

14. Theoretical studies of the damage process of easily damaged products in transport vehicle body during the on-farm transportation / N.V. Byshov, S.N. Borychev, D.E. Kashirin, G.D. Kokorev, M.Y. Kostenko, G.K. Rembalovich, A.A. Simdyankin, I.A. Uspensky, A.I. Ryadnov, R.A. Kosul'nikov, A.V. Shemyakin, I.A. Yukhin, I.K. Danilov // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2018. – № 13 (10). – P. 3502-3508.

Информация об авторах

Шапров Михаил Николаевич, профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26), доктор технических наук, профессор.
ORCID: 0000-0002-9929-5042. **E-mail:** m.shaprov@yandex.ru.

Мартынов Иван Сергеевич, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26), кандидат технических наук, доцент, ORCID: 0000-0002-6185-7740.
E-mail: ISMartynov@mail.ru.

Садовников Михаил Алексеевич, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26), кандидат технических наук, доцент. ORCID: 0000-0001-9223-854X.
E-mail: mic-ha-el@yandex.ru.

Седов Алексей Васильевич, доцент кафедры «Технические системы в АПК» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26), кандидат технических наук, доцент, ORCID: 0000-0002-3896-5729.
E-mail: sedov7020@yandex.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.674.5:504.064.36

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-42

РАЗРАБОТКА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЕМ МЕЛИОРАТИВНОГО РЕЖИМА АГРОЭКОСИСТЕМ DEVELOPMENT AND IMPROVEMENT OF TECHNOLOGIES ON AUTOMATED CONTROL FOR THE FORMATION OF AMELIORATION MODE OF AGRO-ECOSYSTEMS

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

I. F. Yurchenko

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

*All – Russian research Institute of hydraulic engineering and land reclamation
named after A. N. Kostyakov, Moscow*

Дата поступления в редакцию 04.04.2019
Received 04.04.2019

Дата принятия к печати 03.06.2019
Submitted 03.06.2019

Действенность инновационных мероприятий сельскохозяйственных мелиораций во многом обусловлена использованием прецизионных автоматизированных систем управления технологическими процессами формирования мелиоративного режима агроэкосистем. Автоматизация управления агропроизводством на мелиорируемых землях обеспечивает выполнение установленной последовательности технологических процедур с максимальной скоростью и точностью. Цель работы – охарактеризовать степень существующей автоматизации формирования мелиоративного режима агроэкосистем и энергетического потенциала мелиорированных земель и рассмотреть направле-

ния ее совершенствования. Методическая основа исследований – информационно-аналитический анализ, техническая кибернетика, автоматизация технологических процессов управления, математические методы оптимизации. Выполнен анализ и представлены функциональные возможности предлагаемых к реализации коммерческих автоматизированных систем управления технологическими процессами агропроизводства на мелиорируемых землях. Описаны действующие в практике агропроизводства системы мониторинга состояния почвы и погодных условий в режиме реального времени, которые помогают не только наблюдать за изменениями условий и дистанционно управлять системами орошения, но и принимать действенные управленческие решения. Выявлено почти полное отсутствие предложений полноценных отечественных разработок на современном рынке технологий точного управления мелиоративным режимом агроэкосистем. Установлены приоритетные перспективные направления совершенствования цифрового развития сельхозпроизводства на мелиорируемых землях, включающие: облачные технологии и технологии формирования и обработки массивов больших данных; программно-управляемые комплексы, ориентированные на предоставление пользователю, который не является владельцем технического оборудования, результирующей информации необходимой для корректирующих воздействий; нейросети, искусственный интеллект и прочие инновационные разработки в области автоматизации управления, обеспечивающие не только и не столько сбор данных, но, в первую очередь, поддержку и реализацию управленческих решений. Показана необходимость трансформации подходов к созданию и использованию автоматизированных систем управления с требованиями технологий «Интернет вещей», одного из новейших направлений эволюции современных Интернет-технологий.

