

ОЦЕНКА ФИЛЬТРАЦИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ НИЗКОНАПОРНЫХ ГРУНТОВЫХ ДАМБ И ПЛОТИН НА ОСНОВЕ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ СООРУЖЕНИЙ

Левкевич В.Е.¹, Миканович Д.С.², Лосицкий В.А.³

¹Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Беларусь. E-mail: eco2014@tut.by

²Университет гражданской защиты МЧС Республика Беларусь,

г. Минск, Беларусь. E-mail: dmikanovich@list.ru

*³Филиал БНТУ "Межотраслевой институт повышения
квалификации и переподготовки кадров по менеджменту
и развитию персонала БНТУ", г. Минск, Беларусь.*

E-mail: losickiy1993@gmail.com

Одним из наиболее характерных последствий процессов, возникающих после наполнения водохранилища, является фильтрация вод через подпорные сооружения. Фильтрация оказывает как непосредственное силовое воздействие на гидросооружения, вызывая механическую и химическую суффозию грунтов, выщелачивание бетона гидротехнических сооружений, так и приводит к потерям воды из водных объектов, подъему уровня грунтовых вод и подтоплению в прилегающих к водоему территориях.

В частности, частой причиной аварий на грунтовых плотинах признается механическая суффозия. По некоторым оценкам из-за механической суффозии произошло около 60% всех разрушений грунтовых гидросооружений, в том числе их пятая часть – после 50 лет эксплуатации. Отмечен случай разрушения грунтовой плотины в результате суффозии спустя 116 лет службы (плотина Эмери в США).

Зафиксирован также ряд крупных аварий на бетонных плотинах, связанных с химической суффозией оснований.

Увеличение проницаемости пород, рост фильтрации и противодавления, является важными причинами аварий бетонных плотин на скальном основании (до 40% всех аварий и 57% ава-

рий, связанных с основаниями). При этом чаще всего повреждались основания, сложенные метаморфическими и осадочными породами.

Избыточная фильтрация часто отражалась на выработке электроэнергии и водоснабжении и справедливо вызывала опасения за устойчивость сооружений. Ликвидация протечек требовала значительных затрат времени и ресурсов. В 4 из 10 случаев избыточная фильтрация стала причиной крушения крупных бетонных плотин.

С повышенным противодавлением связывают около 24% случаев аварий на бетонных гидросооружениях. В начале эксплуатации плотин на рост противодавления существенное влияние оказывают дефекты противофильтрационных завес, спустя 20 – 30 лет службы плотин – выход из строя дренажных систем.

При наличии в основаниях и берегах растворимых пород, в особенности содержащих сульфиды и другие соли металлов (железа, марганца, алюминия, ртути, кадмия), существует опасность химического загрязнения фильтрующих вод, попадание загрязнителей в нижний бьеф и грунтовые воды. Химическое загрязнение грунтовых вод может иметь тяжелые социальные последствия, особенно в сельских районах, сказываясь на питьевом водоснабжении населения и сельскохозяйственном производстве.

Следует также учитывать характер взаимодействия фильтрующей воды, в частности, обладающей высокой жесткостью, с материалами конструкций ГТС. В качестве примера здесь можно привести события в нижнем бьефе плотины на реке Гриндстоун Крик (США), построенной из укатанного бетона. Для предотвращения опасных последствий фильтрации особую роль играет работоспособность противофильтрационных и дренажных устройств. Дренажные устройства являются одними из наиболее часто используемых средств борьбы с подтоплением и заболачиванием территорий, и от качества их исполнения в значительной мере зависит решение проблем, связанных с фильтрацией из водохранилищ.

Для периода строительства характерно не только наличие дополнительных нагрузок и воздействий на сооружения и конструкции (поровое давление, давление цементации, температурно-усадочные нагрузки, нагрузки от строительных механизмов и

др.), но и недостаточная несущая способность из-за незавершившихся процессов консолидации грунта, «созревания» бетона и пр., что резко снижает запасы прочности и устойчивости сооружений. Вследствие этих причин, а также проявления проектных и строительных дефектов, период приработки характеризуется высокими темпами изменения значений интенсивности повреждения объектов $\lambda(t)$. В это время обычно наблюдается сильный износ ГТС, поэтому нередко требуется проведение масштабных ремонтно-профилактических мероприятий. Окончание приработки совпадает со стабилизацией показателей состояния объектов во времени, что объясняется завершением процессов их адаптации к условиям окружающей среды.

