

УДК 626

DOI: 10.31774/2658-7890-2020-4-70-82

А. А. Сухов, Д. Н. Никифорова, В. Р. Колотилкина

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Российская Федерация

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СОСТОЯНИЕМ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ЕГО ДИАГНОСТИКИ

Общая *цель* оперативного мониторинга технического состояния ГТС мелиоративных систем состоит в обнаружении детериорации (ухудшение состояния) степени физического износа, причин, которые влекут за собой ухудшение состояния, уменьшение работоспособности сооружения. *Материалы и методы.* 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. *Результаты.* Определено, что контроль показателей состояния на большинстве ГТС осуществляется визуально и с помощью контрольно-измерительной аппаратуры, преимущественно разрушающими методами, вручную. Выявлен высокий потенциал процесса автоматизации операций технического диагностирования сооружений мелиоративного водохозяйственного комплекса. Характерны современные сложные информационные системы, используемые в передовых отраслях экономики России и мира. Представлена возможность качественного совершенствования и развития системы автоматизированной технической диагностики ГТС за счет приоритетного использования современных достижений информационных технологий. *Выводы:* разработанная методика позволяет совершенствовать информационные технологии диагностики ГТС, разумное использование такой системы устанавливает длительность безопасного режима эксплуатации ГТС, позволяет снизить эксплуатационные затраты в период использования и при негативном воздействии на окружающую среду и создает новые информационные системы, которые позволяют управлять гидротехническими сооружениями.

Ключевые слова: гидротехнические сооружения; эксплуатация объекта; мониторинг; техническая диагностика; автоматизированные информационные технологии.

A. A. Sukhov, D. N. Nikiforova, V. R. Kolotilkina

Federal Scientific Center for Agroecology, Complex Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russian Federation

HYDRAULIC ENGINEERING STRUCTURE CONTROL SYSTEM AND ITS DIAGNOSTICS TECHNOLOGY IMPROVEMENT

The general *purpose* of real-time monitoring of the technical condition of hydrotechnical structures of reclamation systems is to detect the deterioration (deterioration of the condition) of the degree of physical wear and tear, the reasons that entail the deterioration of condition, a decrease in efficiency of the structure. *Materials and methods.* The studies carried out were based on general scientific methods: descriptions, comparisons, statistical analysis,



systems approach and economic and mathematical modeling. The objects of diagnostics of the technical condition of the hydrotechnical structure of the reclamation water complex include: dams, hydroelectric power plant buildings, spillways, drainage and water outlets, tunnels, canals, locks, piezometric systems, power units, perimeters of the hydraulic system, bridges, foundations. **Results.** It has been determined that the control of the state indicators on most hydraulic structures is carried out visually and with the help of control and measuring equipment, mainly by destructive methods, manually. The high potential of the process of automation of operations of technical diagnostics of the structures of the reclamation water industry complex has been revealed. The modern complex information systems used in the advanced sectors of the economy of Russia and the world are characterized. Possibility of qualitative improvement and development of the system of automated technical diagnostics of hydraulic structures due to the priority use of modern achievements of information technologies is presented. **Conclusions:** the developed methodology makes it possible to improve information technologies for diagnostics of hydraulic structures, the reasonable use of such a system establishes the duration of the safe operation of hydraulic structures, reduces operating costs during the period of use and with a negative impact on the environment, and creates new information systems that allow managing hydraulic structures.

Key words: hydraulic structures; facility operation; monitoring; technical diagnostics; automated information technology.

Введение. Проведя подробный анализ научных работ и публикаций [1–14], сделали выводы об актуальности и востребованности решения проблемы диагностики состояния ГТС. Оперативный подход к мониторингу ГТС является необходимым. Так как такие виды объектов, как ГТС, относятся к ряду опасных сооружений, даже незначительная авария может повлечь за собой крайне негативные последствия. Следовательно, инкорпорирование (включение меньших объектов в состав большего) новых методов и машин для контроля работы ГТС является необходимым.

Благодаря проведенным исследованиям ГТС и наблюдениям за ними можно выявить действительное состояние конструктивных элементов, степень физического износа ГТС мелиоративных систем.

Преобладающими недостатками являются полное разрушение отдельных элементов каналов водоснабжения, появление дефектов, нарушающих нормальную работу конструкции данного сооружения, нарушение боковых стыков, а также разрушение опорных зон.

