

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

Г. И. Касперов¹, В. Е. Левкевич², А. В. Байдук¹¹ Белорусский государственный технологический университет² Белорусский национальный технический университет**НАТУРНЫЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ ВОДОЕМОВ
ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

В статье приведены результаты научных исследований, полученные в рамках выполнения научного задания «Исследование масштабов и разработка прогнозных моделей развития деформаций гидротехнических сооружений водоемов технического назначения (охладительных, очистных, технологических) для профилактики и оценки последствий чрезвычайных ситуаций».

Натурные обследования 44 водоемов технического назначения позволили определить основные показатели технического состояния данных объектов, провести оценку ограждающих сооружений, а также определить факторы, способствующие переработке (абразии) береговой линии водоемов.

Предложены категории параметров безопасности, характеризующие качественные показатели состояния гидротехнических сооружений.

По данным натурных обследований и районных отделов по чрезвычайным ситуациям установлены сроки ввода в эксплуатацию (реконструкции) очистных сооружений.

По параметрам, характеризующим качественные показатели состояния гидротехнических сооружений, для пятидесяти объектов пяти областей исследования установлены категории безопасности.

Ключевые слова: гидротехнические сооружения, чрезвычайные ситуации, водоемы технического назначения, безопасность, техническое состояние.

G. I. Kasperov¹, V. Ye. Levkevich², A. V. Baiduk¹¹ Belarusian State Technological University² Belarusian National Technical University**FIELD SURVEYS OF INDUSTRIAL WATER BODIES TECHNICAL STATE**

The Article presents the results of the conducted research task “Examination of Industrial Water Bodies (Cooling, Sludge, Engineering) Hydraulic Structures Deformation Scale and Developing of Deformation Scenarios Models for Emergency Preventions and Emergency Damage Evaluation”.

After the field surveys of 44 industrial water bodies, main indicators of these bodies technical state have been determined, retaining structures conditions have been estimated, factors of water bodies shores abrasion wear have been identified.

Categories based on safety parameters and quality indicators of water bodies' technical state have been offered.

Timelines for waste water treatment facilities start (modernization) dates were defined based on the results of field surveys and data from local departments of emergency situations.

Safety categories for 50 research objects in 5 regions were worked out considering quality indicators of water bodies' technical state.

Key words: hydraulic structures, emergency situations, industrial water bodies, safety, technical state.

Введение. Очистные сооружения представляют собой специализированное оборудование, проходя через которое загрязненные стоки (бытовые, промышленные, сельскохозяйственные) очищаются от вредных примесей, способных неблагоприятно повлиять на водоемы-водоприемники, куда их сбрасывают, и на экологическую обстановку в целом. Поэтому аварии на очистных сооружениях являются опасными и могут повлечь за собой различные негативные последствия, ведь продуктом производственного процесса нередко становятся агрессивные

стоки, содержащие примеси тяжелых металлов и других токсичных веществ [1, 2].

Аварии на очистных сооружениях могут происходить по нескольким причинам: отключение электричества, износ оборудования, погода и стихийные бедствия, человеческий фактор и нештатная работа очистных сооружений [2, 3]. Аварии на очистных сооружениях могут быть локального характера, а могут очень быстро перерасти в настоящую экологическую трансграничную катастрофу, так как моря и реки способны распространять ядовитые стоки

на очень большие расстояния, становясь причиной гибели живых организмов и нанося окружающей среде непоправимый вред [2–7]. Именно поэтому в рамках выполнения задания 3.1.04 «Исследование масштабов и разработка прогнозных моделей развития деформаций гидротехнических сооружений водоемов технического назначения (охладительных, очистных, технологических) для профилактики и оценки последствий чрезвычайных ситуаций» ГПНИ «Информатика, космос и безопасность» активно ведется разработка организационно-технических мероприятий, нацеленных на предотвращение аварий на очистных сооружениях любого типа.

