

УДК 627.824

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

О.Н. Черных – к.т.н., доцент

ФГОУ ВПО «Московский государственный университет природообустройства»,

О.А. Доронкина – аспирантка

*ГНУ «Всесоюзный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации
Россельхозакадемии»,*

В.И. Алтунин – к.т.н., доцент

*«Московский автомобильно-дорожный институт (государственный технический
университет)», г. Москва, Россия*

В последние годы в нашей стране на многих гидротехнических сооружениях (ГТС) риск аварий существенно возрос в связи с различными нарушениями в процессе эксплуатации, старением отдельных узлов сооружений и оборудования, отсутствием проектной документации, правил эксплуатации, надлежащего контроля за безопасностью ГТС и т.п. [1, 9]. На территории России эксплуатируется несколько десятков тысяч плотин и других гидротехнических сооружений III и IV классов, у которых за последние десятилетия снизился уровень безопасности. Это происходит из-за уменьшения объемов ремонтных работ, сокращения штатов эксплуатационного персонала и ряда других причин. Кроме того, в отличие от сооружений I и II классов, гидротехнические сооружения III и IV классов имеют значительно меньшее количество контрольно-измерительной аппаратуры или не имеют ее вообще, и эксплуатируются менее квалифицированными кадрами.

Плотины из грунтовых материалов, представляющие собой основной элемент напорного фронта гидроузлов, являются источниками потенциальной опасности. При их возможном нарушении территории нижнего бьефа с населенными пунктами, объектами народного хозяйства, историческими памятниками и т.д. попадают в зону возможного затопления прорывной волной и могут быть уничтожены.

Существует множество классификаций причин аварий и аварийных ситуаций грунтовых плотин. По одной из них [2]: 40-50 % аварий - ошибка при проектировании; 20 % – ошибка при производстве; 30 % - нарушение условий эксплуатации; 5-7 % - износ и истирание. Обобщающий анализ мирового опыта эксплуатации грунтовых плотин показывает, что 29 % всех аварий произошли за счёт сосредоточенной фильтрации в теле плотины, через основание и вдоль сопрягающих устройств. Другой наиболее частой причиной аварий грунтовых плотин является перелив воды через гребень и недостаточная пропускная способность водосбросов – 15 %. Большинство факторов проявляют себя наиболее интенсивно в первые 5-10 лет эксплуатации. И только влияние химической суффозии, коррозии, выветривания и жизнедеятельности землеройных животных постоянно растет по мере увеличения срока эксплуатации грунтовых плотин. Именно эти факторы доминируют как причины аварий грунтовых плотин через 40-60 лет эксплуатации [2].

Начиная с 1998 г. для всех ГТС I-III класса, а также сооружений IV класса при напоре более 3 м и объёме водоёма более 0,5 млн м³, собственник или эксплуатирующая организация обязаны составлять декларацию безопасности ГТС. Она является основным документом, в котором обосновывается безопасность ГТС, содержатся сведения о

соответствии этого сооружения критериям безопасности, оценивается степень риска аварии, определяются меры по обеспечению безопасности ГТС с учетом его класса.

