

operezhayushchego socialno-ekonomicheskogo razvitiya v Rossijskoj Federacii» http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_172962/

5. Primorskij kraj. Osnovnye pokazateli deyatel'nosti gorodskih okrugov i municipal'nyh rajonov. 2018: Statisticheskij ezhegodnik. – Primorsk: Primorskstat, 2018. – 259 s.

6. Vostok-Media, agency@vostokmedia.com. – Vladivostok, 21 fevralya 2018. Ekonomika.

The material was received at the editorial office
05.10.2019 g.

Information about the authors

Bronts Andrej Alexandrovich, director of the department of the agriculture and food supply of the Primorskykrai; 690090, Vladivostok, ul. 1-aya Morskaya, 20; e-mail: bronts_aa@primorsky.ru

Nosovsky Valerij Sergeevich, doctor of economic sciences, professor DVFU, 1st deputy general director AO «DalNIIGiM», Vladivostok, pr-ktKrasnogoZnameni, 66, e-mail: nosovsky@bk.ru

УДК 502/504: 631.674

DOI 10.34677/1997-6011/2019-4-15-22

И.Ф. ЮРЧЕНКО

Федеральное государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, г. Москва, Российская Федерация

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЕМ МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ АГРОЭКОСИСТЕМ

Учитывая неуклонный рост населения, в результате которого потребуются, согласно прогнозам ООН, к 2050 г. почти двукратное повышение производства продуктов питания, процессу модернизации сельского хозяйства нет альтернативы. Действенное решение проблем, связанных с менеджментом агропроизводства на мелиорируемых землях, в настоящее время ориентировано на создание новых цифровых технологий для управления инженерными системами, регулируемыми природные процессы агроэкосистем. Представлены результаты анализа возможности, степени необходимости и целесообразности сквозной цифровизации процесса управления функционированием гидромелиоративных систем в режиме реального времени. Базовая основа исследований – научные труды в области АСУ-управления и моделирования агросистем, учебные пособия и литература, периодические издания и источники удаленного доступа. Показано, что действенность применения информационных технологий управления агроэкосистемами определяется уровнем знания процессов, происходящих в объектах управленческого воздействия. Установлена роль технической и технологической оснащенности систем автоматизированного управления формированием мелиоративного состояния агроэкосистем. Охарактеризованы требования к программным комплексам систем автоматизации управления в части автономности технологических процессов. Выявлена важность государственной политики в области модернизации реального сектора экономики для развития систем организационно – экономического управления предприятием и технологическими процессами производства в сфере мелиораций. Обоснована необходимость и возможность выхода агропроизводства на мелиорируемых землях на новый уровень эффективности при своевременном достижении должного развития при достаточной степени государственного обеспечения благоприятных условий для становления цифровизации; при наличии кадровых специалистов; при разработке инновационных цифровых оболочек для интеграции имеющегося технологического оборудования в сквозные автоматизированные технологии управления.

Автоматизация, управление, мелиоративное состояние, агроэкосистема

Введение. Практика гидромелиорации в различных регионах мира показывает, что в результате строительства

и эксплуатации гидромелиоративных систем формирование природно-мелиоративных процессов может смещаться в негативном

направлении, что приводит к потере устойчивости агроэкосистемы и, как следствие, развитию деградационных почвенных процессов (дегумификация, вторичное засоление, осолонцевание, переуплотнение, переувлажнение, заболачивание и др.) и снижению продуктивности растениеводства [1].

В настоящее время решение проблем, связанных с экологическим менеджментом в сфере мелиорации, ориентировано на создание новых цифровых технологий для управления инженерными системами, регулирующими природные процессы агроэкосистем. Цифровые информационные технологии (ИТ) сведений и информации о параметрах и состоянии объекта воздействия позволяют выполнять прогнозы процессов, происходящих в природной среде, а также включают операции сбора, хранения, обработки и трансформации данных, обеспечивают информационную поддержку процедур принятия решений [1-4].

Систематизация неполных фрагментарных, разрозненных и разнящихся по релевантности и объемам данных обо всех элементах технологической сети агропроизводства обуславливает возможность формирования качественно нового знания, установления действенных закономерностей управляемых процессов на основе применения инновационных методов обработки и трансформации исходных и промежуточных данных [5-7]. Реализация такого подхода гарантирует действенность принимаемых управляющих решений, снижающих и/или ликвидирующих риски получения дополнительного дохода всех участников бизнес-процессов в агропроизводстве, что обеспечивает стабильный спрос на глубокий качественный анализ исходных данных и достоверность результирующих рекомендаций в части управляющих воздействий. Поэтому исследования по автоматизации процедур регулирования формирования мелиоративного состояния агроэкосистем, запрограммированного на эволюционирующий режим мелиорированных почв, приобретает особую актуальность.

