УДК 631.6

DOI: 10.31774/2222-1816-2019-4-164-177

И. Ф. Юрченко

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова, Москва, Российская Федерация

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ АГРОПРОИЗВОДСТВОМ НА МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЛЯХ

Цель: анализ существующих направлений в создании автоматизированных систем управления технологическими процессами агропроизводства на мелиорируемых землях и ожидаемых перспектив их развития. **Материалы и методы:** исследования основаны на информационно-аналитических методах, методах технической кибернетики, автоматизации управления, математической оптимизации. Современная постановка задачи повышения действенности агропроизводства предполагает принятие и реализацию управленческих решений в автоматическом режиме с применением интеллектуальных алгоритмов. **Результаты:** в качестве решения проблемы разработки, внедрения и использования действенных методов управления природно-экономической системой растениеводства и для успешного прогнозирования результатов технологических воздействий предлагается выполнение масштабной работы по автоматизации прецизионного управления агроэкосистемами, гарантирующей научно обоснованный, базирующийся на достоверной оценке последствий принимаемых управленческих решений выбор агротехнологий, обеспечивающих планируемый результат. Изучены действующие подходы к созданию, внедрению и использованию в агропроизводстве и установлены приоритетные направления эволюции автоматизированных систем управления технологическими процессами в мелиорируемой земледелии. «Узкие места» действующих систем автоматизации технологий растениеводства обусловлены отсутствием требующихся методов создания моделей сложных нелинейных слабо детерминированных многофакторных объектов управления и прогнозирования. **Выводы:** в качестве приоритетных мероприятий по развитию автоматизированных систем управления технологическими процессами производства предлагаются: облачные решения, формирование и обработка больших массивов данных, применение программных продуктов на основе нейросетей и искусственного интеллекта, внедрение технологий «интернета вещей» и тому подобные инновационные направления научных исследований «умного» сельского хозяйства в области автоматизации прецизионного управления агроэкосистемами.

Ключевые слова: развитие; автоматизация; системы; управление; агропроизводство; мелиорируемые земли.

I. F. Yurchenko

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

THE DEVELOPMENT PROSPECTS FOR AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS OF AGRICULTURAL PRODUCTION ON RECLAIMED LANDS

Aim: analysis of the actual directions in creating the automation control systems of technological processes of agricultural production on reclaimed lands and the expected pro-

spects for their development. **Materials and Methods:** the studies are based on information-analysis methods, methods of engineering cybernetics, control automation and mathematical optimization. The modern statement of the problem of increasing the efficiency of agricultural production implies the adoption and implementation of managerial decisions in an automatic mode using intelligent algorithms. **Results:** as a solution to the problem of developing, implementing and using effective control methods of natural-economic system of crop production and for successful predicting the results of technological impacts, the performance of extensive work on the automation of precision management of agroecosystems which guarantees a scientifically based choice of agricultural technologies based on reliable assessment of the consequences of managerial decisions that provide the expected result is proposed. The current approaches to the creation, implementation and use in agricultural production are studied and priority areas for the evolution of automated control systems of technological processes in reclaimed agriculture are stated. The “bottlenecks” of the existing systems of automation of crop growing technologies are due to the lack of the required methods for creating models of complex nonlinear weakly determinated multifactorial control objects and forecasting. The research is based on information-analytical methods, technical cybernetics methods, control automation, mathematical optimization. The modern problem statement for increasing the efficiency of agricultural production involves the adoption and realization of managerial decisions in an automatic mode using intelligent algorithms. **Conclusions:** as priority measures for the development of automated control systems of technological production processes cloud solutions, the formation and processing of large data arrays, the use of software products based on neural networks and artificial intelligence, the introduction of the “IoT” technology and similar innovative directions of scientific research of the “smart” agriculture in the field of automation of precision control of agroecosystems are proposed.

Key words: development; automation; systems; management; agricultural production; reclaimed land.

Введение. Современные системы управления производственными технологиями растениеводства различаются уровнем формализации и автоматизации операций идентификации, прогнозирования и поддержки принятия решений по выбору и реализации управляющих воздействий на регулируемый процесс [1, 2]. Выделяются технологии управления:

- слабо формализованные (моделирование и компьютеры – скорее исключение, чем правило);
- автоматизированные, применяющиеся для формирования решения об управляющем воздействии с участием человека (оператора) в операциях их взаимодействия;
- автоматические, обеспечивающие принятие управляющего воздействия в режиме онлайн без привлечения человека.

