

**ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫМ РЕЖИМОМ АГРОЭКОСИСТЕМ
PRINCIPLES OF CREATION OF AUTOMATED SYSTEMS FOR MANAGING
THE RECLAMATION REGIME OF AGROECOSYSTEMS**



**УДК 31.6.02:631.619:631.445.52
DOI:10.24411/2588-0209-2020-10204**

Юрченко Ирина Федоровна, доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно – исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова» (127550 Россия, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44, строение 2), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2390-1736>, irina.507@mail.ru

Yurchenko Irina Fedorovna, Doctor of Technical Sciences, associate Professor, Chief research worker, All – Russian research Institute of hydraulic engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2390-1736>, irina.507@mail.ru

Аннотация: В статье рассматриваются современные реалии и перспективы совершенствования автоматизированных систем управления комплексными мелиорациями. Цель работы заключается в исследовании принципов создания и требований к автоматизации управления мелиоративным режимом агроэкосистем, обеспечивающего поддержание оптимальной траектории изменения многофакторной среды роста и развития растений. Выполнен информационно – аналитический анализ перспективных технологий агропроизводства, на основе которого определены понятия и установлена сущность :мелиоративного режима и автоматизированных систем управления агроэкосистемами; определены ключевые принципы и требования к разработке последних. Охарактеризованы система регулирования режима комплексной мелиорации агроэкосистемы, как объекта управления и комплекс задач реша-

емых автоматизированной системой управления, обусловившие формирование принципов разработки последней. В составе принципиальных требований к формированию АСУ мелиоративным режимом агроэкосистем выделены общие принципы автоматизации управления, которым должна соответствовать разрабатываемая АСУ и специализированные принципы, присущие указанному классу систем. Описаны подходы к выбору стратегии систематизированной автоматизации агротехнологий и ее возможные формы. Показана роль инфраструктуры объекта управления в разработке АСУ. Выявлена необходимость при создании последних учета предыдущего опыта по разработке систем управления мелиорацией, таких как совершенные исполнительные устройства, регулирующие водный, тепловой режимы и режим питания; локальные устройства и системы автоматизации; телеметрические системы централизованного мониторинга и управления и т.д., а также современные методы ведения сельского хозяйства, например, адаптивно-ландшафтного земледелия. Эффективности становления автоматизации и цифровизации управления мелиоративным режимом агроэкосистем в большой мере способствует разработка АСУ на основе теоретически обоснованных и практически проверенных опытом эксплуатации унифицированных и систематизированных принципов, основные положения которых представлены в настоящей статье.

Abstract. The article discusses the current realities and prospects for improving automated management systems for complex land reclamation. The purpose of this work is to study the principles of creation and requirements for automation of management of the reclamation regime of agroecosystems, which ensures the maintenance of an optimal trajectory of changes in the multi-factor environment of plant growth and development. Performed information – analytical analysis of advanced technologies of agricultural production on the basis of which defined concepts and established entity :reclamation mode and the automated systems of management of agro-ecosystems; identify key principles and requirements for the development of the latter. Characterized the control system of the integrated reclamation of the agro-ecosystem as a management object and a set of problems solved with an automated control system that led to the formation of the design principles of the past. As part of the basic requirements for the formation of automated control systems by the reclamation regime of agroecosystems, the General principles of control automation are highlighted, which should correspond to the developed automated control system and the specialized principles inherent in this class of systems. Approaches to choosing a strategy for systematic automation of agricultural technologies and its possible forms are described. The role of the management object infrastructure in the development of automated control systems is

shown. The author reveals the need to take into account previous experience in the development of land reclamation management systems, such as advanced Executive devices that regulate water, heat and power modes; local devices and automation systems; telemetric systems for centralized monitoring and management, etc., as well as modern methods of farming, such as adaptive landscape farming. The development of automated control systems based on theoretically justified and practically proven operating experience unified and systematized principles, the main provisions of which are presented in this article, greatly contributes to the effectiveness of automation and digitalization of management of the reclamation regime of agroecosystems.

Ключевые слова: принципы, создание, автоматизированные системы управления, мелиоративный режим, агроэкосистема.

Key words: principles, development, automated control systems, meliorative regime, the agro-ecosystem.