Эффективность применения ИТ управления требует как можно большей глубины знания процессов, происходящих в агроэкосистемах, которые являются объектами управленческого воздействия. Не менее важное условие успешности цифровизации управленческих решений представляют собой возможности технической и технологической

реализации систем автоматизированного управления технологическими процессами формирования мелиоративного состояния агроэкосистем. Следующий шаг к «умному агропроизводству» на мелиорируемых землях – создание программных комплексов, обеспечивающих максимально полную автономность технологических процессов (мониторинг, проверку, исправление, самообучение), исключая/снижающую влияние человеческого фактора на качество и производительность технологических переходов. В определенной мере результаты использования технологических новаций в управлении формированием мелиоративного режима агроэкосистем определяются уровнем развития систем организационно-экономического управления предприятием и технологическими процессами производства в сфере мелиораций, предшествующим их внедрению. Однако для становления процессов автоматизации управления производственными процессами в соответствии с мировыми требованиями гораздо существеннее государственная политика в области модернизации реального сектора экономики.

Таким образом, налицо сложная организационно-технологическая задача, решение которой требует значимой подвижки теории и практики в разноплановых секторах экономики при достаточно условной вероятности действенности используемого результата без трансформации ныне существующей ситуации с наличием и системой подготовки специалистов в области разработки и внедрения ИТ. Отсутствие необходимого опыта эксплуатации у сельхозтоваропроизводителя и должным образом подготовленных специалистов для проведения квалифицированного консалтинга по выбору, установке, настройке и применению «умного оборудования» и технологий управления им становится значимым сдерживающим фактором успешного использования автоматизированных технологий регулирования мелиоративного режима агроэкосистем. Практика американских фермеров, представляющих в настоящее время категорию сельхозтоваропроизводителей, максимально ориентированных на «умное орошение», свидетельствует, что активно используется не более 10% реализованных в производственных условиях систем автоматизированного полива [8].

Цель настоящих исследований – анализ и установление возможности,

степени необходимости и целесообразности сквозной цифровизации процесса управления функционированием гидромелиоративных систем в режиме реального времени.

Базовой основой **методов исследования** является наблюдение, изучение, обобщение, анализ, экспериментальная проверка действующих теории и практики по автоматизации процедур управления технологическими процессами производства за рубежом, в ведущих секторах отечественной экономики, в мелиоративной деятельности, а также собственные работы автора по теме настоящей НИР.

Результаты и обсуждения. Агроэкосистема – биотическое сообщество, созданное человеком с целью получения сельскохозяйственной продукции, отличающееся крайней неустойчивостью. В связи с этим вопросы, касающиеся создания методов и средств совершенствования управления состоянием агроэкосистемы в условиях априорной неопределенности абиотических факторов, являются актуальными. 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.

Выполненный анализ методов формализованного описания агроэкосистем установил действенность использования для решения задач регулирования их мелиоративного режима динамических балансовых моделей [9-11], представленных в виде количественных значений потоков вещества, энергии и пр., формирующихся в гомогенных или мало отличающихся от них условиях. Балансовые модели характеризуют изменения в изучаемой системе во времени посредством операций переноса энергии и вещества [12-13]. В роли методологического аппарата формализованного представления природно-технологических процессов используются дифференциальные уравнения. 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 [14].

Информационную поддержку реализации формализованных описаний

агроэкосистем, значимо повышающую действенность агроэкологического прогнозирования, осуществляют на основе: программных комплексов СППР (систем принятия решений) и ГИС (геоинформационных систем); специализированных БД (баз данных) и СУБД (систем управления базами данных); СОЗ (данных системы знаний); АСУ (автоматизированных системы управления) и САПР (систем автоматизированного проектирования) и пр. [13, 14-16]. Расширяется практика применения электронных картографических материалов для разработки долгосрочных агроэкологических прогнозов [13, 17]. Приобрели популярность интегрированные банки моделей, обеспечивающие их обобщение по различиям расчетных методов [18].

