

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН, КАК ЭЛЕМЕНТА СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТЕРРИТОРИЙ

Приведены результаты статистического анализа основных причин аварий грунтовых плотин и методы контроля их технического состояния. Показана эффективность использования геофизического метода естественного импульсного электромагнитного поля Земли для оперативной оценки технического состояния грунтовых гидротехнических сооружений.

Наведені результати статистичного аналізу основних причин аварій ґрунтових гребель і методи контролю їх технічного стану. Показана ефективність використання геофізичного методу природного імпульсного електромагнітного поля Землі для оперативної оцінки технічного стану ґрунтових гідротехнічних споруд.

There are results of the statistical analysis of the main causes of accidents of groundwater dams and methods of control of their technical condition. The efficiency of geophysical method of natural impulse electromagnetic field of the Earth for an operational assessment of technical condition of groundwater dams.

Вступление. Сегодня значительное внимание уделяется экологическому мониторингу территорий, расположенных в зоне действия гидротехнических сооружений различного типа. Урбанизация, развитие промышленности и сельского хозяйства неизбежно связано с потреблением большого количества воды. Построенные гидротехнические сооружения (ГТС) перераспределяют природный сток рек, сосредотачивают необходимый напор для гидроэнергетики, защищают территории от негативного действия водных стихий и т.д. Зарегулирование практически всех рек превратило их в каскад водохранилищ объемами от тысяч м³ до десятков кубических километров. Заключенная вода десятилетиями накапливает твердый сток, служит задерживающим экраном для химически и радиоактивных веществ. Большую экологическую опасность представляют отстойники опасных отходов и высокоминерализованные воды хвосто- и шламохранилищ. В случае прорыва плотины на таких объектах, массы воды, сметая все на своем пути, оставляют негативные экономические, социальные и экологические последствия. Наблюдения и многолетний опыт эксплуатации ГТС свидетельствует, к сожалению, о значительном количестве таких аварий.

Постановка проблемы. Известно, что тяжелые гравитационные плотины из бетона удерживают большие объемы воды и имеют значительно высший класс капитальности сооружения (I-II-й), нежели грунтовые (III-IV-й классы). Это связано с материалом, из которого воздвигнута плотина, запасом прочности и последствиями её аварийного разрушения, в связи с чем, они имеют собственную систему мониторинга технического состояния и эксплуатационный персонал. Возросшая в середине прошлого века необходимость орошения и водоснабжения стремительно развивали гидротехническое строительство. Доступность местных строительных материалов, простота возведения и необязательность эксплуатационного штата, повлекли за собой зарегулирование стока

практически всех малых и средних рек грунтовыми плотинами. Несмотря на незначительные площади и объемы созданных водохранилищ, их многочисленность и каскадное расположение в рельефе при разрушении одной из дамб, может привести к последовательному сносу находящихся ниже по течению сооружений. Населенные пункты пострадают от действия разрушающей волны, будут затоплены водой и иловыми наносами. Если на пути потока окажутся старые скотомогильники или места захоронения опасных отходов, то экологические последствия могут явиться очень опасными. Пункты водозабора, находящиеся в зоне гидравлического подпора водохранилища, отчасти лишатся необходимого дебита воды, что негативно отразится на системе централизованного водоснабжения и повлечет за собой рост заболеваний. Кроме того, многие грунтовые дамбы несут коммуникативную функцию: по ним проходят автомобильные дороги, узлы связи и пр. Но движение транспорта приводит к увеличению динамических нагрузок и активизации процессов проседания, образованию трещин и пустот, увеличивая фильтрационные расходы и зоны обводнения в плотине, а также на участках сочленения с берегами.

Увеличение числа быстровозводимых грунтовых ГТС повлекло за собой рост аварий (рис 1), о чем свидетельствуют статистические данные, приведенные в работах [1, 2, 4].