Введение. Актуальность разработки методов управления режимом комплексной мелиорации, определяемого средствами и способами целенаправленного регулирования параметров водного, биогенного, теплового и др. режимов агроэкосистем, начатой в 1980-х годах в России и продолжающейся до сих пор, неуклонно возрастает [1-3].

В силу сложности процессов формирования необходимых мелиоративных режимов и поддержания оптимальной траектории изменения многофакторной среды роста и развития растений их становление и развитие требует использования современных компьютерных средств и средств автоматизации [4-6].

Следовательно, применение и исследования спецификации создания автоматизированных средств управления мелиоративным режимом агроэкосистемы на сегодняшний день, чрезвычайно востребовано.

Цель работы заключается в исследовании принципов создания и требований к автоматизации управления мелиоративным режимом агроэкосистем, результаты которых представлены ниже по тексту.

Методы исследований. Выполнен информационно – аналитический анализ перспективных технологий агропроизводства, на основе которого определены понятия и установлена сущность :мелиоративного режима и автоматизированных систем управления агроэкосистемами; охарактеризованы ключевые принципы и требования к разработке последних.

Результаты и обсуждение. Система регулирования режима комплексной мелиорации агроэкосистемы, как объекта управления характеризуется [7] :

- целевым назначением по распределения естественных и искусственно преобразованных природных ресурсов, формирующих условия оптимального фотосинтетического использования активного излучения солнечной энергии [1];

- наличием системы управляемых гидротехнических сооружений и гидромеханических установок, пространственно распределенных на большой территории [8,9];

- низкой предметной структуризацией при возможно большом количестве объектов каждой отдельно взятой структурной единицы [10];

- информационной связанностью посредством почвы и растений. Так при ухудшении режима питания из-за вымывания действующего вещества (азота, фосфора, калия) могут/должны включаться гидравлические питатели для закачки питательного раствора в поливную воду [11];

- использованием воды в качестве основного носителя базовых операционных воздействий [12];

- сложностью, исключающей возможность получения данных о процессах формирования влажности, питательных растворов и теплообмена в системе «исполнительное устройство – почва – растение – атмосфера», что требует установления зависимости для системы «запроса – отклика» на всех уровнях автоматизации;

- медленно текущими процессами изменения состояния, исчисляемого в часах или днях, что определяет срочность назначения управляющих воздействий;

- требованием высокой надежности к средствам контроля и исполнительных устройств, находящимся на открытом воздухе или в неотапливаемых помещениях, в условиях высокой температуры и влажности или в запыленном воздухе. Особого внимания требует контакты исполнительных устройств с питательными растворами, которые могут быть коррозионными;

- естественной гетерогенностью физико-химических параметров поля требующей пространственно-дифференцированного управления, либо возможности усреднять показания многих датчиков [4].

Мелиорация агроэкосистем в рамках сельскохозяйственного предприятия или же комплекса сельскохозяйственных предприятий осуществляется главным образом для выполнения задач, поставленных перед собой самими предприятиями или организациями сельскохозяйственной спецификации [13-15]. К ним, как правило, относятся:

- увеличение урожайности агроценозов;
- удешевление производства выращиваемых культур за счёт повышения производительности агроэкосистемы;
- максимизация прибыли от агропроизводства.

В связи с этим разработка автоматизированной системы управления мелиоративным режимом агроэкосистемы должна строиться на комплексе определённых принципов, способствующих решению поставленных задач. Среди принципов формирования автоматизированных систем управления (АСУ) мелиоративным режимом агроэкосистем можно выделить общие принципы автоматизации управления, которым должна соответствовать разрабатываемая АСУ и специализированные принципы, присущие указанному классу систем.

Основными принципами автоматизации технологических процессов являются:

- принцип согласованности действий автоматизируемых процедур между собой и с входами и выходами технологических операций агропроизводства;
- принцип интеграции, обеспечивающий взаимодействие автоматизируемого процесса с внешней по отношению к нему средой;
- принцип автономности исполнения, по возможности, исключающий участие оператора, если не нарушаются установленные требования [16].

При разработке АСУ мелиоративным режимом агроэкосистем значимыми факторами успешности также являются:

1. Понимание процессов автоматизации во всех его деталях, начиная с входных данных, и кончая выходным продуктом. Перечень приоритетных изучаемых вопросов включает: сведения о трансформации рабочей процедуры между входом и выходом, о функции процедуры, о ценности, которую она добавляет продукту, об операциях на входе и выходе в производственном цикле, и возможности их объединения с рассматриваемой процедурой.