Материалы и методы. Во время эксплуатации ГТС и его составные элементы сооружения подвергаются влиянию различных природно-климатических обстоятельств, постоянных нагрузок, а также временных.

М. И. Бальзанников, Б. Г. Иванов, А. А. Михасек подчеркивают, что «материал, используемый в конструктивных элементах ГТС, со временем неизбежно стареет, теряет свои первоначальные качества и, естественно, потребительские свойства. При этом повышается опасность разрушения сооружения и нанесения вреда окружающей природной среде» [1].

При проведении исследований опирались на общенаучные методы описания, сравнения, статистического анализа, системного подхода и экономико-математического моделирования. М. А. Бандурин и др. считают, что «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» [2].

Коэффициент надежности подсистемы, характеризующий работоспособность $R_{п.с.}$:

$$R_{п.с.j} = 1 - \Phi_{п.с.},$$

где $\Phi_{п.с.}$ – физический износ или отказ элементов системы или подсистемы, который определяется по формуле:

$$\Phi_{п.с.} = \frac{\sum_{j=1}^m \Phi_{kj} \cdot Z_j}{\sum_{j=1}^m Z_j},$$

где m – количество видов элементов и сооружений;

Φ_{kj} – физический износ сооружений подсистемы различного характера;

Z_j – коэффициенты влияния различного характера сооружений на состояние других.

Физический износ сооружений:

$$\Phi_{kj} = \sum_{i=1}^n \Phi_i \cdot \frac{P_i}{P_k},$$

где n – число поврежденных участков;

Φ_i – физический износ элементов сооружения;

P_i – размеры (площадь или длина) поврежденного участка, m^2 или м;

P_k – размеры всей конструкции, m^2 или м.

К сожалению, нельзя не заметить, что в практике эксплуатации ГТС широко распространены многочисленные отклонения фактических процедур, которые выполняются для диагностики технического состояния объектов, от требований нормативно-методической базы. Как правило, необходимость визуальных осмотров значительно сокращается, инструментальный контроль проводится преимущественно деструктивными методами и далеко не полностью.

Н. П. Карпенко и др. отмечают: «К характерным нарушениям можно отнести: недоступность проектно-сметной рабочей документации на сооружения, игнорирование предписаний по ликвидации ранее установленных неисправностей, отсутствие нормативного методического обеспечения реализации системы диагностики технического состояния ГТС, низкий уровень профессионализма работников службы эксплуатации, несогласованность плана ликвидаций 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» [3–5, 7].

Можно значительно повысить качество системы диагностики и мониторинга, если использовать современные успехи информационных технологий. Сегодня на отечественном рынке представлено достаточное количество информационных систем, имеющих управляющую составляющую, и зарубежных представителей (SharePoint, Microsoft Project Server, Oracle Primavera), и российских («Аванта», «Асведа», «Галактика», «Флагман», «Алеф»), которые получили масштабное распространение

в новой отрасли экономики страны (гидроэнергетика, атомная промышленность и многие другие).