Основная часть. В условиях Беларуси, как показали натурные обследования, наиболее распространены очистные сооружения районных и областных центров, которые благодаря сочетанию механических и биологических методов обеспечивают очистку сточных вод. Причем, как правило, пруды биологической очистки, относимые к техническому типу водоемов, обязательно независимы от масштабов и объемов поступающих сточных вод. Площадные водные объекты, к которым относятся пруды биологической очистки, включающие в себя различные гидротехнические сооружения: водосбросы, перепуски, затворные механизмы, дамбы обвалования и другие, имеют различные сроки эксплуатации, износ и являются потенциально опасными [4–12]. В этой связи оценка технического состояния такого типа водных объектов и сооружений на них с выявлением и классификацией локальных разрушений и деформаций является актуальной задачей [5–14].

В 2016–2018 гг. были проведены натурные обследования 44 объектов, расположенных на территории Гродненской, Минской и Могилевской областей (табл. 1).

Таблица 1
Количество обследованных водоемов технического назначения по административно-территориальной единице (АТЕ)

Область	Кол-во объектов	
	по списку	обследованных
Гродненская	17	16
Минская	22	14
Могилевская	21	14

В процессе выполнения натурных обследований, а также по данным районных отделов по чрезвычайным ситуациям [15] устанавливали сроки ввода в эксплуатацию (реконструкции) очистных сооружений (табл. 2).

Таблица 2
Сроки эксплуатации очистных сооружений (ОС)

Область	Процент находящихся в эксплуатации ОС, лет			
	10–19	20–29	30–39	40 и более
Гродненская	18	18	41	23
Могилевская	29	14	19	38
Минская	5	30	43	22

Сравнительный анализ находящихся в эксплуатации очистных сооружений по АТЕ (рис. 1) показывает, что 57–65% из них работают 30 и более лет.



Рис. 1. Распределение ОС по срокам эксплуатации

Для определения качественных показателей состояния гидротехнических сооружений (ГТС), водоемов технического назначения (очистных) по подходам, изложенным в [14], были предложены категории безопасности ГТС:

– нормальная категория безопасности (I). При данной категории ГТС соответствуют проекту, действующим нормам и правилам, показатели состояния ГТС не превышают предельно допустимых для работоспособного состояния, эксплуатация осуществляется без нарушений действующих законодательных актов, норм и правил, первоочередные мероприятия по обеспечению надежности и безопасности ГТС выполняются в установленные сроки;

– неудовлетворительная категория безопасности (II). Снижается механическая или фильтрационная прочность элементов сооружений, превышаются предельно допустимые значения показателей состояния ГТС для работоспособного состояния, а также другие отклонения от проектного состояния, способные привести к развитию аварии;

– опасная категория безопасности (III). Снижаются прочность и устойчивость ГТС и их оснований, показатели состояния ГТС превышают предельно допустимые значения, характеризующие переход от частично неработоспособного к неработоспособному состоянию сооружений и оснований.

При оценке технического состояния водоемов технического назначения категории безопасности устанавливали на основе выявления наличия и комплексного анализа следующих нарушений и деформаций [5–8]:

- просадок, смещений, оползней, трещин в теле откосов и гребне подпорных земляных сооружений – ограждающих дамб (рис. 2);
- разрушений креплений, просадок, смещений (сползаний), раскрытий швов и деформаций плит креплений откосов земляных дамб (рис. 3);
- повреждений облицовок (креплений) водосборных и дренажных каналов, а также их заилиения, зарастаний и перемерзаний (рис. 4);
- нарушении целостности, проточности, водовыпусков из закрытых дренажных устройств (рис. 5);
- появлений на низовом откосе грунтовых подпорных сооружений (дамб), выходов фильтрационных вод с развитием суффозионных процессов, ведущих к расжижению и выносу грунта (рис. 6);
- проявлений контактной фильтрации в местах примыкания тела грунтовой плотины к бетонным сооружениям с выходом воды и образованием просадочных воронок (рис. 7);
- солифлюкций (оползаний) – нарушений устойчивости откосов грунтовых сооружений и береговых примыканий (рис. 8);
- выходов воды из основания грунтовых сооружений (рис. 9).