Рациональной реализации требований этого принципа способствуют графические инструменты, используемые в методах анализа, такие как рабочая технологическая схема, а также математические модели процесса.

2. Упрощение процесса автоматизации путем реализации контрольного списка вопросов о существующем процессе и анализа целесообразности модернизации намечаемых процедур и операций.

3. Систематизированная автоматизация, заключающаяся в выборе ее стратегии, возможные формы которой ~~включают~~ [17]:

- Специализацию операций, обеспечивающую выбор оборудования для автоматизации с максимально возможной эффективностью одной операции, что соответствует концепции специализации труда.

- Комбинирование операций, определяющее выбор оборудования для автоматизации комплекса операций/ процедур.

- Одновременное выполнение операции, интегрированных на одном оборудовании.

- Объединение оборудования для автоматизации нескольких операций/процедур в единый механизм, использующий автоматизированные устройства обработки операций для передачи данных между устройствами.

- Стратегия повышенной гибкости, направленная на максимальное использование оборудования аграриев за счет применения одних и тех же устройств для различных операций и процессов.

- Автоматизация транспортировки и хранения материалов, сокращающая непроизводительное время выполнения.

- Онлайн-мониторинг, включающий проверки в процессе выполнения процедур и операций, позволяющий вносить своевременные коррективы.

- Контроль и оптимизация функциональных технологических процессов производства, включающие широкий спектр схем наблюдения и учета, предназначенных для более эффективной эксплуатации отдельных процессов и связанного с ними оборудования.

- Управление производственными процессами на сельскохозяйственном предприятии, обеспечивающее контроль производства на уровне предприятия в целом.

- Компьютерно-интегрированное производство (СІМ), объединяющее автоматизацию производства предприятия с инженерным проектированием и бизнес-функциями производственного объединения.

К специфическим принципам формирования автоматизированных систем управления мелиоративным режимом агроэкосистем, можно отнести:

- принцип эколого – социально – экономической эффективности системы;

- повышения производительности земель в долгосрочной перспективе, - адаптивность системы к внешним и внутренним изменениям.

Соответствие автоматизированного управления мелиоративным режимом агроэко-системы всем вышеупомянутым принципам и требованиям является основой его эффективного применения.

Значимый фактор в разработке АСУ - инфраструктура объекта управления, подлежащего модернизации. Сюда включается связь, состояние внутренней ирригационной системы, доступ к источникам мелиорантов, удобрений и оросительной воде. Не менее значимы и уровни экономической самостоятельности хозяйствующих субъектов и отстраненности от рынков сбыта (бирж), возможность фьючерсных сделок и т.п.

Заключение. Безусловно, масштабы развития мелиорации зависят от увеличения численности населения и глобальности изменения климата, но экстенсивное развитие за счет количественного увеличения орошаемых и осушаемых земель становится менее важным, чем качество мелиоративных воздействий.

Создание более сложных мелиоративных систем комплексного регулирования факторов роста и развития растений позволит значительно увеличить производство сельскохозяйственных культур (до 30-50%) на существующих и вновь вводимых мелиорированных землях, а это может сократить разрыв между ростом численности населения и созданием новых мелиорируемых земель. Наиболее эффективное взаимодействие функций оперативной мелиорации и управления агропроизводством реализуются путем разработки и внедрения автоматизированных систем управления комплексной регламентацией мелиорации.

Главной целью разработки АСУ мелиоративным режимом агроэко-системы является внедрение в сельскохозяйственное производство экологически целесообразных и экономически оправданных высокотехнологичных методов мелиорации. По мере развития вычислительного комплекса в производство рекомендуется внедрять все более наукоемкие технологии. При их создании значение имеет учет предыдущего опыта по разработке систем управления мелиорацией. Прежде всего, это: совершенные исполнительные устройства, регулирующие водный, тепловой режимы и режим питания; локальные устройства автоматизации; локальные системы автоматизации; телеметрические системы централизованного мониторинга и управления и т.д., а также современные методы ведения сельского хозяйства (например, адаптивный ландшафт).

Эффективности становления автоматизации и цифровизации управления мелиоративным режимом агроэко-систем в большой мере способствует разработка АСУ на основе теоретически обоснованных и практически проверенных опытом эксплуатации унифицированных и систематизированных принципов, основные положения которых представлены в настоящей статье.

