

Снижение экологических рисков при эксплуатации гидротехнических сооружений с использованием оптико-электронных средств мониторинга



Е.В. Муравьёва

*д.п.н., профессор,
зав. кафедрой
промышленной и экологической безопасности
Казанского
национального
исследовательского
технического
университета
им. А.Н. Туполева –
КАИ; г. Казань*



Д.Ш. Сибгатулина

*доц.каф. промышленной
и экологической
безопасности
Казанского
национального
исследовательского
технического
университета
им. А.Н. Туполева –
КАИ; г. Казань*

А.А. Чабанова

*студентка гр.3243 Казанского национального
исследовательского технического университета
им. А.Н. Туполева – КАИ; г. Казань*

На европейской части Российской Федерации имеется большое количество гидротехнических сооружений (ГТС). В том числе, на территории Республики Татарстан насчитывается 1225 ГТС, из которых 26 комплексов эксплуатируются на объектах промышленности и энергетики. Основными ГТС, эксплуатируемыми промышленными предприятиями, являются накопители стоков, водохранилища, хвостохранилища, шламохранилища, шламонакопители, гидроотвалы, полигоны, отвалы и другие хранилища производственных отходов.

Основная масса отходов, складываемых на шламонакопителях, поступает из теплоэлектроцентралей и котельных цехов. Кроме того, сюда направляются шламы нейтрализации кислот и щелочей, шламовые и сточные воды цехов и производств предприятий для централизованного сбора и отстаивания с последующим возвратом осветленной воды, которую используют для гидротранспорта золошлаковых отходов.

В большинстве своем шламонакопители были построены в 70–80 годах прошлого века и являются гидротехническими сооружениями II–III классов опасности, в соответствии с федеральным законом от 21.07.1997 года № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [1], и относятся к опасным производственным объектам.

Показатели последствий аварии по воздействию на природную среду при утечках из хранилищ и при гидродинамических авариях определяются:

- объемами сбросов загрязняющих веществ и опасных отходов в окружающую среду;

- соотношением концентраций загрязняющих веществ – в почве, грунтовых водах, поверхностных водоемах – и соответствующих предельно-допустимых концентраций (СПДК).

Разрушение напорного фронта гидроузлов является одним из самых опасных случаев аварий при работе гидротехнических сооружений, приводящих к существенным экономическим, экологическим и социальным последствиям, а также влияющих в значительной степени на экологию нижнего бьефа гидроузлов. По статистическим данным, на 15 тыс. больших плотин, существующих в мире, в среднем происходило 1,5 случая разрушений в год, то есть вероятность разрыва плотины составляет приблизительно 10^{-4} случая в год.

При неправильной эксплуатации накопителей может произойти превышение максимально допустимого уровня их заполнения, что увеличит нагрузку на дамбы и снизит их устойчивость. Некачественное производство работ и связанные с этим осадка гребней дамб и изменение заложения откосов могут привести к образованию сосредоточенной фильтрации через тело дамб с выносом частиц грунта (суффозии), к оползням. Кроме того, неправильная эксплуатация сооружений и низкая квалификация эксплуатационного персонала может привести к аварийному прекращению орошения карта, его осушению и пылению опасных веществ, содержащихся в отходах.

Согласно действующему законодательству [2], на ГТС должен вестись мониторинг безопасности, который включает в себя следующие позиции:

- поддержание в накопителе предусмотренного проектом объема воды, при этом уменьшение объема воды ниже минимального и увеличение объема воды выше максимального, заданных проектом, не допускаются;



- контроль недопущения сброса в накопители не предусмотренных проектом сточных и других вод, а также складирование не предусмотренных проектом материалов;

- контроль недопущения сброса воды из накопителей в природные водоемы без согласования с органами санитарно-эпидемиологического надзора и охраны окружающей среды.

Наблюдение за накопителями в части контроля соответствия параметров и состояния сооружений критериям безопасности включают в себя:

- контроль вертикальных и горизонтальных деформаций ограждающих сооружений;
- контроль фильтрационного режима;
- контроль заполнения емкости накопителя;
- контроль качества поступающих отходов, осветленной и дренажной воды и отходов в накопителе;
- контроль уровня воды и отходов в накопителе;
- контроль влияния накопителя на окружающую среду;

- определение объемов отходов и воды, аккумулируемых в накопителе;

- измерение расхода подаваемой в накопитель пульпы и оборотной или сбрасываемой воды из накопителя воды.

