

УДК 543.08

**ВОДОЛАЗНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ КАК ЭЛЕМЕНТ  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ  
СООРУЖЕНИЙ**

С.В. Романенко, Л.А. Торгашов\*

Томский политехнический университет

\*Центр аварийно-спасательных подводно-технических работ «ЭПРОН», г. Санкт-Петербург

E-mail: svr@tpu.ru

Излагается методика проведения водолазного визуально-инструментального обследования гидротехнических сооружений.

**Ключевые слова:**

Методика, водолазное обследование, подводная часть, гидротехнические сооружения.

Гидротехнические сооружения (ГТС) объектов промышленности и энергетики напрямую или опосредованно задействованы в технологическом цикле опасных производственных объектов и представляют особую опасность для людей и окружающей среды, так как являются при авариях не только источниками гидродинамического воздействия, но источниками загрязнения поверхностных и подземных вод, территорий и воздушного бассейна. Аварии на гидротехнических сооружениях являются

одними из самых опасных по последствиям и скоротечности.

В связи с планами развития энергетики РФ, в том числе за счет строительства новых энергоблоков на уже существующих станциях, значительный интерес представляет вопрос дальнейшей безопасной эксплуатации ГТС системы охлаждения энергоблоков: подводящего и отводящего каналов, водоприемных ковшей и аванкамер насосных станций, регулирующих и других типов ГТС.

Требования к обеспечению промышленной безопасности гидротехнических сооружений установлены Федеральным законом и межотраслевыми правилами [1–3].

Основная масса отечественных ГТС была построена в 30–60-е гг. XX в. Проектный срок службы ГТС, как правило, составляет 30–35 лет. Строительство новых энергоблоков ставит вопрос о продлении срока службы существующих ГТС еще на 30–35 лет. В этих условиях существенно возрастает значение своевременного и качественного обследования подводной части ГТС для обоснования продления срока их безопасной эксплуатации и как элемент Декларирования безопасности ГТС.

Обследование подводных частей гидротехнических сооружений производится эксплуатирующими организациями с привлечением специализированных предприятий, обладающих необходимым оборудованием, квалифицированным персоналом и имеющих соответствующие разрешительные документы для выполнения данного вида работ, который может быть выполнен с использованием водолазов и телеуправляемых подводных аппаратов (ТПА).

В основу предлагаемой методики положены общие подходы к проведению обследования подводной части ГТС [4, 5], а также многолетний опыт организации и проведения водолазного визуального и приборно-инструментального обследования подводной части отечественных ГТС.

**Романенко Сергей Владимирович**, д-р хим. наук, заведующий кафедрой экологии и безопасности жизнедеятельности Института неразрушающего контроля ТПУ.

E-mail: svr@tpu.ru

Область научных интересов: электроаналитическая химия, физическая химия.

**Торгашов Леонид Александрович**, начальник АСФ филиала ФГУП «Аварийно-технический центр Минатома России», г. Санкт-Петербург, главный инженер Центра аварийно-спасательных подводно-технических работ «ЭПРОН», г. Москва.

E-mail: svr@tpu.ru

Область научных интересов: промышленная безопасность, радиационная безопасность.

## 1. Общие требования при обследовании подводных частей ГТС

1.1. Работы по обследованию начинаются с разработки Программы обследования (ПО) и согласования ее с заказчиком.

1.2. Обследование подводной части ГТС производится с соблюдением требований безопасности труда [3] следующими методами:

а) **визуальным методом** (водолазное обследование с использованием фото- и видеосъемки) производится выявление поверхностной коррозии, обрастания конструкций, трещин, и других видов разрушений бетонных конструкций, размывов грунтовых оснований, оползневых явлений на откосах, накоплений иловых отложений и посторонних предметов на дне сооружений, при отсутствии прямого безопасного доступа водолаза к обследуемому объекту следует применять телеуправляемые подводные аппараты;