Литература

1. Научные основы создания и управления мелиоративными системами в России/под редакцией Л. В. Кирейчевой. -М.: "ФГБНУ ВНИИ агрохимии", 2017. -296 с.
2. Эколого-экономическая эффективность комплексных мелиораций Барабинской низменности/ под ред. Л. В. Кирейчевой. -М.: ВНИИА, 2009. -312 с.
3. Новые технологии проектирования, обоснования строительства, эксплуатации и управления мелиоративными системами/под ред. Л.В. Кирейчевой. -М.: ВНИИА, 2010. -240 с.

4. Духовный В.А. и др. Программирование урожая сельскохозяйственных культур (системный подход в приложении к мелиорации) / В.А. Духовный, С.А. Нерозин, Г.В. Стулина, Г.Ф. Солодкий. Ташкент: НИЦ МКВК, 2015. – 185 с.
5. Волосухин, Я. В. Применение неразрушающих методов при проведении эксплуатационного мониторинга технического состояния каналов обводнительно-оросительных систем/Я. В. Волосухин, М. А. Бандурин//Мониторинг. Наука и безопасность. -2012. -№ 2. -С. 102-106.
6. Land Reclamation // HUWA enterprises – [Electronic resource]: <https://www.huwaenterprises.com>.– [Access mode]: <https://www.huwaenterprises.com/divisions/land-reclamation/> (circulation date: 10.07.2020).
7. Shabanov V. V. Avtomatizatsiya kompleksnogo regulirovaniya faktorov zhizni rastenii / Shabanov V. V. // *Gidrotehnika i melioratsiya*. – 1982. – № 1.– S. 60-75. – [Elektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa: http://www.ieek.timacad.ru/kmirz/Htmls/works/1982_41.pdf
8. 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.
9. Безопасность бесхозяйных гидротехнических сооружений. / Г.Т. Балакай, И.Ф. Юрченко, Е.А. Лентяева, Г.Х. Ялалова. - Германия: LAP LAMBERT, 2016. - 85 с.
10. Bandurin, M.A. The efficiency of impervious protection of hydraulic structures of irrigation systems / M.A. Bandurin, V.A. Volosukhin, I.F. Yurchenko // *Advances in Engineering Research*. - 2018. - P. 56-61.
11. Cairney T. Reclaiming contaminated land. – London: Springer Science & Business Media, 2012. – 260
12. Reclamation measures to ensure the reliability of soil fertility / I.F. Yurchenko, M.A. Bandurin, V.A. Volosukhin, V.V. Vanzha, A.V. Mikheyev // *Advances in Engineering Research*. - 2018. - P. 62-66.
13. Балакай Г. Т., Юрченко И.Ф., Лентяева Е.А., Ялалова Г.Х. Повышение ответственности сельхозтоваропроизводителей за воспроизводство почвенного плодородия мелиорируемых земель // *Агрехимический вестник*. - 2015. - Том 2, № 2. - С. 29-33.
14. Юрченко И. Ф., Трунин В.В. Совершенные системы водопользования как фактор сохранения почвенного плодородия и устойчивости сельскохозяйственного производства в орошаемых агроландшафтах // *Агрехимический вестник*. - 2013. - № 1. - С. 25-27.
15. Yurchenko I.F., Bandurin M.A., Vanzha V.V., Volosukhin V.A., Bandurina I.P. Risk assessment of land reclamation investment projects / В сборнике: *Advances in social science, education and humanities research Proceedings of the International Conference Communicative Strategies of Information Society (CSIS 2018)*. 2019. С. 216-221.
16. Автоматизация процессов. – [Электронный ресурс]:<https://www.kpms.ru>.– [Режим доступа] :https://www.kpms.ru/Automatization/Process_automation.htm (дата обращения: 10.07.2020)
17. David O’Sullivan *Industrial Automation: Course Notes*. – Universidade do Minho, 2009. – 62 p.