Успешность разработки и реализации систем управления технологическими процессами формирования мелиоративного состояния агроэкосистем, безусловно, определяется степенью изученности и адекватности формализации реальных процессов моделируемым. Современная концепция постановки задачи моделирования мелиоративного режима агроэкосистем на содержательном уровне, модель энергообмена между природной системой и окружающей средой, критерий энергетической оценки мелиоративной деятельности и т.п., разработки, максимально соответствующие требованиям формирования эволюционирующего энергетического режима почвы, отличающиеся новизной и перспективой востребованности, представлены в работах специалистов ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», выполняемых под руководством Л.В. Кирейчевой [1].

Принципиальные направления этих исследований характеризуются следующими положениями:

1. Жизнедеятельность и жизнеспособность агроэкосистемы обеспечивается режимами формирования вещества, энергии и информации, обуславливающими ее состояние и устойчивость.

2. Одним из способов увеличения производственного потенциала агроэкосистемы является проведение мелиоративных мероприятий, способствующих более эффективному использованию суммарной солнечной радиации и снабжению агроэкосистемы дополнительной антропогенной энергией посредством: гидромелиорации; агро-мелиоративных методов; внесения органических

и минеральных веществ; регулирования водных, воздушных, тепловых и пр. условий возделывания сельхозкультур.

3. Задача управления мелиоративными режимами в агроэкосистемах заключается в определении технологических воздействий, гарантирующих помимо запланированной продуктивности сельхозкультур требуемое состояние почвы и приземного слоя воздуха, обеспечивающих постоянную поддержку установленному энергетическому состоянию агроэкосистем и, как следствие, сохранение почвенного плодородия и/или его расширенное воспроизводство.

4. Взаимодействие эксплуатируемых гидромелиоративных систем с компонентами природной среды изменяет потоки вещества и энергии в агроландшафтах. Для регламентации мелиоративной деятельности в пределах последнего предложены экологические ограничения [1].

В качестве основного критерия энергетической оценки мелиоративной деятельности впервые в практике сферы мелиорации предлагается использовать показатель турбулентной энергоотдачи. Указанный показатель представляет разность значения радиационного баланса со значениями энергии почвообразования и энергии, аккумулированной в продукции фитомассы. Таким образом, характеризуется количество «бесполезно» рассеянной солнечной энергии [1], которое минимизируется операциями прецизионного регулирования мелиоративного режима.

Воплощение теоретических предложений в реально действующие автоматизированные системы управления требует мощного развития электронных и компьютерных технологий, датчиков, средств трансформации и хранения собираемой информации, устройств управления, исполнительных устройств, средств коммуникаций и прочих средств автоматизации управления пространственно распределенной инфраструктурой удаленных объектов.

Сегодня и сейчас на рынке представлено множество систем для контроля, оценки и учета состояния почвы и погодных условий агропроизводства. Это обеспечивает возможность наблюдения в режиме реального времени за изменяющимися условиями роста и развития сельхозкультур и организации дистанционного управления поливами [20]. К сожалению, приходится вновь и вновь отмечать низкий уровень наличия

действенных разработок отечественно производства и широкое представительство продукции различных зарубежных фирм. Последнее явно свидетельствует об инвестиционной привлекательности указанного сектора экономики за рубежом.

Учитывая, что население в мире неуклонно растет, и по прогнозам ООН к 2050 г. приблизится к 10 млрд человек, что требует, практически, повышения в 2 раза производства продуктов питания, процессу модернизации сельского хозяйства нет альтернативы. Этим обусловлено то, что каждому сельхозтоваропроизводителю, будь то фермер в Америке или агрохолдинг в России, требуются максимально действенные технологии производства.

Цифровизация и автоматизация максимального количества сельскохозяйственных процессов становится осознанной необходимостью в стратегии развития крупнейших агропромышленных и машиностроительных компаний в мире, прежде всего в США [7, 21]. Системы совершенствовались, дешевели и продвинулись до такой степени, что впервые в истории отрасли стало возможно получать данные о каждом объекте агропроизводства и его инфраструктуре, математически точно формировать последовательность действий и предвидеть результат. В сельское хозяйство, которое представляло самую удаленную от цифровых технологий отрасль, начали поступать данные. А вместе с ними запросы на вакансии специалистов в области Big Data (большие данные), Data Science (научные данные), математики, аналитики, робототехники.