The efficiency of innovative amelioration measures at agriculture is largely depends on the use of precision automated systems to control process within engineering irrigation and drainage projects. Automation of agricultural management in reclaimed lands provides the implementation of the required technological procedures quickly and carefully. The issue of the research is to characterize the existing automation of the amelioration mode formation within agroecosystems and the energy potential of reclaimed lands to consider the ways of further improvement. The results of analysis which was carried out to determine the functional capabilities of the proposed commercial automated control systems for the technological processes of agricultural production in reclaimed lands are given in the paper. The article describes the existing in the practice of agricultural monitoring systems of soil and weather conditions in real time, which help both to monitor changes in conditions and remote control of irrigation systems, as well as to make effective management decisions. Practically complete absence of the full-fledged domestic developments of the exact management technologies of the ameliorative modes within the agroecosystems in the modern market is revealed. The practical absence of domestic developments in the field of technologies for the accurate control of the amelioration mode of agroecosystems is determined in the modern market. The forecast ways to improve digital development in agricultural production in the reclaimed lands are the following: cloud solutions; technologies of formation and processing of "Big Data"; software-controlled systems focused on providing the user, who is not the owner of the technical equipment, with the resulting information to corrective actions; software-controlled complexes of information support of corrective actions; artificial intelligence, etc. are given. The necessity of transforming approaches to the creation and use of automated control systems in accordance with the requirements of the «Internet of Things» technology, one of the newest trends in the evolution of modern Internet technologies, is shown.

Ключевые слова: *прецизионные технологии, автоматизированное управление, мелиоративный режим, агроэкосистема*

Key words: *precision technologies, automated control, reclamation mode, agroecosystem.*

Цитирование. Юрченко И. Ф. Разработка и совершенствование технологий автоматизированного управления формированием мелиоративного режима агроэкосистем. *Известия НВ АУК.* 2019. 2(54). 354-363. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-42.

Citation. Yurchenko I. F. Development and improvement of technologies on automated control for the formation of amelioration mode of agro-ecosystems. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 354-363. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-42.

Введение. К широко востребованным практикой и активно развивающимся на мировом рынке услуг относятся ресурсо- и энергосберегающие автоматизированные технологии управления производством. Базовой основой действенности энергоэффективных технологий являются автоматизированные системы прецизионного управления технологическими процессами, выполняющие установленную последовательность технологических процедур при минимальных затратах энергии с максимальной скоростью и точностью [9, 11, 12]. Цель настоящей работы – охарактеризовать существующую степень автоматизации управления мелиоративными системами, включая технологические процессы обеспечения мелиоративного режима агроэкосистем и энергетического потенциала мелиорированных земель, и рассмотреть направления совершенствования последних.

Материалы и методы. Исследования базируются на положениях современной теории гармоничного сочетания природных и техногенных процессов на объектах мелиорации, включающей информационно-аналитический анализ, техническую кибернетику, автоматизацию технологических процессов управления, математические методы оптимизации.

Результаты и обсуждение. Под автоматизацией управления технологическими процессами мелиоративных систем понимается оборудование их средствами автоматики и телемеханики, позволяющими полностью или частично осуществлять использование, не требующее вмешательства человека. При всем многообразии предложений по возможной автоматизации технологических процессов мелиоративных систем наибольшее распространение получили автоматизированные 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 водоподачи 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.

Использование автоматизированных систем управления на орошении максимально для таких объектов, как водозаборы; насосное оборудование головных, подкачивающих и перекачивающих станций; установок и орошения подземными водами; сооружения на водопроводящих линейных объектах, регулирующих водораспределение на каналах, лотках и трубопроводах ирригационных систем.

Пик работ по автоматизации ирригационных систем, по большей части связанных с модернизацией систем водозабора, водораспределения и водоподачи, пришедшийся на 60-70 годы прошлого столетия - периоде мощного становления мелиоративного водохозяйственного комплекса, ярко высветил ее преимущества в части экономической эффективности, технологической целесообразности и зачастую эксплуатационной необходимости. К сожалению, начавшееся в 80 г. двадцатого века реформирование хозяйственного механизма страны, отрицательно сказавшееся на состоянии мелиоративного водохозяйственного комплекса в целом, практически свело на нет эксплуа-

тацию и обеспечение работоспособности раннее созданных системы автоматизации и на добрые 30 лет задержало эволюцию АСУ ТП в сфере мелиорации, успешно продолжившуюся в странах зарубежья и продвинутых секторах отечественной экономики.