При возведении ГТС и наполнении водохранилища, наиболее вероятно обрушение и оползание откосов грунтовых ГТС (около 15% всех разрушений грунтовых плотин при строительстве). Весьма распространенным видом деформационных повреждений грунтовых гидросооружений при строительстве является образование трещин вследствие неравномерного деформирования различных участков сооружений и их оснований в вертикальном и горизонтальном направлениях. В ряде случаев эти повреждения вызваны дефектами производства работ (недоуплотнение, сегрегация грунтов при отсыпке), влекли за собой разрушение сооружения в результате суффозии при наполнении водохранилища (по некоторым оценкам – около половины всех разрушений грунтовых плотин). В других случаях для ликвидации трещин и дефектов приходилось оперативно осуществлять сложные ремонтные мероприятия.

Наличие дефектов производства работ (выступов, каверн, наплывов бетона и др.), определяемых технологией строительства, на обтекаемых водой поверхностях во многих случаях становится причиной кавитационной эрозии на водопропускных сооружениях. Период строительства ГТС и первые годы эксплуатации являются наиболее опасными и с точки зрения возникновения абразивного износа на строительных и эксплуатационных водосбросах, что связано с большой вероятностью попадания в них строительного мусора.

Вариабельность и изменчивость в пространстве и во времени показателей физико-механических свойств материалов и грун-

тов, конструкций и сооружений, определяемых технологией строительства, несколько ниже, чем для природных грунтов оснований, но остается достаточно высокой (коэффициент вариации до 0,2 и более), что следует учитывать, как важный фактор надежности и безопасности, в том числе и в рамках контроля качества строительных работ.

Авторский надзор за качеством выполнения СМР существенно снижает риск повреждений и разрушений строящихся объектов и является важнейшим фактором управления надежностью и безопасностью ГТС при строительстве.

Одним из путей повышения устойчивости подпорных сооружений на водных объектах, хранящих отходы производства (шламохранилища) и различных очистных сооружениях стоков производства и ливневых при фильтрации является исследование процесса путем физического моделирования и ведения мониторинга состояния подпорных сооружений. Так, физическое моделирование из шламохранилищ Солигорского калийного комбината осуществлялось в лабораторных условиях на моделях ограждающих грунтовых сооружений – дамб, имеющих различные противофильтрационные вставки в виде: ядра, понура, рисбермы, экрана и их сочетаний. Всего было исследовано 6 конструкций дамб. В результате опытов и проведенных натурных обследований установлено влияние галитовых шламов, обогащенных СПАВами на фильтрационные свойства грунтов. Определено, что содержание СПАВ изменяет (снижает) вязкость жидкости и повышает фильтрацию через грунт. Это увеличивает развитие эрозии низовых откосов дамб в нижних бьефах, в местах разгрузки, что ведет к образованию суффозионных выносов и разрушению сооружения.

Мониторинг состояния сооружений предусматривает создание приборно-программных систем, обеспечивающих непрерывный контроль за состоянием ГТС, а также очистных сооружений на различных этапах очистки жидкостей. Предполагается создание системы периферийных контролируемых устройств за состоянием конструкций сооружений, систем связи, а также программного обеспечения для оперативного контроля состояния сооружений и принятия управленческих решений. В настоящее время разработаны структура системы мониторинга, программное обеспечение, подобрана номенклатура контролирующего оборудования.

Выводы:

1) анализ статистических данных показывает, что количество ЧС с каждым годом снижается, однако износ основных фондов на предприятиях с каждым годом растет, а средств на поддержание сооружений отпускается крайне мало, в связи, с чем следует более тщательно подходить к эксплуатации гидротехнических сооружений. Таким образом, можно утверждать, что повышение устойчивости дамб обвалования биологических прудов, является весьма актуальной задачей на сегодняшний день для нашей страны и имеет важное значение, как для нормального функционирования существующих и проектируемых сооружений, так и для предотвращения различных чрезвычайных ситуаций на них;

2) основными факторами повреждения или разрушения дамб-обвалований хранилищ производственных отходов, а также прудов очистки очистных сооружений, являются нештатные ситуации, вызванные спонтанно проявляющимися экстремальными явлениями природы, нарушением прочности (устойчивости) сооружений, нарушением фильтрационной прочности различных частей дамб и большими потерями на фильтрацию. Причинами повреждений и нарушений могут быть как случайные отклонения от расчетных значений, так и ошибки в прогнозах и расчетах при проектировании, строительстве и эксплуатации сооружений;

3) необходима разработка различных «сценариев» развития ЧС и их последствий, учитывающих состояние сооружений, фильтрационные свойства пород, образующих подпорные сооружения, а также состав жидкости фильтруемой через грунты;

4) необходимо создание систем мониторинга, обеспечивающих прогноз и заблаговременное предупреждение ЧС, которые позволяют (при проведении соответствующих мероприятий) не допустить развития неблагоприятных ситуаций и снизить тяжесть последствий и потери от ЧС различного характера на 40%).