

a takzhe o trebovaniyah k sostavu i sodержaniyu takih skhem»). <https://base.garant.ru/72060036/>

5. Solomin I.A. Tehnologicheskie osobennosti pererabotki tverdyh kommunalnyh othodov termicheskimi metodami/Doklady TSHA. Sb. statej. – M.: RSAU-MSHA imeni C.A. Timiryazeva, 2016. – S. 172-175.

6. GOST 30772-2001. Mezhgusadarstvenny standart. Resursosberezhenie.

7. Obrashchenie s otkhodami. Terminy i opredeleniya. <https://files.stroyinf.ru/Data1/9/9871/>

8. Tugov A.N., Tumanovsky A.G., Moskvichev V.F. Opyt VTI po szhiganiyu tverdyh bytovykh othodov v sloevykh topkakh. Gorenje tverdogo topliva / Doklady VIII Vseros. konf. s mezhdunar. uchastiem. – Novosibirsk: Izd-vo In-ta teplofiziki CO RAN, 2012. – S. 98.

9. Elektronny resurs: [https://www.giz.de/downloads/GIZ %20WasteToEnergy %20Guidelines %202017.pdf](https://www.giz.de/downloads/GIZ%20WasteToEnergy%20Guidelines%202017.pdf) «Waste-to-energy options in municipal solid waste management. A guide for decision makers in developing and emerging countries».

10. Solomin I.A. Razrabotka gorodskoj sistemy upravleniya tverdymi bytovymi othodami s uchedom regionalnyh uslovij: Uchebno-metodicheskoe posobie. – M.: Izd-vo RGAU-MSHA, 2016. – 84 s.

11. Solomin I.A., Bashkin V.N. Vybor optimalnoj tehnologii pererabotki TBO // Ekologiya i promyshlennost Rossii. EKiP. – 2005. – Sentyabr. – S. 42-45.

12. Federalny zakon «Ob othodah proizvodstva i potrebleniya» ot 24.06.1998 N89-ФЗ. <https://legalacts.ru/doc/FZ-ob-othodah-proizvodstva-i-potrebleniya/>

The material was received at the editorial office  
25.10.2019

### Information about the author

Solomin Igor Alexandrovich, candidate of technical sciences, associate professor of the department «Organization and technologies of building objects of environmental engineering», FSBEI HE RSAU-MAA; 127550, Moscow, ul. B. Academicheskaya, 44; e-mail: garik13solomin@yandex.ru

УДК 502/504:631.6

DOI 10.34677/1997-6011/2020-1-34-41

### Н.П. КАРПЕНКО

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

### И.Ф. ЮРЧЕНКО

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

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

*Цель настоящей работы – анализ развития теории и практики применения информационных технологий (ИТ) в системе диагностики технического состояния ГТС мелиоративного водохозяйственного комплекса и определение приоритетных направлений их совершенствования в соответствии с требованиями социально-экономического развития отечественного АПК, обеспечивающего его конкурентоспособность на мировом рынке. В статье проведен анализ развития теории и практики применения информационных технологий в системе диагностики технического состояния гидротехнических сооружений (ГТС) сферы мелиорации и определения приоритетных направлений их совершенствования. На основании проведенных исследований установлено, что контроль показателей состояния на большинстве ГТС осуществляется визуально и с применением контрольно-измерительной аппаратуры, по большей части разрушающими методами, вручную. Выявлен высокий потенциал процесса автоматизации операций технической диагностики сооружений мелиоративного водохозяйственного комплекса. Охарактеризованы современные комплексные информационные системы, использующиеся в передовых секторах экономики России и мира. Показана возможность*

*качественного улучшения и усовершенствования систем автоматизированной технической диагностики ГТС за счет приоритетного использования современных достижений информационных технологий.*

*Техническая диагностика, автоматизированные информационные технологии, мелиоративный водохозяйственный комплекс, гидротехнические сооружения.*