Развитие новых исследований и появление плодотворных результатов в области теории управления в целом, и в частности в сфере оптимизации управления производственными процессами, связанного с мощным развитием электронных и компьютерных технологий, было инициировано назревшей потребностью предприятий нефтегазовой и пищевой промышленности, водоснабжения, энергоснабжения и т. п. секторов экономики в автоматизации управления пространственно распределенной инфраструктурой удаленных объектов. Полученные результаты в первую очередь были использованы успешными муниципалитетами для автоматизации поливов газонов, полей гольфа и т. д., а в последующем и для создания АСУ ТП оросительных систем.

Технологический процесс формирования мелиоративного состояния агроэкосистем и энергетического потенциала мелиорированных земель по сути можно рассматривать как сложный комплекс работ, направленных на поддержание оптимального влажностного, пищевого и температурного режимов почв с учетом изменяющихся во времени потребностей выращиваемой культуры, а также на обеспечение в агроценозе положительного баланса гумуса. Такой подход целесообразен для конструирования высокопродуктивного и устойчивого агроландшафта, и его реализация требует ресурсосберегающих технологий точного или «прецизионного» управления агропроизводством (англ. precision agriculture) на мелиорируемых землях [9, 5].

Сегодня на рынке существует множество систем мониторинга состояния почвы и погодных условий в режиме реального времени, которые помогают не только наблюдать за изменениями условий, дистанционно управлять системами орошения, но и принимать действенные управленческие решения. Структура предлагаемых к реализации коммерческих АСУ ТП по мелиорации может включать локальные системы автоматического управления (САУ) и устройства автоматизации [13, 20].

К хорошо представленным предложениям рынка по реализации систем автоматизированного управления орошением можно отнести разработки фирмы Tevatronic (<http://tevatronic.net/?lang=ru>). В составе системы управления орошением реализованы технологические операции, обеспечивающие полив сельскохозяйственных культур и внесение удобрений без вмешательства человека. На рисунке представлена по данным сайта фирмы Tevatronic принципиальная организационная схема системы управления орошением.

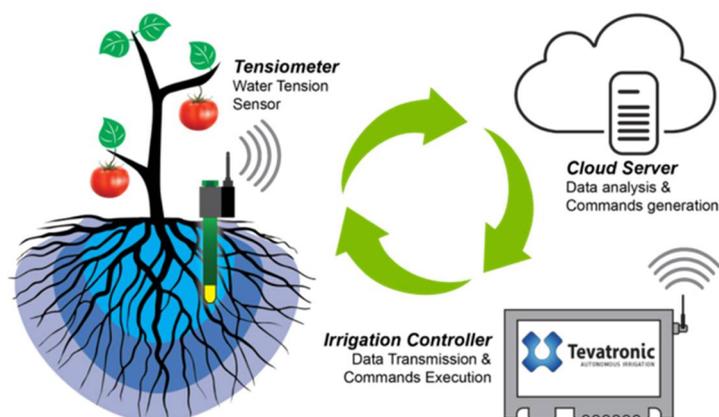


Рисунок – Принципиальная организационная схема системы управления орошением
(Представлена по данным <http://tevatronic.net/?lang=ru>)

Архитектура системы включает:

- контроллер клапанного переключателя поливного трубопровода, обеспечивающий сбор данных с тензиометров и отправляющий их по сотовой связи на облачный сервер для анализа, по команде с которого открываются и закрываются ирригационные клапаны;
- беспроводной тензиометр, устанавливается вблизи корневой системы растений для определения и передачи данных о количестве энергии, используемой корневой системой растения для извлечения почвенной влаги;
- дистанционный электромагнитный беспроводной переключатель гидравлического клапана, работающий по команде от соответствующего контроллера;
- Интернет облачный сервер, использующий математический алгоритм для анализа данных и принятия решений об орошении, которое транслируется на переключатель клапана для выполнения;
- беспроводной передатчик, применяется для расширения зоны приема сигнала от тензиометров;
- датчик температуры и относительной влажности воздуха.