Разработка действенных методов управления, в первую очередь оперативного, в природно-экономической системе растениеводства и успеш-

ное прогнозирование последствий управленческих решений связаны со множеством проблем, обусловленных [1–3]:

- многопараметричностью, нелинейностью, отсутствием детерминированности факторов у объекта управления;
- недостаточностью, фрагментарностью и зашумленностью информации для поддержки управляющих воздействий;
- большой продолжительностью периода управления;
- неполнотой знания о последствиях управляющих воздействий;
- неразработанностью методов создания моделей сложных нелинейных слабо детерминированных многофакторных объектов управления и прогнозирования.

В настоящее время отечественная и зарубежная наука и практика рассматривают в качестве приоритетного решения этой проблемы выполнение масштабной работы по автоматизации прецизионного управления растениеводством, гарантирующего научно обоснованный, базирующийся на достоверной оценке последствий принимаемых управленческих решений выбор агротехнологий, обеспечивающих планируемый результат.

Агропроизводство на мелиорируемых землях, включающее максимально энергоемкие и ресурсозатратные технологические операции, ошибка в назначении и выполнении которых (по срокам, последовательности, продолжительности и интенсивности и пр.) чревата значимым риском эколого-экономической эффективности управления растениеводством, подлежит трансформации в первую очередь [4–6].

Целью настоящей работы является анализ существующих направлений в создании автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) агропроизводства на мелиорируемых землях и ожидаемых перспектив их развития.

Материалы и методы. Исследования базируются на информационно-аналитических методах, методах технической кибернетики, автомати-

зации управления производственными технологиями, математической оптимизации.

Результаты и обсуждение. Действенность автоматизированной системы управления производством настоящего периода обусловлена эволюцией технического обеспечения и программных средств, перманентно развивающихся в течение времени их реализации [7–11]. Развитие АСУ ТП, в составе которого четко выделяются три периода, отличается постоянным усложнением задач управления [12–14].

Начальный этап становления АСУ ТП отличается формированием систем автоматического регулирования (САР) отдельных фрагментов технологических процессов (оборудования, параметров), которым передаются функции человека по стабилизации, программному управлению, контролю. У человека (диспетчера) появляется функция формирования операций и настройки технических и технологических регуляторов.

Следующий этап – автоматизация технических процессов с применением систем автоматизированного управления (САУ), телемеханики и прочих средств для сбора и обработки информации, что еще больше трансформирует взаимоотношения с ними диспетчера (человека) в процедурах управления.

Наступивший третий этап разработки систем автоматизации управления технологическими процессами отмечается включением в контур управления компьютерной техники. Ее использование начиналось с применения микропроцессоров для отдельных операций и процедур управления и оформилось в конце концов в разработку автоматизированных информационных систем формирования данных и вычислительных комплексов для поддержки и реализации управляющих воздействий диспетчера.

По функциональному назначению АСУ ТП определяются [15]:

- как SCADA-системы, для которых характерны функции сбора данных и диспетчеризация управления географически удаленными объектами;

- распределенные системы управления (PCY) операциями в рамках промышленного предприятия, связанными с обновлением непрерывно измеряемых параметров технологических процессов путем децентрализации обработки, хранения и визуализации данных;

- автономные ПЛК-системы, базирующиеся на использовании промышленно-логических контроллеров для централизованного сбора с целью калибровки или корректировки расчетных значений контролируемых параметров.

Автоматизация технологических процессов мелиоративного водохозяйственного комплекса выполнялась по традиционной для агропроизводства трехуровневой иерархической концепции управления, гарантирующей формирование направленной («восходящей» снизу вверх и «нисходящей» сверху вниз) передачи данных и сведений.

На нижнем (полевом) уровне АСУ ТП формируются исходные данные и реализуются посредством исполнительных устройств (ИУ) управляющие воздействия. Данные нижнего уровня, поступающие от специальных датчиков контроля состояния объекта наблюдения, передаются на устройства автоматической обработки – регуляторы (контроллеры) следующего уровня АСУ, представленного САУ, из которого в формате управляющих воздействий попадают на ИУ. Информация о реализации технологического процесса с нижнего уровня АСУ ТП и уровня САУ поступает на следующий – операторский, где она учитывается и визуализируется на экранах, табло и других носителях. Корректировка управляющих воздействий может выполняться диспетчером: на регуляторе путем формирования нового задания или в ручном режиме на ИУ посредством дистанционного управления.