**Введение.** Ключевым инструментарием оценки надежности, ресурса работоспособности и прочих функциональных параметров гидротехнических сооружений является диагностика технического состояния, позволяющая осуществлять организацию процесса наблюдений, выявление аварийных ситуаций и своевременное принятие решений по их устранению [1-5]. Современное состояние ГТС мелиоративного водохозяйственного комплекса характеризуется значительной изношенностью, что способствует высоким уровням риска отказов и аварийных ситуаций и требует повышенного внимания к контролю и учету его работоспособности [6, 7]. Следует отметить, что частота чрезвычайных ситуаций свидетельствует о необходимости повысить качество управляющих воздействий, принимаемых в условиях ограниченности ресурсов, направляемых на техническую эксплуатацию. В настоящее время перспективным направлением решения проблемы безопасности и надежности функционирования ГТС признаются информационные технологии (ИТ), позволяющие на основе современных приборов, информационно-измерительных систем, сетевых компьютерных программ, новых аппаратных средств, дистанционных многофункциональных датчиков измерения деформационных и иных свойств выполнить контроль, осуществить комплексную оценку фактического и прогнозного состояния гидротехнических сооружений. Цель настоящей работы – анализ развития теории и практики применения ИТ в системе диагностики технического состояния ГТС мелиоративного водохозяйственного комплекса и определение приоритетных направлений их совершенствования в соответствии с требованиями социально-экономического развития отечественного АПК, обеспечивающего его конкурентоспособность на мировом рынке.

**Материал и методы исследований.** Выполненные исследования базировались на общенаучных методах: описания, сравнения, статистического анализа, системного подхода и экономико-математического моделирования. К объектам диагностики

технического состояния ГТС мелиоративного водохозяйственного комплекса относят: плотины; здания ГЭС; водосбросные, водоспускные и водовыпускные сооружения; тоннели; каналы, шлюзы; пьезометрические системы; силовые агрегаты; периметры ГТС; мосты; фундаменты [8]. Индивидуальные особенности ГТС, подлежащие учету при организации диагностики объекта наблюдения, определяются перечнем контролируемых показателей, основным критерием выбора которых является степень их влияния на безопасность ГТС. Системы диагностики ГТС мелиоративного водохозяйственного комплекса используются для контроля следующих параметров: напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов и бетона сооружения; пьезометрических уровней и фильтрационных процессов; осадки, смещения сооружения и его элементов, отклонения конструкций от оси нормали; измерений трансформаторов; вибрации (рис. 1).

Основу оценки надежности, работоспособности и безопасности ГТС в период функционирования представляют постоянные интегральные исследования их диагностических показателей, базирующиеся на инструментальных и визуальных методах контроля. На ГТС I, II классов опасности предусматриваются автоматизированные системы диагностики технического состояния, что позволяет снизить производственные издержки и негативное влияние «человеческого фактора» в процессе производства измерений, повысить точность статистических данных о работоспособности ГТС [10]. При контроле технического состояния ГТС III и IV классов, которые составляют основной объем ГТС мелиоративного водохозяйственного комплекса, как правило, преобладают визуальные обследования вместе с инструментальными измерениями. К сожалению, приходится отмечать, что в практике службы эксплуатации ГТС мелиоративного водохозяйственного комплекса широко распространены многочисленные отступления фактически выполняемых процедур системы диагностики технического состояния объектов

от требований нормативно – методической базы. Как правило, значительно сокращены необходимые визуальные обследования,

инструментальный контроль осуществляется, по большей мере, разрушающими методами и далеко не в полном объеме.