Широко представленные инновационные продукты компании Growsmart от Lindsay используют методы управления поливами, которые обеспечивают при высоком качестве реализованных технологических операций удобство пользователю, снижают эксплуатационные затраты за счет эффективного использования времени, труда, электроэнергии и воды. Поставляемая фирмой система дистанционного управления и мониторинга FieldNET представляет веб-платформу для беспроводного управления технологическими процессами ирригационных систем и сообщений о важных изменениях условий производства в удаленном режиме. Базовые функции системы управления поливом FieldNET включают:

- мониторинг метеоусловий. Метеорологические станции Growsmart выявляют изменения природных условий в установленных пунктах контроля;
- управление круговыми и фронтальными дождевальными машинами, водяными пушками, инжекторами и насосами;
- формирование статистических данных по расходу ресурсов систем полива.

Интерфейс FieldNET русифицирован, что повышает действенность его применения в России. Действенность использования системы управления повышается также наличием приложения для смартфонов и планшетных ПК FIELDNET MOBILE. Наряду с реализацией системы FieldNET фирма Growsmart Lindsay осуществляет проектирование и установку инфраструктуры широкополосной связи в поле, компоновку полей полива и общий дизайн системы ирригации, поставляет интегрированные насосные станции и системы фильтрации, дождевальные машины и установки кругового и фронтального действия.

Интуитивно понятная и удобная система John Deere Field Connect фирмы John Deere использует датчики контроля уровня влажности почвы, установленные на различной глубине. Информация поступает на веб-интерфейс, обеспечивающий визуализацию данных на компьютере или мобильном устройстве в формате графика, который используется для принятия своевременных решений по ирригации удаленно. Система может быть настроена на фактические природно-хозяйственные условия каждого поля (типа выращиваемых культур, почвы и т.д.), а также целевые установки управления поливами конкретного пользователя. Возможна также интеграция сведений о влажности почвы из устройства Field Connect от John Deere с данными по урожайности, типу почвы, плодородию и другой агрономической информацией для большей действенности оптимизации продуктивности каждого поля.

Компания Acromag SM-Autonomous Irrigation Control предлагает систему контроля с возможностями удаленной связи, позволяющую использовать различные локальные источники энергии (солнечная, ветровая, водная, геотермальная или аккумуляторная) и услуги беспроводной сети. Благодаря мощному процессору и встроенным модулям ввода/вывода система хорошо оснащена для мониторинга датчиков и автоматического управления системой полива.

Представленная на рынке система диспетчерского контроля и сбора данных Supervisory control and data acquisition (SCADA) обеспечивает точный, интегрированный контроль водообеспечения гидромелиоративной сети и мелиорируемых земель в режиме реального времени. Система SCADA автоматизирует учет количества воды, поступающей из водоемисточника, количества воды, аккумулирующейся в каналах, и количества воды, подаваемой на поля. Пользователи системы SCADA могут всегда получить сведения о водораспределении и водопользовании на системе, что повышает качество управляющих воздействий.

Обращает на себя внимание отсутствие отечественных организаций в перечне разработчиков современных автоматизированных систем управления, базирующихся на принципах прецизионности, требующих выполнения заданной последовательности технологических операций с максимальной скоростью и точностью при минимальных затратах энергии на их выполнение [21, 2-4, 15]. Для перенастройки и адаптации зарубежных цифровых систем управления, объекты автоматизации которых и условия функционирования отличаются от отечественных, необходимо привлечение специалистов фирмы-производителя. Как правило, это не выполняется, что снижает действенность использования указанных новаций в практике эксплуатации ирригационных систем. Очевидно, что становление цифровой инфраструктуры управления производственными процессами в мелиорации не должно быть полностью ориентированным на зарубежные технологии. Это требует большой работы по незамедлительному совершенствованию научно-технологического уровня разработки отечественных систем для управления орошением, 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. Ключевым механизмом для стимулирования импортозамещения научно-технологических разработок в сфере управления агропроизводством на мелиорируемых землях может и должно стать создание и внедрение автоматизированной системы управления технологическим процессом комплексного регулирования мелиоративного режима агроэкосистем АСУ ТП мр, разработку которой следует предварить серьезными исследованиями [16, 23, 24]. Точным (прецизионным) 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. 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 [9, 7, 8].

