

**АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЯМИ
КОМПЛЕКСНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ**

**AUTOMATION OF INTEGRATED LAND RECLAMATION
TECHNOLOGY MANAGEMENT**

**УДК 31.6.02:631.619:631.445.52
DOI: 10.24411/2713-1424-2020-00006**

Юрченко И.Ф., главный научный
сотрудник отдела Природо-охранных и информационных технологий,
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники
и мелиорации имени А. Н. Костякова», Москва
Yurchenko I. F. irina.507@mail.ru

Аннотация

Выполнены исследования и осуществлен анализ параметров системы комплексной мелиорации, как объекта управления, с целью формирования приоритетных требований к цифровизации агромелиоративных технологий сельскохозяйственного производства. В работе использованы ландшафтный подход, а также методы анализа развития теории и практики мелиоративной науки по материалам научно-технических исследований и результатам производственного опыта применения автоматизированных систем управления мелиоративным режимом. Охарактеризована система управления технологическим процессом на мелиорируемых землях. Представлены основополагающие требования к разработке технологий автоматизированного управления мелиоративным режимом агроэкосистем, обеспечивающие эффективность их конструирования и использования на основе систематизации и унификации лучших достижений теории и практики мелиоративной деятельности.

Annotation

Performed research and conducted analysis of system parameters of complex melioration, as an object of management with the aim of establishing priority

requirements for automatic systems of regulation of reclamation regime of agroecosystems, we used the landscape approach, methods of analysis of the development of the theory and practice of reclamation science of the scientific-technical research and the result of production experience in the use of automated control systems for the reclamation regime of agroecosystems. The system of agricultural production management on reclaimed lands is characterized. The basic requirements for the development of technologies for automated management of the reclamation regime of agroecosystems are presented. ensuring the effectiveness of their design and use on the basis of systematization and unification of the best achievements of the theory and practice of reclamation activities.

Ключевые слова: автоматизация, управление, мелиоративный режим, агроэкосистема.

Keywords: automation, management, meliorative regime, the agroecosystem.

Введение. Комплексная мелиорация, включающая организационно-экономические и инженерные мероприятия, направленные на сохранение и повышение почвенного плодородия и кардинальное улучшение агроклиматических условий агроландшафтов, обеспечивает эффективность использования мелиоративными агроценозами солнечной энергии. Фундаментальным вопросом в сельскохозяйственной мелиорации является управление подачей и циркуляцией воды, а также элементов минерального питания для максимального сохранения значимых питательных веществ в биологической круговороте [1-3].

Совместное управление биологическим и геологическим круговоротом материальных элементов достигается с помощью интегрированной системы гидрологической и сельскохозяйственной инженерии и методов мелиорации.

Исследованиями установлено, что при отклонении влажности почвы от оптимального значения на 10%, снижение продуктивности агроценозов

достигает 30% - 50%. Соответствующий сдвиг температуры на 1°C снижает продуктивность на 5-10 % [4,5]. Вместе с тем известно о существенном изменении растениями в процессе своего развития требований к условиям окружающей среды. Этим вызвана необходимость сугубо дифференцированного подхода к формированию параметров мелиоративного режима в течение вегетационного периода. Следует отметить, что только основополагающих (базовых) параметров мелиоративного режима, случайным образом изменяющихся в пространстве и во времени, которые требуют перманентного регулирования, не менее трех (влажность почвы, температура и элементы минерального питания).

Таким образом, действенное управление мелиоративным режимом - сложная оптимизационная задача, решение которой осуществляется с использованием современных компьютерных средств и автоматизированных систем [6-8]. Задача АСУ ТП комплексных мелиораций состоит в обеспечении условий оперативного регулирования энергетического и материального баланса факторов роста и развития растений при постоянном контроле их состояния, гарантирующими снижением затрат и повышение рентабельности агропроизводства при получении экономически оправданной и экологически целесообразной урожайности агроценозов [1,6,7].

Цель настоящей работы изучение и анализ параметров системы комплексной мелиорации как объекта управления и формирование приоритетных требований к цифровизации агро-мелиоративных технологий сельскохозяйственного производства, позволяющих принимать правильные решения, сокращающие риски экологического негатива агроландшафтов и повышающие рентабельность агропроизводства.

Методы исследований. В работе использованы ландшафтный подход, а также методы анализа развития теории и практики мелиоративной науки по материалам научно-технических исследований и результатам производственного опыта применения автоматизированных систем

управления мелиоративным режимом агроэкосистем. Последние базируются на применении высокоточных современных технических средств и инструментария, автоматизированного оперативного сбора, обработки необходимой информации и прогнозирования возможного изменения параметров мелиоративного состояния агроэкосистем.