В настоящее время надзорные органы предъявляют к гидротехническим сооружениям довольно жесткие требования, в том числе по охране окружающей среды [3].

При эксплуатации шламонакопителей основное воздействие испытывают на себе следующие компоненты окружающей среды:

- земельные ресурсы;
- поверхностные и подземные воды;
- атмосферный воздух;
- почва, растительный и животный мир в районе размещения объекта;
- население, проживающее в близлежащих к объекту населенных пунктах.

Находясь, как правило, в черте крупных населенных пунктов и являясь объектами повышенного риска, гидротехнические сооружения, главным образом плотины, при разрушении могут привести к образованию волны прорыва, катастрофическому затоплению обширных территорий, населенных пунктов, объектов экономики. При этом вторичными последствиями гидродинамических аварий являются загрязнения воды и местности веществами из разрушенных хранилищ промышленных предприятий, массовые заболевания людей и животных, аварии на транспортных магистралях, оползни, обвалы.

В целях предотвращения чрезвычайных ситуаций техногенного характера, обусловленных нанесением ущерба компонентам окружающей среды, особую актуальность приобретает управление экологическими рисками – снижение и предотвращение риска неблагоприятных событий, ухудшающих качество окружающей среды [4].

Управленческими решениями, направленными на снижение и предотвращение существующих антропогенных рисков, являются:

- ведение государственного и производственного мониторинга качества окружающей среды;

- ведение государственного и производственного контроля соблюдения требований промышленной безопасности;

- разработка и внедрение эффективных природоохранных мероприятий.

Оценка воздействия ГТС на окружающую среду осуществляется с помощью критериев экологической безопасности территорий, где размещены ГТС [5].

На предприятиях промышленности и энергетики республики лаборатории проводят анализ проб воды на содержание следующих основных веществ: нефтепродукты, хлориды, сульфаты, силикаты, цианиды, нитриты, нитраты, диоксины, азот аммонийный, общее железо, поверхностно-активные вещества.

Основные методы, применяемые лабораториями при анализе содержимого накопителя-отстойника: органолептический; потенциометрический; титриметрический; флуориметрический; фотометрический; амперометрический; гравиметрический и хроматографический метод.

Как правило, диапазон содержания опасных веществ, который может определить объектовая лаборатория, таков:

- рН: диапазон измерения 1+14едрН (анализатор жидкости «Эксперт-001-3»);

- нефтепродукты: диапазон измерения 0,005... 50 мг/дм³ (анализатор жидкости «Флюорат-02»);

- АПАВ: диапазон измерения 0,015...025 мг/дм³ (фотометр КФК-3-01 «30МЗ»);

- БПК₅: диапазон измерения 20±0,3 мг/дм³ (хладотермостат воздушный ХТ-3/40-1);

- взвешенные вещества: диапазон измерения 105±0,1°С (электропечь лабораторная SNOL 58/350), диапазон измерения 0,01...210 г (весы лабораторные GR-200);

- сухой остаток: диапазон измерения 0,5...600 г (весы лабораторные HLGHLAND, HCB 602H), диапазон измерения 105±2 °С (сушильный шкаф);

- хлорид-ион, сульфат-ион, нитрат-ион, фосфат-ион: диапазон измерения 0,1...75,0 мг/дм³ с разбивкой 75,0...1000,0 мг/дм³ (хроматограф «Хромос-301»);

- хром: диапазон измерения 0,01...1,0 мг/дм³ (фотометр КФК-3-01 «30МЗ»);

- железо общее: диапазон измерения 0,05...10,0 мг/дм³ (фотометр КФК-3-01 «30МЗ»);

- марганец: диапазон измерения 0,01...2,5 мг/дм³ (анализатор жидкости «Флюорат-02»);

- формальдегид: диапазон измерения 0,02... 10,0 мг/дм³ (спектрофотометр ПромЭкоЛаб ПЭ-5400В).

Отбор проб проводится, как правило, один раз в месяц и анализ по каждому веществу осуществляется также один раз в месяц. Отбор проводится в течение двух часов. Время, отводимое на анализ пробы и получение результата, составляет около 5 дней.

Необходимо отметить, что в ряде промышленных предприятий периодичность отбора проб варьируется от двух раз в год (ОАО «Казанский завод синтетического каучука») до одного раза в год (Уруссинская ГРЭС), что, в конечном счете, снижает эффективность

мониторинга содержимого накопителей. На некоторых промышленных объектах выявлены факты, когда из-за отсутствия собственной лаборатории организация привлекает на договорной основе специализированную организацию, при этом происходит значительная временная задержка в получении результатов отбора проб по причине значительной удаленности места отбора от химической лаборатории.