В качестве основного показателя для энергетической оценки мелиоративной деятельности предлагается использовать показатель турбулентной энергоотдачи, идентифицирующий разность радиационного баланса с энергией почвообразования и энер-

гией, аккумулированной в продукции фитомассы, т.е. характеризующий количество «бесполезно» рассеянной солнечной энергии [9, 14]. Задача предстоящих исследований прежде всего заключается в формировании научных основ и методологии точного регулирования параметров мелиоративного состояния агроэкосистемы с применением цифровых технологий, обеспечивающего устойчивое повышение энергетического потенциала мелиорируемых земель и высокий уровень продуктивности сельскохозяйственных культур, близкой к потенциально возможной при производстве экологически чистой продукции. Потребуется предложения по инновационным способам и средствам контроля, учета и трансформации данных и технологиям автоматизации управляющих воздействий, интегрированные в систему прецизионного автоматизированного регулирования мелиоративного режима агроэкосистем.

Учитывая масштаб предстоящей работы и объем временных затрат на реализацию АСУ ТП_{мр}, представляется правильным на первом этапе НИР обратить внимание на трансферт в научно-технологическую сферу мелиораций инновационных разработок по автоматизированному управлению производством в успешных отраслях отечественной экономики; машиностроении, нефтяной, газовой, энергетике, водоснабжении и пр. [22]. В АСУ ТП_{мр} также должны использоваться и лучшие достижения предшествующих этапов становления автоматизации управления мелиоративными системами: совершенные универсально адаптированные к используемым и перспективным исполнительным устройствам регулирования средства контроля водного, теплового, пищевого и т. п. режима агроэкосистемы; системы локальной автоматики; телеметрические системы централизованного контроля и управления и др. [25, 6, 1].

Так, в отличие от традиционно используемых АСУ текущего периода, назначающих управляющие воздействия по физическим параметрам (влажность почвы, расходы воды и т. п.), управление в АСУ ТП_{мр} следует осуществлять согласно технологическим и технико-экономическим показателям и критериям оперативно-производственных и организационно-экономических задач агропроизводства на мелиорируемых землях [10].

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 [17-19].

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 (АСУТП) и общих подходов к управлению предприятиями и организациями (АСУ) связана также и с требованиями активно развивающихся технологий «Интернет вещей (ИВ)», одного из новейших направлений эволюции современных интернет-технологий [12, 10].

Заключение. Проведенные исследования по оценке достигнутого уровня автоматизации регулирования мелиоративного режима агроэкосистем и энергетического потенциала мелиорированных земель выявили потребность в активном становлении теории и практики отечественного цифрового агропроизводства на мелиорируемых землях в соответствии с лучшими мировыми достижениями и результатами успешных секторов экономики страны.

Приоритетные исследования в сфере «цифрового орошения» должны обеспечить разработку инновационных систем управления орошаемым агропроизводством, контролируемых в режиме «онлайн» мелиоративную ситуацию агроэкосистем, осуществляющих интеллектуальную обработку информации, подготовку вариантов готовых решений и их реализацию, обращаясь к сельхозтоваропроизводителю лишь в специально оговоренных ситуациях. Это потребует совершенствования технологий: облачных решений, формирования и обработки больших массивов данных, применения программных продуктов на основе нейросетей и искусственного интеллекта и т. п. инновационных направлений научных исследований в области автоматизации прецизионного управления технологическими процессами.

