Yurchenko I.F. INFORMATION SUPPORT FOR DECISION MAKING ON DISPATCHING CONTROL OF WATER DISTRIBUTION IN IRRIGATION. Journal of Physics: Conference Series. 2018. T. 1015. P. 042063.
12. 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. - 2018. - P. 62-66.
13. Bandurin M.A., Yurchenko I.F., Volosukhin V.A. Remote Monitoring of Reliability for Water Conveyance Hydraulic Structures//Materials Science Forum. 2018. Vol. 931, P. 209-213.
14. Yurchenko, I. F. Information support system designed for technical operation planning of reclamative facilities/I. F. Yurchenko//Journal of Theoretical and Applied Information Technology. -2018. -Vol. 96, № 5. -P. 1253-1265.
15. John Deere Field Connect.–[Electronic resource].–Access mode: <https://www.deere.com/en/technology-products/precision-ag-technology/field-and-water-anagement>.
16. CropX –.[Electronic resource]. – Access mode: <https://www.cropx.com>
17. Lindsay Corporation. Plug & Play Add-Ons. – [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.growsmart.com>.
18. Utah State University. – [Electronic resource].- Access mode: <https://usu.hiretouch.com/view-all-jobs/default.cfm?per=25&start=26>
19. Irrigate-IQ Uniform Corner – [Electronic resource].- Access mode: <https://www.youtube.com/watch?v=LebHG733B4E>
20. Mobile Drip Irrigation. – [Electronic resource].- Access mode: <https://www.youtube.com/watch?v=3yT9yiyjB-4>
16. Variable Rate Irrigation (VRI) Animation. – [Electronic resource].- Access mode: <https://www.youtube.com/watch?v=tIDfSqAz11s>