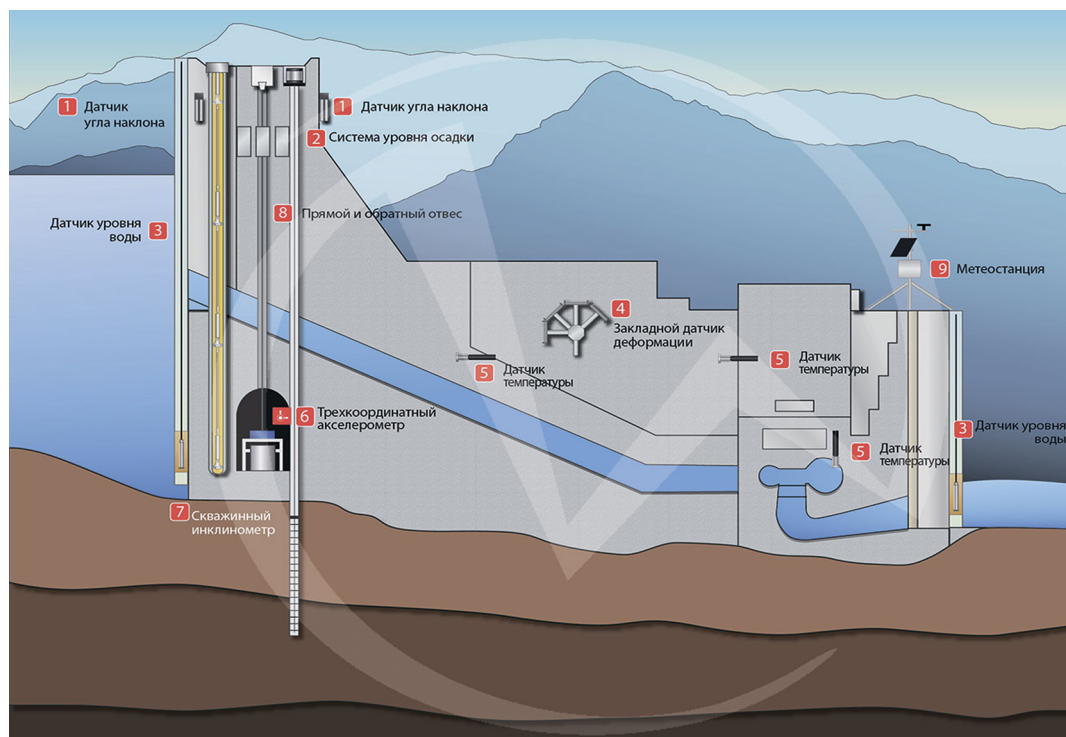


Рис. 1. Типовая схема диагностики ГТС, используемого в сфере мелиорации [9]

К характерным нарушениям можно отнести: недоступность проектно-сметной рабочей документации сооружений; игнорирование предписаний по ликвидации ранее установленных неисправностей; отсутствие нормативно-методического обеспечения реализации системы диагностики технического состояния ГТС; низкий уровень профессионализма работников службы эксплуатации; несогласованность плана ликвидации прогнозируемых аварий и чрезвычайных ситуаций; несоответствие наличествующей контрольно-измерительной аппаратуры и контрольно-измерительных приборов системе диагностики безопасности ГТС; недостаточная степень автоматизации операций контроля и учета технического состояния ГТС, обработки и трансформации исходных данных для назначения управляющих воздействий [11-13].

Качественно улучшить систему диагностики и мониторинга можно за счет использования современных достижений информационных технологий. В настоящее время на российском рынке представлены комплексные информационные системы, включающие в себя контроллинговый компонент, как зарубежных фирм (Share-Point,

Microsoft Project Server, Oracle Primavera), так и отечественных («Аванта», «Асведа», «Галактика», «Флагман», «Алеф»), получившие распространение в «продвинутых» секторах экономики страны (гидроэнергетики, атомной промышленности и др.). Такие системы, представляющие собой платформу-конструктор, обладающую гибкостью и универсальностью для настраивания объектов сложной структуры, позволяют осуществлять комплексный мониторинг значительного количества объектов на любых уровнях управления; развертывать инфраструктуру системы на весь комплекс объектов путем создания единой информационной платформы с многоуровневой иерархией и возможностью подключения неограниченного количества пользователей; поэтапно, согласно росту уровня требований, наращивать уровень сложности и функциональности системы; ограничиться одной информационной системой на всех уровнях, без использования других инструментов, таких, как Outlook и Excel; изменять визуальные настройки без программирования, путем изменения текущих параметров или создания новых объектов системы с новыми реквизитами и методами их обработки;

автоматизировать операции сбора требующейся информации; проводить отбор и анализ оперативных данных, трансформируя полученные результаты в управленческую информацию; предоставлять оперативный доступ к имеющейся в системе информации через интернет портал; обеспечивать режим многопользовательской децентрализованной эксплуатации; выполнять электронный документооборот, предоставляя на бумажном носителе только выходные материалы.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Информация, полученная в результате функционирования многоуровневой системы автоматизированной диагностики ГТС мелиоративного комплекса, может быть использована для решения насущных производственных вопросов, планирования производства на перспективу, определения потребностей в водных ресурсах. Так, реализация процедур диагностики на базе программного комплекса Trimble 4D Control компании Trimble Navigation (США) дополняет традиционно используемые в службе эксплуатации ГТС инструментарию контроля в режиме реального времени. Повышение действенности способов диагностики комплекса достигается интеграцией методов спутникового, оптического и геотехнического контроля. Программное обеспечение (ПО) эффективно сочетает принципы обобщенного изучения различных аспектов функционирования ГТС посредством формирования интегральной хронологической шкалы для различающихся типов измерений.