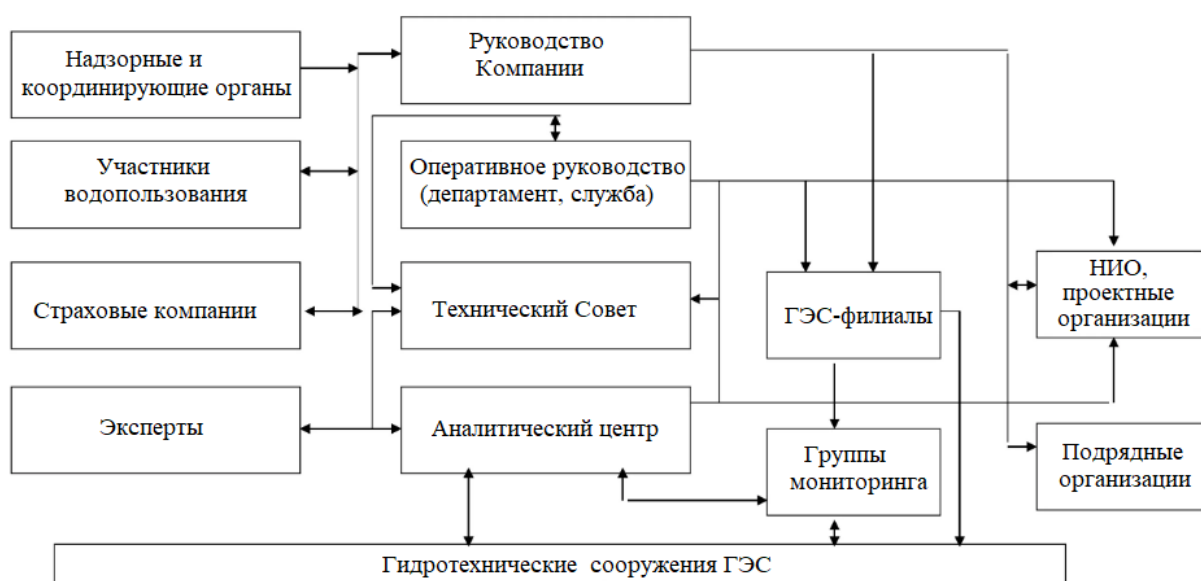
Системы, которые лежат в основе проектирования, имеющие гибкость и универсальность под адаптацию объектов любой сложности, дают возможность проводить комплексный мониторинг большого числа объектов на любом уровне управления; применять системную инфраструктуру для всего комплекса объектов и создавать уникальную информационную нишу с иерархией не на одном, а на нескольких уровнях и возможность подключать неограниченное количество пользователей; повышать функциональность и сложность системы, исходя из увеличения спроса; достигнуть уровня использования лишь одной информационной системы на всех уровнях; преобразовать визуальные настройки путем изменения текущих параметров или создания новых объектов системы с новыми частями и методами их обработки; автоматизировать операции по сбору необходимой информации; сбора и обработки оперативных данных с последующим преобразованием их для использования в управленческой деятельности; обеспечить быстрый доступ к информации, имеющейся в системе, через интернет-портал; осуществить многопользовательский разрозненный режим работы; реализовать электронный оборот документов, выходных материалов только на бумажном носителе.

Во избежание разрушения ГТС и устранения отрицательного воздействия на окружающую среду требуются крупные затраты для того, чтобы восстановить конструкцию и поддерживать должное эксплуатационное и техническое состояния объекта. От того, насколько продуктивно сохраняются эксплуатационные свойства ГТС, поддерживается уровень надежности и долговечности, качества функционирования и финансовых затрат, зависит время безопасной эксплуатации ГТС, уменьшение отрицательного воздействия на окружающую среду и величина эксплуатационных затрат. Одна из основополагающих отличительных черт системы управления со-

стоянием ГТС заключается в том, что она дает возможность контролировать работу и обслуживание ГТС: не только получать информацию, но и различать ее.

По мнению М. И. Бальзанникова и др., «особенностью управления состоянием ГТС является возможность прямого контроля рабочего процесса не только для извлечения информации, но и для распределения средств, позволяющих регулировать финансирование в зависимости от принятой стратегии работы. При надлежащем техническом обслуживании объекта, таком как выполнение задач, в первую очередь связанных с наблюдением, техническим обслуживанием и профилактикой, ремонт может не потребоваться» [1].

На рисунке 1 [15] схематически показана структура организации системы контроля безопасности ГТС.



Применение – Условный знак ↔ означает наличие оперативной прямой и обратной связи

Рисунок 1 – Организационная структура системы контроля безопасности ГТС гидротехнического назначения

Результаты. Решая задачу разработки современных концепций постоянного продолжительного мониторинга ГТС, имеем ряд технических альтернатив, а также технологических. Один из самых подходящих вари-

антов решения проблемы – разработка способов и методов дистанционного получения необходимых данных о Земле и геоинформационных систем. Указанные разработки имеют широкое практическое применение в разных направлениях хозяйственной деятельности. При использовании современных спутниковых технологий появилась возможность получать данные об изменении состояния ГТС, такие как движение грунта и др. На данный момент спутниковые возможности имеют ограничения. В дополнение к спутниковому методу, который не является исчерпывающим, существуют другие варианты исследований, например, беспроводные сенсорные сети (БСС), которые в последнее время наиболее актуальны. В БСС активно развиваются системы автоматизации, управления и контроля. Во взаимодействии с устройствами управления датчики создают распределенную самоорганизующуюся систему для сбора, обработки и передачи информации. Самоорганизующаяся сеть – система, в которой устройства могут обнаруживать друг друга и формировать сеть самостоятельно, а в случае сбоя работы любого из узлов они могут устанавливать новые маршруты для передачи сообщений.