До 2010 года, включительно, в мире насчитывалось порядка 20 высокотехнологичных компаний в сфере сельского хозяйства, но в период 2013-2016 гг. инвестировались уже более 1300 новых технологических проектов на общую сумму более \$11 млрд. Сформировался новый инвестиционный сегмент AgroTech (Агротех), который в 2014 году обогнал FinTech (Финтех). Причем, заметную активность в этом секторе, помимо США, показывают Канада, Индия, Китай, Израиль.

Степень цифровизации современного отечественного агропромышленного комплекса, включая мелиоративный сектор экономики, оставляет желать лучшего [21, 22]. Высоким издержкам производства способствуют: недостаточное знание сельхозтоваропроизводителями теории и практики современных инновационных технологий

и методологии агропроизводства, отсутствие глобального прогноза по ценам на сельхозпродукцию, а также несовершенство системы логистики, хранения и доставки и т.п. Максимальное количество сельскохозяйственных товаропроизводителей не имеют финансовых возможностей для приобретения новой техники, использования ИТ-оборудования и платформ.

По данным Росстата в 2015 году инвестирование информационно-коммуникационных технологий (ИКТ-технологий) в сельском хозяйстве не превысило 0,34% ИКТ-инвестиций во все отрасли хозяйства, а в 2017 г., при значении 0,2% общего объема инвестирования, ИКТ в сельское хозяйство стало самым низким среди отраслей отечественной экономики. Наряду со негативной оценкой такой ситуации данные свидетельствуют о больших потенциальных возможностях инвестиций в ИКТ.

Вместе с тем можно отметить повышение внимания к цифровизации сельского хозяйства в Российской Федерации. В конце 2018 г. Минсельхозом России представлена в Правительство программа «Цифровое сельское хозяйство» для ее включения в действующую программу «Цифровая экономика». В составе ряда предметных задач программы цифрового сельского хозяйства можно определить и работы агропроизводства на мелиорируемых землях. В первую очередь это:

- формирование требований к отечественному оборудованию для позиционирования объектов по сигналам ГЛОНАСС/ГНСС в технологиях цифрового и «точного земледелия»;
- использование платформ «интернета вещей» (кибер-физические системы) для управления агропроизводством;
- применение систем цифрового анализа почвенных показателей, состояния посевов для оценки и прогнозирования продуктивности агрофитоценозов и т.д.;
- апробация, наблюдение и эксплуатация цифровых систем управления сберегающим земледелием (биологизация производства);
- интеграция информационных систем участников рынка и государства в распределенную и открытую «метасистему», гарантирующую объединение баз знаний по инновационным технологиям для экологической и экономической действенности сельхозпроизводства по всем рабочим системам.

В составе первого этапа реализации программы (до 2021 гг.) инициируется применение в производстве цифровых моделей взаимовыгодного обмена информацией и благами между участниками рынка и государством (модель “give & take”), поступление и изучение реальных данных от участников рынка государственными органами, реинтеграция и предоставление данных для цифрового объекта от государства.

Пилотирование планируется на аналоге государственно-частной платформы «цифровое сельское хозяйство» с участием информационной системы Аналитического центра Министерства сельского хозяйства РФ. Разработка платформ «интернета вещей» для управления сельхозтехникой и оборудованием, объединение данных в системы корпоративного управления, создание коммерческих приложений «цифровое поле» и других представляются в рамках программы в свете обеспечения благоприятного режима создания высоко конкурентной среды.

Заключение

Для выхода агропроизводства на мелиорируемых землях на новый уровень развития требуется одновременное совпадение, как минимум, таких важнейших факторов:

- как государственное обеспечение благоприятных условий для развития цифровизации производства в сфере сельского хозяйства;
- подготовка в достаточном количестве кадровых специалистов с необходимым уровнем профессионализма;
- разработка инновационных цифровых оболочек для интеграции создаваемого в должном объеме и с требуемым качеством технологического оборудования в сквозные автоматизированные технологии управления.

Процесс, безусловно, сложный, но выполнимый, о чем свидетельствуют результаты проведенного анализа существующей ситуации и планируемых мероприятий по автоматизации управления агроэкосистемами. Важно не терять времени и сделать первые самые необходимые и трудные шаги к его реализации. Очевидно, что начинать следует с полноценного и систематического научного обоснования, обеспечения и сопровождения разработки системы автоматизированного прецизионного управления формированием мелиоративного режима

агроэкосистем (АСУ ТП_{мр}) как ключевого инструментария эффективного агропроизводства на мелиорируемых землях.