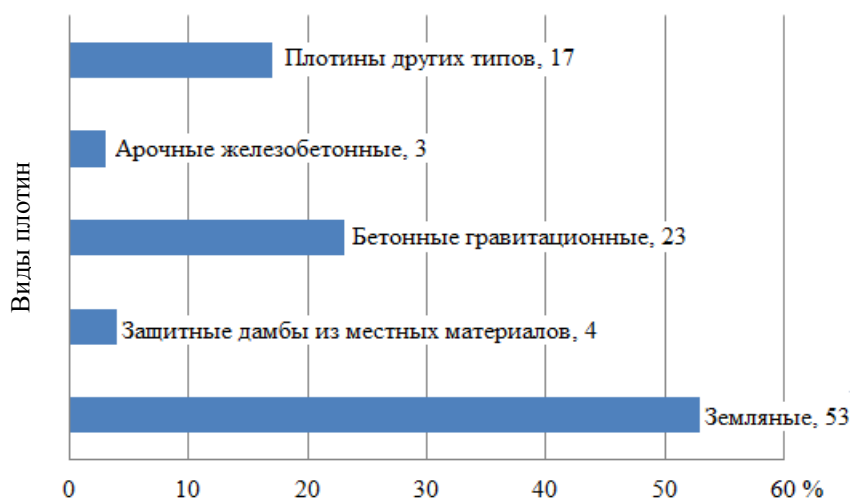


Рис. 1. Процентное соотношение аварий на плотинах различных типов (по данным [1, 2])

Из графиков на рис. 1 видно, что наибольшее количество аварий происходит на плотинах из грунтовых материалов – порядка 53 % от их общего количества.

Цель и задание исследования. На основании статистических данных проанализировать основные причины разрушения грунтовых плотин и эффективность методов контроля над их техническим состоянием; оценить возможность применения геофизического метода естественного импульсного электромагнитного поля Земли, для решения задач по предотвращению аварийных ситуаций, оперативной и объективной оценки технического состояния грунтовых плотин.

Изложение основного материала. Более половины всех аварий связаны с разрушением основания и недостаточностью водосброса (рис. 2). Так первая причина вызвана контактной или сосредоточенной фильтрацией воды в теле, основании или примыканиях плотины к берегам. Недостаточность водосброса приводит к переливу воды через гребень и размыву тела ГТС [3,5].



Рис. 2. Основные причины разрушения грунтовых плотин (по данным [1, 2])

Максимальное количество аварий приходится на первый год эксплуатации сооружения, с течением времени их частота уменьшается, приближаясь к нулю, а после 50-и лет эксплуатации снова резко возрастает (рис. 3). Связанно это со старением материалов, отсутствием надлежащего контроля и ремонта.

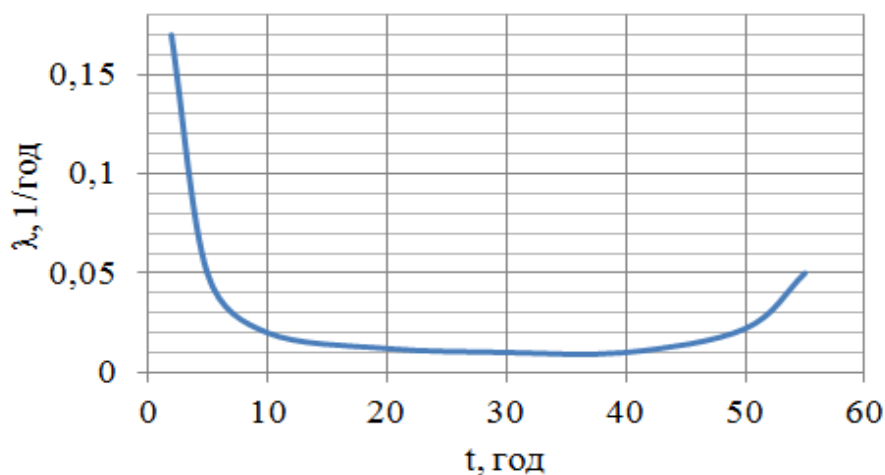


Рис. 3. Статистика аварий грунтовых гидротехнических сооружений (по данным [3])

Заметим, что подавляющее большинство грунтовых плотин в нашей стране было построено в период с 50-х по 80-е года прошлого столетия. Данный факт усиливает актуальность проблемы безопасной эксплуатации сооружений и предупреждения аварийных ситуаций.

