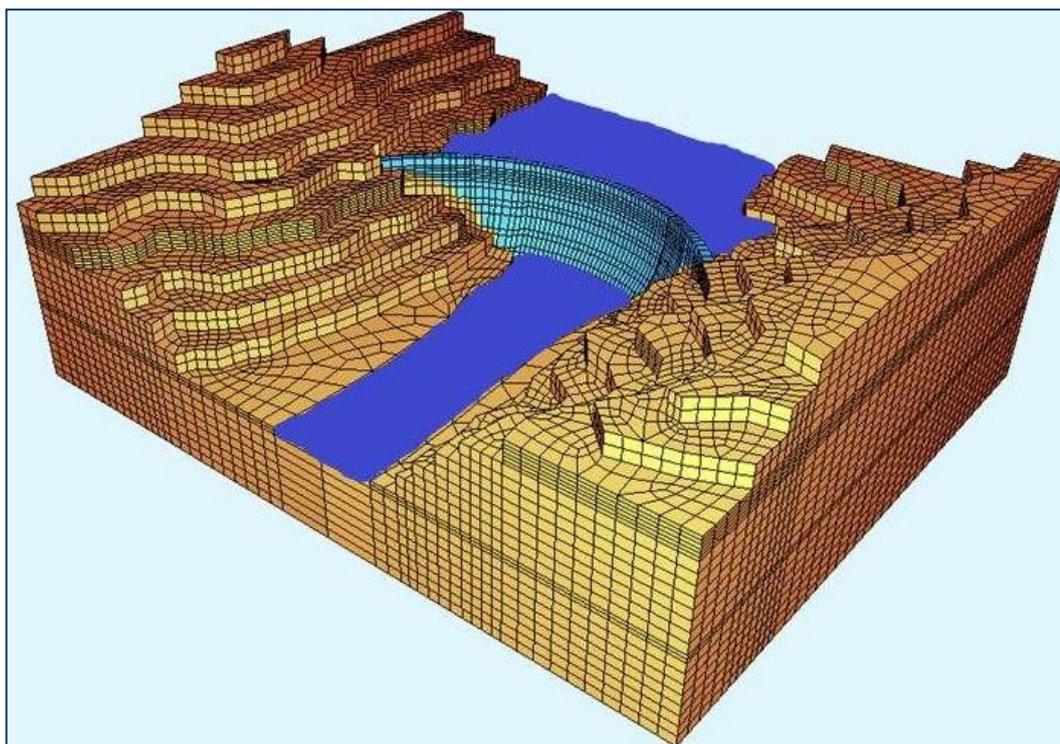


**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ИНСПЕКЦИЯ ПО КОНТРОЛЮ И  
НАДЗОРУ ЗА ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ  
И БЕЗОПАСНОСТЬЮ РАБОТЫ КРУПНЫХ И ОСОБО ВАЖНЫХ  
ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ  
ПРИ КАБИНЕТЕ МИНИСТРОВ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
(«ГОСВОДХОЗНАДЗОР»)**

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ КОМИТЕТ УЗБЕКИСТАНА  
ПО БОЛЬШИМ ПЛОТИНАМ**

**ЕВРОПЕЙСКАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ ОРГАНИЗАЦИИ  
ОБЪЕДИНЁННЫХ НАЦИЙ**

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ  
В ОБЛАСТИ БЕЗОПАСНОСТИ ПЛОТИН И ДРУГИХ  
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**



**Ташкент 2016**

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ИНСПЕКЦИЯ ПО КОНТРОЛЮ И  
НАДЗОРУ ЗА ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ  
И БЕЗОПАСНОСТЬЮ РАБОТЫ КРУПНЫХ И ОСОБО ВАЖНЫХ  
ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ  
ПРИ КАБИНЕТЕ МИНИСТРОВ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
(«ГОСВОДХОЗНАДЗОР»)**

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ КОМИТЕТ УЗБЕКИСТАНА  
ПО БОЛЬШИМ ПЛОТИНАМ**

**ЕВРОПЕЙСКАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ ОРГАНИЗАЦИИ  
ОБЪЕДИНЁННЫХ НАЦИЙ**

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ  
В ОБЛАСТИ БЕЗОПАСНОСТИ ПЛОТИН И ДРУГИХ  
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

Рекомендовано к изданию Национальным комитетом Узбекистана по большим плотинам

**Составители:**

- Н.Эрназаров – начальник Государственной инспекции «Госводхознадзор» при Кабинете Министров Республики Узбекистан, заместитель председателя Национального комитета Узбекистана по большим плотинам
- М.Бакиев – кафедра "Гидротехнические сооружения и инженерные конструкции" Ташкентского института ирригации и мелиорации, д. т. н., профессор, член Национального комитета Узбекистана по большим плотинам
- Ш.Талипов – заместитель Председателя, член Исполкома МФСА от Республики Узбекистан
- З.Ирисбаев – главный специалист Государственной инспекции «Госводхознадзор», секретарь Национального комитета Узбекистана по большим плотинам

В данной публикации отражены опыт работы по обеспечению безопасности плотин и других гидротехнических сооружений (ГТС) в таких странах как Япония, ФРГ, Швейцария, Нидерланды и Франции.

Также представлены: высокотехнологичные методы производства работ по ремонту и реконструкции плотин и других ГТС, их проектированию, строительству и эксплуатации с использованием современных строительных материалов и современные приборы и оборудования для натурных наблюдений и диагностики технического состояния.

Кроме того представлена методика по процессу принятия решения по выводу из эксплуатации плотин, разработанная Комитетом ICOLD по выводу плотин из эксплуатации. Данная методика представляет большой интерес для развития нормативно-технической базы стран региона, касающегося последней стадии жизненного цикла плотин – вывода их из эксплуатации. Данный вопрос входит приоритетный перечень развития нормативно-технических актов.

Публикуемый материал соответствует задачам Национального комитета Узбекистана по большим плотинами и предназначен для специалистов, осуществляющих внедрение и распространение современных методов и технологий в области проектирования, строительства и эксплуатации плотин и других ГТС на основе изучения передового международного опыта.

Настоящая публикация подготовлена при поддержке Европейской Экономической Комиссии ООН в рамках III фазы проекта «Безопасность плотин в Центральной Азии: создание потенциала и региональное сотрудничество», а также Программы действий по оказанию помощи странам бассейна Аральского моря на период 2011-2015гг. (ПБАМ-3).

Редакционная коллегия: Н.Эрназаров М.Бакиев, Ш.Талипов, З.Ирисбаев, О.Мунаева, И.Гайфулин

## СОДЕРЖАНИЕ

### ГЛАВА I.

#### **Законодательство в сфере обеспечения безопасности гидротехнических сооружений в некоторых странах.....5**

1. Законодательная база Финляндии в области обеспечения безопасности плотин..... 5
2. Законодательство и вывод из эксплуатации плотин на примере некоторых стран..... 10
3. Новый законопроект по безопасности плотин штата южной каролины США..... 18

### ГЛАВА II.

#### **Технологии обеспечения безопасности гидротехнических сооружений.....22**

1. Willowstick - технология для картирования и моделирования систем подземных вод..... 22
2. Комплексные расчеты гидротехнических сооружений в plaxis..... 25
3. Таум саук, гидроаккумулирующая станция (в штате Миссури, США)..... 27
4. Автоматизация деятельности организаций, обеспечивающих проектирование, строительство и эксплуатацию терминалов, портов, морских и речных гидротехнических сооружений..... 30

### ГЛАВА III.

#### **Методики диагностики, обследования и оценки технического состояния плотин и других гидротехнических сооружений, методика оценки соответствия гидроэнергетических проектов критериям устойчивого развития.....35**

1. Обследование дамб и плотин..... 35
2. Подводно-техническое обследование гидротехнических сооружений..... 38
3. Причины снижения уровня безопасности земляных плотин гидросооружений мелиоративного назначения..... 44
4. Методы обследования коррозионного состояния арматуры железобетонной конструкции..... 47
5. Диагностика трубопроводов (Компания USAR испанской фирмы Urbanizadora Albiñanense S.A.)..... 52
6. Методика оценки соответствия гидроэнергетических проектов критериям устойчивого развития..... 56

### ГЛАВА IV.

#### **ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

1. Армкор-1 анализатор коррозии арматуры..... 65
2. Уровнемер акустический well sounder 2010 pro..... 65
3. Уровнемер акустический well watch 670..... 66
4. Назначение калькулятора точки росы novotest ктп-1..... 67
5. Новый толщиномер покрытий на любых основаниях novotest нож тпн-1... 70
6. Использование звуковизоров при обследовании гидротехнических сооружений..... 71
7. Инструкция по эксплуатации толщиномера..... 74

<b>ГЛАВА V.</b>	
<b>СОВРЕМЕННЫЙ МЕТОД РЕМОНТА И РЕКОНСТРУКЦИИ</b>	
<b>ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ.....</b>	<b>78</b>
1. Ремонт трещин в бетоне инъекционным методом.....	78
<b>ГЛАВА VI.</b>	
<b>ПРОЦЕСС ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ</b>	
<b>О ВЫВОДЕ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЛОТИН.....</b>	<b>80</b>
1. Предисловия.....	80
2. Введение.....	80
3. Процесс принятия решения о выводе из эксплуатации.....	89
4. Консультации и разрешения регулирующих органов.....	104
5. Вопросы проектирования и строительства.....	107
6. Управление наносами.....	124
7. Мониторинг выполнения.....	130
8. Отдельные тематические исследования.....	134
<b>ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>157</b>

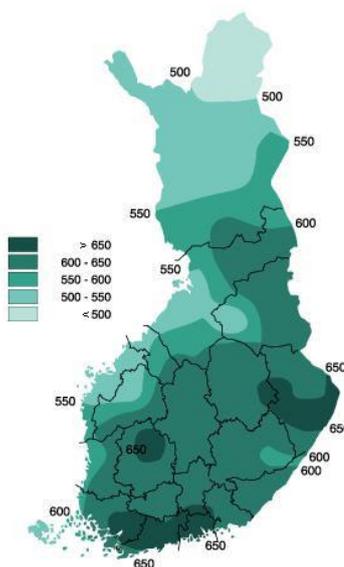
1. ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ БАЗА ФИНЛЯНДИИ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
БЕЗОПАСНОСТИ ПЛОТИН

**Водные ресурсы Климат:**

- Финляндия в климатическом отношении расположена в переходной зоне между приморским и континентальными климатическими режимами;
- В связи с влиянием течения Гольфстрим и Балтийского моря, климат здесь более мягкий, чем в большинстве других областей, расположенных между 60-й и 70-й широтами.

**Водные ресурсы**

Статистика выпадения осадков

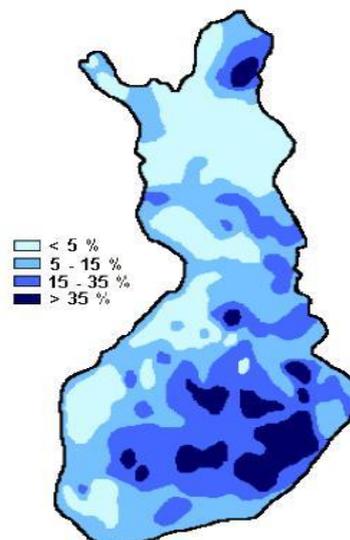


Среднегодовое количество осадков, мм

**Водные ресурсы**

Водный край

- 187 888 озер (общей площадью 33 350 км²)
- 314 000 км побережья
- 178 947 островов
- 22 085 ручьев
- 647 рек
- Запасы пресной воды:
  - 108 000 мм³/а
  - 21 000 м³/на душу населения



Количественное соотношение воды по районам

### **Водные ресурсы, наводнения:**

- Наряду с другими странами, в Финляндии наводнения представляют собой явления природы, становящиеся причинами аварий и ущерба;
- Причины наводнений:
  - увеличивающийся сток вод в связи с таянием снега весной;
  - ледяной затор;
  - интенсивные проливные дожди.
- Масштаб и последствия наводнений в большой мере зависят от:
  - местного рельефа и методов землепользования;
  - наличия противопаводковой защиты и эффективности управления речными системами.

### **Управление водными ресурсами, управление внутренними водоёмами:**

- Проекты контроля за уровнем воды охватывают около 300 озёр (третью часть общей площади озёр);
- Большинство работ по контролю было осуществлено в период 50-х – 70-х годов, они были направлены на предотвращение наводнений, производство гидроэлектроэнергии, развитие водных путей и также усовершенствование методов водоснабжения;
- В последние годы приобрели важность такие вопросы, как природоохранная деятельность и рекреационная ценность;
- В соответствии с финским «Законом о воде», для всех проектов по управлению водами необходимо получать разрешение органов власти, занимающихся охраной окружающей среды.

### **Управление водными ресурсами, прогнозирование наводнений:**

- Смоделированные водоразделы покрывают 85% территории страны;
- Наблюдения за паводковыми водами и за уровнем воды осуществляется ежедневно по 300 пунктам наблюдения;
- Полученные результаты наблюдения за паводковыми водами и за уровнем воды используются в целях управления водными ресурсами, предотвращения ущерба от наводнений, а также для общих сведений.

### **Предыстория:**

- В 1984 году введены в действие закон и постановление правительства Финляндии о безопасности плотин, с целью повышения уровня безопасности плотин в стране;
- В 1985 году введены в действие правила технической безопасности плотин, обеспечивавшее нормативные правила в качестве практических инструкций;
- В 1997 году издана третья, отредактированная версия правил технической безопасности плотин.

### **Закон и постановление о безопасности плотин:**

- Данное законодательство по безопасности плотин охватывает более 500 плотин в Финляндии, из них 85% - плотины на водохранилищах, а 15% - плотины на селехранилищах;
- Около 40 плотин имеют высокий риск опасности в случае их аварий, из-за проживания значительного количества населения в зоне влияния этих плотин и возможного большого ущерба окружающей среде или собственности;
- Большинство плотин – земляные плотины, и только несколько - массивные бетонные сооружения.
- Плотины в Финляндии строятся в основном в целях:

- регулирования наводнений;
- производства гидроэлектроэнергии;
- водоснабжения;
- разведения рыб;
- хранения паводковых и сточных вод, вредоносных для здоровья человека или окружающей среды.

#### **Классификация плотин:**

- Плотины подразделяются по типам опасности, которую они могут представлять в случае их аварии или неисправности. Помимо риска нанесения ущерба территориям ниже по течению реки от плотины, также рассматривается риск внезапного падения уровня воды выше по течению плотины;
  - плотины типа «Р» - авария станет причиной явной опасности для жизни и здоровья людей, угрозы для окружающей среды или имущества;
  - плотины типа «N» менее опасны, чем плотины типа «Р», но не могут быть отнесены к классу «О»;
  - плотины типа «О» - только незначительная опасность;
  - плотины типа «Т» - временные плотины (перемычки).

#### **Госорганы, контролирующие безопасность плотин:**

- Высшим органом власти, осуществляющим функцию руководства по управлению плотинами и надзора за их безопасностью, является Министерство сельского и лесного хозяйства;
- На территориальном уровне надзор за безопасностью плотин осуществляется местными органами власти, в частности региональными центрами по охране окружающей среды;
- В качестве спасательных служб обеспечивается соответствующая функция региональных спасательных департаментов;
- Финский Институт по охране окружающей среды разрабатывает правила технической безопасности для плотин и обеспечивает мониторинг состояния плотин, находящихся в собственности государства, а также предоставляет необходимые экспертные услуги министерству и региональным центрам по охране окружающей среды.

#### **Закон о безопасности плотин 1/4 Сфера применения:**

- Данный закон действует в отношении строительства и эксплуатации плотин;
- Согласно данному закону плотинами считаются сооружения, предназначенные для постоянной эксплуатации в сочетании со вспомогательными сооружениями и зданиями, вне зависимости от использованных для их сооружения строительных материалов или методов, или типа веществ, содержащихся в бассейне;
- Закон действует в отношении всех плотин с высотой не менее трёх метров. Тем не менее, закон также действует в отношении плотин меньшей высоты, если объём жидкости в бассейне настолько велик, или тип жидкости в бассейне такого характера, что в случае аварии он бесспорно поставит под угрозу человеческие жизни или здоровье, или бесспорно станет представлять угрозу для окружающей среды или имущества.

#### **Закон о безопасности плотин 2/4 Обязательства:**

- Строительство плотины должно осуществляться таким образом, чтобы по конструкции и по длине она соответствовала требованиям, согласно

которым риски безопасности не будут влиять ни на саму плотину, ни на процесс её эксплуатации;

- Владелец плотины обязан поддерживать плотину в таком состоянии, в котором она сохраняет безопасность и не станет представлять угрозу или оказывать разрушительное или вредное воздействие на общественные или частные интересы;
- Владелец или арендатор плотины должен хранить все документацию, связанную с безопасностью плотины, в специальной Папке по безопасности.

#### **Закон о безопасности плотин 3/4 Мониторинг:**

- Для снижения рисков возможного ущерба от плотины, для каждой плотины должна быть разработана программа мониторинга безопасности;
- Программа мониторинга безопасности плотины должна быть разработана владельцем или арендатором плотины. Программа может включать в себя правила, касающиеся необходимого мониторинга и инспекций, регулярно проводимых через определенные промежутки времени;
- Утверждение программы мониторинга безопасности плотины или её приложений должно производиться региональным центром охраны окружающей среды.

#### **Закон о безопасности плотин 4/4 Оценка риска возникновения опасности:**

- Чтобы определить и оценить риск, обусловленный наличием плотины, региональный центр по защите окружающей среды может приказать, в случае первой необходимости, владельцу или арендатору плотины выполнить за свой счёт оценку рисков, связанных с плотинной, для населения, и в особенности для имущества ниже по течению реки (оценка риска возникновения опасности), и представить результаты оценки региональному центру по защите окружающей среды и местному органу спасательной службы.
- Плотина, которую данный закон определяет как очевидно опасную для жизни и здоровья людей или очевидно способную причинить серьёзный ущерб окружающей среде или имуществу в случае аварии, должна быть поставлена на учёт, как фактор риска в координационном плане. Владелец или арендатор плотины обязан помогать органам спасательной службы в составлении такого плана.

#### **Папка по Безопасности**

- Папка по безопасности должна содержать тот объем, обусловленный конкретными обстоятельствами, следующие документы:
  - описание общих параметров плотины и перегороженной плотинной территории, а также гидрогеологические данные, использовавшиеся при планировании;
  - карту территории, подверженной воздействию плотины, схематический план плотины и документы по конструкции плотины в том объёме, в котором они требуются для оценки безопасности плотины;
  - программу мониторинга безопасности;
  - записи результатов мониторинга и инспекционных работ;
- Соответствующие письма органов власти, которые должны находиться в подобной папке; а также результаты экспертиз и план обеспечения безопасности.

## **План обеспечения безопасности**

- План обеспечения безопасности должен состоять из:
  - плана мероприятий, предпринимаемых по отношению к резервуару и гидротехническим сооружениям в случае аварии;
  - описания материалов, которые должны постоянно иметься в наличии, чтобы предотвратить несчастный случай;
  - описания метода, согласно которому будет произведено территориальное оповещение, а также метода, с помощью которого будет поддерживаться связь с региональным центром сигнализации;
- сведений о персонале плотины, назначенном владельцем или арендатором плотины, в обязанности которого входит проведение мероприятий по предотвращению ущерба в случае аварии;
- списка прочих мероприятий, которые владелец или арендатор плотины считает необходимыми для защиты людей и имущества в случае аварии, причиной которой является плотина; и
- для плотин резервуаров с отходами - описания типа и количества аккумулярованных вод.

## **Правила технической безопасности плотин включает в себя:**

- Практическое применение законодательства;
- Требования к плотинам:
  - гидрологический режим;
  - конструкции (каменно-земляные, бетонные, стальные);
  - механическое оборудование;
  - электротехническое оборудование;
  - оборудование для контроля и мониторинга.
- Содержание Папки по безопасности плотины;
- Назначение инспекции;
- Проведение мониторинга и инспекций технической безопасности;
- Оценка риска возникновения опасности;
- Профилактика и меры предосторожности для предупреждения аварий плотины.

## **Безопасность плотин: Оценка риска возникновения опасности. Анализ риска возникновения опасности прорыва плотины**

- Позиции анализа:
  - различные возможные точки и сценарии прорыва плотины;
  - различные гидрогеологические условия;
  - люди, подвергающиеся риску;
  - экономический и экологический ущерб.

## **Инспекции**

### **Ежегодная инспекция**

- При проведении ежегодной инспекции, необходимо обратить особое внимание на проверку состояния работы и сигнализационное оборудование на отводящих каналах и подводных шлюзах плотины, а также на сливных каналах гидроэлектростанции. Работа оборудования должна проверяться посредством испытательных запусков. Профилактические меры, предпринимаемые в случаях разливов, должны подвергаться анализу, в особенности по годам, когда разливы были, чтобы даже в годы повышенного объема разливов, оперативный персонал владел правильными инструкциями, позволяющими взять ситуацию под контроль.

## **Официальные инспекции:**

- Официальные инспекции должны проводиться с периодичностью, не превышающей пяти лет. Дата первой официальной инспекции отсчитывается от даты назначения инспекции;
- Представитель владельца или арендатора плотины, а также их компетентный специалист, должны присутствовать при официальной инспекции;
- Районный центр по охране окружающей среды и, в случае с работой с плотинной типа «Р», представитель областных исполнительных органов, а также должностные лица из спасательных органов, должны быть заранее оповещены о дате инспекции, чтобы все упомянутые должностные лица смогли в ней участвовать;
- Отчеты о нарушениях;
- Конструкционные и эксплуатационные нарушения, оказывающие негативное влияние на безопасность плотины, обнаруженные во время мониторинга, должны быть включены в отчёт в обязательной форме.

## 2. ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО И ВЫВОД ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЛОТИН НА ПРИМЕРЕ НЕКОТОРЫХ СТРАН

### 1. Ведение

Как правило, защита людей, имущества и окружающей среды является обязанностью правительства, которое должно обеспечить соответствующие правовые рамки, а также соблюдение этих правил посредством административных органов (госорганы, агентства, департаменты и т.д.). И, по этой причине, проектирование, строительство, реконструкция, расширение, изменение, эксплуатация, мониторинг, техническое обслуживание, ремонт, вывод из эксплуатации и ликвидация плотин должны осуществляться в рамках нормативно-правовой базы, которая чётко указывает все права, обязанности и обязательства сторон, участвующих в этих процессах.

Даже прорыв плотины с небольшим прудом может привести к человеческим жертвам, прекращению водоснабжения, материальному ущербу, а также ущербам для окружающей среде.

Международный опыт показывает, что **риск прорывов небольших, низконапорных сельских плотин значительно выше риска прорыва крупных, хорошо-спроектированных плотин**. По данным Бюро Мелиорации в период с 1970 по 1997 года в результате прорывов небольших плотин в США количество пострадавших составило 87%.

И поэтому, чрезвычайно важно, чтобы правительства четко определяли обязанности владельцев и создавали абсолютно **независимые контролирующие госорганы**, главной задачей которых является обеспечение безопасности плотин.

### 2. Нормативно-правовое регулирование

Нормативно-правовое регулирование должно когерентно охватывать плотины и дамбы, путём обеспечения основных правовых рамок, применимых для всех видов плотин, вне зависимости от их основных функций таких, как

производство электроэнергии, водоснабжение, орошение, борьба с наводнением и тому подобное.

Требования к плотинам должны меняться соответственно размеру плотины и объёму водохранилища. Оба критерия – размер плотины и объём водохранилища, должны учитываться комбинировано, то есть вместе, так как **плотина небольших размеров с огромным объёмом водохранилища может быть куда опаснее большой плотины с маленьким объёмом водохранилища.**

Ярким примером к вышесказанному являются изменения во французских нормативно-правовых актах 2007 года введением новой системы классификации плотин с четырьмя категориями:

A: Высота > 20м

B:  $10\text{м} < H < 20\text{м}$  и  $H^2 \times \sqrt{V} \geq 200$  (V - кубических гектометрах)

C:  $5\text{м} < H < 10\text{м}$  и  $H^2 \times \sqrt{V} \geq 20$  (V - кубических гектометрах)

D:  $2 < H < 5\text{ м}$

Данная классификация может предусматривать исключения в назначении классификации, если имеются особые обстоятельства.

Этот новый метод классификации позволил французским властям более рационально распределить ресурсы и усилия по мониторингу и контролю состояния плотин, тогда как старая система классификации была полностью ориентирована на крупные плотины, несущие большую степень угрозы общественной безопасности, в то время как малые плотины и риски, ассоциируемые с их прорывом, оставались без должного внимания. Ответственности и требования к владельцам плотин определяются в соответствии с классификацией в вышеуказанной системе.