Literatura

1. Nauchnyie osnovy i upravleniya meliorativnymi sistema-mi v Rossii/pod redaktsiyey L. V. Kireychevoy. -M: "FGBNU VNII agrohimii", 2017. -296 s.
2. Ekologo-ekonomicheskaya effektivnost kompleksnykh melioratsiy Barabinskoy nizmennosti/ pod red. L. V. Kireychevoy. -M.: VNIIA, 2009. -312 s.
3. Novyye tehnologii proektirovaniya, obosnovaniya stroitelstva, ekspluatatsii i upravleniya meliorativnymi sistemami/pod red. L.V. Kireychevoy. -M.: VNIIA, 2010. -240 s.
4. Duhovnyiy V.A. i dr. Programmirovaniye urozhaya selskohozyay-stvennykh kultur (sistemnyiy podhod v prilozhenii k melioratsii) / V.A. Duhovnyiy, S.A. Nerozin, G.V. Stulina, G.F. Solodkiy. Tashkent: NITs MKVK, 2015. – 185 s.
5. Volosuhin, Ya. V. Primeneniye nerazrushayuschih metodov pri provedenii ekspluatatsionnogo monitoringa tehnikeskogo sostoyaniya kanalov obvodnitelno-orositelnykh sistem/Ya. V. Volosuhin, M. A. Bandurin//Monitoring. Nauka i bezopasnost. -2012. № 2. -S. 102-106.
6. Land Reclamation // HUWA enterprises – [Electronic resource]: <https://www.huwaenterprises.com>.– [Access mode]: <https://www.huwaenterprises.com/divisions/land-reclamation/> (circulation date: 10.07.2020).
7. Shabanov V. V. Avtomatizatsiya kompleksnogo regulirovaniya faktorov zhizni rastenii / Shabanov V. V. // *Gidrotehnika i melioratsiya*. – 1982. – # 1.– S. 60-75. – [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: http://www.ieek.timacad.ru/kmirz/Htmls/works/1982_41.pdf
8. Volosuhin Ya.V., Bandurin M.A. Voprosy modelirovaniya tehnikeskogo sostoyaniya vodoprovodyaschih kanalov pri provedenii ekspluatatsionnogo monitoringa//Monitoring. Nauka i bezopasnost. 2012. № 1. S. 70 -74.
9. Bezopasnost beshozyaynykh gidrotehnikeskikh sooruzheniy. / G.T. Balakay, I.F. Yurchenko, E.A. Lentyaeva, G.H. Yalalova. - Germaniya: LAP LAMBERT, 2016. - 85 s.
10. Bandurin, M.A. The efficiency of impervious protection of hydraulic structures of irrigation systems / M.A. Bandurin, V.A. Volosukhin, I.F. Yurchenko // *Advances in Engineering Research*. - 2018. - P. 56-61.
11. Cairney T. Reclaiming contaminated land. – London: Springer Science & Business Media, 2012. – 260
12. Reclamation measures to ensure the reliability of soil fertility / I.F. Yurchenko, M.A. Bandurin, V.A. Volosukhin, V.V. Vanzha, A.V. Mikheyev // *Advances in Engineering Research*. - 2018. - P. 62-66.
13. Balakay G. T., Yurchenko I.F., Lentyaeva E.A., Yalalova G.H. Povyisheniye otvetstvennosti selhoztovaroproizvoditeley za vosproizvodstvo pochvennogo plodorodiya melioriruemyykh zemel // *Agrohimicheskyy vestnik*. - 2015. - Tom 2, № 2. - S. 29-33.
14. Yurchenko I. F., Trunin V.V. Sovershennyie sistemy vodopolzovaniya kak faktor sohraneniya pochvennogo plodorodiya i ustoychivosti selskohozyaystvennogo proizvodstva v oroshaemykh agrolandshaftah // *Agrohimicheskyy vestnik*. - 2013. - № 1. - S. 25-27.
15. Yurchenko I.F., Bandurin M.A., Vanzha V.V., Volosukhin V.A., Bandurina I.P. Risk assessment of land reclamation investment projects / V sbornike: *Advances in social science, education and humanities research Pro-ceedings of the International Conference Communicative Strategies of Information Society (CSIS 2018)*. 2019. S. 216-221.

16. Avtomatizatsiya protsessov. – [Elektronnyiy resurs]:<https://www.kpms.ru>.–[Rezhim dostupa] :[https://www.kpms.ru/Automatization/Process auto-mation. htm](https://www.kpms.ru/Automatization/Process%20auto-mation.htm) (data obrascheniya: 10.07.2020)

17. David O’Sullivan Industrial Automation: Course Notes. – Universidade do Minho, 2009. – 62 p.