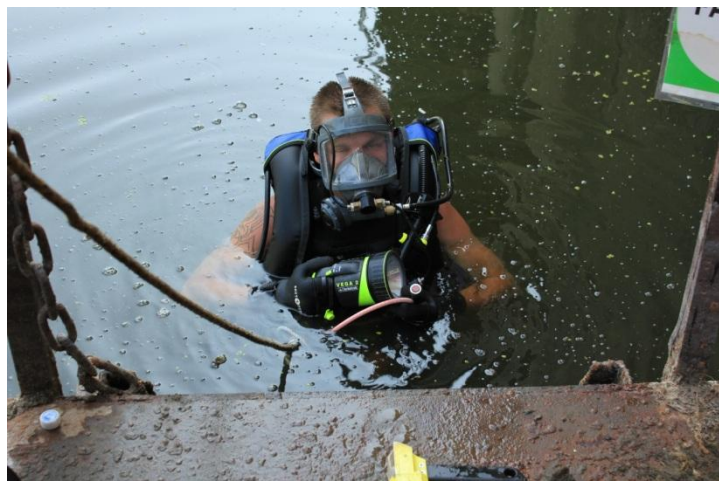
б) **приборно-инструментальным методом** (обследование дна и откосов гидролокатором) производится контроль поверхности дна, определение месторасположения посторонних предметов на дне; при общем удовлетворительном состоянии конструкций производится исследование прочности бетона выборочно (не менее чем у 10 % конструкций) неразрушающими методами контроля с использованием ультразвуковых и ударно-импульсных приборов.

1.3. Используется водолазное снаряжение и оборудование.

На основе опыта проведения обследований установлено, что использование вентилируемого водолазного снаряжения в значительной степени затрудняет проведение обследования в связи с созданием повышенной мутности воды, что характерно для водных объектов с малыми скоростями течения и высокой заиленностью дна (рис. 1). Наиболее удобным для использования является легководолазное снаряжение с открытой схемой дыхания, позволяющее длительное время находиться в воде, не касаясь дна водоема и не создающее дополнительную мутность воды, изображенное на рис. 2.



Рис. 1. Вентилируемое водолазное снаряжение



**Рис. 2.** Легководолазное снаряжение с открытой схемой дыхания

В случае невозможности прямого безопасного доступа водолаза к обследуемому объекту необходимо применять телеуправляемые подводные аппараты, оборудованные видеокамерами и приборами измерения.

## 2. Методика обследования

2.1. Методика обследования подводной части ГТС зависит от их конструктивных характеристик, в значительной степени определяющих условия эксплуатации.

Элементы и конструкции ГТС, с учетом данного аспекта, условно можно классифицировать на группы:

- 1) вертикальные стенки подводной части насосных станций, аванкамер, подпорных стенок относительно большой площади, колодцев, мостовые опоры, сороудерживающие решетки – данные объекты обследования характеризуются повышенным обрастанием водной растительностью и речными моллюсками, возможным отклонением от проектного вертикального положения, разрушением в зоне переменного уровня от погодноклиматического воздействия (рис. 3), подверженностью эрозионному воздействию потока воды и наносов;



**Рис. 3.** Разрушение железобетонных конструкций под водой

- 2) водоприемные ковши насосных станций, подводящие и отводящие каналы, характеризуются наличием горизонтальных и наклонных поверхностей, покрытых



отложениями донных наносов, крупных предметов и ракушек речных моллюсков, просадками плит в результате размыва (рис. 4);



**Рис 4.** Разрушение железобетонной облицовки канала

- 3) закрытые железобетонные водоводы, дюкеры, характеризующиеся значительной протяженностью, высокими скоростями течения воды с температурой до 45 °С, что обуславливает возможность температурных деформаций, разрушением межплиточных швов и защитного слоя торкрет-бетона.
- 2.2. Перед началом обследования каждого объекта задействованный на обследовании персонал (инженер-гидротехник, водолазный специалист, водолазы и т. д.) детально изучает документацию по обследуемому объекту:
  - проектно-исполнительную документацию;
  - материалы предыдущих обследований и наблюдений за сооружениями в период его эксплуатации;
  - эксплуатационную документацию.
- 2.3. Для проведения водолазного спуска используются штатные или переносные спусковые водолазные трапы, модульные пластиковые понтоны, фото- и видеокomплексы, средства связи, водолазное снаряжение с открытой схемой дыхания, обеспечение спусков водолазов производится мобильным водолажным комплексом на базе автомобиля.
- 2.4. Полученные результаты заносятся в Ведомость дефектов обследуемого объекта и фиксируются фото- и видеосъемкой для дальнейшей обработки.
- 2.5. Обследование вертикальных стенок проводится вертикальными полосами шириной 2 м, начиная от дна до верха по спусковому концу с балластом. Производится видеосъемка с передачей изображения по кабелю на видеомонитор к оператору (руководителю работ) и одновременной записью на цифровой носитель. Особое внимание уделяется зоне переменного уровня, в наибольшей степени подверженной погодно-климатическому воздействию, а также узлам сопряжения вертикальных стенок с дном и откосами водоприемного ковша.