Библиографический список

1. Научные основы создания и управления мелиоративными системами в России / Под ред. Л.В. Кирейчевой. – М.: «ФГБНУ ВНИИ агрохимии», 2017. – 296 с.
2. Новые технологии проектирования, обоснования строительства, эксплуатации и управления мелиоративными системами / Под ред. д-ра техн. наук, проф. Л.В. Кирейчевой. – М.: ВНИИГиМ, 2010. – 240 с.
3. Эколого-экономическая эффективность комплексных мелиораций Барабинской низменности / под ред. Л.В. Кирейчевой. – М.: ВНИИА, 2009. – 312 с.
4. Эколого-экономическая эффективность диагностики технического состояния водопроводящих сооружений оросительных систем / Бандурин М.А., Юрченко И.Ф., Волосухин В.А. и др. // Экология и промышленность России. – 2018. – Т. 22. № 7. – С. 66-71.
5. Юрченко И.Ф. Методологические основы создания информационной системы управления водопользованием на орошении / И.Ф. Юрченко. // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2017. – № 1. – С. 13-17.
6. 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.
7. Юрченко И.Ф., Трунин В.В. Система поддержки принятия решений по водораспределению на базе Веб технологий // Научный журнал Российского НИИ Проблем мелиорации. – 2014. – № 2(14). – С. 87-97.
8. План мероприятий («дорожная карта») «Развитие технологий в области Интернета вещей». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.sovel.org/images/upload/ru/1259/Roadmap_FRII_IoT.pdf.
9. Полуэктов Р.А. Имитационные модели продуктивности агроэкосистем в кн.: Теоретические основы и количественные методы программирования урожаяев – М.: Агропромиздат, 2015. – 235 с.
10. Волосухин Я.В., Бандурин М.А. Проведение эксплуатационного мониторинга с применением неразрушающих методов контроля и автоматизация моделирования технического состояния гидротехнических сооружений // Мониторинг. Наука и безопасность. – 2011. – № 3. – С. 88-93.
11. Волосухин Я.В., Бандурин М.А. Вопросы моделирования технического состояния водопроводящих каналов при проведении эксплуатационного мониторинга // Мониторинг. Наука и безопасность. – 2012. – № 1. – С. 70-74.
12. Волобуев А.П., Тезик К.А. Разработка методических подходов математического моделирования агроэкосистем в целях рационального управления внесением удобрений / Мат-лы, научной конфер. Вопросы современного земледелия. – Курган: изд-во КГСХА, 2017. – С. 48-50.
13. Гусев Е.М. Моделирование годовой динамики влагозапасов корнеобитаемого слоя почвы для агроэкосистем степной и лесостепной зон // Почвоведение. – 2016. – № 10. – С. 1195-1202.
14. Богатырев Л.Г., Рыжова И.М. Биологический круговорот и его роль в почвообразовании – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 80 с.
15. Юрченко И.Ф., Носов А.К. Нормативно правовая база обеспечения безопасности гидротехнических сооружений // Научный журнал Российского НИИ Проблем мелиорации. – 2015. – № 4(20). – С. 262-277.
16. Брескина Г.М. Применение геоинформационных технологий для изучения почв / Мат-лы междуна. научно-практ. конфер. 28-29 января 2016 г. Курск. – Курск: изд-во КГСА, 2016. – С. 268-270.
17. Баденко В.Л. Научные основы и методы геоинформационного обеспечения защиты окружающей среды при комплексном природопользовании: автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора технических наук. – Санкт-Петербург, 2012-34 с.
18. Воронин А.Д. Использование почвенно-гидрологических констант для расчета гидрофизических характеристик // Почвоведение. – 2016. – № 4. – С. 63-64.
19. Юрченко И.Ф., Носов А.К. О критериях и методах контроля безопасности гидротехнических сооружений мелиоративного водохозяйственного комплекса. Вып. 53. / Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – С. 158-165.
20. Коржов В.И. Рекомендации по созданию средств информационно-технологической поддержки задач эксплуатации оросительных систем. // Изв. Вузов Сев. – Кавк. Регион. – 2017. – № 2. – С. 103-106.

Материал поступил в редакцию 15.05.2019 г.

21. **Колганов А.В.** Проблемы управления и совершенствования информационного обеспечения в мелиоративной отрасли. // Известия Вузов Сев. – Кавк. Регион. – 2016. – С. 12.