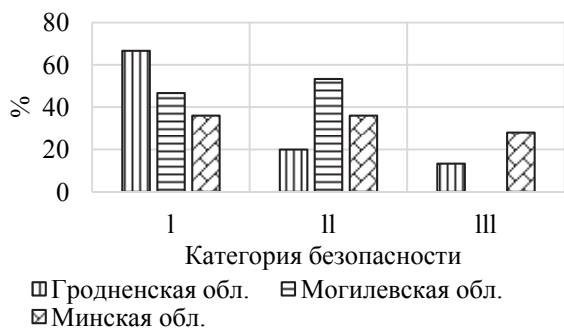


Рис. 2. Вероятность образования просадок, подвижек, оползней, трещин в теле откосов дамб



Рис. 3. Вероятность разрушения креплений, просадки, оползания, раскрытия швов и деформации плит креплений откосов



Рис. 4. Вероятность повреждения облицовок, заилиения, зарастания, перемерзания откосов водосборных и дренажных каналов

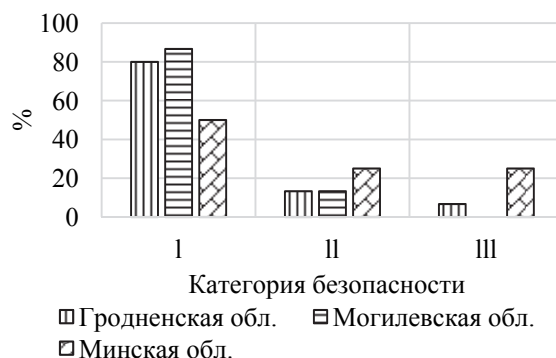


Рис. 5. Вероятность нарушения целостности, проточности, перемерзания водовыпусков из закрытых дренажных устройств

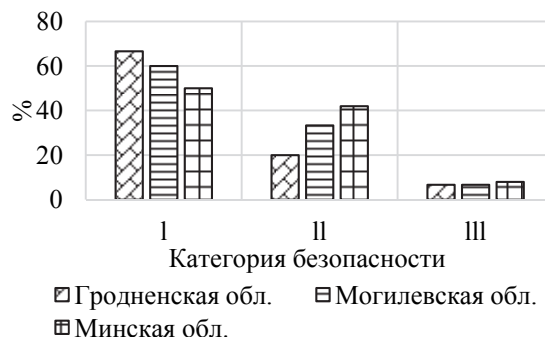


Рис. 6. Вероятность появления на низовом откосе дамб выходов фильтрационных вод или мокрых пятен



Рис. 7. Вероятность появления на низовом откосе грунтовых подпорных и ограждающих сооружений выходов фильтрационных вод

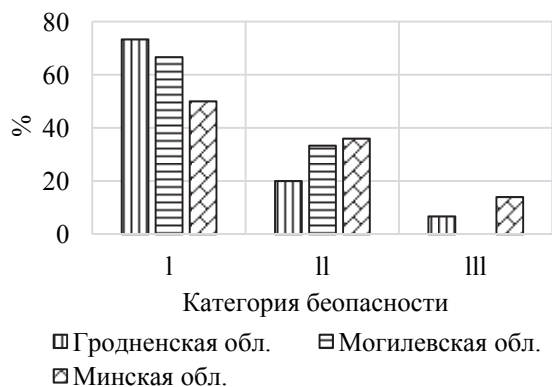


Рис. 8. Вероятность проявления солифлюкции (оползания) откосов дамб и береговых примыканий