В типовом законе США по государственному надзору и обеспечению безопасности плотин и водохранилищ, утверждена другая система классификации. Определение, данное в соответствии с этим законоположением, гласит, что любой искусственный барьер запруживающий воду и соответствующий параметрам  $H \geq 7.5\text{м}$  и  $V > 18450\text{м}^3$  или  $V \geq 61500\text{м}^3$  и  $H > 2\text{м}$  классифицируется как плотина. Также стоит отметить, что в США регулирование плотин является делом штатного, а не федерального уровня. В связи с этим, в некоторых штатах определение плотин отличается от типового и определяется исходя из накопленного опыта и местных требований.

Американская модель основывается на системе классификации потенциальных опасных факторов, которая не учитывает текущее состояние плотины (безопасность, структурную целостность и т.д.), но берёт в расчёт **потенциальные неблагоприятные последствия из-за сброса воды из водохранилища** по причине аварии или ошибок в эксплуатации.

- i. Опасность высокой степени: авария и прорыв плотины или неправильная эксплуатация с вероятностью потерь человеческой жизни (даже если это только один человек);
- ii. Опасность значительной степени: без вероятности потерь человеческой жизни, но может вызвать серьёзный экономический ущерб, ущерб окружающей среде, нарушение/разрушение/перебои в работе объектов, линий передач, имеющих жизненно важное значение;
- iii. Опасность малой степени: без вероятности потерь человеческой жизни и серьёзных экономических ущербов, (потери в основном ограничиваются имуществом и объектами владельца/собственника).

Независимо от системы классификации, принятой в стране, важно, чтобы нормативно-правовое регулирование **чётко определяло критерии ранжирования рисков**, и на основе этой классификации определялись ответственности, обязанности и требования ко всем связанным субъектам.

### 3. Контрольный орган

Для обеспечения исполнения и контроля за исполнением действующих законодательных, нормативных правовых и нормативно-технических документов должен быть назначен **специальный, государственный контрольный орган с соответствующими полномочиями**. Администрация, деятельность и управление контрольного органа должны осуществляться квалифицированными специалистами и инженерами, с соответствующим опытом и знанием в вопросах обеспечения безопасности плотин, которые должны постоянно контролировать соответствие усилий владельцев плотин по отношению к указанным по закону требованиям.

Первоначальной задачей контрольного органа или владельцев (в зависимости от установленного регламента в стране) является проведение инвентаризации плотин для определения/регистрации:

- a. Имени и адреса владельца;
- b. Место расположения, типа, функциональной задачи и высоты плотины;
- c. Объёма резервуара;
- d. Фактической площади водосбора, записи количества осадков и пропускной объём плотины;
- e. Классификация потенциально неблагоприятных последствий в случае пуща воды из водохранилища по причине аварий или ошибок в эксплуатации.

Основываясь на этих данных, контролирующий орган должен будет проранжировать плотины в соответствии с их рисками (учитывая, как потенциальные, так и настоящие), а также определить малые низконапорные плотины с высоким риском в соответствии с критериями ранжирования рисков.

Общее количество малых низконапорных плотин, отведённых под надзор одного инспектора/супервайзера, **не должно превышать рамки**, не позволяющие осуществлять надлежащую проверку, наблюдение, инспектирование состояния безопасности плотин. Кроме этого, рекомендуется постоянное **проведение тренингов и семинаров для обмена опытом** между персоналом, инспекторами и другими специалистами.

Во Франции региональные инспектора/супервайзеры имеют группу поддержки, состоящую из специалистов (инженеров с опытом работы в области **проектирования и строительства водонапорных сооружений, со знанием геотехнических, гидротехнических, гидрологических аспектов, а также аспектов управления рисками**), работающую по всей стране.

*Табл. 1. Требования по системе классификации плотин во Франции*

Пункт	A	B	C	D
Техническое и административное утверждение	Да	Да	Да	Да
Участие в инспекции во время приемки котлована под	Рекомендуется	Рекомендуется	На усмотрение	Нет

фундамент				
Инспекция перед сдачей объекта в эксплуатацию, проверка соответствия проектной документации	Да	Да	Да	Нет
Утверждение процедур эксплуатационного надзора и мониторинга	Да	Да	Да	Нет
Периодическая инспекция	Ежегодно	От 1 до 5 лет	От 1 до 10 лет	Нет

Контролирующий орган должен также иметь полномочия для принятия и утверждения правил, технических стандартов, требований и административных мер к проектированию, строительству, расширению, реконструкции, эксплуатации, мониторингу, техническому обслуживанию, ремонту, нарушениям, выводу из эксплуатации и ликвидации плотин и водохранилищ для выполнения целей установленных правил/законоположений.

В качестве примера, ниже приведены некоторые из полномочий контрольного органа во Франции, которые касаются мер, принимаемых в случае нарушения установленных правил и требований в отношении четырёх классов плотин.

Когда контролирующий орган выявляет, что владелец или компания **нарушила одно из положений** регулирования, контролирующий орган может:

- i. Выписать административный приказ, требующий от владельца или компании выполнять обязанности в соответствии с установленными правилами;
- ii. Подать гражданский иск против нарушителя;
- iii. Наложить гражданско-правовое или административное взыскание в форме штрафа;
- iv. Направить ходатайство генеральному прокурору/министру юстиции с просьбой возбудить уголовное дело против нарушителя.

Использование или применение любого из вышеперечисленных средств правовой защиты не должно исключать возможности прибегать (при необходимости) к любым другим средствам правовой защиты.

#### 4. Владелец/эксплуатирующая организация

Ответственность за строительство, эксплуатацию и поддержку безопасного состояния плотин ложится **на владельцев/эксплуатирующую организацию**. Владельцы плотин должны знать свои юридические обязанности для обеспечения безопасной эксплуатации плотин, а также требования по техническому обслуживанию и инспекции объектов. Любая халатность владельца в выполнение этих обязательств может привести к чрезвычайно опасным условиям с такими потенциальными последствиями, как разрушения плотин, и тем самым поставить под угрозу жизни населения и нанесение ущерба собственности, находящихся в зоне влияния плотин.

Плотины и дамбы не должны рассматриваться, как часть природного ландшафта, а как искусственные сооружения, которые требуют постоянного наблюдения, инспекции и технического обслуживания (а в случае крупных и особо опасных плотин, требуются тщательно разработанные планы по чрезвычайным действиям).

Техническое обслуживание представляет собой непрерывный процесс, который не только включает в себя такие элементы, как покос травы, перемещение опасной растительности и очистку водосбросов, водовыпускных сооружений, каналов, сороудерживающих решёток и т.д., но и требует регулярную инспекцию сооружений и различных компонентов плотин.



*Плотина Ле Уше, Франция, небольшая плотина (H - 5м, V - 490 000м<sup>3</sup>).  
Разрушена из-за внутренней эрозии в 2003 году, спустя два века после строительства*

Юридическое определение собственника/владельца в широком смысле включает в себя любое лицо, владеющее, управляющее, эксплуатирующее, обслуживающее, контролирующее или заказывающее строительство, увеличение, ремонт, реконструкцию, вывод из эксплуатации и ликвидацию плотины или водохранилища.

Нормативно-правовое регулирование должно обязать владельцев/эксплуатирующую организацию **получить разрешения** на строительство, ремонт или внесение каких-либо изменений в конструкцию плотин, дамб или вспомогательных строений. Также в регулировании должны быть определены конкретные меры и действия, которые собственник должен исполнять и соблюдать на постоянной основе для обеспечения безопасности плотин и соответствия состояния плотин современным стандартам безопасности. **Меры и действия должны включать в себя:**

- Требования по учёту/записи данных и хранению показаний (расположения реперов, опорных отметок, заглубленной контрольно-измерительной аппаратуры, а также их показаний);
- План по проведению инспекций и техобслуживания;
- Проведение плановых инспекций инженерами профессионалами эксплуатирующей компании;
- Проведение плановых инспекций в присутствии или со стороны органа контроля для подтверждения соответствия состояния плотин критериям безопасности;
- Наличие планов аварийных мероприятий для плотин с категорией высокой опасности;
- Разглашение наличия плотины при передаче/продаже имущества;
- Периодический пересмотр категории опасности плотины;

Кроме того, эксплуатирующая организация должна представить свидетельство того, что финансовое положение компании позволяет

проведение ремонтных работ, в случае если контрольный орган найдёт состояние плотины неудовлетворительным.

Нижеследующая таблица резюмирует обязанности владельцев плотин и обладателей концессий во Франции по каждой из 4х категории, указанных в пункте 4.

**Табл. 2. Обязанности владельцев плотин и концессий во Франции**

	А	В	С	Д
Учет и хранение проектной, строительной документации, документаций по сроку службы	Да	Да	Да	Да
Регистрация	Да	Да	Да	Да
Проведение периодической технической инспекции	1 раз/1год	1 раз/2года	1 раз/5лет	1раз/10лет
Представление отчетов по эксплуатации	1 раз/1год	1раз≤5лет	1раз≤5лет	Нет
Хранение отчеты и данные по всем измерениям, полученным с помощью контрольно-измерительной аппаратуры	1 раз/2года	1раз≤5лет	1раз≤5лет	Нет
Разработка процедуры по эксплуатации (в штатном и в паводковом периоде)	Да	Да	Да	Да
Получение разрешения на строительство и реконструкцию от комитета по вопросам плотин и водонапорным сооружениям	Да	Нет	Нет	Нет
Проведение десятилетнего всестороннего анализа безопасности, включая полную техническую инспекция	Да	Нет	Нет	Нет
Проведение исследования по безопасности эксплуатации	Да	Да	Нет	Нет
Сообщать о любых происшествиях	Да	Да	Да	Да

В целях защиты жизни людей и имущества владельцы малых плотин с высоким потенциалом опасности должны **разработать, периодически пересматривать и обновлять план аварийных мероприятий (ПАМ)**.

Владельцы плотин, **несут основную ответственность за выявления чрезвычайных ситуаций**. В случае обнаружения чрезвычайной ситуации, все действия должны предприниматься согласно этому ПАМ, с немедленным уведомлением любых лиц, жизнь которых может оказаться под угрозой в случае прорыва плотины. Также **владелец должен уведомить все организации по управлению в чрезвычайных ситуациях и принять все меры**, необходимые для защиты жизни и здоровья людей, а также их имущества.

## 5. Вывод плотины из эксплуатации

Вывод из эксплуатации определяется как полный или частичный снос существующей плотины и смежных к плотине объектов. Существует много

причин для сноса плотин, и наиболее часто это связано с моральным износом, экологическими или экономическими соображениями, несоответствием критериям безопасности, большими расходами на эксплуатацию и техническое обслуживание.

По данным Мичиганского Департамента природных ресурсов в последние годы несколько заброшенных малых плотин были размывы во время шторма. Эти аварии стали причиной размыва, чрезмерного заиления и разрушения водной среды обитания, которые негативно сказались на рыболовстве.

Малая плотина может быть **выведена из эксплуатации** в тех случаях когда:

- А) Плотина не соответствует критериям и стандартам безопасности, а траты на меры по устранению несоответствий не являются экономически целесообразными;
- В) Плотина больше не в состоянии выполнять свои задачи и функции, а восстановительные работы экономически нецелесообразны.

Другие, встречающиеся реже, причины включают в себя отсутствие дальнейшей потребности в аккумулировании воды, генерирование электричества или обеспечение водой с помощью других альтернативных источников, увеличение потребностей экологического стока, восстановление экосистемы, потенциальные юридические или финансовые обязательства и потери и т.д.

В США при анализе и изучении 417 практических примеров было подсчитано, что экологические причины наиболее часто становились основными для сноса плотин - 39%, а следом, с небольшим отставанием, идёт фактор безопасности - 34%. Кроме того, согласно тем же практическим примерам, снесённые плотины были в основном средней высоты - от 5м до 18м, имели небольшую установленную мощность генератора - от 0,4 до 10 МВт, отслужили много лет - средний возраст 87 лет, а также многие из них уже были списаны в момент сноса - 86%.

Правильная **оценка затрат на вывод из эксплуатации является очень важным фактором** (к примеру затраты на удаление и вынос ила, корректировку ландшафта и озеленение, процессы по утверждению, безопасный снос и т.д.) в принятии решений, так как в некоторых случаях, эти затраты могут превышать затраты на ремонт и модернизацию. Кроме этого учитывается и изучается влияние сноса плотины на инфраструктуру, расположенную выше и ниже по течению, замещение водоснабжения и энергоснабжения, получаемых от плотины, а также различные экономические аспекты. Каждая плотина и ситуация уникальна и требуют индивидуального подхода.

Вывод из эксплуатации малых плотин обычно осуществляется путём полного или частичного сноса таким образом, чтобы оставшаяся структура не удерживала воду и позволяла воде протекать без помех. В случае небольших плотин со шлюзами, можно просто поднять или полностью демонтировать шлюзы.

Основной целью вывода плотин из эксплуатации является **восстановление естественного природного режима течения воды, недопущение скопления наносов, а также предотвращение или устранение всех фактических и потенциальных факторов опасности**, которые могут возникнуть из-за заброшенной плотины и привести к человеческим жертвам, материальному ущербу населению и ущербам окружающей среде. В некоторых случаях, снос дамбы обуславливается улучшением условий прохода для рыб.

Взвешенные твёрдые частицы, содержащиеся в стоке после размыва рекой, как правило, оседают в больших водоёмах, находящихся ниже по течению. В промышленно развитых районах скопившиеся на дне водохранилища наносы могут содержать такие частицы как металлы, масла, смазки и многие другие химических вещества. А в сельской местности эти наносы могут содержать такие источники загрязнений, как пестициды и гербициды – результат сельскохозяйственной деятельности. Количество и состав этих наносов, то, как долго эти наносы будут вымываться и потом оседать в флювиальной системе, требует тщательного анализа.

Удаление наносов является значительной проблемой, которую предстоит решить при рассмотрении предложений по выводу из эксплуатации. Наносы, скопившиеся на дне водохранилищ на протяжении десятилетий, могут нуждаться в соответственной обработке и нейтрализации, а в редких случаях даже полной выемке перед сносом плотины во избежание нанесения ущерба окружающей среде, находящейся ниже по течению.

Выемка и удаление насыщенных наносов со дна водохранилища и вывоз требуют огромных затрат. По этой причине, **самым распространённым методом удаления наносов в США является естественный размыв**, когда река вследствие естественной эрозии удаляет большую часть накопленных наносов. Этот метод имеет отрицательное влияние на качество воды. Тем не менее, качество воды восстанавливается после определённого периода времени. Этот метод был уже использован на многих малых плотинах, рассматривается и изучается для применения на больших плотинах во время вывода из эксплуатации.

Вывод из эксплуатации может быть предложен владельцем или эксплуатирующим органом, и должен быть согласован компетентным контролирующим органом. После этого, должен быть подготовлен план проекта по выводу из эксплуатации в соответствии с регулированием.

Владелец плотины должен разработать предварительный план проекта по выводу из эксплуатации плотины заранее во избежание опасных ситуаций, связанных с выводом из эксплуатации, после истечения периода концессии/разрешённого периода эксплуатации.

К примеру, в Испании следующие процедуры должны быть соблюдены при выводе плотин из эксплуатации:

К примеру, в Испании следующие процедуры должны быть соблюдены при выводе плотин из эксплуатации:

- a) Должны быть соблюдены официальные документационные процедуры;
- b) Предварительный план проект по выводу плотины и водохранилища из эксплуатации должен включать в себя все необходимые восстановительные работы, которые должны выполняться на территории плотины и водохранилища, в их окрестностях, а также в любой зоне, попадающей под воздействие проводимых работ по выводу из эксплуатации;
- c) План проект по выводу плотины из эксплуатации должен включать все необходимые меры по сохранению целостности и обеспечению безопасности постоянных сооружений, находящихся ниже и выше по течению, от негативных воздействий проводимых работ по выводу из эксплуатации;
- d) В проекте должна быть утверждена оценка воздействий на окружающую среду, которая варьируется от случая к случаю;

е) Предварительное утверждение проекта должно быть получено от компетентного органа по вопросам безопасности плотин.

После завершения проектной документации по выводу из эксплуатации плотин, орган контроля по обеспечению безопасности должен провести инспекцию плотины и водохранилища, а также всех участков, входящих в зону воздействия работ по выводу из эксплуатации, и представить отчёт по результатам инспекции. Этот отчёт обязателен для получения окончательного утверждения проекта по выводу из эксплуатации.

В Испании, до сегодняшнего дня, было выведено из эксплуатации около 25 плотин. Все они являлись малыми плотинами с высотой от 1 до 8 метров.

В США были выведены из эксплуатации более 450 плотин, и соответственно накоплен огромный опыт в этой сфере.

Вывод из эксплуатации очень часто не принимается во внимание при анализе и рассмотрении планов по совершенствованию системы безопасности плотин, но в ближайшие десятилетия инженеры и владельцы плотин будут всё чаще сталкиваться с этим фактором.

В практике существует огромное количество аспектов, которые нужно учитывать, как в самом процессе вывода из эксплуатации, так и при разработке норм и правил по выводу плотин из эксплуатации. Эти аспекты подробно описаны и рассмотрены в бюллетене “Руководящие принципы по выводу плотин из эксплуатации”, который был разработан и опубликован Комитетом по эксплуатации, мониторингу и выводу из эксплуатации плотин Международного Комитета по большим плотинам.

## **6. Заключение**

Государственное регулирование играет существенную роль в содействии и поддержке повышенной технической и экологической безопасности, реагируя на социальные нужды и требования. Регулирование должно охватывать четыре основные фазы в отношении плотин: проектирование-утверждение, строительство, эксплуатацию и снятие с эксплуатации.

Правительства должны еще сильнее сосредоточить внимание на контроле и мониторинге как больших, так и малых плотин, так как растущее количество населения, расширение городов, развитие индустриальных зон и бизнеса вблизи плотин и рек увеличивает количество потенциальных потерь и материального ущерба в результате наводнения и прорыва плотин. Учитывая большое количество малых плотин в каждой стране, в первую очередь необходимо установить критерии ранжирования рисков, которые будут охватывать малые плотины с высоким потенциалом опасности и рисками.

Самым важным в исполнении функции надзора и контроля является наличие опыта и знаний, осуществление контроля и надзора согласно размеру плотины и величине риска.

## **3. НОВЫЙ ЗАКОНОПРОЕКТ ПО БЕЗОПАСНОСТИ ПЛОТИН ШТАТА ЮЖНОЙ КАРОЛИНЫ США**

Палата представителей штата Южная Каролина, США выдвинула новый законопроект, предлагающий внести изменения в законодательство по безопасности плотин в штате. Законопроект, выдвинутый лидером палаты

представителей, предусматривает расширение количества плотин под государственным регулированием, а также ужесточение текущих законов путём увеличения объёма штрафов за нарушения, увеличение количества проверок, особенно на тех плотинах, которые находятся вблизи густонаселённых районов.

Безопасность плотин стала главной темой обсуждения в Южной Каролине после трагического октября 2015 года, когда шторм разрушил 32 госрегулируемые плотины, а также десятки других плотин вне государственного надзора. Более половины из разрушенных плотин были в округах Ричленд и Лексингтон, и большинство из них находились вблизи жилых районов, где дома были затоплены проливными дождями, и уровень воды превышал фут.



Спикер палаты представителей Южной Каролины Джей Лукас, представляющий округ Дарлингтон, представил законопроект за день до закрытия срока подачи новых законопроектов и начала законодательного собрания, которое стартовало 12 января 2016 года.

В законопроект были включены предложения от экспертов по безопасности плотин, которые неделей ранее, во время диалога с властями штата, перечислили недостатки в законах и нормах Южной Каролины по безопасности плотин.

"Историческое октябрьское наводнение сокрушило наш штат во многом из-за того, что местные плотины не получали должного технического обслуживания и ремонта, необходимых для обеспечения безопасности семей в округе", сказала Кэролайн Дэлини, пресс-секретарь Лукаса. "Спикер Лукас работал и тесно сотрудничал с секретарем Департамента по охране здоровья и проблемам окружающей среды - Кетрин Хейгл для внедрения и усовершенствования соответствующих законодательных актов и нормативных документов, чтобы предотвратить повторение подобных разрушений".

В случае утверждения законопроекта Лукаса, многие плотины меньших размеров и объёмов, прорыв или авария которых приведёт к разрушению домов, дорог, железнодорожных путей, частных или коммунальных объектов, а также к разрушению других плотин ниже по течению, перейдут под надзор властей штата.

Прорывы нерегулируемых плотин стали причиной затрат в размере 7 млн. долл. США на восстановление дорог в округе Лексингтон, а также привели к авариям двух других регулируемых штатом плотин в районе нижнего Ричленда, округ Ричленд. Чиновники Департамента по охране здоровья и проблемам окружающей среды не могут назвать точное количество плотин, которое агентство может дополнительно регулировать, в случае утверждения законопроекта. В данный момент под надзором департамента находятся 2,370 плотин. По приблизительному подсчёту количество плотин вне госконтроля варьируется от 10 000 до 20 000 по всему штату.

Новый законопроект также включает в себя такие требования к владельцам плотин, как ежегодная подача регистрационных документов; представление на рассмотрение и утверждение планов по инспекции, обследованию, техническому обслуживанию и ремонту, а также плана действий в чрезвычайных ситуациях и плана отработки этих действий для уведомления соответствующих органов, властей и своевременной эвакуации жителей из зоны затопления.

Также в законопроекте прописаны распорядок и график проведения плановых визуальных осмотров плотин специалистами Департамента по охране здоровья и проблемам окружающей среды. Такие проверки в настоящее время являются частью неписанной практики агентства.

Имеются изменения касательно количества проверок и инспекций на 176 плотинах, которые находятся вблизи наиболее густонаселенных районов. Законопроект предлагает ежегодную инспекцию вместо нынешней одной каждые два года. Следующая категория плотин с менее густонаселенным очагом поражения, включающая в себя 652 плотины, должна будет инспектироваться один раз каждые пять лет, а последняя категория плотин, находящаяся в менее населённых районах, с небольшой популяцией в очаге поражения, должна инспектироваться через каждые 10 лет.

Один из предложенных пунктов гласит, что владельцы должны будут предъявить гарантии в виде кредитной линии или облигаций о способности демонтажа и вывода из эксплуатации плотины в тех случаях, когда дальнейшая эксплуатация плотины с высокой долей вероятности приведёт к большим материальным ущербам или будет нести большую опасность для жизни людей, проживающих в районе поражения.

Согласно новому законопроекту изменения коснутся также штрафов за нарушения, которые с нынешних \$100 - \$500 в день вырастут до \$500 - \$25000 в день. Также предложена уголовная ответственность с максимальным тюремным сроком 2 года.

Чиновники Департамента по охране здоровья и проблемам окружающей среды пока ещё не могут точно определить количество дополнительных средств, а также персонала, в котором агентство будет нуждаться в случае, если законопроект будет принят и вступит в силу.

На данный день агентство запросило дополнительные 595,0 тыс. долл. США из госбюджета для своей программы по безопасности плотин на следующий год, а количество сотрудников агентства предполагается удвоить. Если программу утвердят, то по своим размерам и охвату она будет равняться суммарному объёму программ последних 20 лет.

В течение многих лет бюджет программы по безопасности плотин штата варьировал в районе 200,0 тыс. долл.США. Согласно результатам опроса, проведённого Ассоциацией государственных служащих по безопасности плотин, штат Северная Каролина занимал только 45-е место по объёму финансирования 2013 года. Текущий бюджет составляет около 470,0 тыс. долл.США в год.

Глава водного бюро, Департамента по охране здоровья и проблемам окружающей среды Дэвид Уилсон сказал, что действующая программа по безопасности плотин в штате является довольно детальной и охватывает широкий спектр вопросов по безопасности плотин, но предлагаемые изменения в законопроекте Лукаса позволили бы Южной Каролине иметь программу соответствующую большему количеству норм, установленных Федеральным Агентством по чрезвычайным ситуациям и Ассоциацией государственных служащих по безопасности плотин.

По результатам опроса 2013 года среди агентств всех штатов, главной целью которого было определение степени следования типовой программе по безопасности плотин, Южная Каролина не соответствовала по более чем 70 пунктам, большинство из которых практикуется в других штатах.

## 1. WILLOWSTICK - ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ КАРТИРОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Willowstick является быстрой и неинтрузивной технологией для определения, картирования и моделирования преференциальных маршрутов (путей) грунтовых вод. Подобно ангиографии, которая позволяет медикам визуализировать циркуляцию крови по телу человека, метод Willowstick способен быстро определить пути протоков подземных вод. Эта технология является высокоэффективным инструментом для обнаружения просачиваний /фильтраций через тело, основания и боковые примыкания плотин, дамб, в том числе утечек через недоступные экраны, прокладки и диафрагмы, а также для определения преференциальных разветвлений и соединительных потоков подземных течений.