Результаты и обсуждения. Для системы управления сельскохозяйственным производством характерны следующие основные черты [1,4-6]:

- слабая формализуемость, затрудняющая использование количественных математических моделей для ее описания;
- потребность в использовании специальных приёмов для формализации отдельных фрагментов системы [9,10];
- неполный перечень действенных критериев оценки эффективности управления [11,12];
- наличие лица, принимающего решение в соответствии со своими предпочтениями [13];
- нечеткая структура, включающая множество второстепенных деталей, создающих многочисленные помехи [14];
- сложность экспериментального воспроизведения всех возможных ситуаций и требующихся управляющих воздействий [15].

Вместе с тем, теория и практика мелиоративной науки показывает, что действенность использования суммарной солнечной радиации, способствующей формированию продуктивности агрофитоценозов и повышению плодородия почв, значимо возрастает при целенаправленном регулировании всех значимых факторов мелиоративного режима агроэкосистем [1,4,5]. Требование комплексного регулирования значимых параметров жизнеобеспечения агроценозов, приоритетными из которых

являются воздушный, тепловой, пищевой режимы агрокультур, внекорневой питательный режим растений, а также микробиологическое состояние почвы, количественные значения температуры и влажности приземного слоя атмосферы, и т. п. параметры, становится приоритетным направлением развития мелиоративной деятельности, что обуславливает актуальность автоматизации такого направления. Указанный подход в настоящее время не практикуется отечественным мелиоративным агропроизводством, ограничиваясь по большей мере рассмотрением только автоматизирования процесса управления поливами. Целью функционирования АСУ мелиоративным режимом должно стать автоматическое управление объектом в обычном, предаварийном и аварийном периодах работы.

С учетом этих положений эффективная автоматизация мелиоративного режима агроэкосистем может выполняться согласно следующим требованиям:

- внедрения лучших достижений этапов становления систем автоматизации управления агро мелиоративными технологиями, предшествующих настоящему периоду;

- использования в качестве фундаментального критерия эффективности функционирования АСУ технологиями комплексной мелиорации количественного значения показателя турбулентной энергоотдачи агроэкосистемы, идентифицирующего «бесполезно» рассеянную солнечную энергию [1].

- систематизированного изменения всех действенных факторов регулируемого комплекса параметров мелиоративного режима;

- формирования оптимального диапазона лимитирующих факторов в критические фазы роста и развития сельскохозяйственной культуры;

- обеспечения точности регулирования, значительно превосходящей оптимальный диапазон адаптации (саморегулирования) растения;

- направленности на максимальную устойчивость мелиорируемого агроценоза за счет повышения биологического разнообразия;
- сохранения и воспроизводства плодородия мелиорированных земель при высоком производственном потенциале посевных культур;
- ориентации настроек системы на потребности максимально требовательной культуры;
- соблюдения экологической безопасности прилегающих к мелиорированным землям природных объектов;
- регенерации энергетических и материальных потоков в близлежащих экосистемах, до их естественного уровня, путем создания автономных мелиоративных систем;
- учета стохастической неоднородности свойств почв, распределения влаги, питательных веществ и других параметров мелиоративного режима.

Разработку АСУ следует выполнять по принципу «от простого к сложному» и, по возможности, с соблюдением этапности реализации. В начале становления автоматизации управления технологическими процессами комплексной мелиорации ее функциональные возможности могут быть следующими.

Ключевые элементы автоматизированной системы управления - база данных и система управления базой данных, а также информационно – аналитический блок. Они обеспечивают сбор, обработку и хранение информации по обслуживаемым хозяйствам (данные обследования и мониторинга хозяйств сельхозтоваропроизводителей, паспорта полей); информацию об оросительной системе и хозяйственных отводах, а также выработку необходимых сведений и рекомендаций хозяйствующим субъектам по реализации агромелиоративных мероприятий.

Сведения о схеме оросительной системы, хозяйствах сельхозтоваропроизводителей и о полях следует вводить средствами геоинформационной системы на основе картографической информации,

спутниковой съемки, фотоснимков с самолетов и беспилотных летательных аппаратов.