Как показала статистика, в период с начала 60-х до конца 80-х гг. XX в. количество наблюдаемых аварийных ситуаций на производстве во всех секторах экономики удваивалось примерно каждые 10 лет, что ста-

ло одной из причин формирования нового подхода к созданию автоматизированных систем управления производством. Современная постановка задачи предполагает принятие и реализацию управленческих решений в автоматическом режиме с применением интеллектуальных алгоритмов. Актуальность приобретают процессы развития интеллектуальной составляющей АСУ ТП в части разработки алгоритмов реагирования в режиме реального времени на возникающие нестандартные ситуации.

В качестве приоритетных мероприятий по развитию АСУ ТП производства рассматриваются¹ [16, 17]:

- разработка экспертных систем, реализующих возможности искусственного интеллекта для повышения действенности автоматизации технологических процессов;
- построение нечетких лингвистических баз данных, подсистем нечеткого вывода, устанавливающих связи между количественными данными и качественными классами, организованными на этих данных;
- интеграция интеллектуальных систем поддержки принятия решений с классическими SCADA-системами;
- использование сенсорных сетей, интеллектуальных сред;
- применение технологий больших данных, обеспечивающих обработку больших объемов информации как единого массива;
- освоение облачных технологий, ориентированных на предоставление пользователю, не являющемуся владельцем технического оборудования, результирующей информации, необходимой для корректирующих воздействий; искусственный интеллект и пр.;
- развитие нейротехнологий, базирующихся на принципах работы нервной системы;
- внедрение блокчейн-технологий (системы распределенного реестра), заключающихся в обработке поступающей информации по блокам

¹ Мировые гиганты мелиорации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://svetich.info/publikacii/opyt-mirovogo-zemledelija/mirovye-giganty-melioracii.html>, 2019.

и использовании специальных процедур кодирования каждого блока таким образом, что каждый пользователь может проверить достоверность всего информационного массива;

- становление квантовых технологий, позволяющих многократно ускорить многие специальные вычислительные процедуры, например кодирование и декодирование;

- внедрение технологий «интернета вещей» (IoT), обеспечивающих связь и передачу информации через интернет непосредственно между вещами (оборудованием, приборами, товарами);

- применение компонент робототехники и сенсорики для выполнения рутинных операций и замещения целого ряда рабочих профессий;

- масштабное использование технологий беспроводной связи (ZigBee, Bluetooth, Wi-Fi), имеющих особое значение для сельского хозяйства с его территориальной удаленностью инфраструктурных и производственных объектов;

- апробация технологий виртуальной и дополненной реальности (virtual reality, VR), представляющих компьютерную имитацию реальности или воспроизведение какой-то ситуации;

- использование в АСУ ТП беспроводных технологий.

Учитывая масштаб предстоящей работы, объемы временных затрат и требующихся инвестиций в реализацию этих мероприятий по развитию автоматизированных систем, считаем 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.

Сегодня в практике сельского хозяйства применяются технологии, использующие действенность геопозиционного отслеживания и контроля различных параметров и режимов функционирования технологий и опера-

ций агропроизводства, в первую очередь для назначения и выполнения поливов на мелиорируемых землях² [18, 19]. Следует признать, что, как правило, это зарубежные технологии, поставляемые в комплексе с ирригационным оборудованием. Для реализации решений оператора изменяются настройки регуляторов с целью получения требуемых характеристик. Такая ситуация обеспечивает конкурентные преимущества зарубежным мелиоративным технологиям, практически не оставляя шансов для приоритетного развития отечественного высокотехнологичного мелиоративного оборудования.

Приблизить решение проблем оптимального управления орошением на новом технологическом уровне может активизация использования преимуществ внедрения сенсоров для наблюдения за агроэкоценозами, интегрированных в комплекс технологий геоинформационных систем, аналитический модуль которых обеспечивает интерактивное взаимодействие с пользователем и полнофункциональной системой поддержки принятия решений. В то же время решение задачи оптимального управления поливами с целью формирования планируемого режима агроэкосистем и повышения энергетического потенциала агроландшафтов на основе современных геоинформационных технологий предполагает формирование специализированного списка интерактивных сегментов взаимодействия, а также полнофункциональных комплексов анализа и обработки данных, разработки и внедрения управленческих решений.