Технология Willowstick является активным геофизическим методом. Активные методы работают путём распространения или передачи искусственных сигналов, таких как ударные волны или электрический ток через землю. Технология Willowstick работает по идентичному принципу, в основе которого лежит электрический ток, который проводится через преференциальную систему грунтовых вод. Таким образом, устанавливается электрическая цепь. Путём измерения магнитного поля, создаваемого потоком электрического тока в грунтовой воде, можно определить наличие и расположение преференциальных соединительных путей и течений в грунтовых водах. Более детально этот метод можно описать следующим образом:

- Электрический ток вводится в грунтовые воды через желаемое местоположение;
- Основные составные элементы земных слоев повышают электрическую проводимость воды;
- Электрический ток использует грунтовые воды в качестве пути минимального сопротивления, чтобы замкнуть электрическую цепь;
- Проводимый ток генерирует относительно высокие магнитные поля;
- Магнитное поле измеряется и фиксируется на поверхности;
- Благодаря этим магнитным полям можно легко определить расположение и глубину соединительных путей и течений в грунтовых водах.

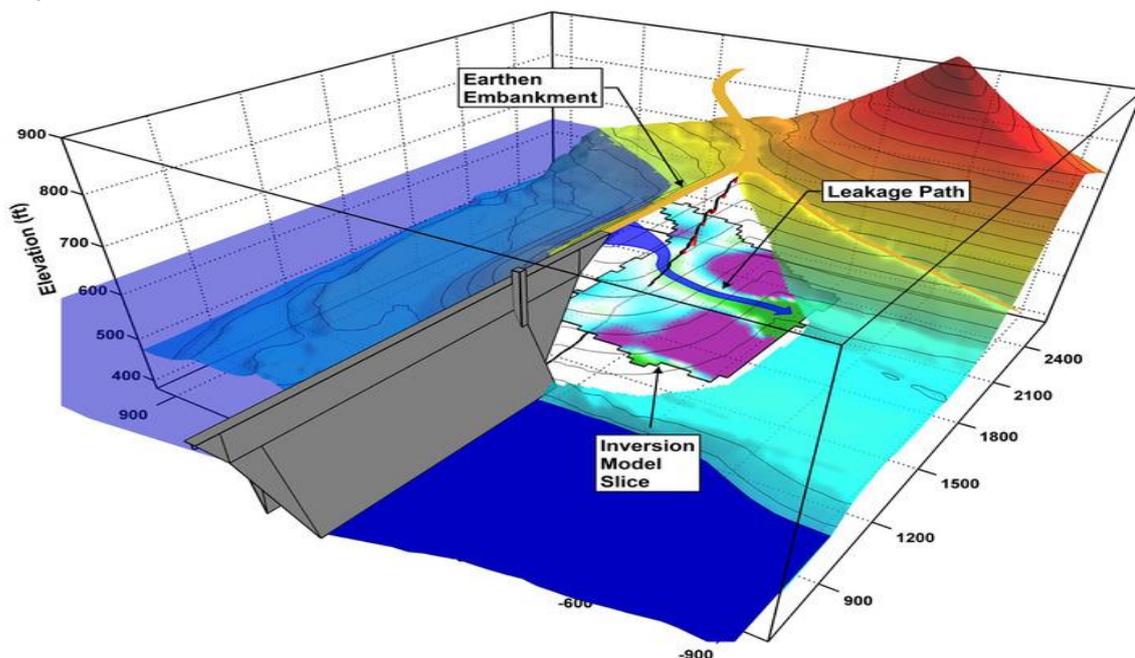
Технология Willowstick доказала свою эффективность на многочисленных проектах по всему миру. Willowstick имеет большое количество постоянных

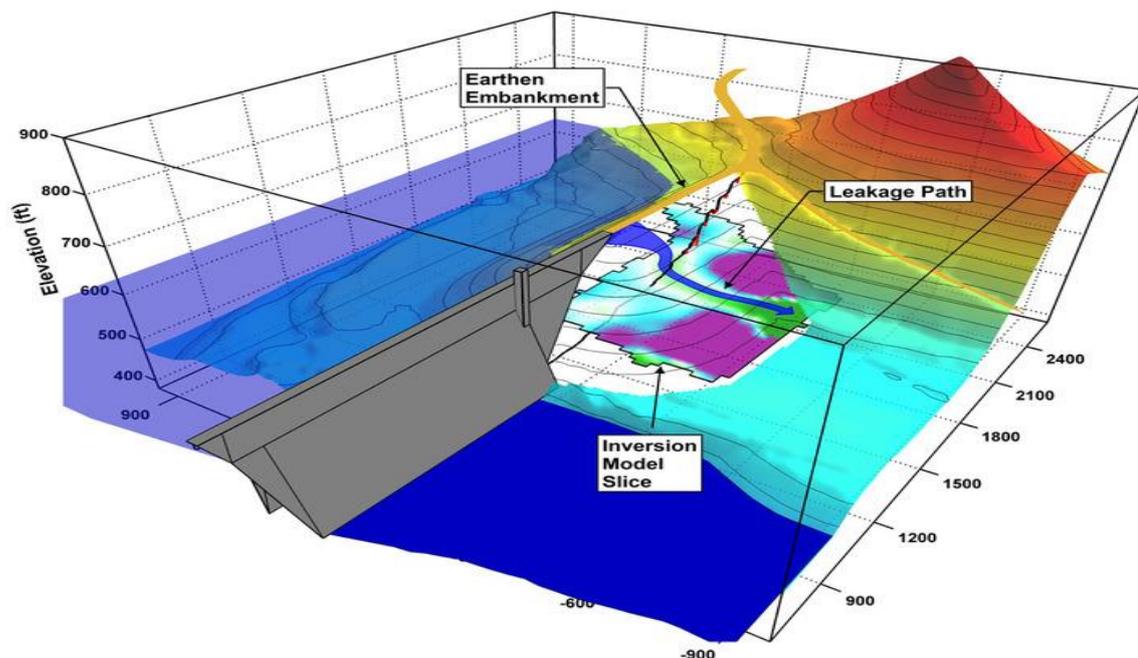
клиентов, многие из которых являются признанными лидерами в своих отраслях.



**Рис. 1.** Типичная съемка, получаемая от технологии Willowstick после обработки сигналов от магнитных полей. Темно-зеленый цвет указывает магнитные поля, и синие линии показывают отдельные течения грунтовых вод

Технология Willowstick способна находить и определять (моделировать) контуры течений грунтовых вод с высокой точностью. Прямое применение электротока и анализ последующих магнитных полей лучше подходит для идентификации контуров течений грунтовых вод по сравнению с другими геофизическими методами.





*Рис. 2. 3D Съёмка Willowstick после обработки сигналов от магнитных полей – на ней отчетливо видно просачивание через основание каменной плотины*

### Почему WILLOWSTICK?

Анализ грунтовых вод не из лёгких задач, и процесс часто является сложным. Точно охарактеризовать и понять процессы, протекающие глубоко под землёй очень сложно. Когда пробуренная скважина не даёт ответы на важные вопросы, типичным подходом является бурение ещё нескольких скважин. В долгосрочной перспективе, такой подход нерентабелен и очень часто не даёт необходимых результатов.



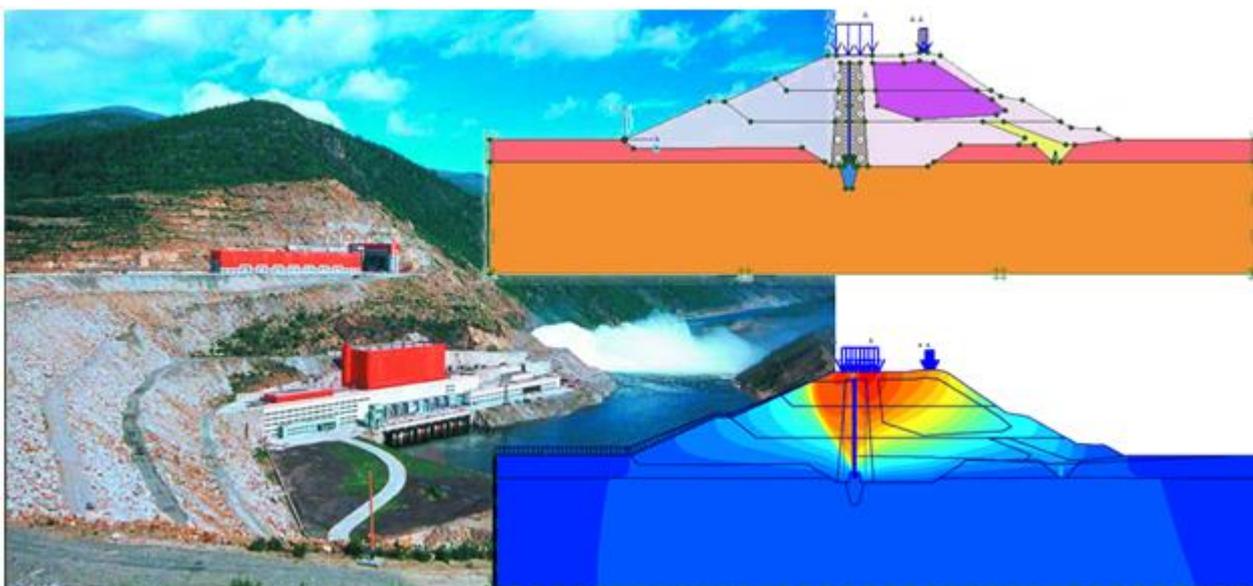
*Рис. 3. Полевой специалист (в белой кепке), записывает измерения магнитного поля, генерируемого электрическим током, проводимого через воду у истока просачивания через плотину*

Willowstick предлагает более практичный подход для анализа грунтовых вод. Геофизические исследования с помощью Willowstick дают важные сведения, которые дополняют процесс бурения скважин, и в комбинации дают возможность более глубокого анализа течений грунтовых вод. Метод позволяет определить более точные контуры, а также глубину преференциальных грунтовых вод. Геофизический анализ с помощью Willowstick, как правило, определяет конкретное местоположение, которое требует дальнейшего исследования с помощью скважины. Это позволяет снизить количество дополнительных скважин, необходимых для полноценного анализа. Применение Willowstick позволяет сэкономить время и деньги за счёт сокращения непроизводительных усилий по устранению просачиваний и фильтрации.

## 2. КОМПЛЕКСНЫЕ РАСЧЕТЫ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В PLAXIS

Уникальность и повышенная ответственность гидротехнических сооружений предъявляют высокие требования к надёжности и долговечности их конструкции и используемым материалам. При этом выбор конструкционного решения, технологии и материалов должен быть обоснован соответствующими достоверными расчётами.

В такой ситуации инженеру приходится решать ряд весьма сложных и порой взаимосвязанных задач, требующих исследовательского подхода, когда изменение конструкции, технологии или материала приводит к изменению других элементов проекта.



Такой творческий подход в инженерном деле может быть реализован с помощью программного комплекса PLAXIS, предназначенного для выполнения комплексных расчетов гидротехнических сооружений для строительного и эксплуатационного периодов.

Используя PLAXIS, инженер имеет возможность оперативного сопоставления вариантов проекта с учётом различных факторов для нахождения оптимального решения, удовлетворяющего установленным требованиям и критериям проектирования.

Программный комплекс PLAXIS представляет собой набор вычислительных программ для выполнения расчётов методом конечных элементов сложных гидротехнических сооружений различного назначения (плотин, накопителей отходов обогатительного процесса, шлюзов, причальных стен, морских платформ, тоннелей и т.д.).

Для статических расчетов напряженно-деформированного состояния, устойчивости и фильтрации в условиях задачи на плоскости предназначена программа **PLAXIS 2D**, а в условиях пространственной задачи – программа **PLAXIS 3D**. Учёт динамических нагрузок (волновых, вибрационных, импульсных, сейсмических) возможен при использовании программы **2D Dynamics**. Для расчётов сложных режимов установившейся и неустановившейся фильтрации в насыщенных и ненасыщенных водой грунтовых массивах используется программа **2D PlaxFlow**.

В программном комплексе PLAXIS реализована концепция простых в использовании программ для инженеров-расчётчиков, которые не обязательно должны быть специалистами в области численных методов расчёта и современной нелинейной механики грунтов. PLAXIS можно рассматривать как математический конструктор для создания различных расчётных вариантов проектируемых гидротехнических объектов с помощью удобных графических методик (CAD-черчение или импорт из AutoCAD). В распоряжении инженера находится набор элементов с определёнными свойствами (плита, оболочка, балка, стойка, анкер, шарнир, георешетка, свая, дрена, колодец и др.) и набор моделей разной степени сложности для грунтов, бетона (железобетона) и скальных пород, достаточно полно отражающих особенности их нелинейного, зависящего от времени и анизотропного поведения при нагружении и разгрузке. Для выбора адекватной модели и её расчётных параметров имеется подпрограмма Soil test (испытание грунта), являющаяся математическим (компьютерным) аналогом стандартных (ГОСТ 12248-96) лабораторных испытаний грунтов.

Следует отметить, что в программах PLAXIS грунт моделируется как многокомпонентный материал, в котором могут возникать давления в поровой воде (гидростатическое и избыточное), прогноз развития которых очень важен при проектировании гидротехнических сооружений. Программы PLAXIS позволяют моделировать поэтапное возведение сооружения, экскавацию и отсыпку грунта, различные по величине и направлениям нагрузки, создавать сценарии аварийных ситуаций и оценивать их последствия для работы сооружения и окружающих объектов.

Разработка программного обеспечения PLAXIS проводится при поддержке Сообщества PLAXIS, в котором участвуют более 30 компаний, оказывающих финансовую поддержку и контролирующих эффективность и качество программных продуктов, обеспечивая связь с инженерной практикой. Разработка и усовершенствование PLAXIS были бы невозможны без проведения научных исследований в различных университетах и научно-исследовательских институтах мира. Для поддержания высокого технического уровня и внедрения новых технологий коллектив разработчиков Plaxis находится в контакте с группой ведущих исследователей и учёных в области геомеханики и численных методов расчёта.

Сервисная программа PLAXIS VIP обеспечивает пользователей Plaxis оперативной информацией, новыми версиями установленных программ и консультаций специалистов. Для успешного освоения программ проводятся курсы обучения по теоретическим и практическим аспектам компьютерного моделирования ([www.plaxis.nl](http://www.plaxis.nl), [www.plaxis.ru](http://www.plaxis.ru)). Два раза в год выходит международный бюллетень, в котором публикуются описания проектов с результатами расчётов в PLAXIS, информация о новых разработках, советы по оптимальному использованию программ и календарь событий. Ежегодно в июне компания ООО "НИП-Информатика", являющаяся официальным представителем компании PLAXIS b.v. в России, проводит в Санкт-Петербурге научно-практическую конференцию российских пользователей PLAXIS.

Уже 10 лет программный комплекс PLAXIS широко и эффективно применяется в России. За этот период коллективными пользователями PLAXIS стали более 150 ведущих проектных, научно-исследовательских институтов, инженерных и конструкторских бюро, строительных компаний и высших учебных заведений. В области гидротехнического строительства программы PLAXIS успешно используются во ВНИИГ (Санкт-Петербург), Ленгидропроект (Санкт-Петербург), ЛЕНМОРНИИПРОЕКТ (Санкт-Петербург), ГИДРОСПЕЦПРОЕКТ (Москва), Гипроречтранс (Москва), 23 ГМПИ (Санкт-Петербург), ЛУКОЙЛ-Волгоград НИПИморнефть (Волгоград), Инженерный центр энергетики Урала (Екатеринбург), ЦКБ Коралл (Севастополь) и в других организациях.

Программный комплекс PLAXIS имеет сертификат ГОССТАНДАРТА РОССИИ, удостоверяющий соответствие выполняемых с его помощью геотехнических расчётов требованиям положений действующих нормативных документов.

Располагая современными упругопластическими моделями для грунтов и нелинейными моделями для конструкционных материалов, программный комплекс PLAXIS позволяет в полной мере реализовать принцип проектирования гидротехнических сооружений по предельным деформациям, как на стадии строительства, так и на стадии эксплуатации или реконструкции. Эти этапы могут быть последовательно смоделированы с учётом развивающихся во времени процессов и ситуаций. Особенно следует подчеркнуть возможность выполнения расчетов фильтрации и консолидации, актуальных при проектировании гидротехнических объектов, а также расчётов устойчивости (безопасности) с определением формирующихся потенциальных поверхностей разрушения и значений коэффициента запаса, отвечающих уровню достигнутых напряжений.

Постпроцессор PLAXIS имеет эффективные графические средства для вывода на экран результатов вычислений деформаций, напряжений, усилий (моментов, продольных и перерезывающих сил) в элементах конструкции.

### **3. ТАУМ САУК, ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩАЯ СТАНЦИЯ** (в штате Миссури, США)

Таум Саук является крупнейшей гидроаккумулирующей станцией в мире, расположенной в штате Миссури, США на расстоянии 80 км от водного источника – реки Миссисипи. Объект состоит из двух резервуаров, один из

которых расположен на вершине горы Проффит, а второй – у её подножья, на расстоянии около 2 км.

### **Принцип работы**

Система работает следующим образом: в ночное время, когда уровень потребления электроэнергии не высок, насосы накачивают воду в верхний резервуар. Днём насосы отключаются, а вода стекает в нижний, по пути вращая турбины и вырабатывая электроэнергию. Комплекс, по сути, представляет собой гигантскую аккумуляторную батарею.

Электростанции такого типа существуют по всему миру, но Таум Саук выделяется следующим:

- это самый крупный реализованный проект гидроаккумулирующего комплекса на земле;
- отсутствует поступление воды естественным путём: резервуары расположены вдалеке от водных объектов и наполняются только за счёт работы насосов.



### **Строительство**

Проект строительства сооружения начат в 1960 году, а ввод в эксплуатацию состоялся в 1963 году. Вместимость аккумулирующего резервуара составляет около 5 млн. кубических метров воды. Станция оборудована двумя турбинами, при вращении которых изначально вырабатывалось 175 МВт электроэнергии. Бюджет проекта составил порядка 500 млн. долларов США. В 1999 году комплекс был реконструирован, и суммарная выработка электроэнергии увеличилась до 450 МВт.

Сооружение пользуется огромной популярностью среди туристов, являясь достопримечательностью гористой местности Проффит. Стены резервуара оборудованы множеством смотровых площадок, а по самому верху проложена кольцевая автодорога. Объект также известен в среде учёных и студентов, так как при его возведении в этом месте была обнаружена аномалия строения земной коры. Несоответствие расположения пластов породы рядом с объектом можно наблюдать и сегодня.



### **Катастрофа**

В 2005 году произошла серьёзная авария в резервуарных парках: часть стены верхнего сооружения обрушилась, и порядка 4 миллионов кубометров воды сорвались вниз по склонам горы. В течение 12 минут в Чёрной реке, связывающей два резервуара высота волн достигала 7 метров. Поток воды обрушился на расположенный рядом Национальный парк Taum Sauk, смыв часть строений и покалечив нескольких людей.



### **Восстановление**

Работы по восстановлению велись около 4 лет и завершились в 2010 году. Конструкции резервуара были значительно усилены, и сегодня Таум Саук считается одним из самых надёжных сооружений такого типа. По периметру стены установлены датчики контроля протечек, а состояние железобетонных конструкций находится под наблюдением электронных систем 24 часа в сутки.



#### **4. АВТОМАТИЗАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЮ ТЕРМИНАЛОВ, ПОРТОВ, МОРСКИХ И РЕЧНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

##### **Использованные сокращения в тексте**

ЖЦ	жизненный цикл
САПР	системы автоматизированного проектирования
RSA	Autodesk Robot Structural Analysis
BIM	информационное моделирование опоры

Гидротехнические сооружения предназначены для использования водных ресурсов (рек, озёр, морей, грунтовых вод) или для борьбы с разрушительным действием водной стихии.

В зависимости от местоположения они подразделяются на морские и речные. Гидротехнические сооружения - сложнейшие объекты водной инфраструктуры, при строительстве которых учитываются географические, экономические, инфраструктурные, экологические и технологические аспекты. Мировые технологии и управленческие стандарты позволяют не только учитывать все эти факторы, но и управлять большими объёмами информации о гидротехнических объектах как непосредственно в процессе проектирования, так и на всех последующих стадиях ЖЦ. Это не только упрощает работы как таковые, но и экономит время и деньги заказчика.

Наглядными примерами современных мировых технологий могут служить САПР, расчётные программы, комплексы календарно-ресурсного планирования и прочее программное обеспечение.

Компания InterCAD обладает опытом внедрения программных комплексов, которые можно успешно использовать для обеспечения информационной поддержки ЖЦ речных и морских гидротехнических сооружений, судостроительных верфей и судоремонтных заводов.

При внедрении продвигаемых нами технологий происходит качественный скачок в проектировании, позволяющий компании-проектировщику повысить конкурентоспособность, добиться привлечения инвестиций и выхода на новые рынки.

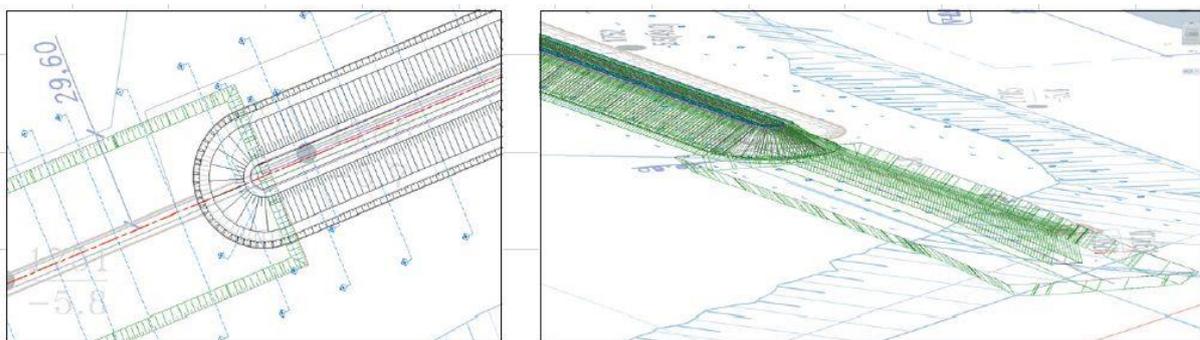
Примером работы с организациями-проектировщиками морских сооружений является сотрудничество компании InterCAD с ОАО «Ленморниипроект». Эта организация - одна из крупнейших в России по проектированию морских портов, терминалов и транспортных систем. Основной объём работ компании - проектирование новых или модернизация существующих морских портов и отдельных терминалов в роли генерального проектировщика. Гордостью организации являются работы по проектированию комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений, нефтеналивного терминала в порту Ванино. Ленморниипроект участвовал в проектах Сахалин-1 и Сахалин-2 и многих других, известных не только в сообществе профессионалов-гидротехников.

Сотрудничество специалистов «Ленморниипроекта» и специалистов компании InterCAD позволило разработать и оптимизировать технологии совместной работы представителей различных проектных специальностей. В дальнейшем наш заказчик сможет самостоятельно выполнять сложные 3D-построения.

Остановимся на опыте внедрения AutoCAD Civil 3D и Autodesk Revit Structure.

Информационное моделирование объекта строительства BIM принесло на рынок проектирования инструменты, позволяющие интегрировать физические и функциональные особенности (характеристики) элементов проектируемого объекта. Набор этих инструментов должен помочь всем участникам ЖЦ объекта (начиная с инвесторов и заканчивая эксплуатирующими организациями) эффективно сотрудничать, а главное, актуализировать используемую информацию.

Инструментом работы при инженерно-геологических и инженерно-геодезических изысканиях была выбрана программа AutoCAD Civil 3D, которая даёт возможность создания трёхмерной топоосновы, получения 3D-модели существующего рельефа и графического отображения положения объектов, служащих для последующей разработки проектной документации. Результатом проектной работы становится 3D-генплан - синтез двумерного генплана и трёхмерных моделей всех объектов, вписанных в географический ландшафт (рис. 1).