Сенсорные сети не требуют дополнительных расходов в виде дорогостоящих кабелей для построения сети вместе с другим вспомогательным оборудованием (кабельные каналы, шкафы, клеммы и др.). БСС может свободно интегрироваться в существующую сеть без изменений контракции, так как она поддерживает основные интерфейсы и протоколы, которые используются на данный период времени.

БСС – одно из наиболее перспективных направлений развития современных телекоммуникационных систем, открывающих новые возможности для научных исследований. Миниатюрный размер узлов (плата в один кубический дюйм), встроенный радиointерфейс, низкое энергопотребление и относительно низкие затраты делают эту сеть очень рентабельной для использования в тех областях жизни, где необходимо созда-

вать системы контроля и управления или контролировать безопасность. БСС необходима в первую очередь в тех областях, где прокладка кабелей обычно невозможна по техническим, экономическим или организационным причинам.

Вот что говорят о БСС специалисты Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики¹: «Сенсорный сетевой узел (mot) – это плата, которая содержит трансивер, микроконтроллер, батареи, память и датчик. Датчики могут использоваться по-разному, чаще всего используются датчики температуры, давления, влажности, освещения, реже датчики измерения вибрации или химикатов. В большинстве БСС используется программное обеспечение TiniOS, разработанное в Университете Беркли. Максимальное расстояние, на которое может быть передано сообщение, не более 100 м. Для приема и отправки данных каждый узел оснащен антенной». Процесс работы сенсорной сети показан на рисунке 2¹ [6].

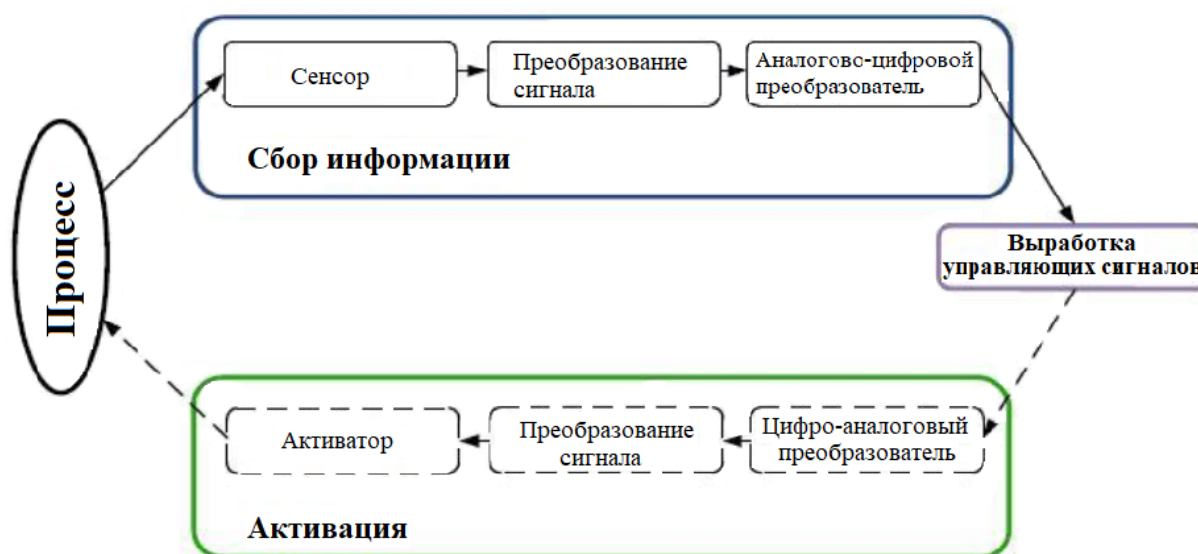


Рисунок 2 – Процесс работы сенсорной сети¹

М. И. Балъзанников и др. считают, что «мониторинг должен быть двух видов: индикативный и репрезентативный. Репрезентативность под-

¹ Глава 1. Общие сведения о беспроводных сенсорных сетях. Беспроводные сенсорные сети и стандарты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docplayer.ru/26238971-Glava-1-obshchie-svedeniya-o-besprovodnyh-sensornyh-setyah-besprovodnye-sensornye-seti-i-standarty.html>, 2020.

