

Введение. В последнее время в агропромышленном комплексе России и за рубежом возможности роста эффективности агропроизводства на мелиорируемых землях связывают с применением цифровых информационных технологий (ИТ), обеспечивающих прогнозы природных условий, а также информационную и технологическую поддержку процесса назначения регулирующих мероприятий на основе данных и информации о параметрах и состоянии агроэкосистемы [1–4].

Цель работы – обоснование перспективных подходов к цифровизации технологий управления мелиоративным режимом агроэкосистемы, что потребовало выявления функциональной направленности и перечня решаемых задач создаваемыми цифровыми системами; изучение специфики используемых ими технологий управления агропроизводством; определение действенного направления совершенствования автоматизированного управления.

Методика исследований. Исследования базировались на анализе материалов «Стратегия инновационного развития РФ», проект концепции «Индустрия 4.0», «Прогноз научно-технологического развития агропромышленного комплекса РФ», данных с российских приоритетных технологических платформ, научных публикаций по проблемам инновационного развития агропромышленного комплекса, цифровизации экономики, а также личных разработок автора по рассматриваемой тематике. В работе нашли применение методы сравнительного и системного анализа, экспертных оценок.

Результаты и обсуждение. Формирование и регулирование мелиоративного режима агроэкосистем представляет сложный комплекс мероприятий, направленных на поддержание оптимального гидрологического, пищевого, температурного и других режимов почв. При этом учитываются потребности выращиваемой культуры, а также необходимость обеспечения в почве положительного баланса гумуса [1, 5]. Такой подход необходим для создания высокопродуктивного и экологически

безопасного агроландшафта, а его реализация требует ресурсосберегающих технологий точного, или «прецизионного», управления мелиорируемым агропроизводством (англ. precision agriculture) [6, 7, 12].

Задача теории и методологии точного регулирования показателей мелиоративного состояния агроэкосистемы на базе автоматизированных технологий заключается в формировании научных основ разработки цифровых технологий, обеспечивающих устойчивое повышение энергетического потенциала мелиорируемых земель и высокий уровень продуктивности сельскохозяйственных культур, близкой к потенциально возможной при производстве экологически чистой продукции.

К эффективным факторам конкурентоспособности хозяйствующего субъекта, которые успешно реализуются при поддержке управленческих решений цифровыми системами в сфере мелиоративных земель и хозяйств, относятся:

- снижение себестоимости процедур выпуска продукции (услуг);
- повышение потребительских свойств продукции на базе трансформации конструктивных и технологических решений;
- расширение рынков сбыта;
- оптимизация периода обновления поставляемой на рынок продукции;
- ускорение стратегического, тактического и повседневного планирования;
- строгий учет и выверенность действий на трансформацию потребительского спроса;
- совершенствование услуг логистики;
- упорядочивание состава и структуры документооборота и потоков информации;
- повышение действенности внутрипроизводственного согласования воздействий и регулирования производства;
- рост производительности труда и снижение количества рутинных операций, вплоть до их ликвидации.

От приоритетных решений в области «цифрового орошения» требуется управление орошаемым агропроизводством, позволяющее контролировать в режиме онлайн мелиоративную ситуацию агроэкосистем, осуществлять без участия человека интеллектуальные сбор и обработку информации, формирование вариантов готовых решений и их реализацию, прибегая к помощи сельхозтоваропроизводителя только в заранее определенных ситуациях.

Централизованно обработанную интегрированную первичную информацию цифровых технологий следует использовать для оперативного управления, адаптации и эволюции ИТ путем корректировки параметров моделирования и для применения на следующих более высоких иерархических уровнях управления.

Это потребует эволюции таких технологий, как облачные решения, обработка больших объемов данных, нейросеть и искусственный интеллект и других, а также использования креативных направлений научных исследований в части автоматизирования управления технологическими процессами производства в АПК. Потребуется предложения по инновационным способам и средствам надзора, регистрации, сбору, обработке и трансформации данных, интегрированных в систему прецизионного автоматизированного регулирования мелиоративного режима агроэкосистем.

Так, в отличие от традиционно используемых современными АСУ способов назначения регулирующих мероприятий по физическим показателям (влажность почвы, расходы воды и т. п.) мелиоративного состояния агроэкосистем управление в АСУ нового поколения следует осуществлять согласно технологическим и технико-экономическим показателям и критериям оперативно-производственных и организационно-экономических процедур и операций агропроизводства на мелиорируемых землях [13].

Структуру системы цифрового управления технологическими процессами производства необходимо формировать с учетом интеграции

доступов к информации по организационно-экономическим процессам управления предприятием.

Трансформация подходов к созданию и использованию автоматизированных систем управления производственными процессами (АСУ ТП) и общих подходов к управлению предприятием (АСУ П) связана также и с требованиями активно развивающихся технологий «Интернет вещей (ИВ)», одного из новейших направлений эволюции современных интернет-технологий [8].

Безусловно, что в новых модернизированных системах управления мелиоративным режимом должны использоваться и лучшие результаты предшествующих этапов становления автоматизированного управления мелиоративными системами. Это и совершенные универсально адаптированные к используемым и перспективным исполнительным устройствам регулирования средства контроля водного, теплового, пищевого и других режимов агроэкосистемы; системы локальной автоматики; телеметрические системы централизованного контроля и управления и др. [1, 7, 9].