*Рис. 1. Двумерная и трехмерная модели генплана*

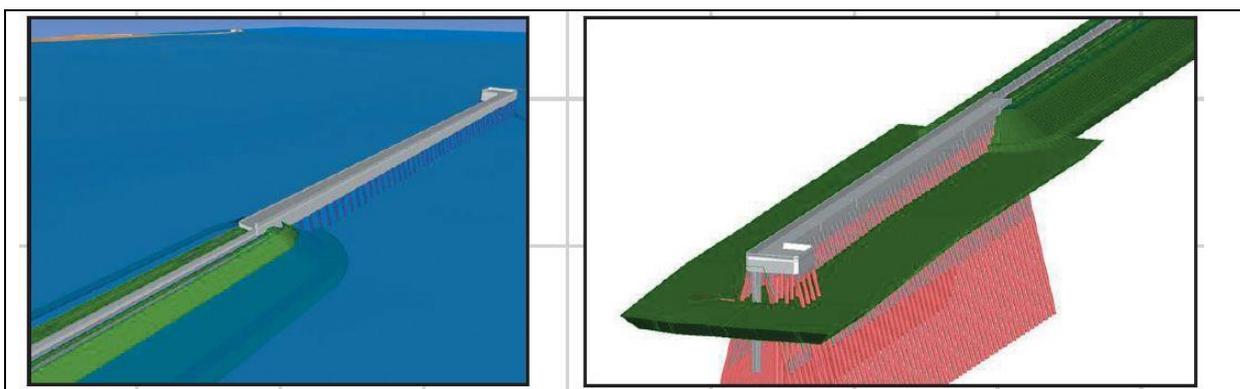
Работа в AutoCAD Civil 3D исключает возможность ошибки «по неосторожности». Программа автоматически строит виды, разрезы из 3D-модели. Несомненный «плюс» — возможность быстро увидеть прототип модели, понять положение объекта на местности. Возможности расчёта перемещения земляных масс и объема земляных работ позволяют инженерам и подрядчикам подробно планировать строительные работы.

При внесении изменений в проект AutoCAD Civil 3D система может быстро сформировать диаграммы перемещения земляных масс, которые позволяют получить представление о расстояниях, объёмах и направлениях перемещения грунта, расположении карьеров и местах выгрузки. При проектировании конструкций оградительного мола в «Ленморниипроекте» использовалась программа Autodesk Revit Structure. Результатом работы конструкторов стало получение требуемых чертежей спецификаций для стадии «Проект». Была создана 3D-модель всех конструктивных слоёв сооружения насыпного типа и смоделирована выемка и обратная засыпка под сооружение типа «колокольчик» с учётом данных, полученных на стадии расчёта. Были разработаны железобетонные конструкции мола (рис. 2).



**Рис. 2.** Конструкция оградительного мола, выполненная в Revit Structure

Двусторонняя связь AutoCAD Civil 3D и Revit Structure позволила объединить работы генпланистов и конструкторов, а также увидеть итоги работы (рис. 3). Трёхмерные модели железобетонных конструкций, спроектированные с использованием AutoCAD Civil 3D, позволили выявить проблемные места.



**Рис. 3.** Результат совместной работы Revit Structure и AutoCAD Civil 3D

- На основе полученного опыта нами были сделаны следующие выводы:
- проектирование инфраструктуры терминалов морских портов не является задачей, 100% реализуемой в технологии трехмерного проектирования;

- решение такой сложной и комплексной задачи потребует дополнительных усилий по разработке недостающих инструментов программного обеспечения, интеграции различных программных продуктов и ряда иных решений;
- подготовка специалистов к переходу на трехмерное проектирование не вызывает особых трудностей;
- требует пересмотра ряд процедур по получению, согласованию и утверждению проектной документации.

Продолжая разговор о проектировании гидротехнических сооружений, невозможно не сказать о таком важном аспекте, как инженерные расчёты. Для их проведения существует множество инструментов. Выбор того или иного из них, прежде всего, обусловлен поставленными задачами. Так, для расчёта созданной 3D-модели будущего сооружения в Revit Structure можно указать опоры, определить нагрузки и грузки, выполнить контроль правильности расчётной схемы, а затем передать расчётную схему в Autodesk Robot Structural Analysis (RSA) для статического расчёта конструкции. В RSA по результатам статического расчета можно выполнить проектирование стальных и железобетонных элементов.

Autodesk Robot Structural Analysis предоставляет в распоряжение проектировщиков полный набор инструментов для расчёта конструкций любого размера и сложности. Этот продукт, предназначенный для расчёта строительных конструкций, обеспечивает более рациональный рабочий процесс и взаимодействие с Autodesk Revit Structure.

Двусторонняя связь с Autodesk Revit Structure повышает точность расчётов и анализа конструкций и обеспечивает своевременное обновление результатов. Рабочая документация всегда остается скоординированной благодаря технологии информационного моделирования опор (BIM). Robot Structural Analysis Professional является гибким решением для инженерных расчётов и анализа. Результаты расчётов можно визуализировать и просматривать в различных форматах.

Для расчёта поведения сооружений в морской среде центром «Морской инжиниринг» (СПбГТУ) в сотрудничестве с Российским морским регистром судоходства был разработан программный комплекс Anchored Structures, позволяющий производить анализ статики и динамики морских объектов, расчёт внешних нагрузок на плавучие и стационарные морские сооружения.

Главной особенностью данного комплекса является возможность производить различного вида расчёты с использованием геометрической 3D-модели объекта:

- определение нагрузок от ветра, течения, волнения и льда;
- моделирование динамики сооружений;
- расчет гидродинамических характеристик морских объектов;
- выполнение начального (оптимального) позиционирования сооружения в заданной точке акватории;
- изучение динамических колебаний сооружений в шести степенях свободы под действием регулярных или нерегулярных внешних воздействий.

На основе полученных данных можно провести спектральный и вероятностный анализ результатов и получить наглядную трёхмерную анимацию поведения сооружений в процессе моделирования.

В группу объектов в области автоматизации поддержки ЖЦ, по которым компанией InterCAD ведётся работа, входят дамбы и плотины. Для этой ниши

компания InterCAD предлагает использовать опыт канадской фирмы Dowso Technology Service LTD (рис. 4).



**Рис. 4.** Двумерные и трехмерные результаты проектирования Manitoba Hydro

Компания успешно провела пилотный проект проектирования водосброса Manitoba Hydro, чтобы в полной мере изучить использование BIM для крупных гидроэнергетических проектов. Для проектирования был выбран программный комплекс Tekla Structures, как оптимальный инструмент для выполнения монолитного моделирования и разработки строительных чертежей. Координация этого проекта полностью осуществлялась через Tekla IFC, DWG и Tekla BIMsight. При строительстве проекта Manitoba Hydro были произведены крупные земляные и бетонные работы, в том числе 30 тыс. кубических метров бетона и 145 тонн арматурной стали. По оценкам специалистов, общая стоимость этого проекта составляет 300 млн долл.

Являясь бизнес-партнером компании Tekla, обладая необходимым опытом, знаниями и сертифицированным персоналом, компания InterCAD готова к участию в подобных проектах, и отнюдь не только как поставщик программного обеспечения. Кроме этого аспекта, речь идёт о создании и внедрении технологии проведения проектных работ, информационного моделирования дамб и плотин и использования его результатов на всех стадиях ЖЦ таких объектов.

Таким образом, для самых разнообразных вариантов морских и речных гидротехнических сооружений компания InterCAD имеет возможность предложить для внедрения ряд программных комплексов и технологий, позволяющих существенно повысить эффективность и качество информационной поддержки ЖЦ на всех его стадиях.

III  
ГЛАВА

МЕТОДИКИ ДИАГНОСТИКИ, ОБСЛЕДОВАНИЯ И ОЦЕНКИ  
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПЛОТИН И ДРУГИХ  
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ, МЕТОДИКА ОЦЕНКИ  
СООТВЕТСТВИЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ  
ПРОЕКТОВ КРИТЕРИЯМ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

1. ОБСЛЕДОВАНИЕ ДАМБ И ПЛОТИН

Группа компаний (ГК) «Логис-Геотех» более 20 лет проводит инженерно-геофизические изыскания под строительство гидротехнических сооружений и обследование существующих дамб (плотин). При выполнении геофизических работ используется георадиолокационное, сейсмоакустическое и электроразведочное оборудование собственного производства.

**Инженерно-геофизические изыскания под строительство гидротехнических сооружений**

В ГК Логис-Геотех постоянный штат высококвалифицированных специалистов, которые готовы выехать для оценки состояния гидротехнического сооружения.



Специалисты компании проводят обследование дамб и плотин геофизическими методами, позволяющими получить непрерывную информацию о геологическом разрезе: проследить опасные инженерно-геологические процессы, такие как оползни, плавуны, карстовые явления, выявить зоны распространения специфических грунтов (торфы, илы и др.), участки повышенной влажности, зоны фильтрации и разуплотнения, просадки в насыпных грунтах и многое др.



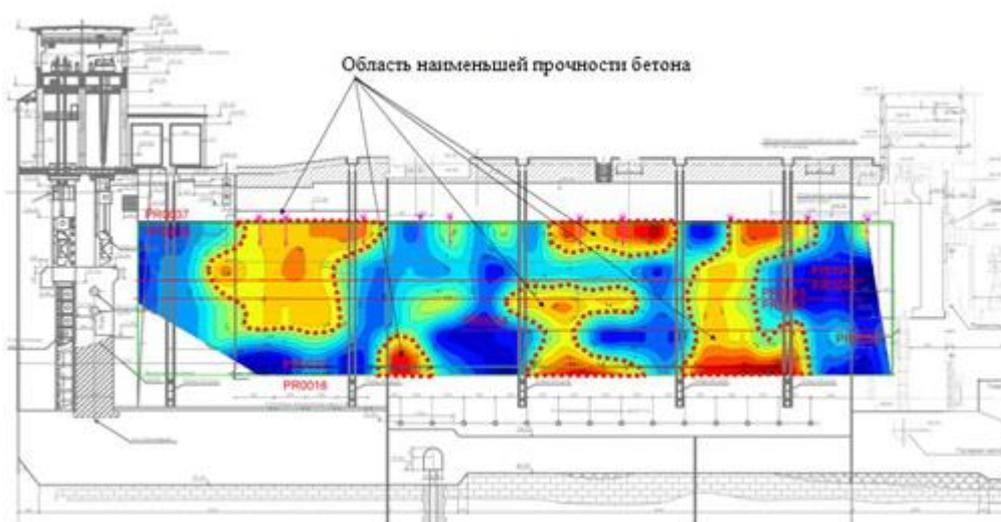
Также сотрудники ГК «Логис-Геотех» проводят обследование железобетонных конструкций гидротехнических сооружений, состояния контакта бетонной конструкции с откосом техногенного массива. Для решения этих задач подходит комплексная методика георадиолокация-сейсмоакустика.

Сейсмоакустика позволяет определять скорости распространения упругих волн в конструкциях и оценивать по ним прочностные характеристики материала.

Преимущество георадарного метода заключается в высокой производительности и высокой плотности наблюдений.

Внешний вид поверхности гидротехнического сооружения, подвергшегося физическому износу.

Области ослабленного бетона, выявленные на конструкциях шлюза по результатам георадарных и акустических измерений.



Одним из направлений ГК работы является изучение инженерно-геологической обстановки территорий, прилегающих к гидротехническим сооружениям, к которым можно отнести обследование водоёмов: специалисты-геофизики проводят работы в прибрежных зонах, изучают геологическое строение, картируют профиль дна водоёма, определяют мощности иловых наносов, выполняют поиск локальных объектов (коммуникаций, труб и др.) на дне.

Долговременное обследование дамб (плотин) необходимо для прогнозирования устойчивости гидротехнического сооружения, предотвращения экологического и экономического ущерба.

**В ходе обследования дамб, плотин и других гидротехнических сооружений решаются такие задачи:**

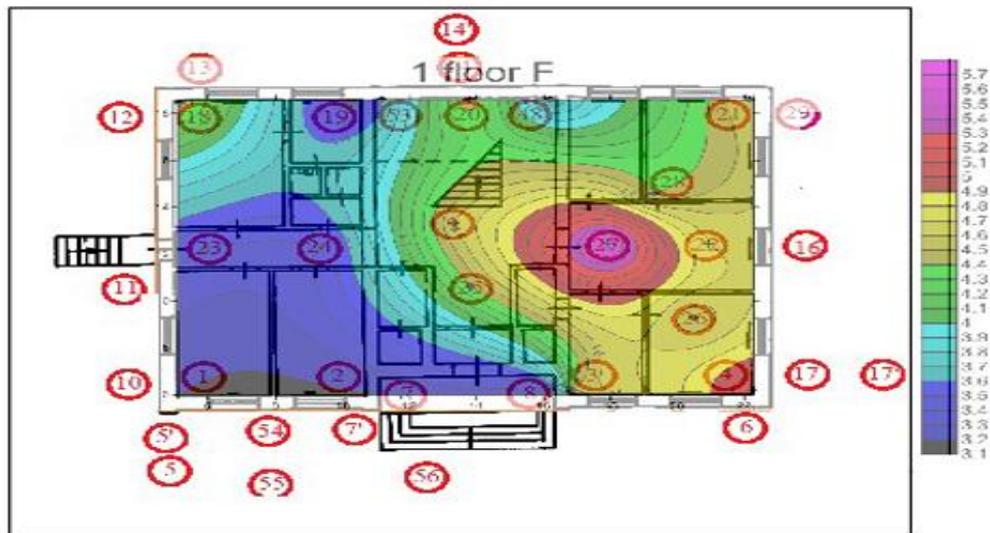
- проведение обследования просадки и деформации грунта в самой плотине;
- оценка зоны потенциального развития суффозионного процесса;
- проведение работ по определению устойчивости плотины;

- оценка устойчивости откосов техногенных массивов.

Нами накоплен значительный опыт по выявлению мест разуплотнения и просадок в теле земляной плотины, картированию зон трещиноватости, которые могут привести к оползневым процессам.

Также наша компания оказывает услуги по организации долговременного вибромониторинга, позволяющего отследить изменение свойств земляного сооружения, связанные как с динамическим воздействием, так и с течением геологических и техногенных процессов. Работы выполняются с помощью регистратора сейсмических сигналов «Дельта-03М» и программного обеспечения «Вибро».

*Пример применения аппаратно-программного комплекса*



*1. Результаты измерения основного тона горизонтальных колебаний здания*



*2. Измерение декремента затухания колебаний здания*

## **Выводы**

Собственные значения частот колебаний и декремента затухания неодинаковы в пределах стены гидротехнического сооружения, что свидетельствует о наступившем износе конструкций.

При завершении работ заказчик получает подробный технический отчет о проведенных изысканиях - акт обследования гидротехнического сооружения, и необходимую документацию, а также бесценные рекомендации специалистов.

## **2. ПОДВОДНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

Данные работы включают в себя подводно-техническое обследование состояния поверхностей гидросооружений гидроэлектрических станций и примыкающих к ним со стороны верхнего и нижнего бьефов участков неукрепленных русел.

Съемка выполняется с использованием многолучевого эхолота (МЛЭ) **R2Sonic 2024**, гидролокаторов бокового и кругового обзора, телеуправляемых подводных аппаратов, водолазной фото- и видеотехники, приборов неразрушающего контроля.

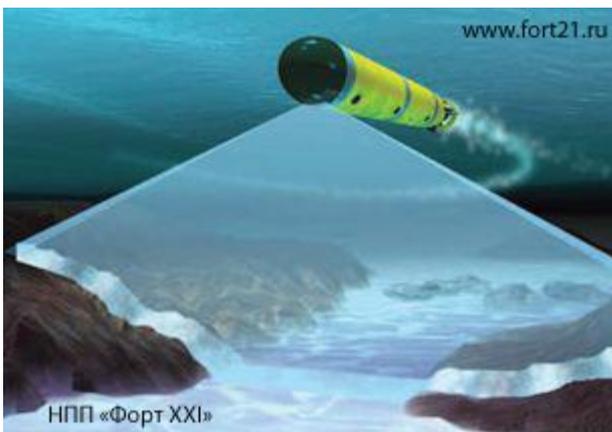


*Примерный комплекс с МЛЭ R2Sonic 2024 на моторной яхте*



*Гидрографическая съемка акватории и всех подводных элементов сооружений речного порта с трехмерной визуализацией в режиме реального времени*

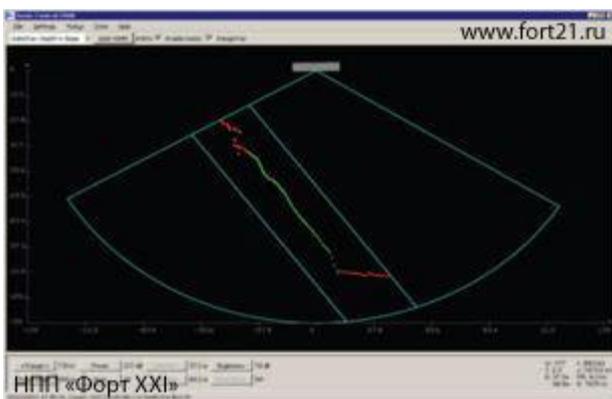
**Рис. 1.** Принцип работы и состав МЛЭ



**Рис. 2.** Принцип работы МЛЭ



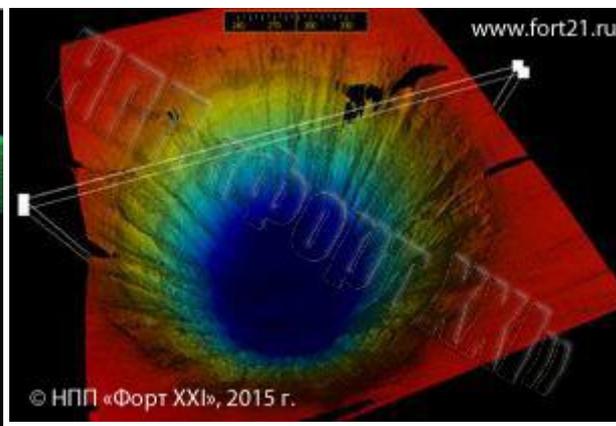
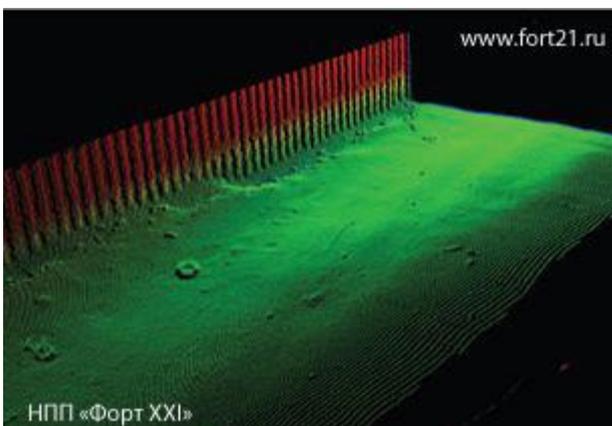
**Рис. 3.** Антенный модуль МЛЭ



**Рис. 4.** Окно отображения данных единичного сканирования



**Рис. 5.** Интерфейсный модуль



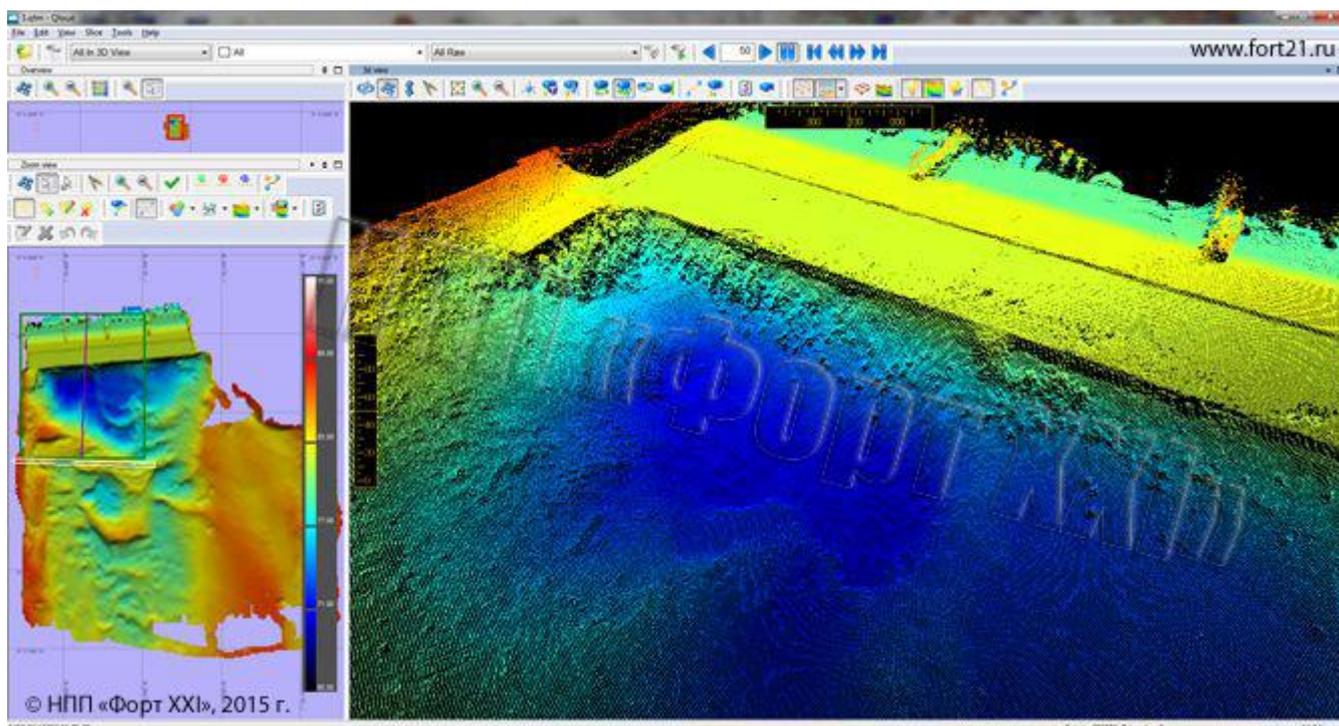
**Рис. 6.** Вид получаемой в процессе съемки информации

Использование данных промерных комплексов позволяет решить следующие задачи:

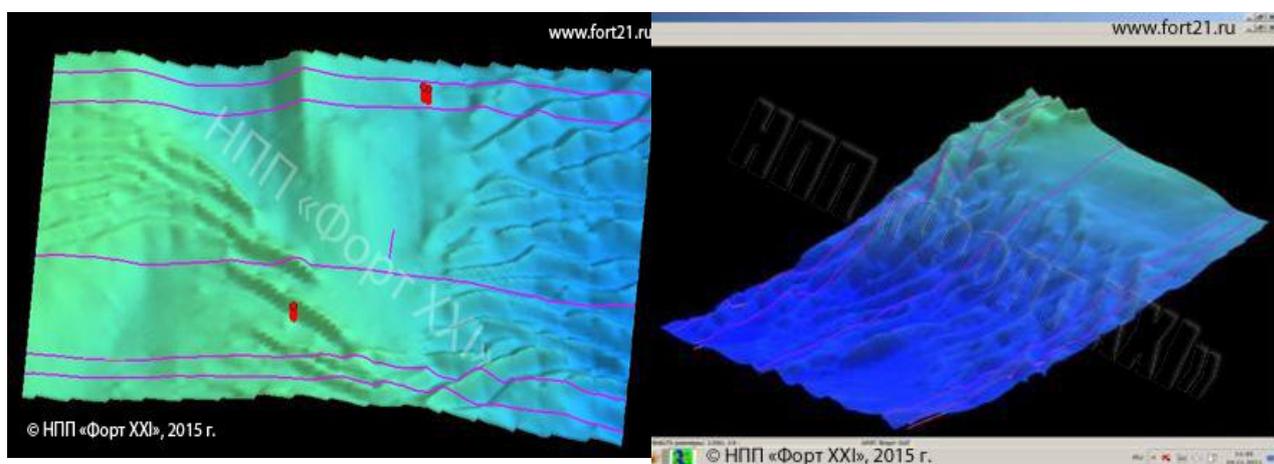
- построить точную и подробную цифровую модель рельефа дна;
- определить точные размеры и координаты всех объектов;
- произвести измерения на участках дна, находящихся под нависающими конструкциями или под корпусами стоящих у причала судов;
- построить подробную батиметрическую карту акватории и нанести на нее местоположение всех обнаруженных объектов;
- построить гидроакустическую мозаику поверхности дна с определением типа поверхностных наносов;

- построить трехмерную модель рельефа дна и отображать её в специализированном программном обеспечении (Surf3D) с любой степенью детализации под любыми углами зрения с наложением разных слоев информации;
- загружать полученные данные в ГИС-системы;
- при выполнении последовательных съёмок на одной акватории производить мониторинг русловых процессов, определять амплитуду и объёмы перемещения донных наносов. Производить оперативный контроль в процессе выполнения подводно-технических работ с определением объёмов извлечённого или засыпанного грунта.