Библиографический список

1. Бородычев, В. В. Система «анализ – визуализация данных – принятие решений» в составе ГИС управления орошением [Текст] / В. В. Бородычев, М. Н. Лытов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2018. – №2(50). – С. 37-43.
2. Волосухин, В.А. Реализация мониторинга многофакторного обследования в условиях роста дефицита безопасности гидротехнических сооружений [Текст] / В.А. Волосухин, М.А. Бандурин // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2017. – № 1 (193). – С. 76-79.
3. Волосухин, Я.В. Вопросы моделирования технического состояния водопроводящих каналов при проведении эксплуатационного мониторинга [Текст] / Я. В. Волосухин, М.А. Бандурин // Мониторинг. Наука и безопасность. – 2012. – № 1. – С. 70-74.
4. Волосухин, Я. В. Применение неразрушающих методов при проведении эксплуатационного мониторинга технического состояния каналов обводнительно-оросительных систем / Я. В. Волосухин, М. А. Бандурин [Текст] // Мониторинг. Наука и безопасность. – 2012. – № 2. – С. 102-106.
5. Добрачев, Ю.П. Структура управления агро-мелиоративными режимами сельскохозяйственного поля [Текст] / Ю.П. Добрачев, А. В. Матвеев // Природообустройство. – 2012. – №2. – С. 5-12.
6. Карпенко, Н.П. Основные пути повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем нового поколения [Текст] / Н.П. Карпенко // Природообустройство. – 2016. – № 3. – С. 97-103.
7. Кирейчева, Л.В. Оценка эффективности оросительных мелиораций в зональном ряду почв [Текст] / Л.В. Кирейчева, Н.П. Карпенко // Почвоведение. – 2015. – №5. – С.587-586.
8. Кирейчева, Л.В. Восстановление антропогенно деградированных почв земель сельскохозяйственного назначения [Текст] / Л.В. Кирейчева, Е.А. Лентяева // Агрехимический вестник. – 2016. – № 5. – С. 2-6.
9. Научные основы создания и управления мелиоративными системами в России [Текст] / Под ред. Л.В. Кирейчевой. – М: «ФГБНУ ВНИИ агрохимии», 2017. – 296 с.
10. Об общих научных подходах к созданию унифицированных прецизионных энерго-сберегающих АСУ ТП [Текст] / Г. И. Канюк, И. А. Бабенко, М. Л. Козлова, И. В. Сук, А. Ю. Мезеря // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2016. – № 2 (145). – С. 20-32.
11. Осипов, В.С. Переход к цифровому сельскому хозяйству [Текст] / В.С. Осипов, А.В. Боговиз // Экономика сельского хозяйства России. – 2017. – №10. – С. 11-15.
12. Федоров, А.Д. Состояние и перспективы цифровизации сельского хозяйства [Текст] / А.Д. Федоров, О.В. Кондратьева, О.В. Слинько // Техника и оборудование для села. – 2018. – № 9. – С. 43-48.
13. Шабанов, В.В. Районирование территорий по необходимости комплексного мелиоративного регулирования [Текст] / В.В. Шабанов, В.Н. Маркин // Природообустройство. – 2017. – №2. – С. 63-68.
14. Шабанов В.В. Солошенко А.Д. Оценка продуктивности сельскохозяйственных культур, расположенных на взаимосвязанных элементах ландшафта (катене) [Текст] / В.В. Шабанов, А.Д. Солошенко // Природообустройство. – 2018. – №2. – С. 104-109.