разумеает, что ГТС полностью исследуется во взаимодействии всех факторов внутренней и внешней среды с учетом особенностей технологического процесса, в который входит предмет исследования. Репрезентативный надзор требует больших затрат времени и времени для реализации. В связи с этим необходимо выделить параметры экспресс-контроля (показатели), которые доступны для измерения и вместе с установленными показателями безопасности легко и быстро измеряются. Измерение и оценка показателей – это суть индикативного мониторинга» [1].

Таким образом, общий мониторинг состоит из нескольких этапов. На первом этапе осуществляется ориентировочный надзор, определяющий динамику параметров ГТС, в случае если показатели отрицательные, начинается второй этап, который представляет собой репрезентативный надзор. Это дает возможность повысить эффективность, надежность и снизить затраты на определение уровня безопасности ГТС.

Вывод. Во-первых, усовершенствование информационных технологий диагностики ГТС позволит минимизировать материальные расходы, а также рационализировать использование человеческого труда, получать наиболее точные данные о состоянии объекта ГТС в реальном времени (и (или) приближенно) и, как следствие, свести к минимуму риск возникновения аварийных ситуаций и исключить сопутствующие материальные и человеческие потери.

Во-вторых, из-за старения материалов, используемых в конструкции ГТС, и воздействия различных природно-климатических факторов возможно возникновение аварийной ситуации и опасности для жизнедеятельности людей и окружающей среды.

В-третьих, улучшить численный анализ ГТС на наличие дефектов позволит разработка программного комплекса. С учетом изменения реологических свойств грунта можно увеличить безопасность ГТС во время эксплуатации.

В-четвертых, использование информационных систем в непрерывном контроле и мониторинге состояния ГТС должно быть в основе системы управления для их долговечности, доступной стоимости, мобильности и автоматизации.

Список использованных источников

1 Бальзанников, М. И. Система управления состоянием гидротехнических сооружений / М. И. Бальзанников, Б. Г. Иванов, А. А. Михасек // Вестник МГСУ. – 2012. – № 7. – С. 119.

2 Эколого-экономическая эффективность диагностики технического состояния водопроводящих сооружений оросительных систем / М. А. Бандурин, И. Ф. Юрченко, В. А. Волосухин, В. В. Ванжа, Я. В. Волосухин // Экология и промышленность России. – 2018. – Т. 22, № 7. – С. 66–71. – DOI: 10.18412/1816-0395-2018-7-66-71.

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

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

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

6 Агафонов, Н. Технологии беспроводной передачи данных ZigBee, BlueTooth, Wi-Fi / Н. Агафонов // Беспроводные технологии. – 2014. – № 1. – С. 10–15.

7 Карпенко, Н. П. Совершенствование информационных технологий диагностики технического состояния гидротехнических сооружений / Н. П. Карпенко, И. Ф. Юрченко // Природообустройство. – 2020. – № 1. – С. 34–39.

8 Эксплуатационно-технологические показатели работы агрегатов на посевах капсулированных семян / Ю. А. Тырнов, А. В. Балашов, В. П. Белогорский, А. А. Сухов // Наука в центральной России. – 2013. – № 2. – С. 32–35.

9 ГОСТ Р 55260.1.4-2012. Гидроэлектростанции. Ч. 1–4. Сооружения ГЭС гидротехнические. Общие требования по организации и проведению мониторинга. – Введ. 2014-07-01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 48 с.

10 Пути повышения эффективности и надежности гравитационных плотин из малоцементного бетона / В. А. Шабанов, М. И. Бальзанников, В. А. Рыжов, С. В. Осипов, В. В. Конько, В. П. Шкарин // Гидротехническое строительство. – 2001. – № 12. – С. 2–7.

11 Механическая сеялка для высева капсулированных семян / Ю. А. Тырнов, А. В. Балашов, В. П. Белогорский, С. П. Стрыгин, А. А. Сухов // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 5. – С. 18–19.

12 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.