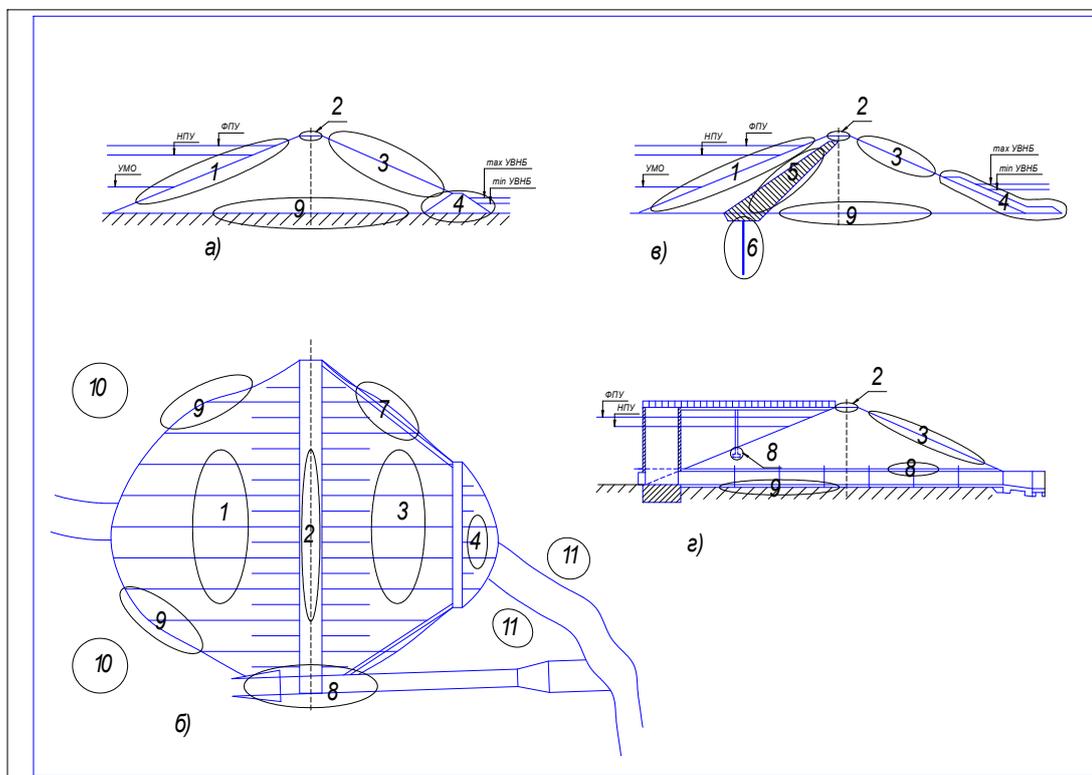
После принятия Закона РФ «О безопасности ГТС» активизировались действия властей на региональном уровне, в частности в Московской области [9], но в г. Москве, где фонд ГТС эксплуатируется достаточно длительное время и близок к более чем 60%-му износу, эта работа ведётся не так активно и лишь последние 5 лет. При этом следует отметить, что она успешнее проводится на крупных городских гидроузлах и комплексах поднадзорных Министерству транспорта РФ, чем Министерству природных ресурсов РФ. Практически весь ряд небольших по параметрам (напору, высоте плотин и дамб, ёмкости и площади водоёма) городских водохозяйственных объектов (их насчитывается в столице более 400), но не менее важных для жизнеобеспечения мегаполиса, поднадзорных, например, ГУП «Мосводосток», пока ещё по разным причинам не задекларирован, а большинство из них даже не обследованы. Годами разрабатываются декларации таких крупных столичных гидроузлов, как гидрокомплекс на Яузе, Лихоборская обводнительная система с каскадом Головинских прудов, каскад гидроузлов Царицынского парка и др., большинство из которых находятся в аварийном состоянии и требуют капитального ремонта [6]. Кроме ФГУ «Канал им. Москвы», ГУП «Мосводосток», МГП «Мосводоканал», МГУП «Промотходы» есть и другие собственники городских водных объектов (например, «Мосзеленхоз», спецводопользователи, дирекции усадеб, парков, администрации округов и т.д.), которые даже не информированы о необходимости разработки не только декларации безопасности, но и «паспортов безопасности», составляемых независимо от класса городских сооружений. Может быть, планируемая в 2006 г. столичными властями тотальная паспортизация всех объектов городского хозяйства, заставит заинтересованных лиц более активно организовать и провести мониторинг состояния водных объектов, сформировать корректную базу данных технического состояния ГТС мегаполиса, как это произошло с Единой системой экологического мониторинга г. Москвы. Для выявления наиболее опасных ГТС в черте города и получения детальной информации о техническом состоянии водоёмов и их ГТС в течение ряда лет на кафедре ГТС МГУП проводятся обследования на водных объектах Москвы и Московской области [1, 3, 6, 9].