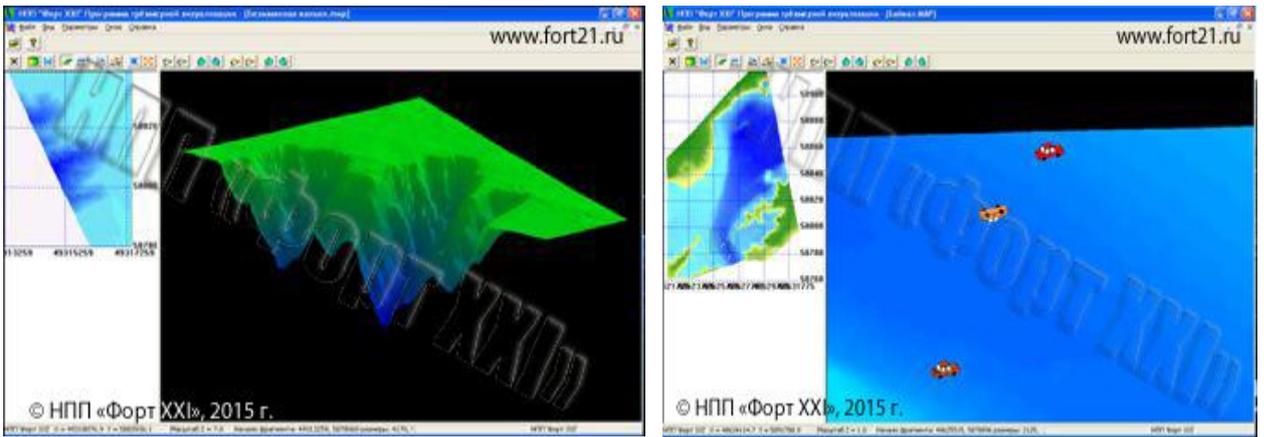
*Образцы форм представляемой информации, полученной по результатам выполненных работ:*



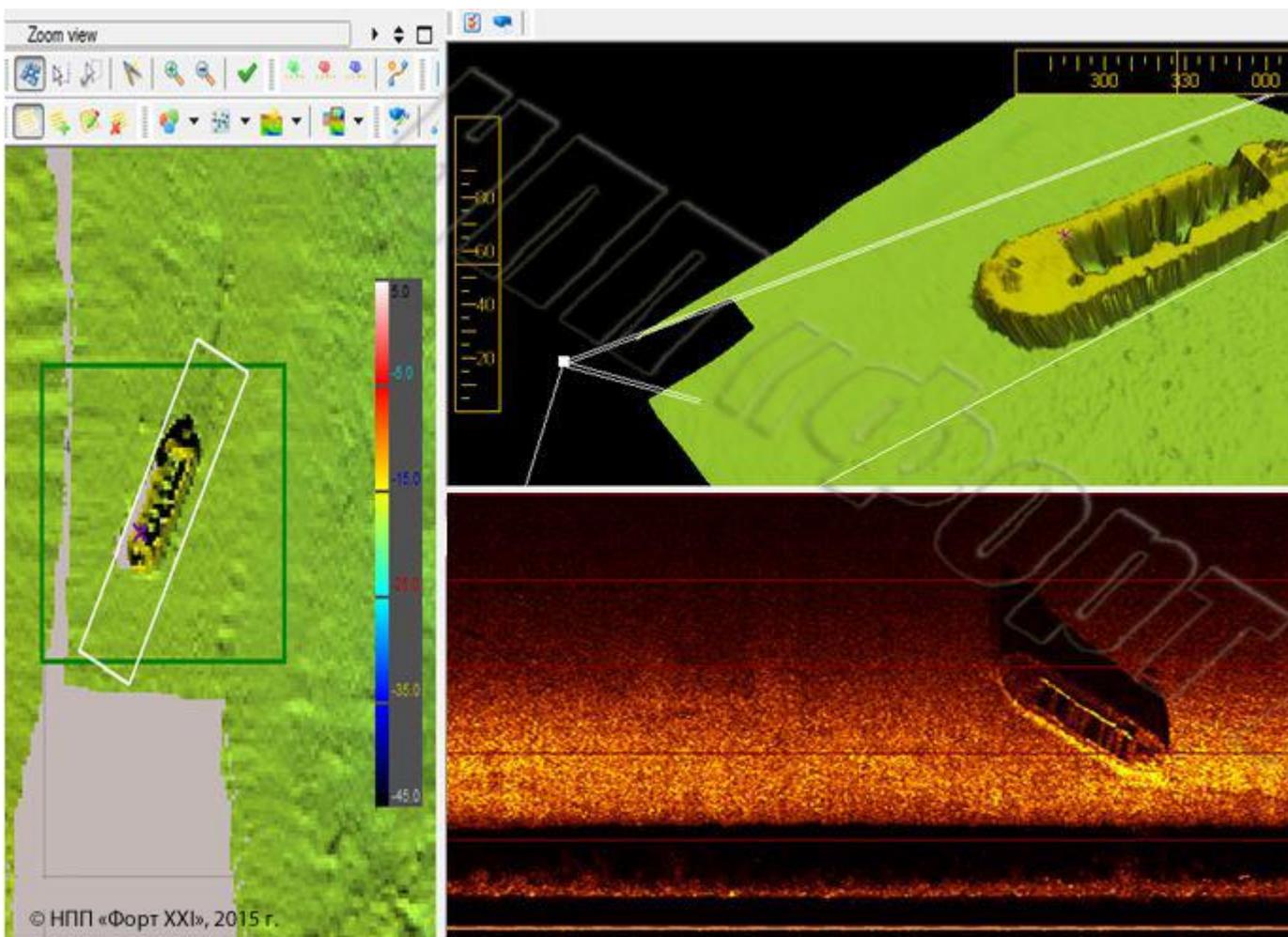
**Рис. 7.** Нижний бьеф плотины (р. Кама)



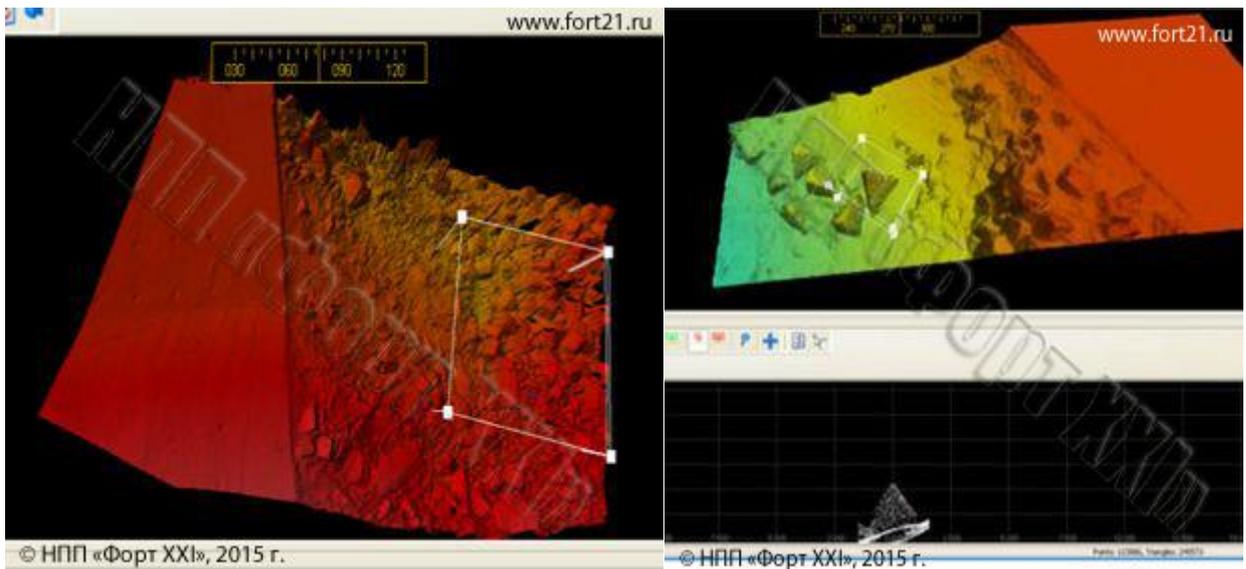
**Рис. 8.** Фрагменты программы трехмерной визуализации GasWView (пролив Невельского)



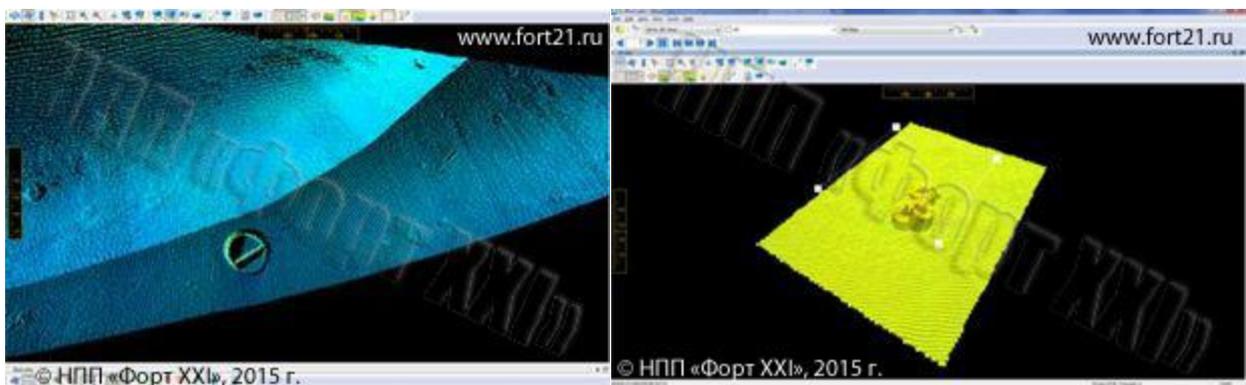
**Рис. 9.** Фрагменты программы трехмерной визуализации GasWView (оз Байкал)



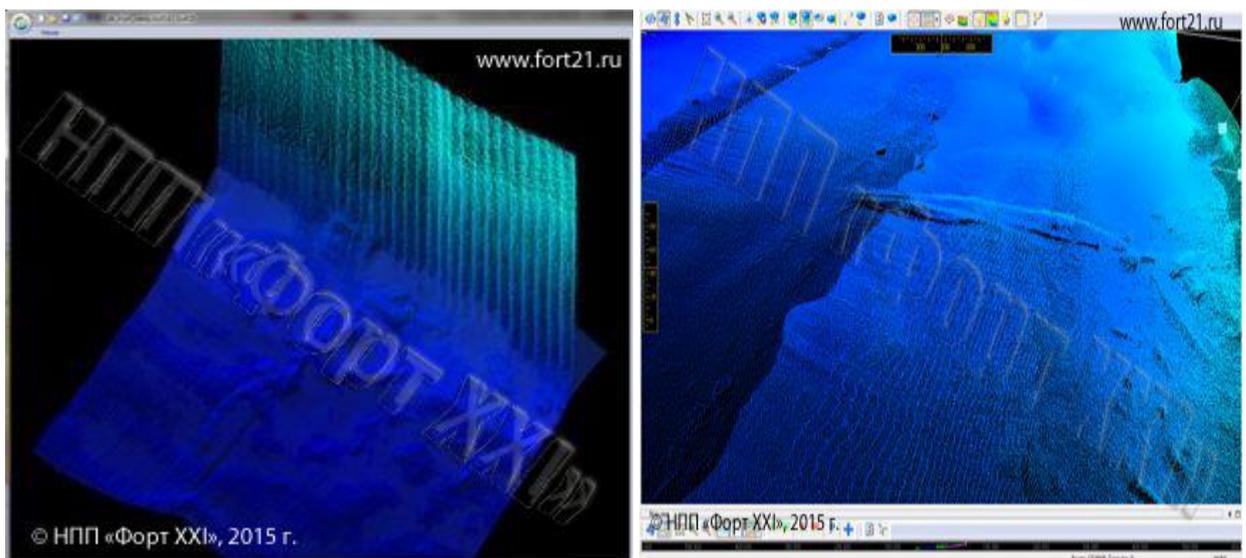
**Рис. 10.** Гидроакустическое изображение и трехмерная модель затопленной баржи (Каспийское море)



**Рисунок 11.** Элементы берегоукрепления в форме тетраэдров (р.Кама)

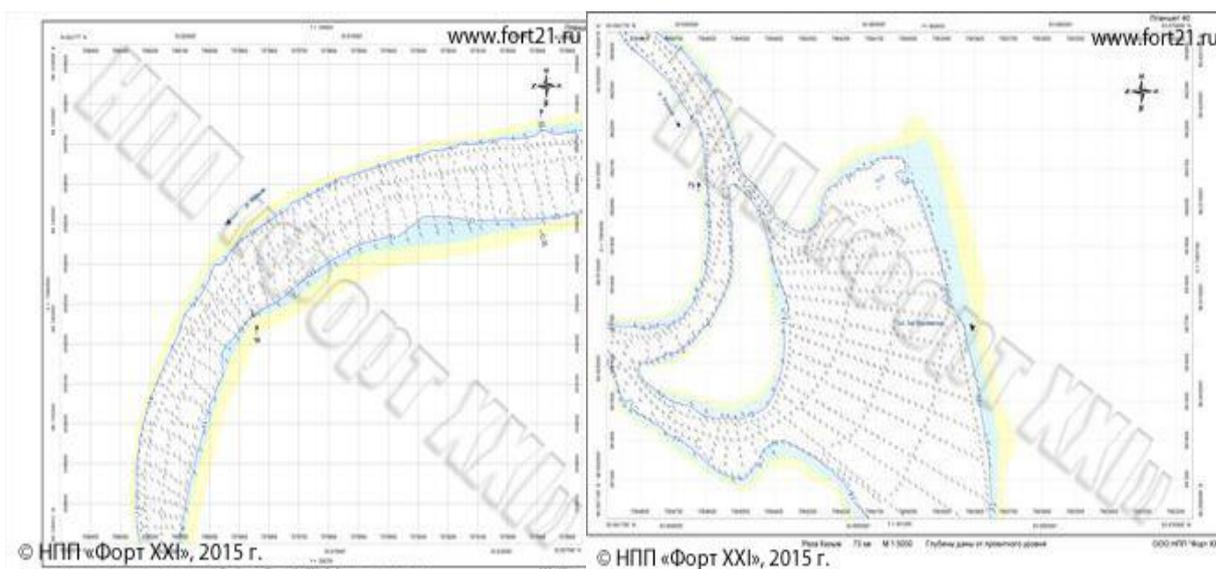


**Рис. 12.** Техногенные объекты (бетонная труба с перемычкой и автомобильные покрышки) (р.Москва)

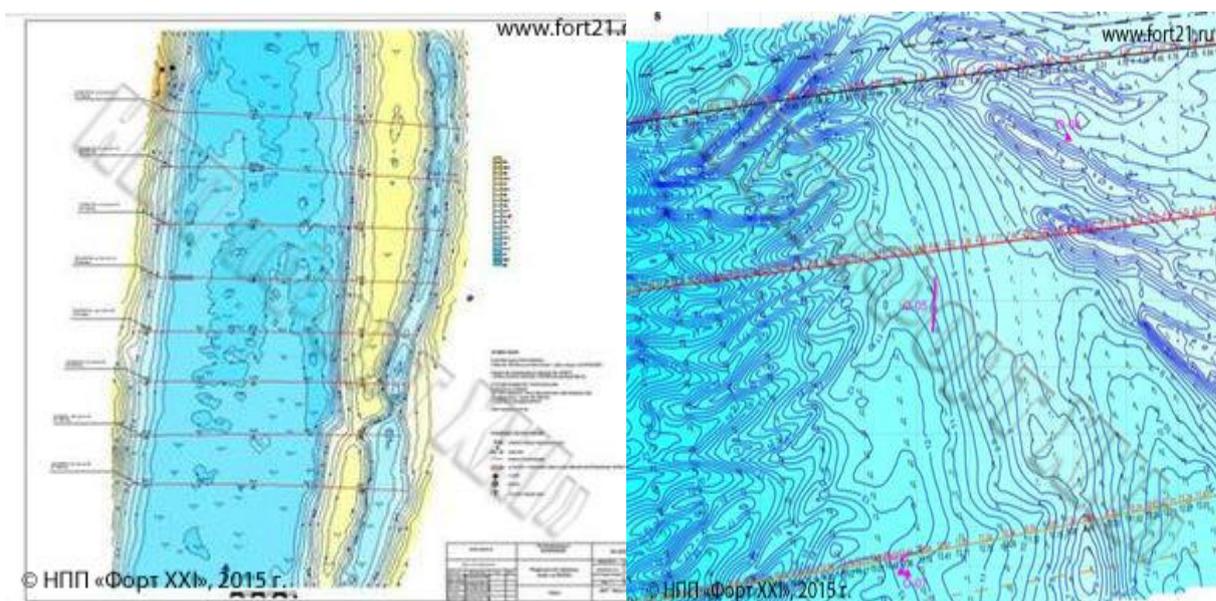


**Рис. 13.** Техногенные объекты (мусор и 2 нитки кабеля, выступающие над поверхностью дна, шпунтовая стенка причала) (р.Москва) (программа трехмерной визуализации Surf3D)

Приведены образцы результатов гидрографических работ, выполненных на участках неукрепленного русла.



*Рис. 14. Планшеты промеров глубин (1:500)*



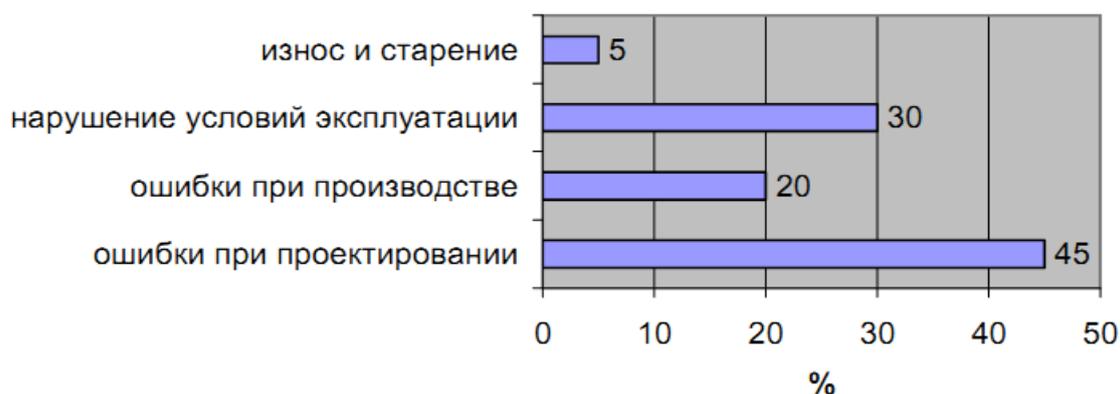
*Рис. 15. Батиметрические карты с нанесенными объектами*

### 3. ПРИЧИНЫ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЗЕМЛЯНЫХ ПЛОТИН ГИДРОСООРУЖЕНИЙ МЕЛИОРАТИВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

На территории России эксплуатируется несколько десятков тысяч плотин и других гидросооружений мелиоративного назначения, отнесённых к сооружениям III и IV классов. За последние десятилетия уровень безопасности этих сооружений существенно понизился, о чем свидетельствует статистика произошедших аварий. Это связано с уменьшением объёмов ремонтных работ,

сокращением штатов эксплуатационного персонала, появлением бесхозных ГТС и рядом других причин. Кроме того, в отличие от сооружений I и II классов, гидротехнические сооружения III и IV классов имеют по нормативам значительно меньшее количество или полное отсутствие контрольно-измерительной аппаратуры, постов наблюдений и эксплуатируются менее квалифицированными кадрами.

Известны различные классификации причин, приводящих к авариям гидротехнических сооружений. По данным Ц. Е. Мирцхулава 40...50% аварий происходит из-за ошибок при проектировании, 20 % - из-за ошибок при производстве, 30 % - из-за нарушений условий эксплуатации и 5...7 % - из-за износа и старения (рис. 1).



**Рис. 1.** Причины аварий гидротехнических сооружений

На основе анализа аварий на существующих грунтовых плотинах были выделены основные конструктивные элементы, для которых необходимо тщательное наблюдение и обследование: верховой и низовой откосы с их креплением; гребень; противофильтрационное устройство в теле плотины и в основании; дренаж; ливнеотводящие и дренажные каналы; сопряжения грунтовых и бетонных элементов; сопряжение тела плотины с основанием; зона влияния плотины в верхнем и нижнем бьефах.

Обобщение результатов обследования эксплуатируемых грунтовых плотин и их аварий, дает основание отметить, что верховой откос и его крепление относятся к одним из наиболее уязвимых конструктивных элементов, часто подвергающихся разрушениям.

На верховом откосе имеются зоны сопряжения различных по материалу элементов плотины (например, сопряжение бетонного крепления и обратного фильтра). Откос находится под воздействием переменного уровня воды, атмосферных осадков, солнечной радиации, ветра и др. Поверхности верховых откосов в наибольшей степени подвержены воздействию волновых и ледовых нагрузок. Места переменного увлажнения элементов грунтовой плотины быстрее изменяют свои эксплуатационные показатели. При осмотре верховых откосов в зависимости от типа крепления наблюдаются деформации и нарушения.

Для каменного крепления - это переработка камня волнами и выветривание. Участки переработки откосов волнами характеризуются наличием промоин-пазух в верхней части откоса, смещённых в сторону гребня. У подножия пазух по линии уреза воды наблюдается скопление относительно крупного камня. Данный дефект был обнаружен на креплении верхового откоса плотины Пироговского гидроузла.

Признаками повреждения бетонного и железобетонного крепления откоса может быть – увеличение шероховатости поверхности, обнажение камней

заполнителя и арматуры, раскрытие швов, взаимное смещение и просадка плит (Октябрьское, Поляковское водохранилища).

У откосов с асфальтовым креплением можно обнаружить вынос грунта из-под покрытия, просадки. Появление растительности, полосы приобоя, навалы мусора, изменение очертания откосов характерны для всех типов крепления.

Причины аварий грунтовых плотин обусловлены не только ухудшением эксплуатационных характеристик против проектных значений. Многие сооружения оказываются в ситуациях, не предусмотренных проектом, которые требуют особого изучения.

К числу таких ситуаций можно отнести вынужденную эксплуатацию водохранилища на уровне мертвого объема (УМО) из-за опасения разрушения

На рисунке 2 представлена зона разрушения бетонного крепления верхового откоса земляной плотины Октябрьского водохранилища. На верховом откосе земляной плотины, укрепленном железобетонными плитами, выявлены участки разрушения крепления и вымыва грунта из тела плотины на значительную глубину. Также отмечены разрывы в швах между сборными плитами с вымывом грунта из-под них, просадка нижних рядов железобетонных плит на многих участках.



*Рис. 2. Разрушения бетонного крепления верхового откоса плотины Октябрьского водохранилища*

Анализ проектных материалов по креплению верхового откоса земляной плотины железобетонными плитами показал, что главной причиной разрушения была укладка плит непосредственно на глинистые грунты плотины без устройства фильтровой подготовки. При производстве ремонтных работ обратный фильтр под плитами опять не был уложен. В данном случае при производстве работ не соблюдались указания СНиП 2.06.05-84\*. Кроме того, эксплуатация водохранилища происходила в режиме уровня мёртвого объема. Понижение полосы приобоя привело к частичному разрушению опорного зуба крепления и сползанию первых рядов плит крепления.

Эксплуатация Шапсугского водохранилища в республике Адыгея, спущенного до уровня мёртвого объёма, происходит в режиме прямотока. Здесь наблюдается постепенное разрушение обсохших ограждающих дамб. Территория ложа водохранилища заросла высшей болотной растительностью. Неконтролируемые расходы через сбросные сооружения ведут к их разрушению, а также угрожают затоплением территории, расположенной в нижнем бьефе.

Другая ситуация, заслуживающая внимания, это некачественный прогноз паводковых расходов и ошибок в управлении пропуском паводков.

На Поляковском гидроузле в Самарской области было отмечено отсутствие предпаводковой сработки водохранилища. В результате данной ситуации произошло намокание грунтов верхней части напорного откоса, приведшее в зимний период к морозному пучению грунта тела плотины и деформации крепления. Ледовыми полями был разрушен входной оголовок паводкового сифонного водосброса.

Строительными нормами и правилами предусматриваются поверочные расчёты на устойчивость откосов, на опрокидывание, на фильтрационную

прочность, устойчивость против нагрузок от ветрового нагона, волновых воздействий и др. Но в нормативной документации не рассматриваются ситуации, возникающие при сочетании экстремальных нагрузок и являющиеся основной причиной разрушения сооружений в современных условиях.

Например, при эксплуатации водохранилищ при форсированном подпорном уровне может возникнуть экстремальная штормовая нагрузка. Волны могут достигнуть гребня плотины и перелиться через него.

При длительной эксплуатации на уровне мёртвого объёма волновые, ледовые нагрузки могут негативно влиять на входные оголовки водозаборных и водопропускных сооружений и крепления верховых откосов.