13 Комплексное обследование технического состояния строительных конструкций сооружений Жигулёвской ГЭС / М. И. Бальзанников, В. А. Зубков, Н. В. Кондратьева, В. А. Хуртин // Гидротехническое строительство. – 2013. – № 6. – С. 21–27.

14 Теоретическое обоснование давлений и усилий при прессовании компонентов смеси семенной капсулы в закрытых пресс-формах / Ю. А. Тырнов, А. В. Балашов, В. П. Белогорский, А. А. Сухов // Наука в центральной России. – 2013. – № 2. – С. 4–6.

15 СТО 70238424.27.140.040-2010. Гидроэлектростанции. Организация системы надзора за безопасностью гидротехнических сооружений в гидрогенерирующих компаниях. Нормы и требования. – Введ. 2010-10-18. – М., 2010. – 57 с.

References

1 Balzannikov M.I., Ivanov B.G., Mikhasek A.A., 2012. *Sistema upravleniya sostoyaniem gidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [System of control over the condition of hydraulic engineering structures]. *Vestnik MGSU* [Bull. MGSU], no. 7, pp. 119. (In Russian).

2 Bandurin M.A., Yurchenko I.F., Volosukhin V.A., Vanzha V.V., Volosukhin Ya.V., 2018. *Ekologo-ekonomicheskaya effektivnost' diagnostiki tekhnicheskogo sostoyaniya vodoprovodyashchikh sooruzheniy orositel'nykh sistem* [Ecological and economic efficiency of diagnostics of the technical condition of water-supply facilities of irrigation systems]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and Industry of Russia], vol. 22, no. 7, pp. 66-71, DOI: 10.18412 / 1816-0395-2018-7-66-71. (In Russian).

3 Titovskaya A.I., 2017. *Monitoring i prognoz nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya APK v sfere melioratsii, vosstanovleniya zemel'nykh resursov, effektivnogo i bezopasnogo ispol'zovaniya udobreniy i khimikatov* [Monitoring and Forecasting of Scientific and Technical Development of the Agro-Industrial Complex in the Field of Land Reclamation, Restoration of Land Resources, Effective and Safe Use of Fertilizers and Chemicals]. Belgorod, Constanta Publ., 203 p. (In Russian).

4 Ustinov A.V., 2019. *Tekhnologiya sputnikovogo geodezicheskogo monitoringa gidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [Technology of satellite geodetic monitoring of hydraulic structures]. *Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo* [Hydraulic Engineering], no. 1, pp. 39-43. (In Russian).

5 Chudnovsky S.M., 2016. *Ekspluatatsiya i monitoring sistem i sooruzheniy* [Operation and Monitoring of Systems and Structures]. Vologda, VoGU Publ., no. 1, 147 p. (In Russian).

6 Agafonov N., 2014. *Tekhnologii besprovodnoy peredachi dannykh ZigBee, Bluetooth, Wi-Fi* [Technologies of wireless data transmission ZigBee, Bluetooth, Wi-Fi]. *Besprovodnye tekhnologii* [Wireless Technologies], no. 1, pp. 10-15. (In Russian).

7 Karpenko N.P., Yurchenko I.F., 2020. *Sovershenstvovanie informatsionnykh tekhnologiy diagnostiki tekhnicheskogo sostoyaniya gidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [Improvement of information technologies for diagnostics of the technical condition of hydraulic structures]. *Prirodoobustroystvo* [Nature Engineering], no. 1, pp. 34-39. (In Russian).

8 Tyrnov Yu.A., Balashov A.V., Belogorskiy V.P., Sukhov A.A., 2013. *Ekspluatatsionno-tekhnologicheskie pokazateli raboty agregatov na poseve kapsulirovannykh semyan* [Operational and technological indicators of work units on crops of the encapsulated seeds]. *Nauka v tsentral'noy Rossii* [Science in Central Russia], no. 2, pp. 32-35. (In Russian).

9 GOST R 55260.1.4-2012. *Gidroelektrostantsii. Ch. 1–4. Sooruzheniya GES gidrotekhnichesknie. Obshchie trebovaniya po organizatsii i provedeniyu monitoringa* [Hydroelectric Power Plants. Part 1-4. Hydro-Technical Structures of Hydroelectric Power Station. General Requirements for Organization and Conduct of Monitoring]. Moscow, Standartinform Publ., 2015, 48 p. (In Russian).