Одним из обязательных и важнейших разделов декларации является оценка технического состояния плотины, которая осуществляется с помощью натуральных наблюдений. Натурные исследования ведут визуально, геодезическими методами и с помощью контрольно-измерительной аппаратуры. Визуальные наблюдения – это особый вид натуральных наблюдений, при которых проводятся регулярные систематические осмотры сооружений, их основных конструктивных элементов и прилегающей территории с целью оценки состояния ГТС, выявления дефектов и неблагоприятных процессов, снижающих эксплуатационную надежность любого сооружения, а также для определения вида и объемов ремонтных работ [4]. Их выполняют с помощью простейших измерений и инструментов. Отсутствие систематизированных данных о возможных встречающихся при визуальном обследовании дефектах и деформациях грунтовых подпорных сооружений, являющихся основными для гидроузлов практически всех классов, затрудняет принятие правильного и своевременного решения о необходимости их ремонта (с точки зрения пригодности ГТС к дальнейшей эксплуатации).

При визуальных наблюдениях целесообразно выделить следующие основные элементы конструкции грунтовой плотины и возможные зоны её повреждений (см. рисунок):

- 1 – верховой откос (призма) и его крепление;
- 2 – гребень и его крепление;
- 3 – низовой откос (призма) и его крепление;
- 4 – дренаж;
- 5 – противоточное устройство (ПФУ) в теле плотины;

- 6 – противофильтрационное устройство в основании;
- 7 – ливнеотводящие, дренажные каналы;
- 8 – зона сопряжения с бетонным сооружением;
- 9 – зона сопряжения с основанием;
- 10 – территория, прилегающая к плотине в верхнем бьефе;
- 11 – территория, прилегающая к плотине в нижнем бьефе.



Возможные зоны дефектов, деформаций и повреждений для грунтовых плотин:
а, б – земляная однородная плотина; *в* – земляная плотина с экраном,
г – трубчатый башенный водосброс в теле плотины

На основании анализа результатов обследований ряда грунтовых плотин, выполненных различными организациями и опубликованными в литературе [1, 2, 4, 5], а также данных собственных натуральных наблюдений, по каждой возможной зоне повреждений определены наиболее характерные дефекты. Все они достаточно подробно рассмотрены и представлены в виде таблицы, в которой содержится информация о вероятных причинах их возникновения и возможных последствиях. Кроме того, в таблице приведены некоторые рекомендации по устранению основных дефектов и повреждений грунтовых плотин и дамб. В каждой из 11-ти зон-блоков выделены обнаруженные при визуальном осмотре объектов основные деформации, иллюстрированные схематичными рисунками [6]. При составлении таблицы также использовались данные экспертиз и преддекларационных обследований гидротехнических сооружений 10 гидроузлов III-IV классов, поднадзорных МПР РФ, выполненных в 2003 г. [5], декларации и визуальных наблюдений Пироговского гидроузла I класса. Высота рассмотренных подпорных сооружений составляла 5-20 м. Известно, что именно в этом интервале высот грунтовые плотины наиболее часто подвержены повреждениям и разрушению (например, по дифференцированным данным [10] до 67-82 % от общего числа плотин).

Водохранилищные гидроузлы (с объемами водохранилищ от 0,5 до 7 млн м³) находятся: 2 – в республике Марий Эл; 2 – в Белгородской; 1 – в Вологодской; 2 – во Владимирской и 3 – в Липецкой областях. В состав основных сооружений гидроузлов входят: грунтовые плотины из суглинки, паводковые водосбросы и донные водоспуски.

Крепление верховых откосов выполнено из железобетонных плит или каменной наброски; низовых – посевом трав. Возраст объектов на момент обследования составлял 15-23 года. Анализ деклараций показал, что назначение обследованных гидроузлов – подача воды на орошение. Но большинство гидроузлов утратило свое первоначальное назначение. Орошение производится лишь на 3-х гидроузлах. Водохранилища в основном используются для рыболовства и неорганизованного отдыха местного населения.