Этим обусловлено требование соответствия уровня интенсивности управляющих мелиоративных воздействий ограничениям нормативно-методической базы, регулирующей агротехнологические параметры машин и оборудования функционирующей гидромелиоративной системы. С помощью информационной цифровой системы оперативного управления агропроизводством, контролирующей параметры мелиоративного и эколого-

² Умное фермерство: может ли машина заменить агронома [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ect-center.com/blog/smart_farming, 2019.

гического состояния агроландшафта в процессе реализации технологических операций, можно значительно повысить экологическую безопасность мелиорируемого земледелия.

Функции такого инструментария включают формирование необходимых исходных данных для оперативной оценки и классификации состояния управляемого объекта, систематизацию и хранение полученной информации, обеспечивающей расчеты экологического состояния агроландшафта и назначение при необходимости корректирующих воздействий. По результатам такого контроля принимаются решения по управлению работой автоматических (интеллектуальных) дождевальных машин, взаимодействующих с глобальной навигационной спутниковой системой [20].

Разработка информационных систем контроля и учета агроэкоценозов базируется на комплексном научном обосновании, а варианты развития мониторинговых технологий обеспечивают инновационность современным мелиоративным системам. Указанное научное направление сегодня остается одним из наиболее динамичных и активно развиваемых, востребованных на мировом рынке агро мелиоративных агротехнологий. В составе исследований, выполняемых специалистами Волгоградского отдела ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» [21, 22], реализуются предложения по созданию новых концептуальных моделей и конструкций гидро мелиоративных систем, обеспечивающих эффективное управление мелиоративными режимами на основе мониторинга и управления орошением в режиме реального времени.

При всей важности указанного подхода очевидна его ограниченность, вызванная однофакторностью прямых управляющих воздействий (только посредством поливов) на мелиоративный режим агроэкосистем. Будущее за наиболее востребованными и действенными направлениями исследований и разработок в области автоматизации управления технологическим процессом комплексного регулирования детерминированных факто-

ров (водного, питательного, температурного и других режимов, детоксикации и ремедиации) формирования мелиоративного состояния агроэкосистем согласно технологическим и технико-экономическим показателям и критериям оперативно-производственных и организационно-экономических задач агропроизводства на мелиорируемых землях [1, 22–24]. Разработка теории формирования таких систем выполняется специалистами ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» в составе тематики НИР института 2019–2021 гг.

Выводы. Таким образом, успешность агропроизводства на мелиорированных землях, соответствующего принципам эколого-экономической устойчивости отечественного агропромышленного комплекса, требует широкомасштабных мероприятий по созданию, внедрению и использованию инновационных цифровых технологий «умного» сельского хозяйства в практике повседневной управленческой деятельности.

Список использованных источников

1 Кирейчева, Л. В. Научные основы создания и управления мелиоративными системами в России / Л. В. Кирейчева, И. Ф. Юрченко, В. М. Яшин; под ред. Л. В. Кирейчевой. – М.: ВНИИ агрохимии, 2017. – 296 с.

2 Луценко, Е. В. Применение СК-анализа и системы «Эйдос» для синтеза когнитивной матричной передаточной функции сложного объекта управления на основе эмпирических данных / Е. В. Луценко, В. Е. Коржаков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. – 2012. – № 01(75). – С. 681–714. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/01/pdf/53.pdf>.

3 Луков, Д. К. Автоматизированные системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) / Д. К. Луков // European Science. – 2019. – № 2(44). – С. 19.

4 Эколого-экономическая эффективность комплексных мелиораций Барабинской низменности / Л. В. Кирейчева, И. В. Белова, М. В. Глистин, М. Т. Устинов, О. Б. Хохлова, И. Ф. Юрченко, В. М. Яшин; под ред. Л. В. Кирейчевой. – М.: ВНИИА, 2009. – 312 с.

5 Эколого-экономическая эффективность диагностики технического состояния водопроводящих сооружений оросительных систем / М. А. Бандурин, И. Ф. Юрченко, В. А. Волосухин, В. В. Ванжа, Я. В. Волосухин // Экология и промышленность России. – 2018. – Т. 22, № 7. – С. 66–71.

6 Шабанов, В. В. Автоматизация комплексного регулирования факторов жизни растений [Электронный ресурс] / В. В. Шабанов // Гидротехника и мелиорация. – 1982. – № 1. – С. 60–75. – Режим доступа: http://ieek.timacad.ru/kmirz/Htmls/works/1982_41.pdf, 2019.