При обследовании устанавливается:

  - наличие трещин в бетоне, их направление (косые, вертикальные, горизонтальные), размеры (глубина, длина и ширина раскрытия) и причины их образования (просадка основания, усадочные трещины, результат внешних нагрузок);
  - наличие сколов бетона;
  - состояние железобетонных поверхностей: отслоение или разрушение защитного слоя (арматуры), обнажение арматуры и степень коррозии, раковины строительного

происхождения, каверны, выщелачивание поверхности бетона (глубина и площадь выщелачивания); зоны истирания бетона, кавитации; состояние бетона в зоне переменного уровня;

- объемы и размеры обнаруженных в бетонных конструкциях разрушений (длина, ширина, глубина) с привязкой их в пространстве;
- обрастание поверхности бетона водной растительностью и ракушкой дрейссены;
- наличие и объем иловых отложений, донного мусора (на дне камер и каналов).

При просмотре изображения на мониторе в режиме реального времени и обнаружении дефектов руководитель работ передает водолазу задание о замере габаритов дефектов (замер производится металлической мерной линейкой, щупом и штангенциркулем).

При необходимости следует задействовать дополнительное освещение обследуемого объекта. Для более точной оценки состояния узла конструкции проводится зачистка осматриваемой поверхности от обрастания водной растительностью и коррозии.

2.6. Обследование дна и откосов водоприемных ковшей и каналов выполняется двумя способами: визуальное водолазное обследование откосов и гидроакустическая съемка дна с GPS-привязкой (рис. 5).



**Рис. 5.** Гидрографический промерный комплекс в составе параметрического эхолота и GPS-станции

Визуальное обследование осуществляется с целью получения информации о внешнем состоянии всего сооружения или отдельных его элементов. Результатом его является обнаружение очевидных и возможных скрытых повреждений конструкции, а также других дефектов, затрудняющих или делающей невозможной безопасную работу всего сооружения или отдельных его участков.

При обследовании железобетонных конструкций крепления откосов и дна водоприемного ковша и каналов устанавливается:

- наличие и мощность донных отложений и крупного мусора;
- состояние защитного покрытия из монолитных железобетонных плит (трещины, сколы бетона, обнажение арматуры и степень коррозии, состояние швов, состояние упорной призмы);
- наличие разрушений строительных и температурных швов;
- подмыв железобетонных плит (пустоты под плитами) (рис. 4), просадка откосов;
- наличие смещений железобетонных плит, подмыв и просадка упорного зуба;
- состояние узлов сопряжения откоса с подпорными стенками и др. сооружениями;
- наличие оползневых явлений на откосах.

Обследование представляет собой осмотр сооружений и конструкций водолазом с выполнением инструментальных измерений (линейкой, штангенциркулем, молотком, щупами и т. п.) в целях определения параметров и качественных признаков технического состояния объектов на момент обследования. При необходимости проводится зачистка отдельных участков сооружения от обрастания и коррозии для более тщательного осмотра.

Водолазное обследование выполняется в следующей технологической последовательности:

- производится разбивка базисной линии;
- в створе базисной линии устанавливаются створные знаки для обозначения поперечников с шагом через 50 м;
- укладывается на дно канала ходовой конец, выводится на берег, и закрепляются концы на берегу к якорям;
- по створам натягивается канат с метками через 5 м (канат натягивается выше уровня воды на 0,2–0,5 м);
- шлюпка или модульный пластиковый понтон (рис. 6) устанавливается ниже по течению обследуемого поперечника;



**Рис. 6.** Модульный пластиковый понтон

- постепенно перемещая шлюпку вдоль поперечника, замерщик с лодки через 5 м определяет глубину при помощи лота, параллельно по дну движется водолаз, который контролирует правильность замера лотом (фиксирует натяжение каната, зависание каната на ветках и других предметах), а также осматривает состояние железобетонных конструкций дна и откосов канала.

Гидроакустическая съемка проводится с целью поиска на дне канала крупного донного мусора, определения просадок крепления дна и толщины донных отложений наносов при высоких скоростях течения.

При обследовании параметрическим эхолотом устанавливаются точные контуры отложений наносов, наличие и количество топляков и других крупных предметов, с фиксированием их в плановом положении GPS-навигатором.