В случае выхода из строя дренажа может происходить выклинивание кривой депрессии на низовой откос с угрозой потери суффозионной устойчивости грунтов тела плотины. Такая ситуация не предусмотрена СНиПом, т. к. считалось, что дренаж должен быть немедленно отремонтирован. Однако известны случаи, когда на ремонт не выделялось финансирование, и плотины с неработающими дренажами эксплуатировались несколько лет. В этом случае постепенное намокание тела плотины грозит потерей устойчивости ее откосов.

Перечень сочетаний экстремальных нагрузок может быть продолжен. Для каждого из таких сочетаний следует выполнить прогноз состояния, и предусматривать его результаты в проектах реконструкции и капитального ремонта сооружений.

#### **4. МЕТОДЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ КОРРОЗИОННОГО СОСТОЯНИЯ АРМАТУРЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КОНСТРУКЦИИ**

Коррозия арматуры является одним из наиболее значимых факторов, определяющих фактическое техническое состояние железобетонных конструкций, их надёжность и долговечность.

Коррозионное повреждение арматурной стали приводит к следующим негативным последствиям:

- снижению сцепления арматуры с бетоном;
- образованию трещин и разрушению защитного слоя бетона, скалывающегося за счет расклинивающего действия продуктов коррозии;
- снижению несущей способности конструкций в результате уменьшения сечения арматуры и бетона (при скалывании защитного слоя);
- возможности хрупкого разрушения в случае развития питтинговой коррозии и коррозионного растрескивания высокопрочной арматуры.

В ходе натурального технического обследования железобетонных конструкций наличие коррозионного повреждения арматурных стержней определяют при помощи следующих традиционных подходов.

По выявлению внешних признаков, свидетельствующих о развитии коррозии (трещины в защитном слое вдоль арматуры, потёки ржавчины, отслоение защитного слоя бетона). Очевидно, что данный способ реализуем только на стадии сильного коррозионного повреждения.

По результатам визуального освидетельствования арматурных стержней на участках вскрытия защитного слоя. Явным недостатком данного метода

является выборочность контроля и необходимость нарушения целостности конструкций.

Однако существуют и методы неразрушающего контроля (НК) коррозионного состояния арматуры, которые широко применяются в зарубежных странах (США, Евросоюз и др.). Об этих методах и пойдёт речь в данной статье.

### **Метод потенциала полуэлемента**

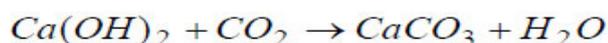
В последние годы в России начали появляться приборы для оценки коррозионного состояния арматуры в бетоне неразрушающим методом. К ним относятся Canin+ (Proceq, Швейцария) и АРМКОР-1 (НПП «Интерприбор», Россия). Указанные приборы основаны на методе потенциала полуэлемента и предназначены для измерения потенциала микрогальванической пары, который появляется в результате химической реакции между металлом арматуры и телом бетона.

Приборы, основанные на указанном методе, используются в США и Европе, где уже давно доказана экономическая целесообразность их применения, с 1970-х годов. Известно, что и в России данный метод применяется уже более 10 лет. Однако отсутствие соответствующих нормативно-технических документов в нашей стране не дают методу получить известность и широкое применение. Первый и единственный документ, который регламентирует применение указанного метода и принят на территории Российской Федерации, это отраслевой дорожный методический документ ОДМ 218.3.001-2010.

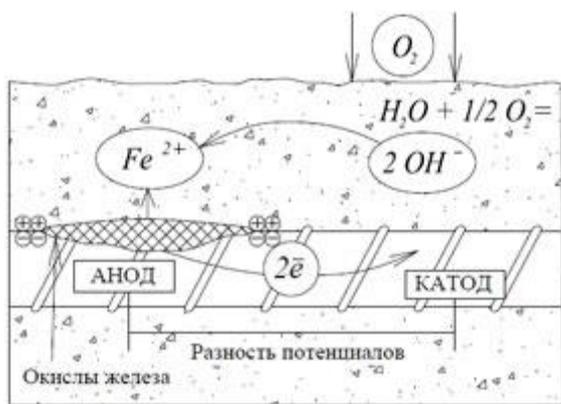
Для описания сущности применения указанного метода НК кратко рассмотрим основные причины коррозии арматуры в бетоне. Общеизвестно, что основой защитного действия бетонов по отношению к арматуре является щелочной характер влаги в капиллярно-пористой структуре бетона, способствующий сохранению пассивного состояния поверхности стали. Таким образом, при высокой плотности бетона, надлежащей величине защитного слоя и отсутствии его повреждений (трещины, сколы, каверны и пр.) арматура в бетоне сохраняется в пассивном состоянии долгие годы и десятилетия.

Однако при повышенной пористости бетона и агрессивности (в том числе влажности) внешней среды бетон не обеспечивает защиту арматуры от проникновения агрессивных агентов (например, хлоридов), кислотообразующих жидкостей и газов.

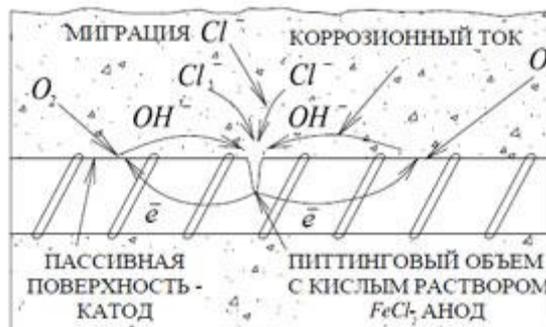
Одним из основных факторов, способствующих коррозии арматуры, является нейтрализация высокощелочной среды бетона за счет обменной реакции гидроксида кальция в бетоне с кислыми газами в воздухе (в основном CO<sub>2</sub>). Этот процесс (1) называется карбонизацией бетона:



Процесс карбонизации начинается с поверхности бетонной конструкции с момента ее изготовления и движется вглубь по мере проникновения углекислого газа внутрь бетона. Скорость карбонизации зависит от многих факторов, таких как плотность бетона, температура и влажность окружающей среды и самой конструкции и других. Достигая арматуры, карбонизация переводит сталь в активное состояние, а поступающие в бетон кислород (окислитель) и влага (электролит) обеспечивают процесс коррозии, проходящий по электрохимическому принципу. В основе коррозии арматуры лежит катодный процесс восстановления кислорода (рис. 1).



**Рис. 1** Схема электрохимической коррозии арматуры в бетоне при нарушении пассивности стали



**Рис. 2.** Схема электрохимической коррозии арматуры при воздействии хлоридов

На аноде ионы железа ( $Fe^{++}$ ) распадаются, и электроны переходят в свободное состояние. Освободившись, они движутся к катоду, где вместе с водой и кислородом образуют гидроксид ионы ( $OH^-$ ). Сущность такого процесса сводится к разрушению анодных участков и восстановлению окислителя на катодных участках поверхности металла. Коррозия арматуры при таком процессе имеет, как правило, сплошной характер. Продукты коррозии накапливаются вокруг арматуры и впоследствии приводят к образованию трещин и отслоению защитного слоя бетона.

Вторым возможным механизмом коррозионного разрушения арматуры является локальная депассивация арматурной стали при воздействии ионов хлора ( $Cl^-$ ). Ионы хлора - сильнейшие стимуляторы коррозии стали - являются основной причиной возникновения точечной коррозии стержней арматуры (рис. 2).

При обоих описанных механизмах возникает коррозионный ток. Потенциал коррозии - это потенциал металла, установившийся в результате протекания сопряжённых анодного и катодного процессов без внешней поляризации. Измеряя потенциал арматуры, можно неразрушающим методом определить участки возникновения коррозии. Этот принцип является основой американского стандарта ASTM C876 и отечественного ОДМ.

Однако указанный метод, так же как и традиционные, результативен в случае уже начавшейся коррозии арматуры. При этом диагностирование коррозии арматуры даже без разрушения защитного слоя бетона и на ранней стадии является решением только части проблемы. Большой проблемой является устранение последствий коррозионного повреждения или хотя бы предотвращение его дальнейшего развития.

Более актуальной проблемой является не диагностирование уже начавшейся коррозии арматуры, а определение вероятности возможности её возникновения на более ранней стадии. Данную проблему можно решить путём контроля сохранности защитных свойств бетона по отношению к арматуре. Речь идёт не о карбонизации защитного слоя и снижении щелочности, а о проницаемости защитного слоя вообще, и хлоридами в частности.

### Метод удельного электрического сопротивления

Одним из методов, позволяющих контролировать проницаемость бетона без нарушения сплошности конструкций и отбора образцов, является метод измерения удельного электрического сопротивления поверхностного слоя

бетона. В 1942 г. исследованиями было доказано, что значение удельного электрического сопротивления пористого материала можно определить с помощью уравнения

$$\rho = a \cdot \rho_0 \cdot \varphi^m,$$

где  $\rho_0$  - удельное сопротивление водной фазы в бетоне;  
 $a$  - константа, зависящая от состава материала;  
 $m$  - интегральный параметр, относящийся к структуре пор в материале;  
 $\varphi$  - доля объемного водонасыщения пор.

Зависимость (2) показывает, что чем выше объёмная доля водонасыщения, тем ниже удельное электрическое сопротивление. Таким образом, удельное электрическое сопротивление указывает на связность пор и, следовательно, на сопротивление бетона к проникновению жидких или газообразных веществ. Метод измерения удельного электрического сопротивления близок по своей природе к методу диагностики наличия коррозии стержней в железобетонных конструкциях.

Существует несколько методов измерения удельного электрического сопротивления материалов: дисковый метод с одним внешним электродом, двухэлектродный метод и четырехэлектродный метод. Самым простым является метод с использованием 4 электродов, реализуемый с помощью датчика Веннера (рис. 3).

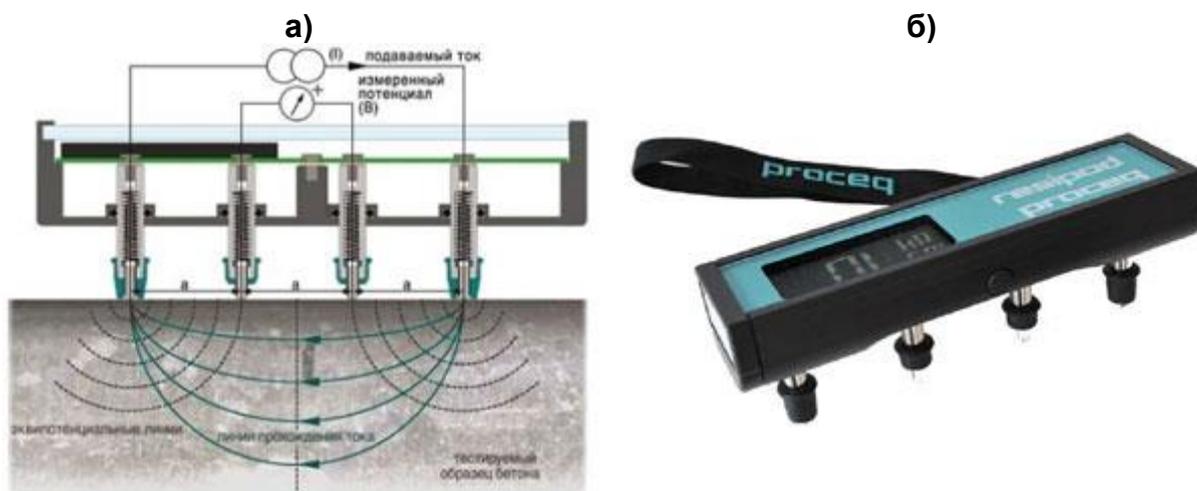


Рис. 3. Реализация датчика Веннера в виде прибора Resipod (Proceq):

а) физическая схема измерения удельного сопротивления четырехэлектродным методом;  
 б) внешний вид прибора.

На два внешних датчика подается ток ( $I$ ), и измеряется разность потенциалов ( $U$ ) между двумя внутренними датчиками. Расчётное удельное сопротивление зависит от расстояния между датчиками (а) и определяется по зависимости (3):

$$\rho = a \cdot \rho_0 \cdot \varphi^m,$$

Помимо указанных в зависимости (3) величин, на результат измерения удельного сопротивления влияют различные факторы.

### **Расстояние между электродами**

В бетоне ток идёт через жидкость в порах в цементном камне. Зёрна заполнителей преимущественно инертны. Следовательно, бетон не однородный проводник, и поток измеряемого тока также будет неоднороден. Для снижения влияния данного фактора можно увеличить расстояния между электродами, что приведёт к более однородному распространению тока.

### **Наличие арматуры**

Поскольку арматурные стержни проводят ток значительно лучше, чем бетон, то они нарушают однородное течение тока. При проведении измерений вдоль арматурных стержней при величине защитного слоя бетона 10...20 мм, измеренное сопротивление может снижаться до 2-6 раз. Даже если один из четырёх электродов находится рядом с арматурным стержнем, течение тока будет далеко от идеального, а результаты - ошибочными. Если расстояние между стержнями небольшое (менее 150 мм), то измерительные электроды должны располагаться достаточно близко, чтобы исключить влияние арматуры. Это идёт вразрез с необходимостью увеличения расстояния для снижения неоднородности тока из-за зёрен заполнителей. Компромисс может быть найден, если расстояние между электродами будет 30-50 мм.

### **Карбонизация бетона**

При большой глубине карбонизации защитного слоя бетона значение удельного сопротивления будет выше, чем у не карбонизированного бетона. Влияние карбонизированного слоя будет небольшим, если его глубина значительно меньше, чем расстояние между электродами.

### **Температура и влажность бетона**

Изменение температуры бетона имеет существенное влияние на величину удельного электрического сопротивления. В целом, при повышении температуры удельное сопротивление уменьшается, и наоборот. Это результат влияния температуры на подвижность ионов и межионное взаимодействие. Зарубежные лабораторные исследования выявили, что изменение температуры на 1°C приводит к изменению удельного электрического сопротивления на величину от 3% до 5% в зависимости от влажности бетона. Сама по себе влажность бетона также оказывает влияние на величину удельного электрического сопротивления. Увеличение влажности приводит к уменьшению удельного сопротивления.

Имеющиеся за рубежом опытные данные свидетельствуют о невозможности введения однозначных критериальных значений удельного электрического сопротивления, свидетельствующих о наличии или утрате защитных свойств бетона по отношению к арматуре. Однако все лабораторные опыты показывают, что определить вероятность возникновения коррозии можно по упрощенной схеме. Суть ее проста: когда удельное электрическое сопротивление бетона мало, очень велика вероятность возникновения коррозии; когда сопротивление имеет большое значение, вероятность появления коррозии минимальна. В ходе практических экспериментов были получены пороговые значения удельного сопротивления при температуре 20°C, указанные в таблице 1.

*Табл. 1. Пороговые значения удельного электрического сопротивления*

<b>Удельное электрическое</b>	<b>Вероятность возникновения</b>
-------------------------------	----------------------------------

сопротивление, кОм*см	коррозии арматуры
$\rho \geq 12$	Коррозия маловероятна
$8 \geq \rho \geq 12$	Коррозия вероятна
$\rho \leq 8$	Вероятность коррозии высока

В 1987 году Лэнгфордом и Брумфилдом было предложено использование измерений удельного сопротивления с помощью 4-хэлектродного датчика Веннера для контроля скорости коррозии арматуры в бетоне. Исследования, проведенные учеными в Америке, Франции, Испании, Италии и Англии, выявили, что невозможно однозначно рассчитать скорость коррозии, но можно достаточно точно определить степень вероятности её возникновения.

Данный метод является основой разрабатываемого на сегодняшний день в США стандарта по испытаниям AASHTO «Определение сопротивления бетона проникновению ионов хлорида по удельному сопротивлению его поверхности». Данный стандарт должен стать экономически более целесообразной альтернативой стандартам, используемым до настоящего времени: ASTM C 1556, ASTM C1202 и ASTM C642. Данная методика уже активно используется Исследовательским центром транспорта в Луизиане (Louisiana Transportation Research Center).

## 5. ДИАГНОСТИКА ТРУБОПРОВОДОВ (Компания USAR испанской фирмы Urbanizadora Albiñanense S.A.)

### **Экспресс диагностика:**

Контроль состояния протяженных участков трубопроводов с помощью длинноволновой ультразвуковой системы «WaveMaker».

Система помогает диагностировать 100% тела трубы на участках длиной до нескольких метров за один замер, в обе стороны от точки подключения. Не требует вывода трубопровода из эксплуатации и массового снятия изоляции.

Использование системы весьма эффективно при обследовании участков трубопроводов с ограниченным доступом (проходы через дороги, водные препятствия, стены и т.д.).

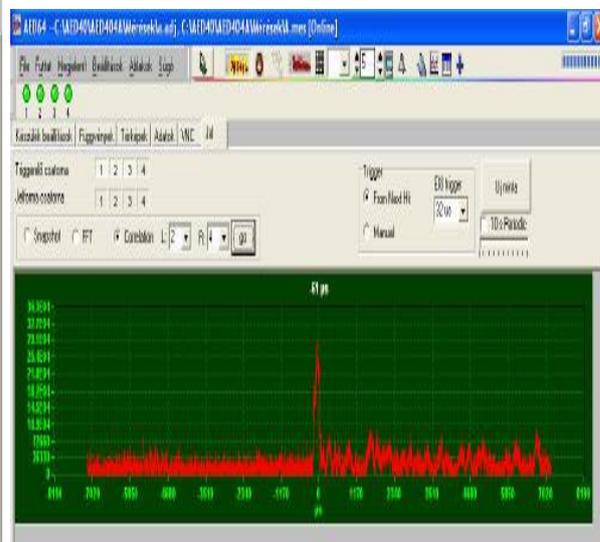
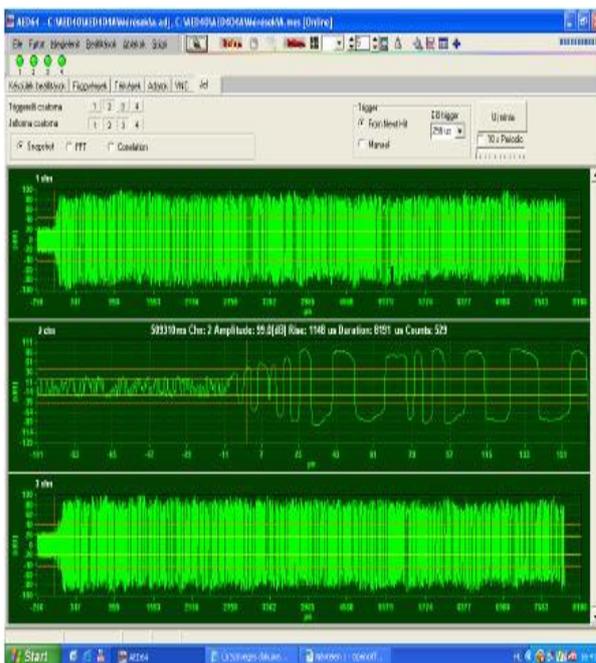
### **Акустическо-эмиссионный метод контроля**

Акустико-эмиссионный метод основан на регистрации и анализе параметров сигналов акустической эмиссии, вызванной динамической локальной перестройкой структуры материала контролируемого объекта, обусловленной наличием и развитием в них дефектов.



Данный метод позволяет диагностировать объект в целом, не выводя его из существующего режима эксплуатации или выводя на минимальное время, что дает очевидные экономические преимущества по сравнению с остальными методами НК, требующими прекращения эксплуатации объекта для проведения контроля.

Метод акустическо-эмиссионного контроля обеспечивает обнаружение и регистрацию только развивающихся, а значит, действительно опасных дефектов, и осуществляет их классификацию не по размерам, а по степени опасности.



### Контроль состояния изоляции трубопроводов разного назначения

Система **PCM+** - это возможность быстрой и сравнительно точной локализации и картографии трубопровода даже в такой области, что предусматривает контакт с иными конструкциями из металла, помехи с электричеством или же области, где коммуникации собраны в плотную массу. К слову, одновременно с этим система позволяет измерить как наводимый ток, так и градиент напряжения тока переменного типа. Итогом становится полное исключение ненужных операторских работ как в области установки "диапазонов

тока", так и в области ручных вычислений для того, чтобы определить ток катодной защиты вдоль трубы. Известно, что традиционно операции требуют подключения в прямом порядке.

### **Как действует система РСМ+**

Система РСМ+ (pulse code modulation) изначально разработана для того, чтобы избежать возможных недостатков, которые присущи известным ранее методам. В данный момент она представляет возможным исследование трубопроводов, использование в работе эффективного прибора при любых условиях погоды и внешней среды. Сигнал отличается сверхнизкой частотой (4 Гц) и приближается в индивидуальных характеристиках к постоянному электрическому току. Используется он для того, чтобы максимально возможно провести имитацию тока катодной защиты. Данная частота даёт возможность избежать сигналу своего естественного затухания (потерять такой сигнал, происходящий в емкостной составляющей). В итоге этого причина практически всех потерей сигнала в том, что повреждению подверглась или изоляция, или имеет место электрический контакт с иными структурами из металла. Те локаторы, что известны в настоящее время, не улавливают подобные низкие частоты. Именно поэтому представленный системой РСМ+ локатор используют в совокупности с многофункциональным магнитометром высокой точности, что как определяет, так и измеряет, переменное электрическое магнитное поле в 4 Гц. Новейшая обработка сигнала способна отфильтровать и усилить сигнал так, что итогом нажатия всего одной единственной клавиши можно изменить как величину тока сверхнизкой частоты, так и его непосредственное направление. Функции регистрации данных (целочисленной) позволяют сохранить представленные данные так, что они могут быть введены в зависимости от потери тока по отношению к расстоянию.

### **Генерирующий сигнал РСМ+**

Благодаря крайне мощному генерирующему сигналу, можно передавать его на большом расстоянии, не превышающем 32 километра. Это объясняет то, что для проведения единого обследования нужно выполнить гораздо меньшее



количество подключений. Гибкие требования по отношению к его питанию предусматривают использование разных источников питания, которые доступны на большем количестве станций катодной защиты. Это обеспечивает полную мощность на выходе (в 150 Вт) в течение длительного временного периода без особых затрат на то, чтобы произвести замену батареи. Схема подключения к трубопроводу отличается своей простотой в процедуре подсоединения двух единиц проводов. Сигнал-генератор разработан согласно нормам и стандартам, как сетей передачи, так и энергетических распределений.

### **Метод магнитной памяти металла**



Метод магнитной памяти металла представляет принципиально новое направление в технической диагностике и представляет большие практические возможности, прежде всего, как инженерный метод экспресс контроля качества и как интегральный метод комплексной оценки качества сварных соединений.



Методом магнитной памяти металла называют метод неразрушающего контроля, основанный на регистрации распределения остаточной намагниченности металла в зоне дефекта (зоне высокого магнитного сопротивления), возникающей под действием технологических и эксплуатационных факторов

## 6. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ КРИТЕРИЯМ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

### Использованные сокращения в тексте

МАГ	Международной Ассоциацией Гидроэнергетики
СО	Стратегическая оценка
П	Проектирование
Р	Реализация
Э	Эксплуатация
ISO	International Organization for Standardization Международная организация по стандартизации.

Методика оценки соответствия гидроэнергетических проектов критериям устойчивого развития (*далее Методика*) представляет собой систему оценок соответствия Проектов критериям устойчивого развития по важнейшим факторам на всех стадиях жизненного цикла. Результатом её применения является профиль соответствия Проекта критериям устойчивого развития.

Методика состоит из четырёх документов - самостоятельных инструментов оценки на соответствующих стадиях жизненного цикла гидроэнергетических Проектов.

Описание инструментов системы изложены в четырёх документах.

1. Методика оценки соответствия гидроэнергетических Проектов критериям устойчивого развития. Стадия **Инициация**.

2. Методика оценки соответствия гидроэнергетических Проектов критериям устойчивости развития. Стадия **Проектирование**.

3. Методика оценки соответствия гидроэнергетических Проектов критериям устойчивого развития. Стадия **Реализация**.

4. Методика оценки соответствия гидроэнергетических Проектов критериям устойчивого развития. Стадия **Эксплуатация**.

### Структура Методики

Методика изложена в пяти документах, это «Введение» и четыре методики оценки для различных стадий жизненного цикла Проекта, как показано на рис. 1.