22. **Корсаков В.В.** Информационные технологии рационального природопользования на орошаемых землях Поволжья: автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора сельскохозяйственных наук – Саратов, 2014-42 с.

Сведения об авторе

Юрченко Ирина Федоровна, доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник отдела Природоохранных и информационных технологий ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова; 127550, г. Москва, ул. Б. Академическая, 44. корпус 2; e-mail: irina.507@mail.ru

I.F. YURCHENKO

Federal state scientific institution All – Russian research Institute of hydraulic engineering and land reclamation named after A.N. Kostyakov, Moscow, Russian Federation

OF THE AMELIORATIVE CONDITION OF AGROECOSYSTEMS

The steady growth of the population which will have required almost a double increase in food production by 2050 according to the UN forecasts has no alternative to the progress without agriculture modernization. The effective solution of the issues related to the management of agricultural production in the reclaimed lands is oriented on the creation of new digital technologies for the management of engineering systems that regulate natural processes of agroecosystems. There are given results of the analysis of the possibility, degree of the necessity and reasonability of the complete digitalization of the controlling process of the functioning of the irrigation and drainage systems in the regime of real time. The basis of the research is scientific works in the field of ACS-management and simulation of agricultural systems as well as manuals and literature, periodicals and remote access sources. It is shown that the efficiency of usage of information technologies to provide management of agroecosystems is determined by the level of the knowledge of the processes which occur in the controlled objects. The role of the technical and technological basis of the automated control systems in the field of the reclamation status formation for the agroecosystems is substantiated. The requirements to the programs of the automated control systems in terms of technological processes autonomy are described. The importance of the government policy in the field of the real sector of the economy modernization to develop both organizational and economic management of the enterprises and technological processes of production in the reclaimed lands is confirmed. The necessity and the possibility of agricultural production in the reclaimed lands at a new level of the efficiency using timely achievements and development are substantiated. They are: the government support for the formation of digitalization; the availability of personnel specialists; development of innovative digital program shells to integrate the existing technological equipment into the complete automated control technologies.

Automation, management, reclamation state, agroecosystem.

References

1. Nauchnye osnovy sozdaniya i upravleniya meliorativnymi sistemami v Rossii /

Pod red. L.V. Kireichevoj. – M.: «FGBNU VNII agrohimi», 2017. – 296 s.

2. Novye tehnologii proektirovaniya, obosnovanoya stroitelstva, ekspluatatsii upravleniya meliorativnymi sistemami / Pod red. d-ra tehn. nauk, prof. L.V. Kireichevoj. – M.: VNIIG i M, 2010. – 240 s.

3. Ekologo-ekonomicheskaya effektivnost kompleksnyh melioratsij Barabinskoj nizmenosti / Pod red. L.V. Kireichevoj. – M.: VNIIA, 2009. – 312 s.

4. Ekologo-ekonomicheskaya effektivnost diagnostiki tehničeskogo sostoyaniya vodoprovodyashchih sooruzhenij orositelnyh sistem / Bandurin M.A., Yurchenko I.F., Volosukhin V.A. i dr. // Ekologiya i promyshlennost Rossii. – 2018. – T. 22. № 7. – S. 66-71.

5. **Yurchenko I.F.** Metodologicheskie osnovy sozdaniya informatsionnoj sistemy upravleniya vodopolzovaniem na oroshenii / I.F. Yurchenko. // Vestnik rossijskoj selskohozyajstvennoj nauki. – 2017. – № 1. – S. 13-17.

6. **Yurchenko I.F., Trunin V.V.** Metodologiya i kompyuternaya tehnologiya podderzhki reshenij pri operativnom upravlenii

vodoraspredeleniem na mezhhozyajstvennyh orositelnyh sistemah // Melioratsiya i vodnoe hozyajstvo. – 2012. – № 2. – S. 6-10.

7. **Yurchenko I.F., Trunin V.V.** Sistema podderzhki prinyatiya reshenij po vodoraspredeleniyu na baze Veb tehnologij // Nauchny zhurnal Rossijskogo NII Problem melioratsii. – 2014. – № 2(14). – S. 87-97.

8. Plan meropriyatij («dorozhnaya karta») «Razvitie tehnologij v oblasti Interneta veshchej». – [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: http://www.sovel.org/images/upload/ru/1259/Roadmap_FRII_IoT.pdf.