2.7. Обследование закрытых железобетонных водоводов выполняется по этапам:

- 2.7.1. До спуска водолаза водовод осматривается при помощи телеуправляемого подводного аппарата на наличие предметов, препятствующих безопасной работе водолаза, при необходимости производится измерение скорости воды в трубе при помощи измерителя скорости потока.
- 2.7.2. Протягивается мерный трос с закрепленной маркировкой длины с шагом 5 м для определения местоположения водолаза в водоводе.
- 2.7.3. Водолазное обследование водовода выполняется через входной или выходной оголовок. Спуск водолаза производится по штатному или переносному трапу (рис. 7). До начала движения водолаза фиксируется нулевой отсчет на мерном тросе.





**Рис. 7.** Спуск водолаза в сифонный колодец водовода по переносному трапу

В случае необходимости для более точной оценки состояния узла конструкции проводится зачистка осматриваемой поверхности от обрастания водной растительностью и коррозии.

В ходе обследования сооружения водолаз при обнаружении разрушений или дефектов конструкции проводит привязку по мерному тросу, замеры дефекта измерительным инструментом (мерная линейка, щуп и т. д.), фото, видеосъемку и доклад оператору (руководителю работ).

2.8. При обследовании металлоконструкций устанавливается:

- наличие разрывов металла;
- наличие деформаций конструкций;
- степень коррозии;
- состояние и наличие антикоррозийного покрытия.

### **3. Оформление результатов водолазного обследования**

3.1. Результаты водолазного обследования, выводы о техническом состоянии гидротехнических сооружений, причины появления дефектов и повреждений, рекомендации по улучшению состояния сооружений, предложения по дальнейшей эксплуатации и ремонту конструкций подводных частей, обследованных ГТС, необходимых для поддержания ресурса строительных конструкций, излагаются в техническом отчете и документируются в форме протокола водолазного обследования подводной части ГТС.

3.2. Технический отчет по результатам обследования должен содержать:

- перечень обследованных сооружений и конструкций;
- сроки проведения обследования;
- техническую характеристику объектов обследования;
- сведения об условиях эксплуатации строительных конструкций;
- данные о ремонтах и реконструкциях с начала эксплуатации;
- результаты визуальных осмотров и инструментальных измерений (видеозапись дефектов, поперечные разрезы линейных сооружений и т. д.);
- перечень использованного оборудования и средств измерений;
- ведомость дефектов конструкций, вид, место расположения и размеры;
- результаты испытаний конструкций методами неразрушающего контроля;
- выводы о техническом состоянии конструкций, степени износа и снижения несущей способности основных несущих и ограждающих конструкций;

- рекомендации и технические решения (предложения) по восстановлению или усилению конструкций ГТС и улучшению условий эксплуатации;
- заключение о состоянии исследуемых конструкций подводных частей ГТС и технической возможности их дальнейшей эксплуатации;
- фото- или видеоматериалы подводного обследования.

### Выводы

Предлагаемая методика проведения водолазного обследования подводной части ГТС детализирует общие подходы к обследованию гидротехнических сооружений с учетом их конструктивных характеристик и условий эксплуатации, а также оптимизирует методы обследования на основе процессного подхода и применения новейшего водолазного снаряжения и приборной базы.

На основе анализа конструктивных характеристик и условий эксплуатации обследуемых ГТС выполнена их классификация по характерным признакам возможных деформаций, разрушений, механического, биологического и прочего воздействия.

Методика апробирована при обследовании гидротехнических сооружений Госкорпорации «Росатом», ТЭЦ г. Северска, ОАО «Томская судоходная компания», ООО «Газпром энерго» (Южный филиал, г. Астрахань) и др.

Данная методика с незначительными изменениями и дополнениями применялась и для обследования подводной части ГТС с использованием телеуправляемых подводных аппаратов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». – 12 с.
2. Федеральный закон от 21 июля 1997 года № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений». – 9 с.
3. Межотраслевые правила по охране труда при проведении водолазных работ. ПОТ РМ-030-2007. – М.: Изд-во «Слово». – 2007. – 318 с.
4. Красов Н.В. Подводно-технические работы. – М.: Транспорт. – 1975. – 276 с.
5. Забела К.А., Кушнирюк Ю.Г. Пособие по подводно-техническим работам в строительстве. – Киев: Будивельник. – 1975. – 256 с.

Поступила 10.10.2012 г.