Процедуры диагностики Trimble 4D Control эффективно решают следующие задачи: контроль работы и трансформаций ГТС (и /или их конструкций); сбор сведений о техническом состоянии сооружения для прогнозирования возможных негативных ситуаций в процессе его эксплуатации; оперативное оповещение лиц, принимающих решение и соответствующих функциональных подразделений службы эксплуатации о достижении установленных критериальных величин наблюдаемых параметров; формирование максимально полных и достоверных сведений о техническом состоянии конструктивных элементов сооружений, дифференцированных по периодам наблюдений.

Система контроля сооружений включает оптические, представленные роботизированными тахеометрами, спутниковые и геотехнические инструментарию измерения в виде различных датчиков. При потребности

в иных данных на ГТС устанавливается соответствующая измерительная аппаратура и оборудование (акселерометры, тензиометры, датчики уклона, пьезометры, метеостанции и прочие), передающие измеренные данные регистраторам. Сведения поступают на сервер, где выполняется изучение, отбор, процессы оценки, визуализации и формируется сообщение специалистам о недопустимом отклонении критериальных значений измеряемых показателей по электронной почте и мобильной связи.

Достаточно высокий уровень возможностей демонстрирует программное обеспечение MonSol Monitoring Server автоматизированной системы диагностики состояния конструкций фирмы MonSol [14]. К ним относятся: формирование единого информационного поля на базе измерительных устройств (датчиков), созданных по различающимся технологиям и/или различными производителями; интеграция информационно-измерительных систем, использующих типовые промышленные протоколы и протоколы web-сервисов; контроль работоспособности измерительной аппаратуры и варьирования размаха наблюдаемых параметров; регулирование состава контрольно-измерительных устройств; контроль отклонения показателей технического состояния ГТС от установленных значений; формирование упреждающих оповещений о потенциально-опасном и/или предаварийном состоянии ГТС; подготовка отчетов, графики, таблиц на экране монитора; архивирование и сохранение сформированных сведений в базе данных.

Многофункциональная система мониторинга состояния гидротехнических сооружений (СМГС), разработанная компанией «Флагмангео», ориентирована на автоматизацию наблюдения надежности и работоспособности плотин, дамб, инженерных объектов, конструктивных элементов, машин и механизмов, входящих в состав ГТС, в период создания и использования последних [15]. СМГС обеспечивает постоянство контроля, осуществляемого пространственно-протяженными оптико-волоконными датчиками; сетью или локально установленными сенсорными датчиками, интегрированными в общий измерительный комплекс. ПО системы гарантирует непрерывность формирования оценки технического состояния отдельных элементов и всего ГТС. в целом. СМГС базируется на комплексном



применении SRPF-технологии (Spatially reliable perpetual fiber), дополненной системой реализации сетей и локально установленных сенсоров. SRPF-технология использует пространственно-непрерывную систему волоконно-оптических датчиков, что позволяет выполнять оценку напряженно-деформированного состояния и целостности конструктивных элементов ГТС. Сети и локальные сенсоры (датчики) используются для учета трансформации грунтов оснований ГТС, изменения положения в пространстве конструктивных элементов объектов наблюдения, дефектов использующихся машин и механизмов. Объединение комплекса SRPF-сенсоров, сетевых и локальных измерительных устройств образуют единую автоматизированную систему измерения на «первом (нижнем)» уровне, обеспечивающую информационную поддержку процессам оценки работоспособности и надежности отдельно взятых сооружений и системы в целом на следующем «верхнем (втором)» уровне мониторинга. Основными направлениями совершенствования цифровизации диагностики технического состояния ГТС мелиоративного водохозяйственного комплекса считается внедрение следующих инновационных решений: оснащение функционирующих систем недостающим контрольно-измерительным оборудованием и автоматизация процессов диагностики; создание систем контроля и на основе струнного, электрического, волоконно-оптического оборудования или их гибридов; разработка новых датчиков (отечественного производства) под конкретные условия на основе оптоволокна; создание сетевой автоматизированной системы сбора данных от исходного комплекса системы многофункциональных датчиков измерения диагностических свойств гидротехнических сооружений; моделирование прогнозируемого состояния наблюдаемого объекта для формирования критериев его экологической безопасности; формализация приоритетных задач эффективного регулирования технического состоянием ГТС, базирующихся на системе многофункциональных датчиков и прогнозных моделей; применение интернет диагностики ГТС [16-20].