10 Shabanov V.A., Balzannikov M.I., Ryzhov V.A., Osipov S.V., Konko V.V., Shkarin V.P., 2001. *Puti povysheniya effektivnosti i nadezhnosti gravitatsionnykh plotin iz malotsementnogo betona* [Ways of improving the performance and reliability of gravitational dams made with low-cement concrete]. *Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo* [Hydraulic Engineering], no. 12, pp. 2-7. (In Russian).

11 Tyrnov Yu.A., Balashov A.V., Belogorskiy V.P., Strygin S.P., Sukhov A.A., 2014. *Mekhanicheskaya seyalka dlya vyseva kapsulirovannykh semyan* [Mechanical seeder for encapsulated seeds]. *Traktory i sel'khoz mashiny* [Tractors and Agricultural Machine], no. 5, pp. 18-19. (In Russian).

12 Bandurin M.A., Yurchenko I.F., Volosukhin V.A., 2018. Remote monitoring of reliability for water conveyance hydraulic structures. *Materials Science Forum*, vol. 931, pp. 209-213, DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.931.209.

13 Balzannikov M.I., Zubkov V.A., Kondrat'eva N.V., Khurtin V.A., 2013. *Kompleksnoe obsledovanie tekhnicheskogo sostoyaniya stroitel'nykh konstruktiv sooruzheniy Zhigulovskoy GES* [Comprehensive survey of technical condition of building structures of Zhigulevskaya HPP facilities]. *Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo* [Hydraulic Engineering], no. 6, pp. 21-27. (In Russian).

14 Tyrnov Yu.A., Balashov A.V., Belogorsky V.P., Sukhov A.A., 2013. *Teoreticheskoe obosnovanie davleniy i usiliy pri pressovanii komponentov smesi semennoy kapsuly v zakrytykh press-formakh* [Theoretical justification of pressure and efforts when pressing components of the seed capsule mixture in closed compression molds]. *Nauka v tsentral'noy Rossii* [Science in Central Russia], no. 2, pp. 4-6. (In Russian).

15 *STO 70238424.27.140.040-2010. Hidroelektrostantsii. Organizatsiya sistemy nadzora za bezopasnost'yu gidrotekhnicheskikh sooruzheniy v gidrogeneriruyushchikh kompaniyakh. Normy i trebovaniya* [Hydroelectric Power Plants. Organization of a System of Supervision over the Safety of Hydraulic Structures in Hydro-Generating Companies. Norms and Requirements]. Moscow, 2010, 57 p. (In Russian).

Сухов Алексей Александрович

Ученая степень: кандидат технических наук

Должность: заведующий лабораторией

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»

Адрес организации: пр-т Университетский, 97, г. Волгоград, Российская Федерация, 400062

E-mail: suhov-a@vfanc.ru

Sukhov Aleksey Aleksandrovich

Degree: Candidate of Technical Sciences

Position: Head of the Laboratory

Affiliation: Federal Scientific Center for Agroecology, Complex Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences

Affiliation address: Universitetskiy ave., 97, Volgograd, Russian Federation, 400062

E-mail: suhov-a@vfanc.ru

Никифорова Дарья Николаевна

Должность: лаборант-исследователь

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»

Адрес организации: пр-т Университетский, 97, г. Волгоград, Российская Федерация, 400062

E-mail: nikiforova-d@vfanc.ru

Nikiforova Darya Nikolayevna

Position: Laboratory Assistant-Researcher

Affiliation: Federal Scientific Center for Agroecology, Complex Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences

Affiliation address: Universitetskiy ave., 97, Volgograd, Russian Federation, 400062

E-mail: nikiforova-d@vfanc.ru

Колотилкина Валерия Романовна

Должность: лаборант-исследователь

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»

Адрес организации: пр-т Университетский, 97, г. Волгоград, Российская Федерация, 400062

E-mail: info@vfanc.ru

Kolotilkina Valeriya Romanovna

Position: Laboratory Assistant-Researcher

Affiliation: Federal Scientific Center for Agroecology, Complex Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences

Affiliation address: Universitetskiy ave., 97, Volgograd, Russian Federation, 400062

E-mail: info@vfanc.ru

Поступила в редакцию 28.08.2020

После доработки 13.10.2020

Принята к публикации 27.11.2020