

УДК [712.5(282.3):627.8.059.22]:[519.2:311]

Г. И. Касперов¹, В. Е. Левкевич², Д. С. Миканович³¹Белорусский государственный технологический университет²Институт экономики Национальной академии наук Беларуси³Командно-инженерный институт Министерства
по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь**НАТУРНЫЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ПРУДОВ-НАКОПИТЕЛЕЙ
МЕЛИОРАТИВНЫХ И ПОЛЬДЕРНЫХ СИСТЕМ**

В статье приведены результаты натурных обследований технического состояния прудов-накопителей мелиоративных и польдерных систем, полученных в рамках выполнения научного задания «Исследование устойчивости ограждающих гидротехнических сооружений шламохранилищ и прудов-накопителей мелиоративных и польдерных систем для предупреждения чрезвычайных ситуаций и оценки возможных ущербов». Выполнены натурные обследования 52 водных объектов, расположенных на территории Витебской, Гомельской, Гродненской, Могилевской и Минской областей. При проведении натурных наблюдений ставились задачи: по определению гидрологические условий искусственных водных объектов для прогнозирования абразионных процессов, сбору и обработке информации для оценки состояния напорных гидротехнических сооружений, учету полученных значений для ведения базы данных по мониторингу состояния сооружений. Цели и задачи натурных исследований достигались посредством организации системы постоянных и непрерывных визуально-инструментальных наблюдений, обеспечивающих получение качественной и достоверной информации в необходимых объемах. Состав и объем наблюдений устанавливался в зависимости от класса ограждающей дамбы, ее конструктивных особенностей, геологических, климатических, сейсмических условий, а также условий возведения и требований эксплуатации. Обследование напорных берегоукрепительных сооружений проводилось как вдоль сооружения, так и перпендикулярно ему. Особое внимание уделялось угловым участкам, сопряжениям с берегоукреплениями и другими сооружениями, и тем местам, где раньше производились строительные или ремонтные работы. В результате натурных обследований гидротехнических сооружений прудов-накопителей была разработана база ведения мониторинга технического состояния гидротехнических сооружений прудов-накопителей с учетом их последующей трансформации для оценки ущербов от чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

Ключевые слова: гидротехнические сооружения, чрезвычайные ситуации, натурные обследования, пруды-накопители, техническое состояние.

G. I. Kasperov¹, V. E. Levkevich², D. S. Mikanovich³¹Belarusian State Technological University²Institute of Economics of the National Academy of Science of Belarus³Institute for Command Engineers of the Ministry
of Emergency Situations of the Republic of Belarus**FIELD SURVEYS OF DRAINAGE AND POLDER SYSTEMS
SLUDGE DEPOSITORIES' TECHNICAL STATE**

The results of field surveys of drainage and polder systems sludge depositories' technical state are presented in the Article. The surveys were conducted within the frame of research "Examination of Sludge Depositories Enclosures Stability (in Drainage and Polder Systems) for Emergency Prevention and Damage Evaluation". Field surveys of 52 water bodies were conducted in Vitebsk, Gomel, Grodno, Mogilev and Minsk regions. The objectives of this Fieldwork were: to determine the hydrological state of artificial water bodies for abrasion wear forecast, to collect and process the data for the evaluation of water-retaining structures state, to form and maintain the database for water-retaining structures state monitoring. To achieve Fieldwork tasks and objectives continuous visual and instrumental surveys were organized to provide adequate amount of trustworthy qualitative data. Structure and amount of surveys needed were determined by levee type and structure, geological, climate and seismic conditions, building conditions and operating requirements. Shore water-retaining structures surveys were conducted both along and perpendicular to a structure. Special attention was paid to the surveys of corners, shore and water-retaining structure junctions, places where construction works had been conducted before. Basing on the results of field surveys, experts developed the databases for monitoring of sludge depositories water-retaining structures technical state. The databases are to be updated to continuously evaluate damage of man-made emergencies.

Key words: hydraulic structure, emergency, sludge depositories, ponds, technical state.

Введение. На искусственных водных объектах (пруды, пруды-накопители, мелиоративные и польдерные системы, водохранилища и т. д.) в процессе эксплуатации происходит развитие различных негативных процессов: абразия и эрозия, подтопление и заболачивание территорий, а также разрушение инженерных сооружений, что приводит в итоге к авариям, а в редких случаях и чрезвычайным ситуациям. В результате чего наносится огромный ущерб народному хозяйству, объектам экономики, а также окружающей природной среде.

Основная цель всех работ [1], проводящихся на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации напорных гидротехнических сооружений (ГТС) на искусственных водных объектах, заключается в том, чтобы исключить возможность нарушения условий их эксплуатации. Тем не менее риск аварий неизбежен и подлежит оценке, анализу и регулированию.

Основная часть. Все эксплуатируемые в Республике Беларусь ГТС прудов-накопителей можно объединить в несколько групп по определенным признакам и характеристикам: месту расположения, компоновке, количеству прудов-накопителей на карте, масштабам возможных аварий на представленных типах сооружений. Выбор тестовых водных объектов для проведения натурных исследований состоял в том, чтобы из существующих выделить сооружения, которым были бы присущи все вышеперечисленные особенности.