Повышение роли ИТ в диагностике состояния ГТС обеспечивают сбор и трансфер данных измерений в Интернет по мобильной связи; анализ текущего состояния ГТС в сравнении с выполненным ранее по сведениям, полученным с веб-камер; размещение

в удаленном доступе (вне ГТС) сервера компьютерной сети с программами трансформации данных измерений и регулирования надежности сооружения; использование методов Data Mining и группового учета аргументов для анализа данных измерений, выявляющих правила поведения и возможность построения модели, характеризующей изменения во времени свойств объекта наблюдения; разработка виртуальных моделей ГТС, непрерывность контроля данных измерений и моделирования, прогнозное моделирование состояния объекта.

Аппарат по обслуживанию интегрированной автоматизированной системы регулирования надежности и безопасности ГТС мелиоративного водохозяйственного комплекса может быть создан в составе Департамента мелиорации министерства сельского хозяйства России. При создании системы управления базой данных необходимо предусмотреть многопользовательский режим работы, включая децентрализованное использование, что даст возможность заинтересованным организациям реализовать данные базы для решения собственных специальных вопросов.

### Выводы

Совершенствование информационных технологий диагностики ГТС позволит оптимизировать количество используемых материальных и человеческих ресурсов, получать достоверную информацию о состоянии гидротехнического объекта в режиме реального времени (и/или к нему приближенно), а, следовательно, минимизировать риски возникновения чрезвычайных ситуаций и исключить сопутствующие материальные и человеческие потери.

### Библиографический список

1. Научные основы создания и управления мелиоративными системами в России / Л.В. Кирейчева, И.Ф. Юрченко, В.М. Яшин и др. / 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 системами / Л.В. Кирейчева, И.Ф. Юрченко, В.М. Яшин и др. / Под научной редакцией д-ра техн. наук, проф. Л.В. Кирейчевой. – М.: ВНИИА, 2010. – 240 с.

3. Федеральный закон № 117-ФЗ от 21.07.97 «О безопасности гидротехнических сооружений». [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_15265/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15265/)

4. СТО 70238424.27.140.035-2009. Гидроэлектростанции. Мониторинг и оценка технического состояния гидротехнических сооружений в процессе эксплуатации. Нормы и требования. <http://docs.cntd.ru/document/1200093524>

5. Инструкция по ведению мониторинга технического и функционального состояния водоподпорных гидротехнических сооружений мелиоративного назначения / Составители: В.А. Шадских, Р.Б. Туктаров, В.П. Мельникова и др. – Энгельс: 2016. – 39 с.

6. **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.

7. **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.

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

9. **Голованов А.И., Айдаров И.П., Григорьев М.С.** Мелиорация земель. – М.: Колос, 2014. – 104 с.

10. ГОСТ Р 55260.1.4-2012. Гидроэлектростанции. Часть 1-4. Сооружения ГЭС гидротехнические. Общие требования по организации и проведению мониторинга. <http://docs.cntd.ru/document/1200103581>

11. **Титовская А.И.** Мониторинг и прогноз научно-технологического развития АПК в сфере мелиорации, восстановления земельных ресурсов, эффективного и безопасного использования удобрений и химикатов. – Белгород: КОНСТАНТА, 2017. – 203 с.

12. **Устинов А.В.** Технология спутникового геодезического мониторинга гидротехнических сооружений // Гидротехническое строительство. – 2019. – № 1. – С. 39-43.

13. **Чудновский С.М.** Эксплуатация и мониторинг систем и сооружений. – Вологда: ВоГУ, 2016. – 147 с.

14. Разработка программного обеспечения. [Электронный ресурс], режим доступа: <https://monsol.ru/uslugi/razrabotka-programmnogo-obespechenia/>.

15. Многофункциональная система мониторинга состояния гидротехнических сооружений. [Электронный ресурс], режим доступа: <http://flagman-geo.ru/mnogo-funktsionalnaya-sistema-monitoringa-sostoyaniya-gidrotekhnicheskikh-sooruzheniy>.

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

17. **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.

18. **Yurchenko I.F.** Automatization of water distribution control for irrigation. International Journal of Advanced and Applied Sciences. 2017. 4(2): P. 72-77.

19. **Yurchenko I.F.** Information support for decision making on dispatching control of water distribution in irrigation. Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – Т. 1015. – С. 042063.

20. **Yurchenko I.F.** Information support system designed for technical operation planning and reclamative facilities / I.F. Yurchenko // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. – 2018. – Vol. 96. – No. 5. – P. 1253-1265.