7 Волосухин, Я. В. Вопросы моделирования технического состояния водопрово-

дящих каналов при проведении эксплуатационного мониторинга / Я. В. Волосухин, М. А. Бандурин // Мониторинг. Наука и безопасность. – 2012. – № 1. – С. 70–74.

8 Безопасность бесхозяйных гидротехнических сооружений / Г. Т. Балакай, И. Ф. Юрченко, Е. А. Лентяева, Г. Х. Ялалова. – Германия: LAP Lambert, 2016. – 85 с.

9 Волосухин, Я. В. Проведение эксплуатационного мониторинга с применением неразрушающих методов контроля и автоматизация моделирования технического состояния гидротехнических сооружений / Я. В. Волосухин, М. А. Бандурин // Мониторинг. Наука и безопасность. – 2011. – № 3. – С. 88–93.

10 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.

11 Yurchenko, I. F. Information support for decision making on dispatching control of water distribution in irrigation / I. F. Yurchenko // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – Vol. 1015. – P. 042063. – DOI: 10.1088/1742-6596/1015/4/042063.

12 Yusupbekov, N. Development and Improvement of Systems of Automation and Management of Technological Processes and Manufactures / N. Yusupbekov, F. Adilov, F. Ergashev // Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems. – 2017. – Vol. 11, № 3. – P. 53–57.

13 NISTIR 8062. An Introduction to Privacy Engineering and Risk Management in Federal Systems / S. Brooks, M. Garcia, N. Lefkowitz, S. Lightman, E. Nadeau; Information Technology Laboratory, National Institute of Standards and Technology. – 2017. – 49 p.

14 Bandurin, M. A. Remote Monitoring of Reliability for Water Conveyance Hydraulic Structures / M. A. Bandurin, I. F. Yurchenko, V. A. Volosukhin // Materials Science Forum. – 2018. – Vol. 931. – P. 209–213.

15 Автоматизация управления технологическими процессами в газораспределительных сетях: проблемы, тенденции и перспективы / В. Г. Крымский, И. М. Жалбеков, Р. Р. Имильбаев, А. Р. Юнусов // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2013. – № 2, Т. 9. – С. 70–79.

16 Самойлова, Е. М. Интеграция искусственного интеллекта в автоматизированные системы управления и проектирования технологических процессов / Е. М. Самойлова, А. А. Игнатьев // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2010. – № 1. – С. 127–132.

17 Методология рационального размещения и углубления специализации агропромышленного производства / А. И. Алтухов [и др.]. – Душанбе: Ирфон, 2016. – 152 с.

18 Save and Grow. A policymaker's guide to the sustainable intensification of smallholder crop production / L. Collette [et al.]. – Rome: FAO, 2011. – 112 p.

19 Guinard, D. Building the Web of Things / D. Guinard, V. Trifa. – Manning, 2015. – 344 p.

20 Выбор и обоснование параметров экологического состояния агроэкосистемы для мониторинга технологических процессов возделывания сельскохозяйственных культур / А. Б. Калинин, В. А. Смелик, И. З. Теплинский, О. Н. Первухина // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 39. – С. 315.

21 Курбанов, С. А. Концептуальная модель управления орошением в режиме реального времени на основе ГИС-технологий / С. А. Курбанов, В. В. Бородычев, М. Н. Лытов // Проблемы развития АПК региона. – 2018. – № 2(34). – С. 66–71.

22 Курбанов, С. А. Компонентно-технологическая структура функции автоматизированного управления оросительных систем нового поколения / С. А. Курбанов, В. В. Бородычев, М. Н. Лытов // Проблемы развития АПК региона. – 2019. – № 1(37). – С. 60–66.

23 Новые технологии проектирования, обоснования строительства, эксплуата-

ции и управления мелиоративными системами / сост. Л. В. Кирейчева [и др.]; под ред. Л. В. Кирейчевой. – М.: Изд-во ВНИИА, 2010. – 240 с.

24 Yurchenko, I. F. Automatization of water distribution control for irrigation / I. F. Yurchenko // International Journal of Advanced and Applied Sciences. – 2017. – Vol. 4, iss. 2. – P. 72–77.