15. Юрченко, И.Ф. Нормативно-правовая база обеспечения безопасности гидротехнических сооружений [Текст] / И. Ф. Юрченко, А. К. Носов // Научный журнал Российского НИИ Проблем мелиорации. – 2015. – №4(20). – С. 262-271.
16. Эколого-экономическая эффективность диагностики технического состояния водопроводящих сооружений оросительных систем [Текст] / М.А. Бандурин, И.Ф. Юрченко, В.А. Волосухин, В.В. Ванжа, Я.В. Волосухин // Экология и промышленность. – 2018. – Т. 22. – № 7. – С. 66-71.
17. Arthur, W. B. The second economy [Tekst] / W. Arthur // McKinsey Quarterly. – 2012. – Т. 4. – P. 90-99.
18. Floridi, L. The 4th Revolution. How the Infosphere is Reshaping Human Reality [Tekst] L. Floridi // Oxford University Press. – 2014. – 248 p.
19. Gray, J. Models for digitalization [Tekst] / J. Gray, B. Rumpe // Soft & Systems Modeling. – 2015. – Vol. 14. – Issue 4. – P. 1319-1320.
20. Recent Advances in Remote Sensing for Crop Growth Monitoring [Tekst] / Cheng, T.; Yang, Z.; Inoue, Y.; Zhu, Y.; Cao, W. Preface // Remote Sens. – 2016. – № 8. – P. 116.
21. Save and Grow. A policymaker's guide to the sustainable intensification of smallholder crop production [Tekst]. Rome : FAO, 2013. – 112 p.
22. Yusupbekov, N. Development and Improvement of Systems of Automation and Management of Technological Processes and Manufactures [Tekst] / N. Yusupbekov, F. Adilov, F. Ergashev // Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems. – 2017. – 11. – №3. – P. 53-57.
23. Yurchenko, I.F. Information support for decision making on dispatching control of water distribution in irrigation [Tekst] / I.F. Yurchenko // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – V. 1015. – 042063.
24. Yurchenko, I.F. Automatization of water distribution control for irrigation [Tekst] / I.F. Yurchenko // International Journal of Advanced and Applied Sciences. – 2017. – №4(2). – P. 72-77.
25. Yurchenko, I.F. Information Support System Desigend for Technical Operation Planning of Reclamative Facilities [Tekst] / I.F. Yurchenko // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. – 2018. – V. 96. – № 5. – P. 1253-1265.

References

1. Borodychev, V. V. Sistema “analiz - vizualizaciya dannyh - prinyatie re-shenij” v sostave GIS upravleniya orosheniem [Tekst] / V. V. Borodychev, M. N. Lytov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. – 2018. – №2(50). – P. 37-43.
2. Volosuhin, V. A. Realizaciya monitoringa mnogofaktornogo obsledovaniya v usloviyah rosta leficita bezopasnosti gidrotehnicheskikh sooruzheni [Tekst] / V. A. Volosuhin, M. A. Bandurin // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Seriya: Tehnicheskie nauki. – 2017. – № 1 (193). – P. 76-79.
3. Volosuhin, Ya. V. Voprosy modelirovaniya tehniceskogo sostoyaniya vodoprovodyaschih kanalov pri provedenii jkspluacionnogo monitoringa [Tekst] / Ya. V. Volosuhin, M. A. Bandurin // Monitoring. Nauka i bezopasnost'. – 2012. – № 1. – P. 70-74.
4. Volosuhin, Ya. V. Primenenie nerazrushayuschih metodov pri provedenii jkspluacionnogo monitoringa tehniceskogo sostoyaniya kanalov obvodnitel'no-orositel'nyh sistem / Ya. V. Volosuhin, M. A. Bandurin [Tekst] // Monitoring. Nauka i bezopasnost'. – 2012. – № 2. – P. 102-106.
5. Dobrachev, Yu. P. Struktura upravleniya agromeliorativnymi rezhimami sel'sko-hozyajstvennogo polya [Tekst] / Yu. P. Dobrachev, A. V. Matveev // Prirodoobustrojstvo. – 2012. – №2. – P. 5-12.
6. Karpenko, N. P. Osnovnye puti povysheniya jekologicheskoy bezopasnosti funkcionirovaniya orositel'nyh sistem novogo pokoleniya [Tekst] / N. P. Karpenko // Prirodoobustrojstvo. – 2016. – № 3. – P. 97-103.
7. Kirejcheva, L. V. Ocenka jeffektivnosti orositel'nyh melioracij v zonal'nom ryadu pochv [Tekst] / L. V. Kirejcheva, N. P. Karpenko // Pochvovedenie. – 2015. – №5. – P. 587-586.
8. Kirejcheva, L. V. Vosstanovlenie antropogenno degradirovannyh pochv zemel' sel'sko-hozyajstvennogo naznacheniya [Tekst] / L. V. Kirejcheva, E. A. Lentyaeva // Agrohimicheskij vestnik. – 2016. – № 5. – P. 2-6.