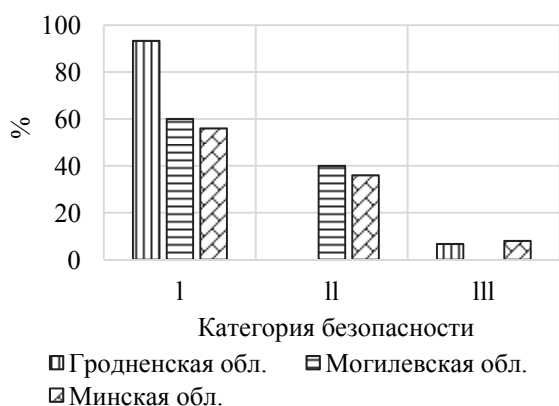


Рис. 9. Вероятность появления выходов воды из основания грунтовых сооружений

В табл. 3 приведены результаты натурных обследований по качественной оценке технического состояния водоемов технического назначения (очистных), расположенных на территории Витебской, Гомельской, Гродненской, Могилевской и Минской областей.

Таблица 3

Качественная оценка технического состояния водоемов технического назначения (очистных) для Витебской, Гомельской, Гродненской, Могилевской и Минской областей

Показатель	% объектов по категориям безопасности		
	I	II	III
Просадки, подвижки, оползни, трещины откосов и гребня грунтовых дамб	48	36	16
Разрушение креплений, просадка, оползание, раскрытие швов и деформации плит креплений откосов подпорных сооружений	42	46	12
Повреждение облицовок, заиливание, зарастание, замерзание водосборных и дренажных каналов	60	28	12

Окончание табл. 3

Показатель	% объектов по категориям безопасности		
	I	II	III
Целостность, проточность, замерзание водовыпусков из закрытых дренажных устройств *	73	18	9
Появление выходов воды в примыкании грунтовых и бетонных сооружений *	63	29	8
Оползание откосов грунтовых дамб и береговых примыканий	66	28	6

* Для отдельных объектов исследований категории безопасности не определялись ввиду отсутствия показателей

Как видно из рис. 2–9 и табл. 3, для обследованных объектов характерны все нарушения и деформации. Вероятность их появления колеблется от 6 до 9% для III категории безопасности, от 18 до 36% и от 20 до 69% соответственно для II и I категорий безопасности. Преобладающим нарушением являются просадки, подвижки, оползни и трещины в теле откосов дамб (до 36%), оползание откосов дамб и береговых примыканий (до 67%).

Заключение. Результаты проведенных натурных обследований по качественной оценке технического состояния пятидесяти водоемов технического назначения (очистных) показали, что:

- доминирующую роль в развитии деформаций откосов водоемов технического назначения (очистных) играют режим колебания уровней и развитие фильтрационных явлений, проявляющихся в виде суффозионных выносов в нижнем бьефе земляных сооружений, контактной фильтрации вдоль бетонных конструкций, а также просадок гребня дамб и локального развития абразивных процессов;

- ряд объектов очистных сооружений находится в неудовлетворительном состоянии и требуют ремонта или их реконструкции. Установлено, что 61,8% соответствуют нормальной категории безопасности, 28,7% – неудовлетворительной, 9,5% – опасной;

- на вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций на очистных сооружениях важную роль оказывает человеческий фактор – качество изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации объекта повышенной опасности, какowymi являются все без исключения ГТС;

- наибольшее количество аварий происходит на очистных сооружениях предприятий, срок эксплуатации которых превышает 35–40 лет и более.