Проектная документация имеется только на 5 объектах, на 4-х из них - не полностью. Исполнительные документы обнаружены только на 3-х гидроузлах и частично на 4-х. Правила эксплуатации есть на 9 объектах, инструкция по эксплуатации - на одном. Плана действий по локализации и ликвидации последствий ЧС не оказалось ни на одном гидроузле. Объекты не охраняются. Контрольно-измерительная аппаратура (КИА) отсутствует. Хотя осмотры гидроузлов проводятся регулярно, результаты их не фиксируются. На основных элементах грунтовой плотины были отмечены следующие дефекты. На территории нижнего бьефа, примыкающей к плотине, наблюдается густая растительность и заболоченность. Железобетонное крепление напорного откоса подвержено коррозии, отмечено выщелачивание бетона, обнажение арматуры. На гребнях плотин имеются понижения, неровности. Чаши водохранилищ заилены, заросли травой и кустарником.

В целом анализ результатов обследования указанных выше сооружений показал, что основные водоподпорные сооружения – земляные плотины находятся в удовлетворительном состоянии, а водопропускные сооружения - паводковые водосбросы, водоспуски – в предаварийном или аварийном состоянии. Особенно это относится к подъемному гидромеханическому оборудованию. Все гидроузлы требуют капитального ремонта – необходимо обеспечить нормальную работу затворов и подъемных устройств. Для территории и объектов, находящихся в нижнем бьефе, на 9-ти гидроузлах отмечен пониженный уровень безопасности, а на одном – не удовлетворительный. Для обеспечения дальнейшей безопасной эксплуатации этих гидроузлов было рекомендовано провести капитальный ремонт водопроводящих сооружений и установить КИА, поскольку на сооружениях нет даже водомерных реек. Необходимо организовать охрану объектов, а также следует разработать «План действий по локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций».

Летом 2003 года было выполнено визуальное обследование грунтовой плотины Пироговского гидроузла. Объем водохранилища гидроузла составляет 26,5 млн м³. В состав основных сооружений гидроузла входят: грунтовая плотина высотой 20 м из песка с суглинистым экраном и зубом на глубину до 6 м в пойменной части. К экрану в верхнем бьефе примыкает суглинистый понур, шириной 20-190 м. В основании низового откоса устроена дренажная призма. Открытый водосброс, пропускающий расход 320 м³/с, имеет два пролета (шириной 11 м и высотой 4 м). Под ними расположены два донных водовыпускных отверстия размером 3x4,5 м, которые рассчитаны на пропуск расхода 360 м³/с. В левом устье водосброса расположена ГЭС № 199, через которую пропускается вода для обводнения р. Клязьмы (расход до 1,8 м³/с). Верховой откос крепится каменной наброской, низовой – одерновкой в клетку. На данный момент назначение гидроузла – поддержание судоходного уровня, обводнение р. Клязьмы, выработка электроэнергии, пропуск катастрофического паводка – не изменилось. Возраст гидроузла – 69 лет, документация имеется вся. Объект охраняется. Инспекторские осмотры проводятся 2 раза в год. В отличие от ранее рассмотренных гидроузлов на Пироговском гидроузле результаты наблюдений фиксируются и анализируются. Ливневые кюветы на момент обследования были окошены. Но выходной участок дренажной канавы на правом берегу нижнего бьефа, отводящий воду в старое русло р. Клязьмы, очень сильно зарос кустарником и деревьями. Во время обследования он был заполнен водой. В 1996-2001 гг. во время капитального ремонта гидроагрегата и скважин в основании низового откоса плотины на обоих берегах был устроен дополнительный дренаж.