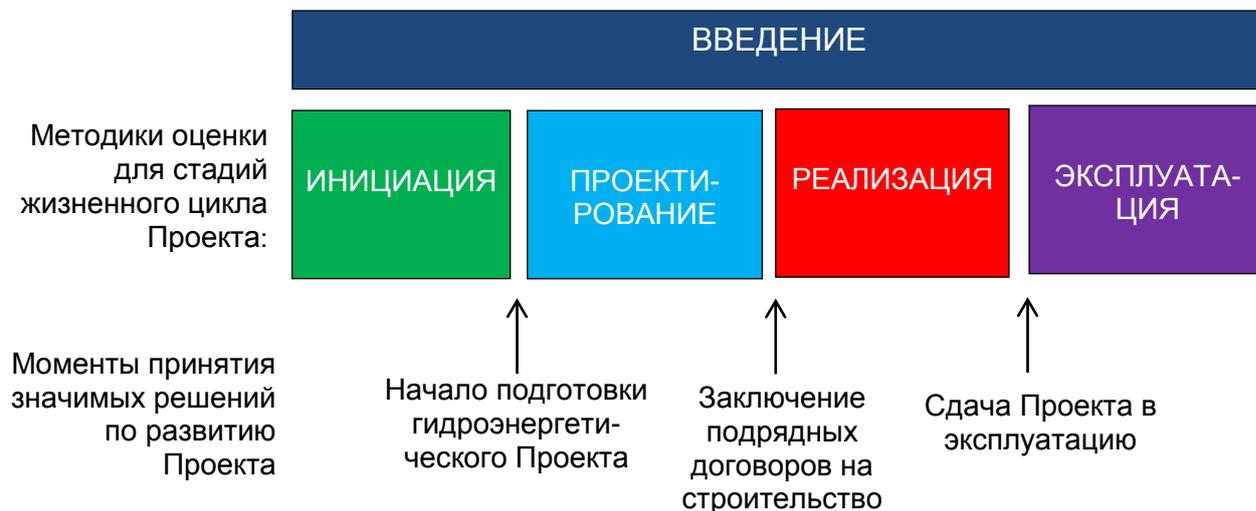


Рис. 1 – Методики оценки и моменты принятия значимых решений

В четырёх документах описаны методы оценки на стадиях Инициация (далее - стратегическая оценка), Проектирование, Реализация и Эксплуатация. Они разработаны в качестве самостоятельных инструментов оценки, применяющихся на конкретных стадиях жизненного цикла Проекта. Оценка с помощью какого-либо из этих инструментов не зависит от наличия оценок, сделанных на более ранних стадиях. Инструменты оценки разработаны таким образом, чтобы их можно было применять до принятия решений по ключевым вопросам в цикле реализации Проекта (см. рисунок 1). Инструменты наиболее эффективны в случаях неоднократного применения, в целях управления процессом постоянного совершенствования. Результаты оценок, сделанных в ходе реализации Проекта, потенциально могут помочь определить дополнительные меры, которые необходимо предпринять в ходе определённой стадии Проекта, либо могут дать информацию для принятия решений по ключевым вопросам после завершения той или иной стадии.

Инструмент **Стратегическая оценка** (СО) представляет собой инструмент предварительного отбора предложений по реализации гидроэнергетических Проектов. Он определяет риски и деловые возможности, связанные с Проектом на раннем этапе, чтобы определить основные сложные задачи, которые предстоит решать, и ответные действия руководства по обеспечению детального исследования в рамках Проекта. Инструмент СО можно также использовать в других, более широких целях, например для определения деловых возможностей по совершенствованию аспекта устойчивого развития в рамках инвестиций в гидроэнергетические Проекты. Инструмент СО отличается от остальных трёх инструментов оценки тем, что представляет собой руководство по проведению оценки, а не методику для

ранжирования. Это объясняется тем, что на стадии инициации отсутствует четко сформулированный Проект и нет достаточной информационной базы для присуждения баллов оценки соответствия Проекта критериям устойчивого развития. Ещё одно отличие заключается в том, что на первоначальном этапе исследования потенциальных возможностей Проекта зачастую имеют конфиденциальный характер, особенно в случае, когда разработчики ещё не решили, нужно ли инвестировать средства в более детальные исследования, либо в случаях высокой конкуренции на либерализованном рынке электроэнергии. Если о целях Проекта не сделано никаких официальных заявлений в открытых источниках, то инструмент СО предлагает средства для стимулирования более глубокого анализа и даёт возможность определить пробелы в информации. Если уже начаты детальные технические, экологические, социальные исследования и финансовая экспертиза, которая часто проводится в рамках жёстко регламентированной государственными органами процедуры, целесообразно использовать инструмент оценки на стадии проектирования.

Инструмент оценки **Проектирование** обеспечивает оценку всех факторов на стадии проектирования, в процессе которой осуществляются исследования, планирование и разработка проектной документации данного Проекта. К этой стадии обычно применяются национальные процедуры регулирования в рамках установленных для каждого отдельного Проекта требований, включая требования к проведению Оценки воздействия на окружающую среду и социальную сферу, а также требования к процессам управления проектами. После завершения стадии проектирования наступает критический момент для принятия решения о заключении контрактов на строительство. Применение Методики в этот момент позволит оценить полноту исполнения всех требований к стадии проектирования и готовность планов к этапу реализации, а также определить, являются ли обязательства надлежащими и имеющими законную силу. Этот инструмент оценки, включенный в Методику, может использоваться до принятия решения о начале реализации Проекта и в целях получения информации для принятия решения о начале его реализации. Это решение принимается в соответствии с процедурами, разработанными на основании оценки воздействия на окружающую среду и социальную сферу, и правилами, установленными национальными органами регулирования для получения разрешения на строительство и лицензии на эксплуатацию, а также в соответствии с требованиями государственных органов в отношении конкретного Проекта. С этого момента начинается строительство в соответствии с элементами планов по управлению вопросами окружающей среды и социальной сферы.

Инструмент оценки на стадии **Реализации** Проекта оценивает стадию реализации Проекта, в ходе чего реализуются планы и обязательства по строительству, переселению, управлению состоянием окружающей среды и другими вопросами. Запуск электростанции обеспечивает начало притока денежных средств от ее эксплуатации, и зачастую на электростанциях, имеющих несколько гидроагрегатов, некоторые турбины запускаются с целью выполнения финансовых обязательств по Проекту, в то время как другие находятся еще на стадии монтажа. Проведение оценки перед запуском тех или иных гидроагрегатов позволяет определить, выполнены ли все подрядные обязательства, а также получить информацию, необходимую для принятия решения о времени и условиях начала эксплуатации.

Инструмент оценки на стадии **Эксплуатации** используется для оценки эксплуатации Проекта. Этот инструмент оценки, включенный в Методику, может использоваться для получения информации, на основе которой делается заключение о стабильной эксплуатации объектов и о действующих процедурах для обеспечения мониторинга, соблюдения установленных требований и постоянного совершенствования. Эта стадия Проекта определяется условиями эксплуатации, которые указаны в разрешении, выданном государственным органом, и часто такое разрешение именуется «лицензией на эксплуатацию».

Во время проведения оценки Проект может находиться на начальной или более поздней стадии. Оценки могут проводиться на перспективу (анализируется, какие мероприятия следует выполнить) или в ретроспективе (анализируется, насколько хорошо мероприятия были выполнены). Данная Методика разработана для многократного применения, и оценка, начатая на ранней стадии жизненного цикла Проекта, может служить руководством для мероприятий, обеспечивающих более высокие показатели производственной деятельности на более поздней стадии оценки. Может произойти наложение стадий жизненного цикла Проекта (например, мероприятия по реализации Проекта в ходе проектирования либо передача турбин в эксплуатацию, в то время как мероприятия по реализации Проекта еще не завершены). В ситуации, когда выбор инструмента необходимо сделать в интервале между двумя стадиями, такой выбор зависит от цели оценки.

### **Факторы Методики**

Каждый инструмент Методики оценки использует свой набор факторов, имеющих большое значение для формирования заключения о соответствии данного Проекта критериям устойчивого развития на данный момент его жизненного цикла. Факторы, взятые в совокупности, представляют перечень вопросов, который может быть рассмотрен в целях формирования обоснованного заключения об общем соответствии Проекта критериям устойчивого развития в данный конкретный момент его жизненного цикла.

На рисунке 2 показаны перспективы, охватываемые факторами Методики. Согласно общепринятому мнению, оценка по отдельному фактору не всегда четко определяется конкретной перспективой. Например, качество воды обычно рассматривается как экологическая составляющая, но низкое качество воды может оказать негативное воздействие на социальную сферу. Некоторые из факторов выполняют функцию интеграции нескольких перспектив, например, в рамках фактора Комплексное управление Проектом.

Интегральные преспективы			
Экологические аспекты	Социальные перспективы	Технические перспективы	Экономические/ Финансовые

**Рисунок 2** - Перспективы, включенные в систему оценки Методики

В таблице 1 приводится перечень факторов для каждого инструмента Методики. Как можно заметить, подобраны факторы, которые позволяют оценить последствия с учетом всех перспектив, показанных на рисунке 2, включая факторы, интегральные уже в силу своего характера, такие как фактор Общие основы управления или фактор Место расположения Проекта и основные проектные решения. Для оценки Проекта необязательно использовать все приведенные в Методике факторы. Для определения актуальности факторов в начале каждого из документов, используемых для

оценки Проекта на стадиях Проектирование, Реализация и Эксплуатация, приводятся рекомендации с указаниями для определения актуальности факторов. Например, в случае отсутствия фактического переселения по фактору Переселение проводить оценку нет необходимости.

**Табл. 1. Факторы оценки в разрезе инструментов Методики**

СО Стратегическая оценка	– П - Проектирование	Р-Реализация	Э-Эксплуатация
СО-1 Наличие потребностей	П-1 Обмен информацией и консультирование	Р-1 Обмен информацией и консультирование	Э-1 Обмен информацией и консультирование
СО-2 Оценка альтернативных вариантов	П-2 Общие основы управления	Р-2 Общие основы управления	Э-2 Общие основы управления
СО-3 Политические меры и намеченные мероприятия	П-3 Наличие потребностей и стратегические соответствия		
СО-4 Политические риски	П-4 Место расположения Проекта и основные проектные решения		
СО-5 Институциональный потенциал	П-5 Оценка воздействия Проекта на окружающую среду, социальную сферу и управление воздействиями	Р-3 Управление экологическими и социальными вопросами	Э-3 Управление экологическими и социальными вопросами
СО-6 Технические вопросы и риски	П-6 Комплексное управление Проектом	Р-4 Комплексное управление Проектом	
СО-7 Социальные вопросы и риски	П-7 Водные ресурсы		Э-4 Водные ресурсы
СО-8 Экологические вопросы и риски			Э-5 Надёжность и эффективность активов
СО-9 Экономические и финансовые вопросы и риски	П-8 Безопасность инфраструктуры	Р-5 Безопасность инфраструктуры	Э-6 Безопасность инфраструктуры
	П-9 Финансовая устойчивость	Р-6 Финансовая устойчивость	Э-7 Финансовая устойчивость
	П-10 Дополнительные выгоды (эффекты) Проекта	Р-7 Дополнительные выгоды (эффекты) Проекта	Э-8 Дополнительные выгоды (эффекты) Проекта
	П-11 Экономическая целесообразность		
	П-12 Закупки	Р-8 Закупки	
	П-13 Затронутые Проектом сообщества и средства к существованию	Р-9 Затронутые Проектом сообщества и средства к существованию	Э-9 Затронутые Проектом сообщества и средства к существованию
	П-14 Переселение	Р-10 Переселение	Э-10 Переселение
	П-15 Коренное население	Р-11 Коренное население	Э-11 Коренное население
	П-16 Трудовые	Р-12 Трудовые	Э-12 Трудовые

ресурсы и условия труда	ресурсы и условия труда	ресурсы и условия труда
П-17 Культурное наследие	Р-13 Культурное наследие	Э-13 Культурное наследие
П-18 Здоровье населения	Р-14 Здоровье населения	Э-14 Здоровье населения
П-19 Биоразнообразии и инвазивные виды	Р-15 Биоразнообразии и инвазивные виды	Э-15 Биоразнообразии и инвазивные виды
П-20 Эрозия и седиментация	Р-16 Эрозия и седиментация	Э-16 Эрозия и седиментация
П-21 Качество воды	Р-17 Качество воды	Э-17 Качество воды
	Р-18 Отходы, шум и качество воздуха	
П-22 Подготовка ложа водохранилища	Р-19 Подготовка ложа и наполнение водохранилища	Э-18 Управление водохранилищем
П-23 Водный режим в нижнем бьефе	Р-20 Водный режим в нижнем бьефе	Э-19 Водный режим в нижнем бьефе

При выставлении оценки по каждому фактору предложено учитывать шесть критериев (оценки по отдельному критерию не выставляются).

Шесть критериев оценки каждого фактора – это:

- 1) Оценка – полнота комплекта документов, использованных при оценке по фактору;
- 2) Управление – проработанность планов действий по фактору;
- 3) Вовлечённость заинтересованных сторон – участие в принятии решений по фактору всех, кого это касается;
- 4) Поддержка заинтересованных сторон – согласие с принятыми решениями всех, кого это касается;
- 5) Результаты – качество достигнутых результатов по фактору;
- 6) Соответствие/Согласованность – предпринятые действия по фактору не противоречат друг другу и международным (местным) правилам-соглашениям.

Оценка 3 балла означает, что по данному фактору проект соответствует базовому отраслевому уровню. Оценка 5 баллов означает, что проект по рассматриваемому фактору соответствует лучшим отраслевым практикам. Если проект чуть не дотягивает до тройки – ему предложено ставить 2 балла. Если сильно не дотягивает - 1 балл. Если проект чуть не дотягивает на пятёрку – ему ставят 4.

Результат применения методики – это ~20 оценок 1-5 баллов. Эти оценки наносят на круговую диаграмму, называемую профиль устойчивости. Такой профиль легко воспринимается, на нём хорошо видны и успехи, и провалы, что удобно для дальнейшего принятия решений.

В каждом из четырёх разделов специальной части по каждому из факторов изложены ожидания на 3 балла (иногда подробно расписанные по критериям), ожидания на 5 баллов (иногда по критериям), а также руководство по проведению оценки, включающее: раскрытие (на примерах) терминов, использованных в описании фактора, список потенциальных интервьюируемых (компетентных) лиц, примеры подтверждающих документов, пригодных для оценки по фактору.



**Рисунок 3. Балльная оценка позволяет четко представить результаты оценки**

Методика оценки на стадии инициации посредством сопоставления вводных данных и ожидаемых результатов позволить оценить риски и выстроить диалог с заинтересованными сторонами на стадии инициации Проекта (до начало разработки проектной документации). Методика для последующих стадий жизненного цикла – проектирования, реализации и эксплуатации – позволяют провести ранжирование по баллам для каждой из предметных областей оценки устойчивости в соответствии со шкалами для оценки деятельности, градуированными на соответствие базовому отраслевому уровню (средний балл) и лучшим отраслям практиками (высший балл). Ранжирование обеспечивает возможность стимулирования постоянного совершенствования структуры профиля устойчивости.

Результаты оценки могут использоваться в качестве обоснования и для принятия решений, и для определения приоритетов будущей деятельности, и/или для содействия во внешнем диалоге с сообществом.

Все страны и организации, принимающие и утверждающие данную Методику, признают за другими институтами право проводить собственную политику и иметь свою позицию в отношении результатов оценки гидроэнергетического Проекта. Все организации, заявляющие о своей поддержке данной Методики, признают, что её применение может внести существенный вклад в улучшение понимание соответствия Проектов критериям

устойчивого развития и пути достижения этого статуса. Формирование профилей соответствия гидроэнергетических Проектов критерии устойчивого развития с использованием данной Методики может помочь выбору гидроэнергетических Проектов, отвечающих критериям устойчивого развития. Однако принятие решений о реализации конкретных гидроэнергетических Проектов остаётся прерогативой соответствующих стран, учреждений и организаций.

Все стадии Проекта объединяются в Протоколе, в котором представляются рабочие рамки для оценки устойчивости в целях развития и эксплуатации гидроэнергетического сектора посредством привлечения множества заинтересованных сторон (Форум по оценке устойчивости гидроэнергетике), и возглавляется Международной Ассоциацией Гидроэнергетики (МАГ).

Достижения Протокола основывается на:

- экспертизе лучших и наилучших практик по проектированию, строительству и эксплуатации гидротехнических объектов;
- постепенное занятие места основного инструмента по оценке устойчивости в сфере гидроэнергетики на глобальном уровне;
- международное признание платформы для диалога между финансовыми институтами и обществом;
- расширения потенциала, усовершенствования, повышения эффективности проектов и минимизации издержек в плане задержек.

**К аспектам устойчивости входят следующие:**

**Социальные аспекты:**

- взаимодействие и консультации;
- выгоды от реализации проекта;
- сообщества и средства к существованию, которые затрагивает проект;
- переселение;
- коренное население;
- трудовые ресурсы и условия труда;
- здоровье населения;
- культурное наследие.

**Экологические аспекты:**

- оценка воздействия на экологическую и социальную среды и управление;
- биоразнообразии и инвазивные виды;
- эрозия и наносы;
- качество воды;
- отходы, шум и качество воздуха;
- управление водохранилищем;
- водный режим в нижнем бьефе.

**Экономические аспекты:**

- управление
- снабжение и закупки
- интегрированное управление проектом
- финансовая целесообразность
- экономическая целесообразность

**Технические аспекты:**

- доказанная потребность и стратегическая совместимость
- посадка на местность и проектирование
- гидрологические ресурсы
- надёжность и эффективность ресурсов
- инфраструктурная безопасность

Протокол также включает в себя оценку межсекторальных проблем как, например, изменение климата, гендерные права и права человека, затрагиваемые в рамках многих аспектов.

**Преимущества Протокола**

**Приоритезация рисков:** целенаправленное разрешение наиболее существенных проблем позволяет улучшить системы управления техническими, экологическими и социальными рисками.

**Общественное одобрение:** демонстрирует приверженность устойчивости в глазах регуляторов и гражданского общества.

**Снижение стоимости капитала:** расширяет спектр инвесторов, акционеров, финансовых и страховых компаний.

**Расширение потенциала:** осведомленность и потенциал корпоративных сотрудников и подрядчиков по использованию мировых наилучших практик.

### **Демонстрация в Центральноазиатском регионе применения инструментов оценки устойчивости Протокола**

В целях практической демонстрации в Центральноазиатском регионе применения инструментов оценки устойчивости, согласно данного Протокола в 2010 году при поддержке Программы Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (ГТЦ) GmbH по Трансграничному управлению водными ресурсами в Центральной Азии была проведена работа на Шардаринском водохранилище в Южном Казахстане.

Оценка с применением данного Протокола была проведена опытным специалистом по оценке и включала посещение объекта, интервью со специалистами и обзор документальных доказательств для определения баллов по каждой области деятельности. Оценка основана на объективных доказательствах, по которым выводится балл по каждой области деятельности по шкале от 1 до 5, процесс оценки должен быть основан на фактах, воспроизводимых, объективных и доказуемых. Что касается инструмента оценки процесса эксплуатации, используемого в рамках данного Протокола, за основу взята ситуация на сегодняшний день, а не предпроектное положение (подход, схожий с подходом ISO14001).

Ожидаемые результаты оценки включают продвижение устойчивой эксплуатации посредством идентификации сильных сторон и возможностей для усовершенствований, а также помогут сделать рекомендации, которые запустят процесс дальнейших исследований и обсуждений в рамках соответствующих государственных организаций и общественности. За пределами Шардары данная оценка поможет сформировать представление относительно того, является ли Протокол полезным для других гидроэнергетических объектов в Центральной Азии.

Шардаринский проект многоцелевого назначения в Южном Казахстане является одним из множества водохранилищ, плотин, дамб и гидроэнергетических станций, построенных в период существования Советского Союза на протяжении 2.200 км р.Сырдарья. Основные области предназначения Шардаринского проекта - сельское хозяйство, рыбный промысел, гидроэнергетика и предотвращение затоплений. После распада в начале 1990х Советского Союза, особенно в последние годы, между странами, по территории которых протекает р.Сырдарья (Кыргызская Республика, Узбекистан и Казахстан, а в какой-то степени и Таджикистан), стали наблюдаться значительные разногласия по вопросу режимов сезонного сброса воды.

### **Тренинг для повышения потенциала стран Центральной Азии по применению Протокола по оценке устойчивости в сфере гидроэнергетики**

В целях укрепления межгосударственного сотрудничества в Центральноазиатском регионе в области управления водными ресурсами, а также улучшения доступа к знаниям и связи науки с процессом принятия решений в целях обеспечения устойчивого развития Региональный экологический центр Центральной Азии совместно с Международной

Ассоциацией Устойчивой Гидроэнергетики 12-13 октября 2016 года в г.Алматы (Казахстан) организовал региональный тренинг на тему «Повышение потенциала на основе применения Протокола по оценке устойчивости в сфере гидроэнергетики».

Данный тренинг проведён в рамках проекта «Укрепление потенциала в области устойчивого управления водными ресурсами на региональном, национальном и бассейновом уровнях», по итогам которого его участниками было рекомендовано широкое распространение опыта по применению Протокола по оценке устойчивости в сфере гидроэнергетики среди заинтересованных национальных и региональных организаций Центральной Азии для повышения потенциала по оценке устойчивости гидроэнергетических проектов, включая те проекты, которые находятся на стадии разработки и эксплуатации. Кроме того, участниками тренинга было отмечено, что Протокол по оценке устойчивости в сфере гидроэнергетики может послужить развитию нормативных актов в странах Центральной Азии в области безопасности гидротехнических сооружений, включая акты, регулирующие декларирование безопасности и др.

## 1. АРМКОР-1 АНАЛИЗАТОР КОРРОЗИИ АРМАТУРЫ

**Назначение**

АРМКОР-1 предназначен для оперативного контроля степени коррозии арматуры в бетоне методом анализа потенциала микрогальванической пары (датчиком потенциала) и измерения удельного электрического сопротивления в бетоне (датчиком сопротивления). Применяется при обследовании эксплуатируемых зданий, сооружений, мостов, несущих конструкций, стен, полов и т.п.

**Основные функции:**

- измерение потенциала микрогальванической пары и (или) удельного электрического сопротивления бетона;
- сканирование поверхности по координатам X и Y с последующим отображением двумерной карты потенциалов (сопротивлений) поверхности;
  - задание границ критических зон и количества отсчётов по координатам X и Y для отображения цветовой карты результатов сканирования поверхности;
  - ручная и автоматизированная фиксация результата измерений;
  - архивация 1760 результатов измерений с указанием названия объекта измерений, координат измеряемой точки, даты и времени;
  - отображение информации на графическом дисплее с подсветкой;
  - русский и английский язык меню и текстовых сообщений;
  - интерфейс USB для работы с компьютером и заряда аккумуляторов.

**Преимущества:**

- первый отечественный анализатор коррозии арматуры в бетоне;
- ручной и автоматизированный режимы измерений;
- конструкция датчика потенциала обеспечивает:
  - поддержание контактного элемента в смоченном состоянии;
  - дозированное смачивание контактного элемента;
  - удобство заправки датчика раствором;
- датчик электросопротивления (датчик Веннера) имеет:
  - автоматическую систему подачи жидкости на измерительные электроды (патент);
  - подпружиненные электроды для компенсации неровностей поверхности бетона;
- удобная катушка с износостойким кабелем для соединения анализатора с арматурой;

- разъёмы фирмы LEMO.

**Сервисная компьютерная программа:**

- перенос результатов измерений в ПК;
- архивация, документирование и обработка результатов;
- построение диаграммы распределения потенциалов микрогальванической пары с оценкой уровня коррозии объекта контроля;
- экспорт в Excel, сохранение в текстовый формат для других программ;

## 2. УРОВНЕМЕР АКУСТИЧЕСКИЙ WELL SOUNDER 2010 PRO

**Well Sounder 2010 PRO** - акустический измеритель уровня воды, разработан и изготовлен компанией Eno Scientific, для контроля статического уровня воды в колодцах, пьезометрах или скважинах. Этот портативный прибор использует звуковые волны низкой частоты для измерения расстояния от верхней части скважины до уровня воды.

**Преимущества акустического уровнемера**

Поскольку нет контакта с водой, акустические измерители не имеют проблем с загрязнением и необходимостью чистки, отсутствует опасность зацепов частей уровнемера в скважине. Просто поместите зонд в отверстие крышки скважины и включите аппарат, через несколько секунд устройство будет отображать измерения уровня воды.

Well Sounder 2010 PRO позволяет выполнять как автономное тестирование скважины, так и долгосрочный мониторинг подземных вод с помощью встроенного регистратора данных.

Well Sounder 2010 PRO имеет функцию энергосбережения, которая переводит устройство в спящий режим между измерениями для экономии заряда батареи.



**Комплект поставки**

- Измеритель 2010 Wellsounder PRO;
- Акустический датчик с кабелем 1,8 м;
- USB кабель;
- Руководство пользователя;
- Кейс для переноски и хранения.