Литература

1. Об обращении с отходами: Закон Респ. Беларусь, 20 июля 2007 г., № 271-З. Минск, 2007. 42 с.
2. Водный кодекс Республики Беларусь от 30 апреля 2014 г. № 143-З. Минск, 2014. 65 с.
3. Об установлении нормативных сроков службы основных средств и признании утратившими силу некоторых постановлений Министерства экономики Республики Беларусь: утв. постановлением М-ва экономики Респ. Беларусь, 30 сент. 2011 г., № 161. Минск, 2011. 84 с.
4. Прохоров Н. Н. Методы оценки технического состояния ограждающих дамб шламохранилищ калийного производства: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Минск, 2009. 20 с.
5. Левкевич В. Е., Левкевич В. Е. Динамика формирования берегов малых равнинных водохранилищ. Riga: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. 149 с.
6. Левкевич В. Е. Гидро-морфодинамика прибрежной зоны водохранилищ ГЭС Беларуси. Минск: Право и экономика, 2018. 143 с.
7. Левкевич В. Е. Устойчивость берегозащитных и берегоукрепительных сооружений водохранилищ Беларуси. Минск: Право и экономика, 2019. 160 с.
8. Левкевич В. Е., Новиков А. А., Бузук А. В. Методические рекомендации по оценке устойчивости креплений верховых откосов дамб, плотин и берегов водохранилищ Беларуси. Минск, 2015. 54 с.
9. Гидротехнические сооружения. Строительные нормы проектирования = Гідратэхнічныя збудаванні. Будаўнічыя нормы праектавання: ТКП 45-3.04-169-2009. Введ. 30.12.09. Минск: М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2010. 45 с.
10. Аравин В. И., Нумеров С. Н. Фильтрационные расчеты гидротехнических сооружений. М.: Стройиздат, 1948. 225 с.
11. Чугаев Р. Р. Гидравлика (техническая механика жидкости). 4-е изд. Л.: Энергоиздат, Ленингр. отд-ние, 1982. 672 с.
12. Малик Л. К. Факторы риска повреждения гидротехнических сооружений. Проблема безопасности. М.: Наука, 2005. 354 с.
13. Ляпичев Ю. П. Гидрологическая и техническая безопасность гидросооружений. М.: РУДН, 2008. 222 с.
14. Методика определения критериев безопасности гидротехнических сооружений: РД 153-34.2-21.342-00. М.: ОАО НИИЭС 2001. 24 с.
15. Разработать научно-методические основы ведения мониторинга состояния сооружений на водоемах технического назначения для оценки последствий и ущербов от чрезвычайных ситуаций: отчет о НИР (окончат.) / БГТУ; рук. темы Г. И. Касперов. Минск, 2018. 254 с. № ГР 20160782.

References

1. *Ob obrashchenii s otkhodami: Zakon Resp. Belarus', 20 iyulya 2007 g., no. 271-Z* [Waste Management Law of the Republic of Belarus, 20th of July, 2007, no. 271-Z]. Minsk, 2007. 42 p.
2. *Vodnyy kodeks Respubliki Belarus', 30 aprelya 2014 g., no. 143-Z* [Water Code of the Republic of Belarus, 30th April 2014, no. 143-Z]. Minsk, 2014. 65 p.
3. *Ob ustanovlenii normativnykh srokov sluzhby osnovnykh sredstv i priznanii utrativshimi silu nekotorykh postanovleniy Ministerstva ekonomiki Respubliki Belarus': utv. postanovleniyem Ministerstva ekonomiki Resp. Belarus', 30 sent. 2011 g., no. 161* [Determination of Fixed Assets Useful life and several revoked decrees of the Ministry of the Economy of the Republic of Belarus. Approved the Ministry of the Economy of the Republic of Belarus, 30th of September, 2011, no. 161]. Minsk, 2011. 84 p.
4. Prokhorov N. N. *Metodu otsenki tekhnicheskogo sostoyaniya ograzhdayushchikh damb shlamokhranilishch kaliynogo proisvodstva. Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk* [Methods for Examination of Potassium Production Sludge Depositories Enclosures Technical State. Abstract of thesis cand. of engineer. sci.] Minsk, 2009. 20 p.
5. Levkevich V. Ye., Levkevich V. Ye. *Dinamika formirovaniya beregov malykh ravninnykh vodokhranilishch* [Dynamics of Small Plain Water Depositories Banks Formation]. Riga, LAP LAMBERT Academic Publishing Publ., 2018. 149 p.
6. Levkevich V. Ye. *Gidro-morfodinamika pribrezhnoy zony vodokhranilishch GES Belarusi* [Hydro-morphodynamics of Water Bodies Bank Areas in Belarus Hydroelectric Stations]. Minsk, Pravo i ekonomika Publ., 2018. 143 p.
7. Levkevich V. Ye. *Ustoychivost' beregozashchitnykh i beregoukrepitel'nykh sooruzheniy vodokhranilishch Belarusi* [Stability of Water Bodies Banks Protecting and Bank Stabilizing Constructions in Belarus], Minsk, Pravo i ekonomika Publ., 2019. 160 p.