Наиболее негативным фактором является невозможность или недостаточная точность выявления лабораториями содержания в шламовых водах высокотоксичных и пожаро-взрывоопасных веществ, тяжелых металлов, канцерогенов и других опасных веществ, способных нанести ущерб населению и прилегающей территории.

Помимо ГТС промышленности и энергетики на территории республики насчитывается свыше 900 мелиоративных и противозерозионных прудов, при этом около 100 сооружений имеют объем свыше 1,0 млн куб. м. По результатам инвентаризации ГТС, свыше 60% сооружений находятся в аварийном состоянии, являются объектами повышенной опасности и создают угрозу затопления и подтопления населенных пунктов и производственных объектов. Кроме мелиоративных целей данные пруды выполняют рекреационную роль, т.е. служат местом массового отдыха местного населения, используются для орошения приусадебных хозяйств, питьевого водоснабжения.

Загрязнение прудов сточными водами предприятий, отходами различных производств привело к значительному загрязнению их свинцом, цинком, кадмием и другими токсичными веществами. Избыток в организме человека ртути, цинка, свинца, кадмия и других тяжелых металлов вызывает развитие злокачественных опухолей, расстройство нервной и сердечно-сосудистой систем, аллергические дерматиты, болезни печени, легких и многие другие заболевания.

Необходимо отметить, что собственниками данных прудов являются муниципальные образования, которые ввиду ограниченности или отсутствия финансовых средств на содержание прудов практически не проводят мониторинг качества вод на ГТС. Отсутствие указанной информации ведет к тому, что решения о начале строительства объектов жилищно-коммунального хозяйства или промышленного назначения принимаются без предварительной экологической оценки территории.

Анализ оснащенности объектовых лабораторий выявил факт использования крупногабаритного и маломобильного оборудования. Оснащение в большинстве своем иностранного производства 1980–2000 годов выпуска, что свидетельствует о моральном устаревании и высоких ценах на комплектующие узлы и детали. Кроме того, для проведения быстрого отбора проб и получения экспресс-анализа имеющаяся техника практически не применима.

Данная проблема актуальна не только для собственников ГТС, но и для надзорных ведомств. Мобильные устройства, позволяющие определять наличие в шламовых водах пожаро-взрывоопасных веществ, тяжелых металлов и токсичных элементов, позволи-

ло бы значительно сократить временные интервалы в выявлении возможных угроз службам спасения, профессиональным и нештатным аварийно-спасательным формированиям, инспекторам Ростехнадзора, Росприроднадзора и др.

Имеющаяся техника и оборудование природоохранных ведомств не позволяют в полной мере осуществлять мониторинг качества шламовых и поверхностных вод в части определения в воде токсичных веществ I–II класса опасности, взрыво-пожароопасных и отравляющих веществ. Кроме того, преобладание оборудования импортного производства влияет на стоимость анализа проб воды и ведет к удорожанию оказываемых услуг.

Все вышеуказанное свидетельствует о том, что в современных условиях, когда в нижнем бьефе ГТС располагаются населенные пункты с большим количеством проживающих, объекты экономики и территории сельскохозяйственного назначения, вопросы внедрения мобильных средств мониторинга содержимого гидротехнических сооружений требуют неотложного решения.

Одним из выходов в сложившейся ситуации видится использование методов спектрального анализа, отличительной особенностью которых являются относительная простота выполнения операций, отсутствие сложной подготовки проб к анализу. При мониторинге содержимого гидротехнических сооружений традиционно используют спектрофотометрический, спектрофлуоресцентный и атомно-абсорбционный методы спектрального анализа.

Спектрофотометрический метод анализа основан на спектрально-избирательном поглощении монохроматического потока световой энергии при прохождении его через исследуемый раствор, в ряде случаев он имеет существенное преимущество перед другими методами. В частности, спектрофотометрический метод обеспечивает высокую чувствительность измерений концентрации инертных газов, в то время как для анализа смеси инертных газов химический метод вообще не подходит, а другие физические методы либо также неприменимы, либо имеют ограниченную чувствительность. Спектрофотометрический метод анализа используется для измерения светопоглощения в различных областях видимого спектра, в ультрафиолетовой и инфракрасной областях спектра, что значительно расширяет аналитические возможности метода.