Материал поступил в редакцию 12.09.2019 г.

#### Сведения об авторах

**Карпенко Нина Петровна**, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой гидрологии, гидрогеологии и регулирования стока, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, г. Москва, Прянишникова, 19; e-mail: nprkarpenko@yandex.ru

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

**N.P. KARPENKO**

Federal state budgetary educational institution of higher education Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev, Moscow, Russian Federation

**I.F. YURCHENKO**

Federal state scientific institution «All-Russian research Institute of hydraulic engineering and melioration named after A.N. Kostyakov», Moscow, Russian Federation

## **IMPROVEMENT OF INFORMATION TECHNOLOGIES FOR DIAGNOSTICS OF TECHNICAL CONDITION OF HYDRAULIC STRUCTURES**

*The article analyzes the development of the theory and practice of information technology in the system of diagnostics of the technical condition of hydraulic structures (GTS) of the sphere of melioration and identification of priority areas for their improvement. On the basis of the conducted research it is established that control of the condition indicators of the majority of GTS is carried out visually and with application of the control and measuring equipment, for the most part destructive methods, manually. There is revealed a high potential of the automation process of operations of structures technical diagnostics of meliorative water management complex. The modern complex information systems used in the advanced sectors of the economy of Russia and in the world are characterized. The possibility of qualitative improvement and improvement of systems of automated technical diagnostics of GTS due to the priority use of modern achievements of information technologies is shown.*

*Technical diagnostics, automated information technologies, reclamation water management complex, hydraulic structures.*

### **References**

1. Nauchnye osnovy sozdaniya i upravleniya meliorativnymi sistemami v Rossiiv Rossii / L.V. Kirejcheva, I.F. Jurchenko, V.M. Yashin, N.P. Karpenko i dr. Pod nauchnoj redaktsiej doktora tehnikeskikh nauk, professora Kirejchevoj L.V. – Monografiya. – M.: FGBNU «VNII agrohimi», 2017. – 296 s
2. Novye tehnologii proektirovaniya, obosnovaniya syroitel'srva, ekspluatatsii i upravleniya meliorativnymi sistemami / L.V. Kirejcheva, I.F. Jurchenko, V.M. Yashin, N.P. Karpenko i dr. Pod nauchnoj redaktsiej doktora tehnikeskikh nauk, professora Kirejchevoj L.V. – M.: VNIIA, 2010. – 240 s.
3. Federalny zakon № 117-FZ ot 21.07.97 «O bezopasnosti gidrotehnikeskikh sooruzhenij». [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_15265/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15265/)
4. STO 70238424.27.140.035-2009. Hidroelektrostantsii. Monitoring i otsenka tehnikeskogo sostoyaniya gidrotehnikeskikh sooruzhenij v protsesse ekspluatatsii. Normy i trebovaniya. <http://docs.cntd.ru/document/1200093524>
5. Instruktsiya po vedeniyu monitoring tehnikeskogo i funktsionalnogo sostoyaniya vodonapornyh gidrotehnikeskikh sooruzhenij meliorativnogo naznacheniya / Sostvite-li V.A., Shadskih R.B., Tuktarov V.P., Melnikova R.D. i dr. – Engels: 2016. – 39 s.
6. Volosukhin Ya.B., Bandurin M.A. Provedenie ekspluatatsionnogo monitoringa s primeneniem nerazrushayushchih metodov kontrolya i avtomatizatsiya modelirovaniya tehnikeskogo sostoyaniya gidrotehnikeskikh sooruzhenij // Monitoring. Nauka i bezopasnost. – 2011. – № 3. – S. 88-93.
7. Volosukhin Ya.B., Bandurin M.A. Voprosy modelirovaniya tehnikeskogo sostoyaniya vodoprovodyashchih kanalov pri provedenii ekspluatatsionnogo monitoringa // Monitoring. Nauka i bezopasnost, 2012. – № 1. – S. 70-74.
8. Bandurin M.A., Yurchenko I.F., Volosukhin V.A. i dr. Ekologo-ekonomicheskaya effektivnost diagnostiki tehnikeskogo sostoyaniya vodoprovodyashchih sooruzhenij orositelnyh sistem // Ekologiya i promyshlennost Rossii, 2018. – T. 22. – № 7. – S. 66-71.
9. Golovanov A.I., Aidarov I.P., Grigorov M.S. Melioratsiya zemel. – M.: Kolos, 2014. – 104 s.
10. GOST R55260.1.4-2012. Hidroelektrostantsii. Chast 1-4. Sooruzheniya GES gidrotehnikeskie. Obshchie terebovaniya po organizatsii i provedeniyu monitoringa. <http://docs.cntd.ru/document/1200103581>
11. Titovskaya A.I. Monitoring i prognoz nauchno-tehnologicheskogo razvitiya APK v sfere melioratsii, vosstanovleniya zemelnykh resursov, effektivnogo i bezopasnogo ispolzovaniya udobrenij i himikatov. – Belgorod: KONSTANTA, 2017. – 203 s.
12. Ustinov A.V. Tehnologiya sputnikovogo geodezicheskogo monitoringa