8. Levkevich V. Ye., Novikov A. A., Buzuk A.V. *Metodicheskiye rekomendatsii po otsenke ustoychivosti kreplesnykh verkhovnykh otkosov damb, plotin i beregov vodohranilishch Belarusi* [Methodological Recommendations for Evaluation of Levees, Dams and Reservoirs Upstream Sides Stability]. Minsk, 2015. 54 p.

9. ТКР 45-3.04-169-2009. Hydraulic Structures. Construction Design Code. Minsk, 2010. 45 p. (In Russian).

10. Aravin V. I., Numerov S. N. *Fil'tratsionnyye raschety gidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [Leakoff Estimations for Hydraulic Structures]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1948. 225 p.

11. Chugayev R. R. *Gidravlika (tehnicheskaya mekhanika zhidkosti)* [Hydraulics (Engineering Mechanics of Fluids)]. Leningrad, Energoizdat Publ., 1982. 672 p.

12. Malik L. K. *Faktory riska povrezhdeniya gidrotekhnicheskikh sooruzheniy. Problema bezopasnosti* [Risk Factors of Hydraulic Structures Damaging. Safety Issues]. Moscow, Nauka Publ., 2005. 354 p.

13. Lyapichev Yu. P. *Gidrologicheskaya i tehnicheskaya bezopasnost' gidrosooruzheniy* [Hydrological and Technical Safety of Hydraulic Structures]. Moscow, RUDN Publ., 2008. 222 p.

14. Methodology for Developing Hydraulic Structures Safety Criteria: RD 153-34.2-21.342-00. Moscow, 2001. 24 p. (In Russian).

15. *Razrabotat' nauchno-metodicheskiye osnovy vedeniya monitoringa sostoyaniya sooruzheniy na vodoyemakh tekhnicheskogo naznacheniya dlya otsenki posledstviy i ushcherbov ot chrezvychaynykh situatsiy: otchet o NIR (okonchat.). Ruk. temy G. I. Kasperov* [To Develop Research and Methodological Principles of Industrial Water Bodies Structures Conditions Monitoring for Evaluation of Emergency Impacts and Emergency Damage: Research Project Report (Final)]. Project coordinator G. I. Kasperov. Minsk, 2018. 254 p., no. GR 20160782.

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: borki1959@mail.ru

Левкевич Виктор Евгеньевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры водоснабжения и водоотведения Белорусского национального технического университета (220013, г. Минск, пр. Независимости, 65, корп. 1, Республика Беларусь). E-mail: eco2014@tut.by

Байдук Анастасия Владимировна – студентка. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: nastyabaiduk@gmail.com

Information about the authors

Kasperov Georgiy Ivanovich – PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Engineering Drawing. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: borki1959@mail.ru

Levkevich Viktor Yevgen'yevich – DSc (Engineering), Professor, Professor, the Department of Water Supply and Drainage. Belarusian National Technical University (65-1, pr. Nezavisimosti, 220013, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: eco2014@tut.by

Baiduk Anastasiya Vladimirovna – student. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nastyabaiduk@gmail.com

Поступила 30.09.2019