Оценка состояния грунтовой плотины как технической системы, которая состоит из множества элементов, узлов и конструкций, находящихся под действием многочисленных нагрузок, является сложной и ответственной задачей эксплуатации гидротехнического сооружения. В плотине происходит, по меньшей мере, три вида физических процессов – деформирование, фильтрация и теплоперенос [3]. Каждый её элемент, подлежащий диагностике, характеризуется определенной совокупностью параметров и качественных показателей технического состояния. К параметрам технического состояния относят деформации, фильтрационные расходы, напряжения и др., а к качественным показателям – трещины, просадки, пустоты, выход и пути фильтрационных вод [5]. Количественные показатели имеют числовые значения, определяемые инструментально с помощью контрольно измерительной аппаратуры (КИА). К ним относят значения напряжений, порового давления и деформаций (растяжения или сдвига в грунтах); высотное расположение депрессионной кривой, величины градиентов напора, скорость фильтрации, ее удельные расходы, проявления суффозии; распределения и сезонные изменения температуры в теле сооружения. Контроль над вертикальными осадками элементов плотин и горизонтальным смещением, как правило, контролируют с помощью геодезических методов. Для этого используют высокоточное нивелирование поверхностных, глубинных и внутренних марок, а также визирование по створам. Наблюдения за напряжением и деформацией грунтов в теле плотин, проводят с помощью различных датчиков. Уровни кривой депрессии изучают по показаниям пьезометров. Использование таких методов контрольных измерений предусматривает их установку и постоянный мониторинг на объекте благодаря эксплуатационному штату, что на грунтовых плотинах встречается крайне редко. В основном они обследуются лишь визуально на предмет явных нарушений и деформаций. Это приводит к тому, что предупредить развитие аварийной ситуации тяжело, а решать проблему приходится только после чрезвычайного происшествия, что влечет значительные экономические и экологические убытки. В связи со сложившейся ситуацией, возрастает необходимость объективной, целостной оценки технического состояния грунтовых ГТС на малых и средних реках, включая дамбы на накопителях опасных отходов и высокоминерализованных шахтных вод.

В Украине на сегодняшний день нет нормативно-правовой базы регулирования данного вопроса. Значительное количество отданных в частное пользование небольших водоемов обострило неясность в вопросе собственника гидротехнического сооружения: водоемы принадлежат арендатору, а сооружения на них – государству. В мировой практике уже есть примеры урегулирования вопросов ответственность за ремонт или разрушение сооружения в случае аварии. Так, например, в Российской Федерации существует закон «О безопасности гидротехнических сооружений» принятый в 1997 году, призванный разра-

ботать декларации по безопасности сооружений и дальнейшей их эксплуатации, а также рекомендовать методы изучения и диагностики ГТС.

Помимо нормативно-правовых аспектов, оценка технического состояния грунтовых плотин сильно зависит от применяемых методов исследования и КИА. Большинство из них известны и упомянуты выше, но они дорогие и требуют значительного количества времени на проведение работ. Очевидно, что необходимо усиление роли экспресс-методов, одними из которых могут служить геофизические.

Так, коллективом исследователей Днепродзержинского государственного технического и Днепропетровского государственного аграрного университетов для диагностики грунтовых плотин успешно применяется метод естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ). Ранее отмечалось, что наиболее опасными процессами для разрушения плотины являются фильтрационные потоки и зоны выхода воды на дневную поверхность, вызванные контактной или сосредоточенной фильтрацией в теле сооружения, основании и зонах примыкания к берегам. Обнаружить такие участки на стадии их возникновения и дальнейшего развития крайне тяжело, а при визуальном осмотре – практически невозможно. В этом случае предупредить развитие аварийной ситуации и принять необходимые меры по ее устранению затруднительно.