Основная цель натурных обследований – изучение влияния природных процессов и явлений, а также состояния ГТС на возможность возникновения гидродинамических аварий на прудах-накопителях мелиоративных и польдерных систем Республики Беларусь.

С 2014 по 2015 г. проведены натурные обследования 52 искусственных водных объектов, расположенных на территории Витебской, Гомельской, Гродненской, Могилевской и Минской областей. Натурные наблюдения проводили визуальными и инструментальными методами.

Основные задачи обследований ГТС прудов-накопителей следующие [2]:

- уточнить техническое состояние ГТС, а также выявить причины их возможного повреждения или разрушения;

- произвести замер и регистрацию морфометрических параметров, а также учесть полученные значения при разработке базы данных тестовых прудов-накопителей мелиоративных и польдерных систем для прогнозирования возможных аварий на них с учетом их современного состояния.

Наблюдения за ГТС проводились по оценке:

- состояния откосов дамб и плотин (просадки, подвижки, оползни, трещины, размывы);

- состояния креплений откосов и гребня дамб и плотин (разрушение креплений, просадка, оползание, раскрытие швов и деформации плит креплений);

- места их примыкания к водосбросным сооружениям;

- места примыкания ГТС к коренным берегам;

- появления выходов воды в примыкании грунтовой плотины к бетонным сооружениям;

- появления выходов воды из основания в нижнем бьефе плотины;

- состояния водосборных кюветов на низовом откосе, бермах и прилегающей территории (повреждение облицовок, заиление, зарастание, перемерзание);

- состояние водовыпусков из закрытых дренажных устройств (целостность, проточность, перемерзание);

- появление на низовом откосе плотины и в береговых ее примыканиях выходов фильтрационных вод или мокрых пятен.

Состав и объем наблюдений устанавливались в зависимости от класса ограждающей дамбы, ее конструктивных особенностей, геологических, климатических, сейсмических условий, а также условий возведения и требований эксплуатации.

Обследование напорных берегоукрепительных сооружений проводилось как вдоль сооружения, так и перпендикулярно ему. Особое внимание уделялось угловым участкам, сопряжениям с берегоукреплениями других конструкций и другими сооружениями, и тем местам, где раньше производились строительные или ремонтные работы.

При осмотре гибких покрытий подводных откосов, выполненных в виде шарнирно скрепленных железобетонных плиток или решеток, заполненных камнем или незаполненных, но с подстилкой нетканым материалом, определяли состояние швов между элементами: полиэтиленового покрытия стержней, соединяющих элементы; убеждались в наличии камня в решетках и целостности подстилающего нетканого материала, а также выявляли дефекты бетона. Тщательному осмотру подлежали узлы опирания откоса и концевых участков гибких покрытий.

Определяли основные виды дефектов [3], влияющих на устойчивость элементов напорных ГТС (таблица). Методы контроля технического состояния сооружений, используемые при их обследовании, объединяли в следующие основные группы:

- осмотр сооружения с целью проверки наличия его элементов, их соединений и выявления явных внешних признаков их ненормального функционирования;

- осмотр сооружения для выявления скрытых дефектов;

– получение изображений элементов сооружения.

На рис. 1 и 2 представлены результаты визуального обследования ГТС пруда-накопителя у д. Кузевичи Логойского района Минской области (общий вид эксплуатируемого искусст-

венного водного объекта и техническое состояние сооружений на нем). Фиксировались также месторасположение, ведомственная принадлежность, объем (тыс. м³), площадь зеркала (га), тип (марка) водосброса, год ввода в эксплуатацию пруда-накопителя.

Характерные дефекты железобетонных конструкций элементов напорных ГТС

Вид дефекта	Возможные причины	Возможные последствия
Волосяные трещины с заплывшими берегами, не имеющие четкой ориентации, появляющиеся при изготовлении, в основном на верхней (при изготовлении) поверхности	Усадка в результате принятого режима тепловлажностной обработки, состава бетонной смеси, свойства элемента и т. п.	На несущую способность не влияют. Могут снизить долговечность
Волосяные трещины вдоль арматуры, иногда след ржавчины на поверхности бетона	Коррозия арматуры (слой коррозии до 0,5 мм) при потере бетоном защитных свойств (например, при карбонизации). Раскалывание бетона при нарушении сцепления с арматурой	Снижение несущей способности до 5%. Степень снижения зависит от многих факторов. Поэтому должна оцениваться с учетом наличия других дефектов и результатов поверочного расчета
Сколы бетона	Механические воздействия	При расположении в сжатой зоне – снижение несущей способности за счет уменьшения площади сечения. При расположении в растянутой зоне – на несущую способность не влияют
Трещины вдоль арматурных стержней до 3 мм. Явные следы коррозии арматуры	Развиваются в результате коррозии арматуры из волосяных трещин. Толщина продуктов коррозии до 3 мм	Снижение несущей способности в зависимости от толщины слоя коррозии и размеров выключенного из работы бетона сжатой зоны. Уменьшение несущей способности нормальных сечений в результате нарушения сцепления арматуры с бетоном до 20%. При расположении на опорных участках – состояние конструкций предельное
Отслоение защитного слоя бетона	Коррозия арматуры (дальнейшее развитие дефектов)	То же. При этом снижение прочности нормальных сечений до 30% в результате нарушения сцепления арматуры с бетоном. При расположении дефекта на опорном участке – состояние предельное
Наклонные трещины со смещением участков балки друг относительно друга и наклонные трещины, пересекающие арматуру	Перегрузка конструкции. Нарушение анкеровки арматуры	Состояние предельное
Повреждения арматуры и закладных деталей (надрезы, вырывы и т. п.)	Механические воздействия, коррозия арматуры	Снижение несущей способности пропорционально уменьшению площади сечения
Выпучивание сжатой арматуры, продольные трещины в сжатой зоне, шелушение бетона сжатой зоны	Перегрузка конструкций	Состояние предельное
Разрывы или смещения поперечной арматуры в зоне наклонных трещин	Перегрузка конструкций	То же
Отрыв анкеров от пластин закладных деталей, деформации соединительных элементов, расстройство стыков	Наличие воздействий, не предусмотренных при проектировании	То же