В результате обследования был обнаружен ряд дефектов и деформаций. На верховом откосе грунтовой плотины гидроузла часть каменного крепления отсутствовала. Каменная наброска была разобрана или размывта на 19 отдельных участках площадью 3-30 м². На низовом откосе плотины в восьми местах были обнаружены промоины, конусы выноса породы и одна просадочная воронка. В месте контакта бетонного устоя с низовым откосом плотины наблюдалась струйная фильтрация, сопровождаемая суффозией с выносом грунта в отводящий канал. Территория нижнего бьефа была заболочена, что свидетельствовало о плохой работе дренажа и наличии значительной обходной фильтрации. В нижнем бьефе гидроузла в зоне потенциально возможного затопления находится посёлок Пирогово. Надёжность Пироговской плотины снижают три основных фактора: возросшая в последние годы опасность фильтрационного выпора отводящего канала водосброса; опасность нарушения устойчивости левобережного склона отводящего канала; заболачиваемость правого и левого берегов отводящего канала. В целом состояние гидроузла – неудовлетворительное, поскольку требуются ремонтные работы: нужно заменить глубинные сегментные затворы, устроить новые разгрузочные скважины, реконструировать пьезометрическую сеть, очистить отводящий канал от водорослей и ила.

Используя разработанную методику оценки состояния грунтовой плотины, основанную на принципе последовательного анализа зон диагностирования, были выявлены неблагоприятные процессы на ряде подпорных сооружений 43-х водохозяйственных объектов г. Москвы с комплексом ГТС, осмотренных в 2005 г [3]. Обследования грунтовых сооружений IV класса в шести административных округах мегаполиса показали, что чаще всего очагами отказов становятся: места крепления верхового и низового откосов плотины в зоне переменных уровней; открытые поверхности гребня и откосов; места установки на плотинах и дамбах опор мостов, парапетов, ливнеотводящих лотков, ограждений (Потаповский пруд № 3, Тропарёвский пруд и др.); дренажные устройства и места резкого излома очертаний створа (плотины Черневских прудов) и сопряжения грунтовой плотины с бетонным сооружением (Путяевские пруды). Обследования подтвердили, что применительно к грунтовым плотинам и дамбам наиболее уязвимыми (с точки зрения надёжности) являются зоны: сопряжения плотины с основанием и берегами (Большой Очаковский пруд), устоями и водосбросными сооружениями (пруды в Толстопальцево, Битцевском парке и в усадьбе «Узкое»); сопряжения ПФУ с основанием и телом боковых призм (плотина № 2 в Потапово и в Битцевском парке).

Практически на всех осмотренных плотинах, эксплуатируемых более 10 лет, деформированы крепления откосов. Для верхового откоса деформации выражены в повреждении крепления, просадке, сползании, перемещении и разрушении плит; раскрытии и деформации швов между элементами крепления, появлении трещин (Путяевские пруды в Сокольниках). Для низового откоса - это нарушение травяного покрытия землеройными животными, размывы, поперечные трещины, зарастание крупными старыми деревьями (Староникольский пруд) и т.д. Для габионных конструкций – разрыв проволоки, вынос каменного заполнения, провалы и подмыв грунта под габионами, и как результат общая деформация защищаемого элемента (Герценовский пруд и каскад Черневских прудов).

Были обнаружены и более опасные явления, могущие вызвать деформации и привести к потере прочности и устойчивости грунтовых плотин в целом. Это выход фильтрационных вод на откос, в береговых примыканиях и выше дренажных устройств; фильтрационные деформации грунтов (суффозия и выпор грунта из-под сооружения на низовой откос и т.д.); появление мутной профильтрованной воды из основания в нижний бьеф; образование очагов фильтрации в виде слабого высачивания и намочания грунта, а также в виде сосредоточенных струек воды, что было зафиксировано на плотине между прудами №1, № 2 в Черневе и в Битце. На самом крупном из всех обследованных

столичных объектов – земляной плотине высотой более 11 м пруда Барышиха в Ландшафтном парке района Митино на момент обследования высачивания фильтрационных вод на низовом откосе не было обнаружено. Однако в нижней части откоса изобилует болотная растительность с густыми островками камыша, что свидетельствует о повышенном положении кривой депрессии, несмотря на опорожнённый в связи с реконструкцией парка водоём, отсутствии или плохой работе дренажа. Гребень и откосы Барышихинской плотины имели промоины и локальные понижения глубиной до 0,8 м.