Спектрофлуоресцентный метод анализа основан на флуоресценции исследуемого вещества, обладает высокой чувствительностью, его применяют главным образом для экспрессного контроля состава.

Приборы для атомно-абсорбционного анализа – атомно-абсорбционные спектрометры. Они представляют собой прецизионные высокоавтоматизированные устройства, которые обеспечивают воспроизводимость условий измерений, автоматическое введение проб и регистрацию результатов измерения, однако не обеспечивают возможность одновременного анализа находящихся в пробе элементов.

Показательным является анализ оснащенности спектральными приборами лабораторий следующих



предприятий: ОАО «Казанский завод синтетического каучука», ОАО «Нижекамскшина», ОАО «Уруссинская ГРЭС», ООО «Челныводоканал», ООО «Нижекамская ТЭЦ».

Для измерения коэффициентов пропускания, оптической плотности и концентрации растворов применяют фотоколориметры КФК-3, спектрофотометры Сф-56, спектрофотометры UNICO 1201 (США), спектрофотометры ПЭ 5400В (Китай). По результатам измерений определяют АПАВ, содержание хрома и железа, формальдегид, ионы аммония, нитрит-ионы, фосфат-ионы.

Для измерений массовой концентрации неорганических и органических соединений в жидкостях используют спектрофлуориметр «Флюорат 02-3М», который определяет АПАВ, ХПК, содержание марганца и алюминия. Прибор имеет достаточно низкое спектральное разрешение, т.к. выделение требуемого спектрального диапазона осуществляется набором светофильтров.

Элементный анализ проводится только в лаборатории предприятия ООО «Челныводоканал» атомно-абсорбционным методом на приборе AAnalyst 200 (производство фирмы Perkin Elmer, США). При этом определяются только медь, железо и цинк. Следует отметить, что атомно-абсорбционный метод не позволяет проводить одновременное определение в пробе нескольких элементов, что существенно увеличивает время проведения анализа.

Таким образом, на примере анализа оснащенности рассмотренных нами лабораторий можно сделать вывод о необходимости разработки лабораторного комплекса спектральных приборов.

Используемую в настоящее время приборную базу фотометрических, флуоресцентных, атомно-абсорбционных методов мониторинга гидротехнических сооружений предлагается заменить комплексом спектральных приборов с большими функциональными возможностями, улучшенными характеристиками, автоматизированными с помощью персонального компьютера и работающими под единым программным обеспечением.

А именно:

- вместо используемых спектрофотометров КФК-3, ПЭ-5400, UNICO 1201, имеющих одинаковый рабочий спектральный диапазон 325...1000 нм и приблизительно идентичные диапазоны измерения пропускания 0,1...100% с погрешностью 0,5...1%, разра-

ботать и внедрить спектрофотометр с более широким диапазоном измерения пропускания;

- взамен флуориметра «ФЛЮОРАТ®-02-3М» разработать спектрофлуориметр с возможностью одно-временной регистрации спектров флуоресценции, их сохранения и определения по ним степени загрязнения токсичными веществами. Это позволит проводить анализ непосредственно шламовых отложений, что существенно упростит подготовку проб к анализу;

- атомно-абсорбционные приборы, используемые для элементного определения тяжелых металлов и вредных химических элементов, заменить атомно-эмиссионным спектроанализатором, позволяющим решить эти задачи более оперативно с большими возможностями, как по номенклатуре химических элементов, так и по диапазону определяемых концентраций.

Использование вышеперечисленного лабораторного комплекса делает возможным внедрение инновационного метода оперативного анализа качества и количества содержимого гидротехнических сооружений в методическую базу аналитического мониторинга в области обеспечения безопасности ГТС.

ЛИТЕРАТУРА

1. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федер. закон от 21.07.1997 года № 116-ФЗ.
2. Об утверждении правил безопасности гидротехнических сооружений накопителей промышленных отходов: постановление Федерального горного и промышленного надзора России от 28.01.2002 года № 6.
3. Водный кодекс Российской Федерации от 3.06.2006 года № 74-ФЗ.
- О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера : Федер. закон от 21.12.1994 года № 68-ФЗ.
- О безопасности гидротехнических сооружений: Федер. закон от 21.07.1997 года № 117-ФЗ.
4. Черников, Б.В. Управление качеством программного обеспечения: учебник / Б.В. Черников. – М.: ИД ФОРУМ: ИНФРА-М, 2012. – 240 с.
5. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия: реком. норм. док. – М.: Минприроды РФ. – 1992.