gidrotehnicheskikh sooruzhenij / Gidrotehnicheskoe stroitelstvo. – 2019. – № 1. – S. 39-43.

13. **Chudnovsky S.M.** Expluatatsiya i monitoring system i sooruzhenij. – Vologda: VoGU, 2016. – 147 s.

14. Razrabotka programmogo obespecheniya. [Elektronny resusr], rezhim dostupa: <https://monsol.ru/uslugi/razrabotka-programmnogo-obespechenia/>.

15. Mnogofunktsionalnaya sistema monitoringa sostoyaniya gidrotekhnicheskikh-sooruzhenij. [Elektronny resusr], rezhim dostupa: <http://flagman-geo.ru/mnogo-funktsionalnaya-sistema-monitoringa-sostoyaniya-gidrotekhnicheskikh-sooruzheniy>.

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

17. **Yurchenko I.F., Trunin V.V.** Sovershennyye sistemy vodopolzovaniya kak faktor sohraneniya pochvennogo plodorodiya i us-toichivosti selskohozyajstvennogo proizvodstva v oroshaemyh agrolandshaftah // Agrohimichesky vestnik. – № 1. – S. 25-27.

18. **Yurchenko I.F.** Automatization of water distribution control for irrigation. International Journal of Advanced and Applied Sciences. 2017. 4(2): P. 72-77.

19. **Yurchenko I.F.** Information support for decision making on dispatching control of water distribution in irrigation. Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – T. 1015. – C. 042063

20. **Yurchenko I.F.** Information support system designed for technical operation planning and reclamative facilities / I.F. Yurchenko // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. – 2018. – Vol. 96. – No. 5. – P. 1253-1265.

The material was received at the editorial office  
12.09.2019

#### Information about the authors

**Karpenko Nina Petrovna**, doctor of technical sciences, associate professor, head of department of hydrology, hydrogeology and flow control – Federal State Budgetary Educational Institution HE – Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after C.A. Timiryazev, Russia; 127550, Moscow, Pryanishnikova str., 19; e-mail: [npkarpenko@yandex.ru](mailto:npkarpenko@yandex.ru)

**Yurchenko Irina Fedorovna**, doctor of technical sciences, associate professor, chief researcher of the Department of environmental and information technologies of VNIIGIM named after A.N. Kostyakov; 127550, Moscow, ul. B. Akademicheskaya, 44. case 2; e-mail: [irina.507@mail.ru](mailto:irina.507@mail.ru)

УДК 502/504:631.4

DOI 10.34677/1997-6011/2020-1-41-47

**А.С. ИСАЕВ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

## РОЛЬ ПРИРОДНЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЙ В ФОРМИРОВАНИИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА БАСЕЙНА САНЫ

*Географическое положение, солнечная радиация, количество выпадающих осадков, наличие поверхностных, почвенных и грунтовых вод, рельеф, почвообразующая порода, живые организмы, производственная деятельность человека и др. являются факторами почвообразования и оказывают разное по интенсивности воздействие на формирование и развитие почв. Целью исследования является изучение природных условий бассейна Саны как факторов почвообразования, выявление факторов, которые вносят наиболее значимый вклад в процесс почвообразования, и определение их роли в формировании генетического типа почв, почвенного профиля, физических, водно-физических и химических свойств почв, определяющих уровень плодородия и продуктивность почв. Выявление и дифференциация по площади основных факторов почвообразования, наряду с проведением наземной почвенной съёмки позволяет выделить на местности границы распространения почвенных разностей на изучаемой территории.*

*Факторы почвообразования, географическое местоположение, климат, солнечная радиация, растения и живые организмы, рельеф.*