9. Nauchnye osnovy sozdaniya i upravleniya meliorativnymi sistemami v Rossii [Tekst] / Pod red. L. V. Kirejchevoj. - M.: "FGBNU VNII agrohimii", 2017. - 296 p.
10. Ob obschih nauchnyh podhodah k sozdaniyu unificirovannyh precizionnyh]nergos-beregayuschih ASU TP [Tekst] / G. I. Kanyuk, I. A. Babenko, M. L. Kozlova, I. V. Suk, A. Yu. Mezerya // Jenergoberezhenie. Jenergetika. Jenergoaudit. - 2016. - № 2 (145). - P. 20-32.
11. Osipov, V. S. Perehod k cifrovomu sel'skomu hozyajstvu [Tekst] / V. S. Osipov, A. V. Bogoviz // Jekonomika sel'skogo hozyajstva Rossii. - 2017. - №10. - P. 11-15.
12. Fedorov, A. D. Sostoyanie i perspektivy cifrovizacii sel'skogo hozyajstva [Tekst] / A. D. Fedorov, O. V. Kondrat'eva, O. V. Slin'ko // Tehnika i oborudovanie dlya sela. - 2018. - № 9. - P. 43-48.
13. Shabanov, V. V. Rajonirovanie territorij po neobhodimosti kompleksnogo meliorativnogo regulirovaniya [Tekst] V. V. Shabanov, V. N. Markin // Prirodoobustrojstvo. - 2017. - №2. - P. 63-68.
14. Shabanov V. V. Soloshenkov A. D. Ocenka produktivnosti sel'skoho-zyajstvennyh kul'tur, raspolozhennyh na vzaimosvyazannyh]lementah landshafta (katene) [Tekst] / V. V. Shabanov, A. D. Soloshenkov // Prirodoobustrojstvo. - 2018. - №2. - P. 104-109.
15. Yurchenko, I. F. Normativno-pravovaya baza obespecheniya bezopasnosti gidrotehnikeskikh sooruzhenij [Tekst] / I. F. Yurchenko, A. K. Nosov // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII Problem melioracii. - 2015. - №4(20). - P. 262-271.
16. }kologo-]konomicheskaya jeffektivnost' diagnostiki tehničeskogo sostoyaniya vodoprovodyaschih sooruzhenij orositel'nyh sistem [Tekst] / M. A. Bandurin, I. F. Yurchenko, V. A. Volosuhin, V. V. Vanzha, Ya. V. Volosuhin // Jekologiya i promyshlennost'. - 2018. - T. 22. - № 7. - S. 66-71.
17. Arthur, W. B. The second economy [Tekst] / W. Arthur // McKinsey Quarterly. - 2012. - T. 4. - P. 90-99.
18. Floridi, L. The 4th Revolution. How the Infosphere is Reshaping Human Reality [Tekst] L. Floridi // Oxford University Press. - 2014. - 248 p.
19. Gray, J. Models for digitalization [Tekst] / J. Gray, B. Rumpe // Soft & Systems Modeling. - 2015. - Vol. 14. - Issue 4. - P. 1319-1320.
20. Recent Advances in Remote Sensing for Crop Growth Monitoring [Tekst] / Cheng, T.; Yang, Z.; Inoue, Y.; Zhu, Y.; Cao, W. Preface // Remote Sens. - 2016. - № 8. - P. 116.
21. Save and Grow. A policymaker's guide to the sustainable intensification of smallholder crop production [Tekst]. Rome : FAO, 2013. - 112 p.
22. Yusupbekov, N. Development and Improvement of Systems of Automation and Management of Technological Processes and Manufactures [Tekst]/ N. Yusupbekov, F. Adilov, F. Ergashev // Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems. - 2017. - 11. - №3. - P. 53-57.
23. Yurchenko, I.F. Information support for decision making on dispatching control of water distribution in irrigation [Tekst] / I.F. Yurchenko // Journal of Physis: Conference Series. - 2018. - V. 1015.- P. 042063.
24. Yurchenko, I.F. Automatization of water distribution control for irrigation [Tekst] / I.F. Yurchenko // International Journal of Advanced and Applied Sciences. - 2017. - №4(2). - P. 72-77.
25. Yurchenko, I.F. Information Support System Desigend for Technical Operation Planning of Reclamative Facilities [Tekst] / I.F. Yurchenko // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. - 2018. - V. 96. - № 5. - P. 1253-1265.

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.