Мониторинг выполняется по следующим блокам данных об объекте управления [1,5,7]:

- сведения о метеорологических и агрометеорологических условиях;
- местоположение на ирригационной системе, топография, геометрические параметры, характеристика обслуживаемых полей;
- сведения о почвах полей (гранулометрический состав, водно – физические и сорбционные свойства, содержание питательных веществ, гумификация и т. д.);
- количество, качество и ограничения по использованию оросительной воды;
- уровень, минерализация грунтовых вод;
- водопотребление, требующаяся сумма эффективных температур и уровень питательных веществ, а также другие факторы жизнеобеспечения сельскохозяйственных культур;
- прогнозируемые объемы продуктивности и рыночной стоимости произведенной продукции, затраты системы растениеводства.

По итогам наполнения БД соответствующей информацией система обеспечивает каждому пользователю в зависимости от его возможностей и потребностей оценку состава и урожайности предполагаемых для возделывания агрокультур в части ожидаемого дохода и соответствующих затрат. После оптимизации состава планируемых к производству культур всеми участниками агропроцесса программный комплекс просчитывает:

- объем поливной воды и стоимость водоподачи за период вегетации, подекадные данные о расходах на водовыделах в хозяйства;
- количество и стоимость минеральных и органических удобрений, мелиорантов, затраты на средства защиты растений обеспечивающих планируемую продуктивность агрокультур;

- стоимость машинного времени и ручного труда на возделывание агрокультур, затраты на транспорт;

- прогнозируемый результат от реализации продукции растениеводства.

Оперативное управление, адаптация и эволюция управляющей системы путем корректировки параметров математических моделей и для решения задач вышестоящих уровней иерархии управления выполняется в режиме «онлайн» технологического процесса с использованием централизованной интегрированной обработки первичной информации.

В начале вегетационного периода комплекс должен выдавать технологическую карту возделывания планируемых к агропроизводству культур, скорректированную по метеорологическим условиям конкретного года, дате сева и состоянию почвы. В процессе мониторинга объектов управления состав агромелиоративных операций трансформируется и/или смещается по времени. Это может быть связано с аномалиями природно – климатических условий, характеризующихся изменением теплового и водного режима, размножением вредителей и т.п. действенных факторов, а также с социально - экономическими изменениями (неспредвиденный рост цен на товары и услуги, снижение закупочных цен на продукцию, изменение законодательства и налоговой политики т.д.). Программно – аналитический блок системы управления должен обеспечить методы и способы упреждения и выхода из подобных негативных ситуаций с наименьшими потерями (страхование урожая, фьючерсные сделки и т.п. мероприятия).

Перспективы изменения управленческих систем поддержки корректирующих воздействий на мелиоративный режим определяются перманентным ростом уровня встроенного в них искусственного интеллекта. В то же время разработку системы цифрового управления мелиоративным режимом агроэкосистем следует выполнять с учетом ее интеграции с информацией по организационно - экономическим процессам управления предприятием в целом. Последнее обусловлено и требованиями к АСУ ТП

технологий «Интернет вещей (ИВ)», с развитием которых в настоящее время связывается будущее и эволюция современных интернет-технологий [12, 10].

Гарантия практически полной автономности технологических процессов, снижающей/исключающей роль человека в обеспечении качества и производительности технологических процедур и операций сельскохозяйственного производства - следующий этап движения к «умному» и эффективному агропроизводству на мелиорируемых землях. Очередность и интенсивность степени использования технологических новаций в управлении формированием мелиоративного режима агроэкосистем в значительной мере зависит от уровня развития систем организационно – экономического управления предприятием и технологическими процессами производства в сфере мелиораций, сложившихся ранее. Однако, решающую роль в совершенствовании процессов цифровизации агропроизводства на мелиорированных землях играет государственная политика в области модернизации этого реального сектора экономики,

Заключение. Развитие комплексных мелиораций, являющихся важным фактором решения приоритетных народнохозяйственных задач АПК: продовольственной безопасности, импортозамещения и повышения уровня жизни населения в последнее время связывается с автоматизацией и технологизацией производства. Пока мелиорация не относится к секторам экономики, преуспевшим в сфере автоматизированного управления производством, что, с одной стороны, обеспечивает широкий фронт работ, а с другой – предоставляет большие возможности для трансфера лучших достижений из промышленных отраслей, имеющих значимые достижения в создании, внедрении и использовании АСУ. Наличие теоретически обоснованных, согласующихся с практикой эксплуатации унифицированных подходов к разработке инновационных технологий управления мелиоративным режимом агроэкосистем должно способствовать повышению

эффективности становления отечественного агропроизводства, соответствующего/превышающего мировой уровень.