Изучение, обобщение и анализ достижений и перспективных направлений развития теории и практики разработки, внедрения и использования автоматизированных систем управления мелиоративным режимом агроэкосистем вскрыли негативные факторы, снижающие эффективность их применения в АПК России [1, 2, 6]. К ним относятся:

- незначительное присутствие на рынке отечественных разработок современных автоматизированных систем прецизионного управления поливами [10, 11];
- низкая степень практического применения существующих технологий прецизионного управления [15];
- отсутствие в структуре технологий помощи принимаемым решениям функционирующих АСУ постоянно действующих моделей мелиоративных систем [16];

- недостаточная полнота функциональной структуры систем прецизионного регулирования мелиоративного режима агроэкосистем, по большей мере, ориентированных на непосредственное регулирование только водного, и в ряде исключительных случаев, и питательного режима. Регулирование в целом оставшегося широкого спектра показателей солевого, температурного, газового, микробиологического и прочих режимов орошаемых земель осуществляется опосредованно через регулирование водного режима с учетом влияния следующих факторов [1, 17]:

- практическое отсутствие аналитических методов и соответствующих автоматизированных систем обоснования назначаемых регулирующих мероприятий [1, 18];

- низкая степень интеграции процедур и операций помощи принятию решений с моделями искусственного интеллекта;

- большой размах различий в уровнях обоснованности, объемах выполняемых решений и качества задач, решаемых информационными технологиями [1, 6, 7];

- низкий уровень взаимодействия АСУ ТП (автоматизированных систем управления технологическими процессами) и АСУП (автоматизированных систем управления предприятием);

- отсутствие должного внимания к обеспечению интеграции программного и технологического обеспечения АСУ ТП с инфраструктурой цифрового ресурса предприятия.

Однако проявляется возможность ускоренной эволюции автоматизированных технологий высокоточного регулирования режима агроэкосистем путем трансферта в научно-технологическую сферу мелиораций инновационных разработок из успешных отраслей отечественной экономики.

При всем многообразии предложений по возможному автоматизированию технологических процессов мелиоративных систем

наибольшее распространение получают системы управления, обеспечивающие:

- надежность и безаварийность работы конструктивных элементов и (или) узлов ирригационных систем путем контроля и оценки их технического состояния в сравнении фактических показателей с установленными;
- контроль несанкционированных перегрузок, отступлений от установленных правил работы и повреждений электрических сетей и др.;
- функционирование локализованных ГТС ирригационных систем (головного водозаборного узла, водовыделов, насосного оборудования и т. д.);
- интегрированный учет и контроль параметров водозабора и водораспределения;
- оперативную корректировку водоподдачи и водораспределения в сочетании с интегрированным учетом и контролем водопользования на регулируемых сооружениях;
- работу системы ирригации, гарантирующей полив в назначенное время с учетом фактической влажности почвы и установленных программой ограничений ее количественных значений.
- программы для решения новых задач [19];
- промышленный Интернет вещей, объединяющий оборудование для автоматической обработки технологий, образующий технологическую основу нового поколения ИТ в мелиорируемой земледелии, которые успешно применяются в продвинутых секторах отечественной экономики.

К новому поколению ИТ, прежде всего, относятся:

- виртуальное моделирование, включая оборудование, изделия в производстве и персонал предприятия;
- аналитический подход, базирующийся на обработке больших объемов данных, обеспечивающий повышение качества продукции, экономию энергии и повышение работоспособности оборудования;
- использование нейросетей, обеспечивающих в процессе самообучения обработку данных в автономном режиме, обращаясь к общей управляющей

системе только при чрезвычайных и (или) в специально оговоренных ситуациях;

- облачные технологии, значимо повышающие качество операций хранения и сокращающие время отклика;
- глобальная интеграция коммерческой и производственной деятельности, формирующая эффективное взаимодействие всех участников общего производственного процесса.

Агрегирование инновационных технологий на основе общей доктрины позволит изменить создание АСУ ТП. Технологический процесс прецизионного управления агропроизводством на основе цифровых систем по максимуму встроенный в процедуры управления гидромелиоративной системой, рационализированный, со значимо увеличившейся действенностью трансформирует взаимодействие производителей и потребителей, привнося в них гибкость, организуя обмен информацией через сеть Интернет. Это влияет на производительность труда и величину затрат в системе растениеводства [8].

Заключение. В Российской Федерации разработано и начинается становление нового методического, правового, технологического и программного обеспечения цифровых систем управления технологическим процессом и предприятием в агропроизводстве. Расширяется структура информационных технологий, все больше сфер взаимодействия участников инновационных процессов переводятся в интернет-среду, в производственных процессах появляются новые направления, связанные с цифровизацией экономики. В рамках программ «Цифровая экономика Российской Федерации» планируется масштабная модернизация системы растениеводства в части создания высокотехнологичного аграрного сектора. При этом проекты требуют огромной финансовой поддержки государства, подготовки новых специалистов и напряженной работы ученого сообщества.

Анализ приоритетных информационных технологий агропроизводства показал возрастающий интерес к технологиям прецизионного управления мелиоративным режимом агроэкосистем. Последняя предлагается в качестве

базовой для цифровой субплатформы «Мелиорация» и API (application programming interface) приложений к ней в составе разрабатываемой цифровой платформы АПК.