9. **Poluektov R.A.** Imitatsionnye modeli produktivnosti agroekosistem v kn.: Teoreticheskie osnovy i kolichestvennye metody programmirovaniya urozhaev. – M.: Agropromizdat, 2015. – 235 s.

10. **Volosukhin Ya.V., Bandurin M.A.** Provedenie ekspluatatsionnogo monitoringa s primeneniem nerazrushayushchih metodov kontrolya i avtomatizatsiya modelirovaniya tehničeskogo sostoyaniya gidrotehničeskikh sooruzhenij // Monitoring. Nauka i bezopasnost. – 2011. – № 3. – S. 88-93.

11. **Volosukhin Ya.V., Bandurin M.A.** Voprosy modelirovaniya tehničeskogo sostoyaniya vodoprovodyashchih kanalov pri provedenii ekspluatatsionnogo monitoringa // Monitoring. Nauka i bezopasnost. – 2012. – № 1. – S. 70-74.

12. **Volobuev A.P., Tezik K.A.** Razrabotka metodicheskikh podhodov matematicheskogo modelirovaniya agroekosistem v tselyah ratsionalnogo upravleniya vneseniem udobrenij / Mat-ly nauchnoj konfer. Voprosy sovremennogo zemledeliya. – Kurgan: isd-vo KGSHA, 2017. – S. 48-50.

13. **Gusev E.M.** Modelirovanie godovoj dinamiki vlagozapasov korneobitaemogo sloya pochvy dlya agroekosistem stepnoj i lesostepnoj zon // Pochvovedenie. – 2016. – № 10. – S. 1195-1202.

14. **Bogatyrev L.G., Ryzhova I.M.** Biologičeskij krugovorot i ego rol v pochvoobrazovanii. – M.: Izd-vo MGU, 1994. – 80 s.

15. **Yurchenko I.F., Nosov A.K.** Normativno-pravovaya baza obespecheniya bezopasnosti gidrotehničeskikh sooruzhenij // Nauchny zhurnal Rossijskogo NII Problem melioratsii. – 2015. – № 4(20). – S. 262-277.

16. **Breskina G.M.** Primenenie geoinformatsionnyh tehnologij dlya izucheniya pochv / Mat-ly mezhdun. nauchno-prak. konfer. ly mezdun. nauchno-prak. 28-29 yanvarya 2016 g. Kursk. – Kursk. Izd-vo KGSA, 2016. – S. 268-270.

17. **Badenko V.L.** Nauchnye osnovy i metody geoinformatsionnogo obespecheniya zashchity okruzhayushchej sredy pri kompleksnom prirodopolzovaniiu: avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoj stepeni doktora tehničeskikh nauk. – Sankt-Peterburg, 2012-34 s.

18. **Voronin A.D.** Ispolzovanie pochvenno-gidrologičeskikh constant dlya rasčeta gidrofizicheskikh harakteristik // Pochvovedenie. – 2016. – № 4. – S. 63-64.

19. **Yurchenko I.F., Nosov A.K.** O kriteriyah i metodah kontrolya bezopasnosti gidrotehničeskikh sooruzhenij meliorativnogo vodohozyajstvennogo kompleksa. Vyp. 53. / Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya: sb. nauch. tr. FGBNU «RosNIIPM». – Novočerkassk: RosNIIPM, 2014. – S. 158-165.

20. **Korzhov V.I.** Rekomendatsii po sozdaniiyu sredstv informatsionno-tehnologičeskoj podderzhki zadach ekspluatatsii orositelnyh system. // Izv. Vuzov Sev.-Kavk. Region. – 2017. – № 2. – S. 103-106.

21. **Kolganov A.V.** Problemy upravleniya i sovershenstvovaniya informatsionnogo obespecheniya v meliorativnoj otrasli. // Izvestiya Vuzov Sev.-Kavk. Region. – 2016. – S. 12.

22. **Korsak V.V.** Informatsionnye tehnologii ratsionalnogo prirodopolzovaniya na oroshaemyh zemlyah Povolzhya: avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoj stepeni doktora selskohozyajstvennyh nauk. – Saratov, 2014-42 s.

The material was received at the editorial office
15.05.2019

Information about the author

Yurchenko Irina Fedorovna, doctor of technical sciences, associate professor, chief researcher of the department of environmental and information technologies VNIIGiM named after A.N. Kostyakov; 127550, Moscow, B. Akademicheskaya, 44, korpus 2, e-mail: irina.507@mail.ru