Литература

1. Научные основы создания и управления мелиоративными системами в России. / Под научной редакцией д-ра техн. наук, профессора Кирейчевой Л.В. Монография. - М.: ФГБНУ "ВНИИ агрохимии", 2017 - 296 с.
2. Новые технологии проектирования, обоснования строительства, эксплуатации и управления мелиоративными/Под научной редакцией д-ра техн. наук, проф. Л.В. Кирейчевой. - М.: ВНИИА, 2010. - 240 с.
3. Эколого-экономическая эффективность комплексных мелиораций Барабинской низменности/ под ред. Л. В. Кирейчевой. -М.: ВНИИА, 2009. - 312 с.
4. Shabanov V. V. Avtomatizatsiya kompleksnogo regulirovaniya faktorov zhizni rastenii / Shabanov V. V. // *Gidrotekhnika i melioratsiya*. – 1982. – № 1.– S. 60-75. – [Elektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa: http://www.ieek.timacad.ru/kmirz/Htmls/works/-1982_41.pdf.
5. Духовный В.А., Нерозин С.А., Стулина Г.В., Солодкий Г.Ф. Программирование урожая сельскохозяйственных культур (системный подход в приложении к мелиорации). 2015. Ташкент.
6. Maslov B.S. *Agricultural Land Improvement: Amelioration and Reclamation. Volume I* // EOLSS Publications, 2009. – 444 p.
7. Щедрин В.И. и др. К вопросу создания электронных баз данных по типовым проектным решениям мелиоративных систем и сооружений / В.Н. Щедрин, В.И. Коржов, А.А. Белоусов, А.В. Шевченко, Т.В. Матвиенко, А.Б. Белоусов // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. – 2019. - № 2 (34). – С. 121 – 136.
8. David O’Sullivan *Industrial Automation: Course Notes*. – Universidade do Minho, 2009. – 62 p.

9. Cairney T. Reclaiming contaminated land. – London: Springer Science & Business Media, 2012. – 260 p.

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. 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. - DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.931.209

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

13. 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. - 042063. - DOI: 10.1088/1742-6596/1015/4/042063

14. 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.

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.

Literature

1. Scientific bases of creation and management of reclamation systems in Russia. / Under the scientific editorship of Dr. tech. Sciences, Professor Kireicheva Kireicheva, L. V., Monograph. - M.: FEDERAL state scientific institution "Institute of agriral chemistry", 2017 - 296 p.

2. New technologies for designing, justifying construction, operation and management of reclamation facilities/Under the scientific editorship of Dr. Techn. Professor L. V. Kireicheva, Moscow: VNIIA, 2010, 240 p.

3. Ecological and economic efficiency of complex meliorations of the Barabinsk lowland/ ed. by L. V. Kireicheva. - Moscow: VNIIA, 2009. -312 p.

4. Shabanov V. V. Avtomatizatsiya kompleksnogo regulirovaniya faktorov zhizni rastenii / Shabanov V. V. // *Gidrotekhnika i melioratsiya*. – 1982. – № 1.– P. 60-75. – [Elektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa: http://www.ieek.timacad.ru/kmirz/Htmls/works/-1982_41.pdf.

5. Dukhovny V. A., Nerozin S. A., Stulina G. V., Solodkiy G. F. crop yield programming (system approach in the application to land reclamation). 2015. Tashkent.

6. Maslov B.S. Agricultural Land Improvement: Amelioration and Reclamation. Volume I // EOLSS Publications, 2009. – 444 p.

7. Shchedrin V. I. et al. On the issue of creating electronic databases on typical design solutions for reclamation systems and structures / V. N. Shchedrin, V. I. Korzhov, A. A. Belousov, A.V. Shevchenko, T. V. Matvienko, A. B. Belousov // *Scientific journal of Russian research Institute of reclamation problems*. – 2019. - № 2 (34). – P. 121 – 136.

8. David O'sullivan Industrial Automation: Course Notes. – Universidade do Minho, 2009. – 62 p.

9. Cairney T. Reclaiming contaminated land. – London: Springer Science & Business Media, 2012. – 260 p.

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. 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. - DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.931.209.

12. Safety of ownerless hydraulic structures / G. T. balakai, I. F. Yurchenko, E. A. Lentyaeva, G. H. Yalalova. - Germany: LAP LAMBERT, 2016. - 85 p.

13. 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. - 042063. - DOI: 10.1088/1742-6596/1015/4/042063.

14. 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.

16. Yurchenko I.F., Bandurin M.A., Vanzha V.V., Volosukhin V.A., Bandurina I.P. Risk assessment of land reclamation investment projects. / In: Advances in social science, education and humanities research Proceedings of the International Conference Communicative Strategies of Information Society (CSIS 2018). 2019. Pp. 216-221.