Рис. 1. Пруд-накопитель у д. Кузевичи



Рис. 2. Техническое состояние ГТС пруда-накопителя у д. Кузевичи

Заключение. В результате выполненных натурных исследований было установлено, что:

- на прудах-накопителях всех типов доминирующую роль в развитии деформаций откосов дамб и плотин играет режим колебания уровней и развитие фильтрационных явлений, проявляющихся в виде суффозионных выносов в нижнем бьефе земляных сооружений, контактной фильтрации вдоль бетонных ГТС, а также просадок гребня дамб и плотин и локальных участков развития абразионных процессов. В ряде случаев обследования показали, что возможна деформация креплений с их полным разрушением;

- одной из причин возникновения ЧС на прудах-накопителях мелиоративных и поль-

дерных систем при воздействии гидрологических факторов является нарушение устойчивости напорных земляных сооружений-плотин и дамб обвалования.

В результате натурных обследований ГТС прудов-накопителей были разработаны элементы состава и структуры электронной базы ведения мониторинга технического состояния ГТС прудов-накопителей с учетом их последующей трансформации для оценки ущерба от ЧС техногенного характера. Обработка материалов натурных обследований ГТС прудов-накопителей была апробирована на разработанной базе данных и показала хорошую информативность.

Литература

1. Прохоров Н. Н. Методы оценки технического состояния ограждающих дамб шламохранилищ калийного производства: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 25.00.20. Минск, 2009. 20 с.
2. Jung H. G. Hydrogeochemical Groundwater Monitoring in Mailuu-Suu, Kyrgyz Republic // Final Report of Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR). Hannover, 2008. 81 p.
3. Малик Л. К. Факторы риска повреждения гидротехнических сооружений. Проблема безопасности. М.: Наука, 2005. 354 с.

References

1. Prohorov N. N. *Metody otsenki tekhnicheskogo sostoyaniya ograzhdayushchikh damb shlamokhranilishch kaliynogo proizvodstva: Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk* [Methods for Examination of Potassium Production Sludge Depositories Enclosures Technical State: Abstract of thesis cand. of techn. sci.]. Minsk, 2009. 20 p.
2. Jung H. G. Hydrogeochemical Groundwater Monitoring in Mailuu-Suu, Kyrgyz Republic. *Final Report of Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR)*. Hannover, 2008. 81 p.
3. Malik L. K. *Faktyory riska povrezhdeniya gidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [Risk Factors For Hydraulic Structures, Safety Issues]. Moscow, Nauka Publ., 2005. 354 p. (In Russian).

Информация об авторах

Касперов Георгий Иванович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой инженерной графики. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: kgi59@tut.by

Левкевич Виктор Евгеньевич – кандидат технических наук, доцент, заведующий сектором экологоэкономических проблем Института экономики Национальной академии наук Беларуси (220072, г. Минск, ул. Сурганова, 1, корп. 2, Республика Беларусь). E-mail: eco2014@tut.by

Миканович Дмитрий Станиславович – магистр технических наук, преподаватель кафедры пожарной и аварийно-спасательной техники. Командно-инженерный институт Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (220118, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25, Республика Беларусь). E-mail: dimon-cas@mail.ru

Information about the authors

Kasperov Georgiy Ivanovich – PhD (Engineering), Assistant Professor, Head of the Department of Engineering Drawing. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: kgi59@tut.by

Levkevich Viktor Evgenyevich – PhD (Engineering), Assistant Professor, Head of the Environment and Economy Issues Department. Institute of Economics of the National Academy of Sciences of Belarus (1/2, Sarganova str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: eco2014@tut.by

Mikanovich Dmitriy Stanislavovich – Master of Engineering, Instructor in Fire Fighting and Fire Rescue Equipment Department. Institute for Command Engineers of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus (25, Mashinostroyteley str., 220118, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: dimon-cas@mail.ru

Поступила 15.02.2016