Метод ЕИЭМПЗ основан на явлении генерирования электромагнитных импульсов горными породами и искусственными сооружениями, в т.ч. насыпными. Сущность его заключается в регистрации электромагнитных импульсов, испускаемых телом, которое испытывает деформации сжатия или растяжения. Импульсы магнитной составляющей электромагнитного поля Земли интенсивно поглощаются существенно обводненными горными породами или сооружениями. В глинистых породах, из которых состоит тело ГТС, под действием нагрузок происходят раскалывания и деформации частиц минерального скелета, поэтому плотность испускаемых импульсов (количество сигналов за единицу времени) резко уменьшается в зонах развития трещиноватости или пустотах в породных массивах и сооружениях. На картах такие участки могут интерпретироваться как зоны фильтрации или трещиноватости. Форма изолиний и общий рисунок поля ЕИЭМПЗ позволяет отделить эти зоны друг от друга и определить их размеры и простирания на исследуемом объекте. Также выделяются места с различным напряженным состоянием плотины: приозерная часть (верхний бьеф) подвергается значительно большей нагрузке со стороны водохранилища, а тыловая (нижний бьеф) – меньшей, поэтому при нормальном техническом состоянии дамбы наблюдается полосчатое расположения аномалий ЕИЭМПЗ – максимальные в верхнем бьефе, минимальные – в нижнем. Это свидетельствует о выполнении плотиной своих функций – удержание воды. Обратная ситуация – напряженное состояние нижнего бьефа (максимальные аномалии ЕИЭМПЗ) и ослабленное состояние верхнего бьефа (минимальные аномалии), расценивается как возможное просачивание воды из водохранилища через тело дамбы. На основании отмеченных закономерностей осуществляется оперативная интерпретация данных непосредственно на объекте изучения и выне-

сение опасных участков фильтрации в натуру. Одновременно можно выявлять участки грунтовых плотин, находящихся в разнонапряженном состоянии, что может привести к формированию оползней или образования пльвунов.

Для оценки возможностей ЕИЭМПЗ были проведены исследования на 11-ти ГТС Днепропетровской области. При наблюдениях на гребне плотины и зонах сочленения на берегах разбивается сеть профилей с шагом 2–3 м и точками на них с расстоянием в 2–3 м. В качестве прибора для регистрации сигнала ЕИЭМПЗ используется микропроцессорный индикатор МИЭМП-14/4 серии «СИМЕИЗ». После этого полученные сигналы переносят в персональный компьютер и строят карты-схемы плотности потока магнитной составляющей ЕИЭМПЗ. Вся операция, в зависимости от размеров сооружения, занимает 3–5 часов, после чего опасные участки обводнения и фильтрации локализируются на местности.

Выводы. Анализ приведенных данных показывает актуальность проблемы безопасности технического состояния гидротехнических сооружений. Количество участвовавших аварий и старение большинства сооружений, свидетельствуют о необходимости наблюдения за их напряженно-деформированным состоянием с разработкой программы мониторинга на государственном уровне. Целесообразно разрабатывать и задействовать при этом оперативные и недорогие методы контроля, к которым относится метод ЕИЭМПЗ, что позволит выявлять опасные участки обводнения и фильтрации воды на стадии их возникновения, предотвращать аварийные ситуации и повысит экологическую безопасность прилегающих территорий.

Список литературы

1. Dam failures – statistical analysis. Bulletin No. 99. ICOLD. Paris. 1995. Режим доступа: http://www.icold-cigb.net/GB/Dams/dams_safety.asp.
2. Юзбеков Н.С. Проблема оценки состояния грунтовых плотин / Н.С. Юзбеков // Технологии гражданской безопасности. – М.: 2004. – №2. Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/problemy-otsenki-sostoyaniya-gruntovyh-plotin>.
3. Панов С.И. Лекции по курсу «Исследования, эксплуатация и ремонт ГТС». ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. Режим доступа: <http://www.twirpx.com/file/199276>.
4. Стефанишин Д.В. Статистичні оцінки аварійності гребель / Д.В. Стефанишин // Вісник НУВГП. Збірник наукових праць. Випуск 3 (35). – Рівне: НУВГП, 2006. – С.111-117.
5. Малаханов В.В. Техническая диагностика грунтовых плотин / В.В. Малаханов – М.: Энергопромиздат, 1990. – 120 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Зберовським О.В.
Надійшла до редакції 25.11.13*