References

1 Kireycheva L.V., Yurchenko I.F., Yashin V.M., 2017. *Nauchnye osnovy sozdaniya i upravleniya meliorativnymi sistemami v Rossii* [Scientific Principles of Creation and Management of Reclamation Systems in Russia]. Moscow, All-Russian Research Institute of Agrochemistry Publ., 296 p. (In Russian).

2 Lutsenko E.V., Korzhakov V.E., 2012. *Primenenie SK-analiza i sistemy "Eydos" dlya sinteza kognitivnoy matrichnoy peredatochnoy funktsii slozhnogo ob"ekta upravleniya na osnove empiricheskikh dannykh* [Application of SC-analysis and the "Eidos" system for the synthesis of cognitive matrix of the transfer function of a complex control object on the basis of empirical data]. *Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University], no. 01(75), pp. 681-714, available: <http://ej.kubagro.ru/2012/01/pdf/53.pdf>. (In Russian).

3 Lukov D.K., 2019. *Avtomatizirovannye sistemy upravleniya tekhnologicheskimi protsessami* [Automated Process Control Systems (ACS TP)]. European Science, no. 2(44), p. 19. (In Russian).

4 Kireycheva L.V., Belova I.V., Glistin M.V., Ustinov M.T., Khokhlova O.B., Yurchenko I.F., Yashin V.M., 2009. *Ekologo-ekonomicheskaya effektivnost' kompleksnykh melioratsiy Barabinskoy nizmennosti* [Ecological and Economic Efficiency of Complex Reclamation of the Barabinskaya Lowland]. Moscow, VNIIA Publ., 312 p. (In Russian).

5 Bandurin M.A., Yurchenko I.F., Volosukhin V.A., Vanzha V.V., Volosukhin Ya.V., 2018. *Ekologo-ekonomicheskaya effektivnost' diagnostiki tekhnicheskogo sostoyaniya vodoprovodnykh sooruzheniy orositel'nykh sistem* [Ecological and economic efficiency of diagnostics of technical condition of water supply facilities of irrigation systems]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and Industry of Russia], vol. 22, no. 7, pp. 66-71. (In Russian).

6 Shabanov V.V., 1982. *Avtomatizatsiya kompleksnogo regulirovaniya faktorov zhizni rasteniy* [Automation of complex regulation of plant life factors]. *Gidrotekhnika i melioratsiya* [Hydrotechnology and Land Reclamation], no. 1, pp. 60-75, available: http://ieek.timacad.ru/kmirz/Htmls/works/1982_41.pdf [accessed 2019]. (In Russian).

7 Volosukhin Ya.V., Bandurin M.A., 2012. *Voprosy modelirovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya vodoprovodnykh kanalov pri provedenii ekspluatatsionnogo monitoringa* [Issues of modeling the technical condition of water supply canals during operational monitoring]. *Monitoring. Nauka i bezopasnost'* [Monitoring. Science and Security], no. 1, pp. 70-74. (In Russian).

8 Balakai G.T., Yurchenko I.F., Lentyaev E.A., Yalalova G.Kh., 2016. *Bezopasnost' beskhozyaynykh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [Security Ownerless Hydraulic Engineering Structures.]. Germany, LAP Lambert Publ., 85 p. (In Russian).

9 Volosukhin Ya.V., Bandurin M.A., 2011. *Provedenie ekspluatatsionnogo monitoringa s primeneniem nerazrushayushchikh metodov kontrolya i avtomatizatsiya modelirovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya gidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [Conducting operational monitoring with the use of non-destructive control methods and automation of modeling the technical condition of hydraulic structures]. *Monitoring. Nauka i bezopasnost'* [Monitoring. Science and Security], no. 3, pp. 88-93. (In Russian).

10 Yurchenko I.F., 2018. Information support system designed for technical operation

planning of reclamative facilities. Journal of Theoretical and Applied Information Technology, vol. 96, no. 5, pp. 1253-1265.

11 Yurchenko I.F., 2018. Information support for decision making on dispatching control of water distribution in irrigation. Journal of Physics: Conference Series, vol. 1015, pp. 042063, DOI: 10.1088/1742-6596/1015/4/042063.

12 Yusupbekov N., Adilov F., Ergashev F., 2017. Development and Improvement of Systems of Automation and Management of Technological Processes and Manufactures. Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems, vol. 11, no. 3, pp. 53-57.