Количество преобладающих дефектов, выраженное в процентах от их общего числа на одном осреднённом объекте, распределилось в выделенных зонах грунтовых сооружений обследованных водных объектов следующим образом: верховой откос плотин – 49 % (повреждение крепления, просадочные воронки, растительность); низовой откос – 18 % (промоины поверхностными водами, струйная фильтрация, оползневые участки, растительность); территория нижнего бьефа – 13 % (заболачивание, струйная и в виде мокрых пятен фильтрация на откосных участках и в месте контакта с бетонными элементами, зарастание отводящего канала и дренажей); гребень – 3 % (просадочные воронки, растительность). Из осмотренных подпорных сооружений на пяти плотинах были видны остаточные явления после перелива воды через гребень или промоины в их теле (плотины пруда № 2 на р. Натошенка, № 1, № 2 в Толстопальцево, в зоне отдыха «Битца» и Черневского пруда № 1).

В целом, из общего количества диагностированных в 2005 г. грунтовых плотин и дамб водоёмов г. Москвы 10 % находятся в аварийном состоянии и требуют капитального ремонта. В первую очередь он необходим для грунтовых плотин прудов № 1, №2 каскада на р. Натошенка, прудов № 1, № 2 в санатории «Узкое», Староникольского пруда, пруда № 1 в Потапово, плотин Никулинского пруда № 2 и пруда № 1 в Толстопальцево.

Таким образом, не зависимо от класса гидроузла вопрос изучения состояния ГТС, в общем, и грунтовых плотин, в частности, оценка технического и экологического состояния всего гидротехнического комплекса водоёма требует постоянного визуального и инструментального контроля и качественного исполнения решения по каждому водохозяйственному объекту. Предлагаемый системный подход к диагностике, оценке и прогнозированию поведения подпорных грунтовых сооружений позволяет индивидуально подходить к конкретному объекту и может быть использован при разработке упрощённой формы декларации безопасности малых гидроузлов. Представляется, что в дальнейшем при выборе водохозяйственных объектов, подлежащих декларированию, в том числе и городских, следует учитывать, в первую очередь, ущерб от аварии ГТС водоёмов с подпорными сооружениями для территории нижнего бьефа, а не соответствие его параметров установленным общим критериям, принятым при декларировании безопасности относительно крупных ГТС разного назначения. Разработку такой формы декларации считаем особенно актуальной для ускорения реализации комплексной столичной программы по ремонту и реконструкции ГТС, предназначенной для повышения уровня комфорта и безопасности жизни в мегаполисе и прилегающих к нему областей.

Библиографический список

1. Каганов Г.М., Волков В.И., Черных О.Н. Обследование ГТС при оценке их безопасности. Учебное пособие. – М.: МГУП, 2001.
2. Малаханов В.В. Техническая диагностика грунтовых плотин. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
3. Обследование водохозяйственных объектов с комплексом ГТС, г. Москва. Отчёт о НИР/МГУП. – М., 2005.
4. Визуальный контроль и оценка состояния ГТС. Библиотечка гидротехника.

Безопасность ГТС, приложение к журналу ГТС. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2001. Вып. 3.

5. Волюнов М.А., Голубкова В.А. Опыт декларирования безопасности ГТС водохранилищных гидроузлов. – М.: ВНИИГиМ, 2003.
6. Алтунин В.И, Алтунина А.В., Черных О.Н. Некоторые аспекты мониторинга состояния грунтовых сооружений. //Вопросы мелиорации. 2005. № 1-2.
7. Каган А.А., Кривоногова Н.Ф. Старение оснований гидротехнических сооружений и его инженерно-геодогическая оценка. //Гидротехническое строительство. 2004. № 11.
8. Малаханов В.В. Классификация состояний и критерии эксплуатационной надёжности гидротехнических сооружений. //Гидротехническое строительство. 2000. № 1.
9. Каганов Г.М., Павлов Ю.П., Павлов М.Ю. Состояние гидротехнических сооружений водохозяйственных объектов Московской области. //Гидротехническое строительство. 2003. № 11.
10. Жарницкий В.Я. Качество плотин из грунтовых материалов – основа их долговечности. //Мелиорация и водное хозяйство. 2005. № 5.