13 Brook S., Garcia M., Lefkovitz N., Lightman S., Nadeau E., 2017. NISTIR 8062. An Introduction to Privacy Engineering and Risk Management in Federal Systems; Information Technology Laboratory, National Institute of Standards and Technology, 49 p.

14 Bandurin M.A., Yurchenko I.F., Volosukhin V.A., 2018. Remote Monitoring of Reliability for Water Conveyance Hydraulic Structures. Materials Science Forum, vol. 931, pp. 209-213.

15 Krymsky V.G., Zhalbekov I.M., Imilbaev R.R., Yunusov A.R., 2013. *Avtomatizatsiya upravleniya tekhnologicheskimi protsessami v gazoraspredeletel'nykh setyakh: problemy, tendentsii i perspektivy* [Automation of technological process control in gas distribution networks: challenges, trends and prospects]. *Elektrotekhnicheskie i informatsionnye komplekсы i sistemy* [Electrotechnical and Information Complexes and Systems], no. 2, vol. 9, pp. 70-79. (In Russian).

16 Samoilova E.M., Ignat'ev A.A., 2010. *Integratsiya iskusstvennogo intellekta v avtomatizirovannye sistemy upravleniya i proektirovaniya tekhnologicheskikh protsessov* [Artificial Intellect integration into automated control systems and designing of technological process]. *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bull. of Saratov State Technical University], no. 1, pp. 127-132. (In Russian).

17 Altukhov A.I. [et al.], 2016. *Metodologiya ratsional'nogo razmeshcheniya i uglubleniya spetsializatsii agropromyshlennogo proizvodstva* [Methodology of Rational Allocation and Deepening of Specialization of Agro-Industrial Production]. Dushanbe, Irfon Publ., 152 p. (In Russian).

18 Collette L. [et al.], 2011. Save and Grow. A policymaker's guide to the sustainable intensification of small holder crop production. Rome, FAO Publ., 112 p.

19 Guinard D., Trifa V., 2015. Building the Web of Things. Manning, 344 p.

20 Kalinin A.B., Smelik V.A., Teplinsky I.Z., Pervukhina O.N., 2015. *Vybor i obosnovanie parametrov ekologicheskogo sostoyaniya agroekosistemy dlya monitoringa tekhnologicheskikh protsessov vozdeystviya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Choice and justification parameters of ecological state in the agroecosystem for monitoring technological processes of agricultural crop cultivation]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proc. of St. Petersburg State Agrarian University], no. 39, p. 315. (In Russian).

21 Kurbanov S.A., Borodychev V.V., Lytov M.N., 2018. *Kontseptual'naya model' upravleniya orosheniem v rezhime real'nogo vremeni na osnove GIS-tekhnologiy* [Conceptual model of irrigation management in real-time on the basis of GIS technology]. *Problemy razvitiya APK regiona* [AIC Development Problems of the Region], no. 2(34), pp. 66-71. (In Russian).

22 Kurbanov S.A., Borodychev V.V., Lytov M.N., 2019. *Komponentno-tekhnologicheskaya struktura funktsii avtomatizirovannogo upravleniya orositel'nykh sistem novogo pokoleniya* [Component-technological structure function of automated control of irrigation systems of new generation]. *Problemy razvitiya APK regiona* [AIC Development Problems of the Region], no. 1(37), pp. 60-66. (In Russian).

23 Kireycheva L.V. [et al.], 2010. *Novye tekhnologii proektirovaniya, obosnovaniya stroitel'stva, ekspluatatsii i upravleniya meliorativnymi sistemami* [New technologies of de-

signing, substantiation of construction, operation and management of land reclamation systems]. Moscow, VNIIA Publ., 240 p. (In Russian).

24 Yurchenko I.F., 2017. Automatization of water distribution control for irrigation. International Journal of Advanced and Applied Sciences, vol. 4, iss. 2, pp. 72-77.

Юрченко Ирина Федоровна

Ученая степень: доктор технических наук

Ученое звание: доцент

Должность: главный научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова»

Адрес организации: ул. Большая Академическая, 44, г. Москва, Российская Федерация, 127550

E-mail: irina.507@mail.ru

Yurchenko Irina Fedorovna

Degree: Doctor of Technical Sciences

Title: Associate Professor

Position: Chief Researcher

Affiliation: All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov

Affiliation address: st. Bolshaya Akademicheskaya, 44, Moscow, Russian Federation, 127550

E-mail: irina.507@mail.ru