**Характеристики:**

<b>Диапазон измерения</b>	<b>от 3 до 600 метров</b>
<b>Память</b>	25 000 000 измерений
<b>Интервал записи измерений</b>	от 1 до 60 минут
<b>Разрешение</b>	1 см
<b>Погрешность</b>	±3 см

<b>Питание</b>	Батарея 1,5В АА – 6 шт
<b>Рабочая температура/влажность</b>	от -20 до 45 С / от 10 до 90% RH (без конденсации)
<b>Дисплей</b>	LCD дисплей 2 x 16 символов
<b>Габариты измерителя</b>	19 x 9 x 4 см
<b>Габариты датчика</b>	16 x 8 x 7 см, диаметр наконечника 1,7 см, длина кабеля 1,8 м

### 3. УРОВНЕМЕР АКУСТИЧЕСКИЙ WELL WATCH 670

Well Watch 670 является простым в использовании автономным акустическим прибором для измерения расстояния, разработанным специально для определения расстояния через закрытую трубу (обсадную трубу или измерительную трубку диаметром 1/2 дюйма) от одной закрытой части скважины до другой.



Прибор Well Watch 670 состоит из блока управления и датчика, соединённых между собой с помощью фиксирующего элемента. Блок управления содержит управляющую электронику, процессор, дисплей и кнопочную панель, в то время как датчик содержит динамик, микрофон и резьбовую монтажную горловину, с помощью которой осуществляется подсоединение к тестовой трубе.

Сразу же после включения прибор начинает посылать звуковые импульсы в скважину и пытается получить характеристики скважины. Через несколько секунд вычисляется глубина и данные предоставляются пользователю. Данные также будут отправлены в различных форматах через несколько выводов данных.

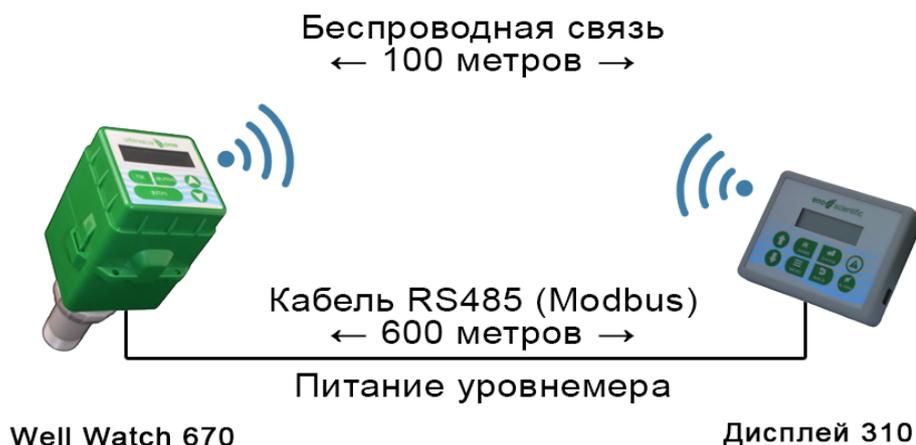
#### Особенности

Well Watch 670 легко может быть подключен к вашей системе телеметрии по одному из выбранных каналов связи: RS485 (Modbus), 4-20 мА, RS232, 0-5В.

Well Watch 670 имеет выход сигнализации 0-5В для подключения управляемых устройств.

Данные встроенного регистратора считываются на компьютер через USB порт, не требуется никакого программного обеспечения

В качестве опции для Well Watch 670 доступен удалённый дисплей 310, который может быть подключен по беспроводной связи на расстоянии до 100 метров или по кабелю RS485 (Modbus) до 600 метров.



**Комплект поставки;**

- Уровнемер Well Watch;
- Руководство пользователя;
- 3 наконечника зонда (1/2", 3/4" и 1");
- Удлинительная трубка микрофона;
- АС адаптер питания.

**Характеристики:**

Диапазон измерения	от 3 до 1200 метров
Память	25 000 000 измерений
Интервал записи измерений	от 1 до 60 минут
Разрешение	1 см
Погрешность	±3 см
Рабочая температура/влажность	от -20 до 45 С / от 10 до 90% RH (без конденсации)
Дисплей	2 x 16 символов
Габариты	21 x 9 x 9 см
Сигнализация минимальных и максимальных уровней	Да
Выходные каналы	RS485 (Modbus), 4-20 мА, RS232, 0-5В, USB
Беспроводная связь (для подключения удаленного дисплея 310)	до 100 метров прямой видимости
Питание	7-12 В (Адаптер питания 220В в комплекте)

**4. НАЗНАЧЕНИЕ КАЛЬКУЛЯТОРА ТОЧКИ РОСЫ NOVOTEST КТР-1**



Калькулятор точки росы NOVOTEST KTP-1 предназначен для оперативного неразрушающего контроля температуры и влажности воздуха, расчета температуры точки росы и измерения температуры поверхности контактным методом.

#### Калькулятор точки росы NOVOTEST KTP-1 измеряет:

- температуру воздуха (от -20 до +125°C);
- температуру поверхности (от -20 до +125°C);
- относительную влажность;
- а также рассчитывает:
  - точку росы,
  - разность между точкой росы и температурой поверхности.

#### Преимущества прибора:

- точное определение параметров окружающей среды перед проведением окрасочных работ;
- минимальное количество органов управления - одна кнопка - одна функция;
- цифровой контрастный сегментный индикатор;
- встроенные датчики температуры и влажности;
- встроенный контактный датчик для измерения температуры поверхности;
- для простоты эксплуатации калькулятор точки росы оснащен звуковой функцией;
- сигнализации при снижении разницы температуры поверхности и точки росы ниже 3 градусов цельсия;
- заводские настройки прибора позволяют эксплуатировать его без дополнительной калибровки;
- долговечная мембранная двухкнопочная клавиатура;
- функция автоотключения для увеличения времени непрерывной работы батареи без подзарядки.

#### Технические характеристики калькулятора точки росы NOVOTEST KTP-1

Диапазон измеряемых величин:	
температура воздуха, С	<b>-20 ... +125</b>
температура поверхности	<b>-20 ... +125</b>
влажность	<b>0-100%</b>
Рассчитываемые величины:	
температура точки росы, С	<b>-15 ... +40</b>
разница между температурой поверхности и точкой росы	<b>в зависимости от проведенного измерения</b>
Габаритные размеры, мм	<b>96x47x24</b>
Рабочий диапазон температур, ° С	<b>от -10 до + 40</b>
Питание	<b>встроенный аккумулятор</b>
Время непрерывной работы, ч, не менее	<b>10</b>
Масса электронного блока с батареей, не более, кг	<b>0,2</b>

## 5. НОВЫЙ ТОЛЩИНОМЕР ПОКРЫТИЙ НА ЛЮБЫХ ОСНОВАНИЯХ NOVOTEST НОЖ ТПН-1



Толщиномер-нож предназначен для измерения толщины покрытий на любых основаниях, как металлических, так и неметаллических.

Принцип работы ножа основан на локальном разрушении (надрезах) покрытия в месте измерения с последующим измерением толщины покрытия. Измерение покрытия в месте надреза становится возможным благодаря специальной форме

резака, которая позволяет, измерив ширину надреза, определить толщину покрытия. Измерение производится любым переносным измерительным микроскопом с подходящим диапазоном измерения и дискретностью.

Дополнительным преимуществом толщиномера-ножа является возможность определить толщину каждого слоя в отдельности для многослойных покрытий.

Толщиномер-нож соответствует требованиям всех основных стандартов - ISO 2808, ASTM B 4138, DIN EN 1071-2, ГОСТ P51694.

### Технические характеристики

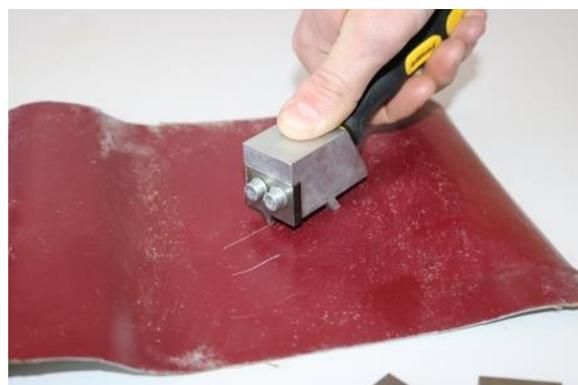


*Толщина измеряемого покрытия, мкм*

Погрешность измерения

Дискретность измерения

Габаритные размеры, мм, не более



*Определяется длиной шкалы микроскопа*

Половина цены деления микроскопа

Зависит от применяемого ножа

170\*50\*50



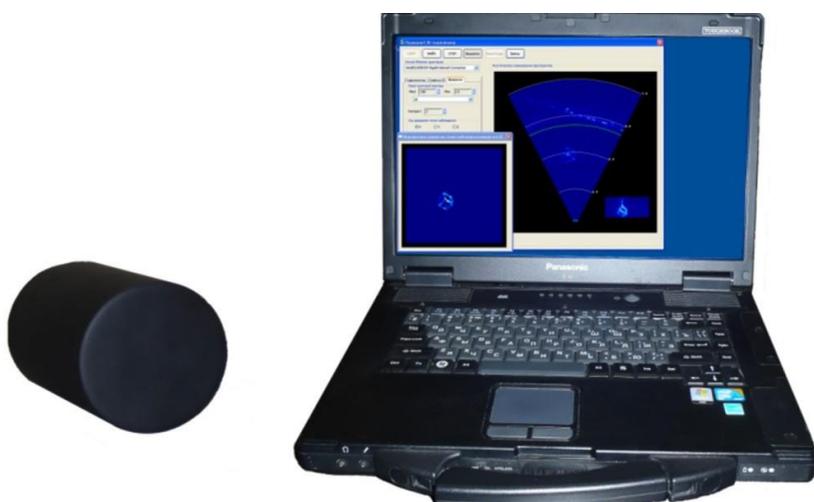
### Методика проведения измерения

Выполнить надрез покрытия до основания (подложки) и измерить его ширину, которая пропорциональна толщине покрытия для этого:

а) подготовить толщиномер-нож, установив в него резак с необходимым углом заточки;

- б) прижать нож к покрытию и с достаточно сильным нажимом провести по покрытию, прорезая его до основания;
- в) на покрытии образуется V-образный надрез. Очистить аккуратно образовавшийся надрез от мусора, кусочков отслоившейся краски.
- г) с помощью микроскопа измерить ширину надреза.
- д) определить толщину покрытия, умножив измеренную ширину надреза на коэффициент (1; 0.4; 0.1), соответствующий применяемому ножу.

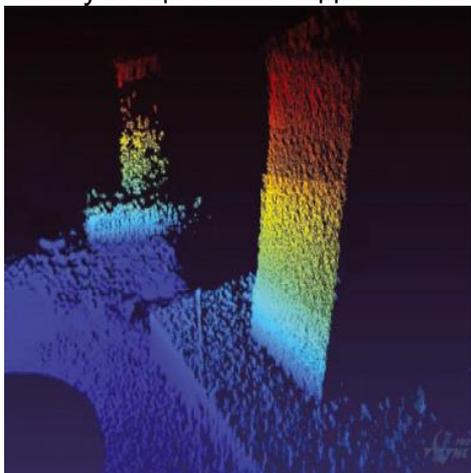
## 6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗВУКОВИЗОРОВ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ



*Компактный  
звуквизор «Тритон  
900» производства  
ОАО «Тетис Про» с  
рабочей частотой  
900 кГц*

**Аннотация.** В №2/2014 журнала «ГИДРОТЕХНИКА» опубликована статья «Использование водолазных видеокомплексов при обследовании гидротехнических сооружений», в которой было представлено оборудование отечественного производства для решения задач визуального подводного обследования гидротехнических сооружений (ГТС). Понимая важность вовремя выявленных дефектов и повреждений в подводных конструкциях ГТС, специалисты «Тетис Про» продолжают обозначенную тему.

В данной статье представлен ещё один метод определения эксплуатационной надёжности ГТС - инструментальное обследование.



Трёхмерное акустическое изображение подводных объектов, воспроизведённое звуквизором "Тритон 900" производства ОАО "Тетис Про".

Напомним, что вовремя выявленные и неустранённые дефекты и повреждения нередко перерастают в серьёзные конструктивные нарушения ГТС, что приводит к невозможности их дальнейшей эксплуатации. Поэтому важно правильно и своевременно оценить состояние сооружения и предусмотреть мероприятия по ремонту его

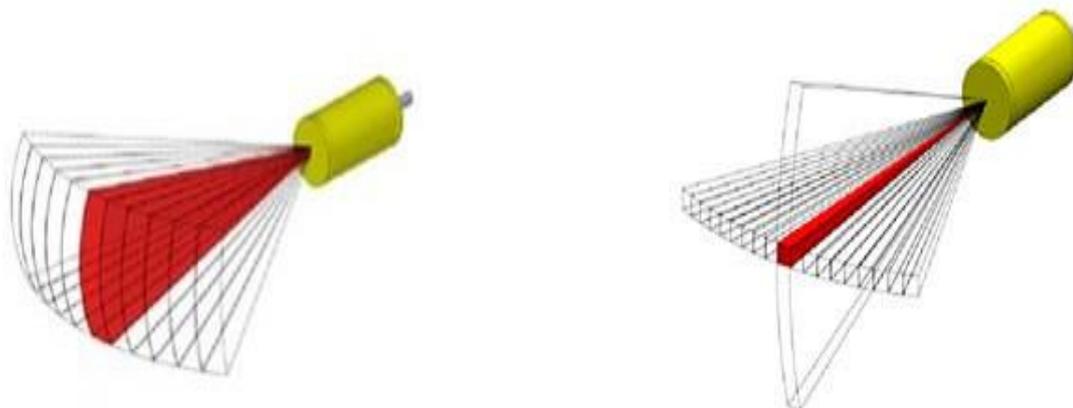
повреждений на ранней стадии.

Инструментальное обследование подводной части конструкций ГТС выполняется с целью более глубокой оценки его технического состояния и предусматривает выявление дефектов, повреждений сооружения, не фиксируемых при обычном визуальном обследовании, и рассматривается как замена или дополнение к вышеобозначенному способу.

При инструментальном обследовании используются специальные методы и соответствующие технические средства, выбор которых осуществляется в зависимости от вида обследуемого объекта и условий его работы.

Для оценки технического состояния конструкции и отдельных частей подводных ГТС в зависимости от их вида, могут применяться различные методы физического контроля или их комплекс. Одним из таких методов является акустический, который обеспечивает получение изображения дефектов в плоском и псевдотрёхмерном виде в режиме реального времени и при ограниченной видимости.

В результате развития технологий изготовления акустических преобразователей и разработки высокопроизводительных систем обработки данных удалось создать компактные гидроакустические системы с высокой разрешающей способностью - звуковизоры.



*Режим поиска*

*Режим распознавания*

*Схемы режимов работы звуковизора "Тритон 900" производства ОАО "Тетис Про".*

Данные устройства представляют собой миниатюрные многолучевые гидролокаторы, работающие на высокой частоте (от 450 кГц до 2,25 МГц). При работе в реальном режиме времени оператору выводится изображение подводного пространства с качеством, близким к изображению видеокамеры, при этом скорость сканирования (обновления) изображения составляет до 30 кадров/секунду. Дальность работы данных устройств может составлять десятки метров.

Современные звуковизоры отличаются от других гидроакустических средств прежде всего высоким пространственным разрешением (не хуже 1 по углу и нескольких сантиметров по дистанции), позволяющим выделить не только отметку в направлении объекта, но и его форму.

Кроме того, от широко распространенных гидролокаторов бокового обзора и многолучевых эхолотов звуковизор отличает способность формировать акустическое изображение в режиме реального времени.

Эти устройства хотя и могут быть использованы для построения акустического изображения подводных объектов, но лишь при условии механического перемещения антенны с последующим синтезированием акустического изображения по многим посылкам гидролокационного сигнала.

Для проведения инструментального обследования акустическим методом специалисты «Тетис Про» представляют новый функциональный, компактный звуковизор «Тритон 900» отечественного производства с рабочей частотой 900 кГц.

Данный звуковизор по техническим характеристикам не уступает лучшим зарубежным аналогам, получившим распространение на российском рынке, что особенно актуально в связи с затруднением поставок импортного оборудования и курса страны на импортозамещение.

«Тритон 900» воспроизводит акустическое изображение подводных объектов: двумерное 2D - при поиске; трёхмерное 3D - при распознавании. В 2D-звуковизоре пространственное разрешение обеспечивается либо только по двум угловым координатам (УУ-звуковизор), либо по одному углу и дистанции (УД- звуковизор). В 3D-звуковизоре обзор пространства осуществляется по всем трём координатам.



Из особенностей данного аппарата можно выделить небольшой вес - масса в воздухе составляет всего 2 кг, а в воде - 0,5 кг; компактные габариты подводного модуля - 110×180 мм и низкое энергопотребление - всего 20 Вт. Для работы со звуковизором было разработано простое и понятное для пользователя программное обеспечение. Благодаря уменьшению времени распространения звука до границ просматриваемой области, а именно - дальности действия до 30 м рабочей частоты 900 кГц, «Тритон 900» позволяет воспроизводить изображение с высоким разрешением за небольшой промежуток времени.

Звуковизор «Тритон 900» может использоваться не только как средство поиска и обследования объектов в условиях ограниченной видимости на дне и в толще воды, но и для обеспечения поисково-спасательных работ. Оборудование может работать как в режиме «стопа», например при спуске на штанге или стационарной установке на подводном объекте или дне, а также при движении в режиме установки на судне-носителе, подводном аппарате или водолазе. Передача данных на поверхность осуществляется по кабелю.

Для удобства пользования данным звуковизором заказчику может предоставляться дополнительное оборудование: ноутбук стандартного либо ударо-влагозащищенного исполнения, установочная штанга, кабельная выюшка.

Выполнение обследований подводных конструкций ГТС должно проходить с привлечением специализированных организаций, обладающих квалифицированным персоналом, имеющих необходимую нормативно-методическую и материально-техническую базу, которую могут пополнить

звуковизоры «Тритон 900» от компании «Тетис Про» для проведения качественных обследовательских работ в установленные сроки.

## 7. ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ТОЛЩИНОМЕРА

На первый взгляд работа с толщиномером покрытий очень проста, и схема выполнения замера выглядит так:



- приставил датчик к поверхности с покрытием;
- на экране отобразилась толщина покрытия.

В большинстве случаев использования так и происходит, и инструкция по эксплуатации толщиномера свелась бы к минимуму. Но предварительно, как минимум, была проделана работа по подбору комплекта толщиномера, а при необходимости получения точно

выверенного результата - и его настройка.

Разберём по порядку все необходимые стадии для корректной эксплуатации толщиномера.

**Подбор датчика\***. Следует коротко остановиться на принципе работы толщиномера покрытий и различных датчиков к нему. Основные два метода это электромагнитный и **вихретоковый\*\***. В первом методе создаётся магнитное поле между «магнитом» датчика и магнитным основанием объекта контроля, на которое нанесено покрытие. Датчик «фиксирует» изменение магнитной индукции поля. Магнитная индукция зависит от характеристик датчика, магнитных свойств основания и расстояния между датчиком и основанием. Последнее и есть искомая величина – толщина покрытия. Упрощенно схема работы при вихретоковом методе: катушка индуктивности в датчике создает магнитное поле, которое генерирует вихревые токи в токопроводящем основании объекта контроля. Вихревые токи создают также магнитное поле в катушке. Параметры вновь созданного магнитного поля зависят от характеристик токопроводящего основания и от расстояния между основанием и датчиком. Последнее и есть искомая величина – толщина покрытия.

Соответственно при выборе датчика следует определить, намагничивается металл основания или нет.

Вторым определяющим параметром датчика является диапазон толщин, на который он рассчитан.

Третьим является геометрия датчика: габариты датчика; расположение рабочей поверхности (в торце датчика, под прямым углом к оси датчика и т.п.); пятно контакта рабочей поверхности с основанием.



Далее следует настроить «ноль» на основании. Это означает, что в заданную в толщиномере зависимость внести корректировку по характеристикам основания конкретного объекта контроля. Упрощенно задать толщиномеру уровень сигнала на основании. Для этого надо выбрать участок основания без покрытия, установить на него датчик и нажать соответствующую кнопку на толщиномере. Если такого участка нет, то следует зачистить участок, убрав допустим лакокрасочное покрытие, при этом постараться добиться такой же шероховатости поверхности, как и на всём основании.

**Проверить показания толщиномера.** На основании без покрытия должна быть нулевая толщина  $\pm 1$  мкн. Положить мерку толщины, близкую по номиналу с измеряемым покрытием, на чистое основание и провести замер. Показания толщиномера должны быть в пределах паспортной погрешности.

В случае если на поверхности основания показание толщиномера верные, а при измерении выходят за паспортную погрешность, следует выполнить **калибровку\*\*\***.



Далее замеры толщины покрытия проводятся либо в обычном режиме, либо с усреднением.

**Выбор режима** производится нажатием соответствующей кнопки.

Конечно, следует учесть что все перечисленные операции, возможно осуществить на соответствующем профессиональном толщиномере покрытий, имеющем необходимые функции. Проведение всех операций калибровки и настройки толщиномера необходимы при желании получить максимально точный результат, что важно в лабораторном или промышленном применении. Для обычных замеров того же лакокрасочного покрытия на автомобиле, с целью выявления количества слоёв краски или тем более шпатлевки, свидетельствующей о бывшей аварии, достаточно простого надёжного **автомобильного толщиномера**. В таком толщиномере датчик встроен и работает как на стальных, так и на основаниях из цветных металлов и сплавов.

Поэтому, отвечая на вопрос как выбрать толщиномер, определяем требования к нему:

- по точности измерений (профессиональный, бытовой);
- по типу основания (магнитное, не магнитный металл, не металл);
- по диапазону толщин покрытий;
- по возможности настройки и калибровки;
- по набору вспомогательных функций, таких как вычисление среднего и т.п.;
- по финансовым возможностям покупателя.

*\*Так же при выборе датчика следует обратить внимание и на покрытие, оно может быть как магнитное, так и просто токопроводящее, что вследствие описанных выше методов определения толщины, так же обуславливает многообразие датчиков.*

*\*\*Для измерения толщины покрытия на не токопроводящих основаниях (дерево, пластик и т.д.) используется ультразвуковой метод. Схема работы с толщиномером в этом случае отличается, и может быть приведена в отдельной статье.*

*\*\*\*Калибровку и настройку толщиномера следует проводить при существенном изменении температурного режима, который также влияет на электромагнитные свойства материала основания и покрытия, если оно металлическое. Так же влияет и геометрия изделия подлежащего контролю. Калибровка проводится после настройки нуля на поверхности основания. На очищенную от покрытия поверхность основания укладывают меру толщины. Проводят серию замеров (не менее трёх) и задают прибору толщину, соответствующую номиналу меры.*

## 1. РЕМОНТ ТРЕЩИН В БЕТОНЕ ИНЪЕКЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Монолитные конструкции из минеральных элементов – бетона, камня, кирпича – отличаются высокой прочностью и долговечностью, так как способны выдерживать очень сильные сжимающие нагрузки. Но помимо сжатия сооружения подвергаются изгибающим и растягивающим нагрузкам, которые со временем нарушают целостность конструкций и приводят к образованию трещин. Кроме того, монолитная поверхность может разрушаться под воздействием окружающей среды (повышенной влажности, температурных перепадов), а также из-за усадки связующих компонентов.

**Как определить степень опасности трещин**

Обратите внимание на следующие показатели: - размеры трещины (ширина, длина, глубина) и их изменение с течением времени; - толщина бетонного слоя в месте возникновения разлома.

Если на поверхности сооружения появились видимые дефекты, железобетонную конструкцию нужно подвергнуть тщательному обследованию и в зависимости от вида и степени повреждений подобрать подходящий материал для их устранения. В качестве ремонтных смесей для бетона можно использовать полимерные составы для инъектирования, тиксотропные растворы, эпоксидные смолы и другие восстанавливающие средства. Трещины в бетоне можно разделить на два основных вида:

- поверхностные. Это неглубокие трещины, которые располагаются вдоль арматурной конструкции и возникают в результате колебаний уровня влажности и перепадов температур. Мелкие полости практически не опасны и с течением времени могут самостоятельно закрыться;
- отдельные.

Такие трещины появляются, когда нагрузки на сооружение превышают предельные значения. Полости шириной в 0,2 см и более, находящиеся под водяным давлением или насыщенные влагой, представляют для монолитной конструкции повышенную опасность. Глубокие разломы негативно влияют на эксплуатационные и несущие характеристики здания, поэтому их необходимо немедленно устранять. Важно: перед началом ремонта полость разлома и близлежащую область нужно подвергнуть тщательной очистке.



Экстренный ремонт бетона требуется в следующих случаях:

- устойчивость конструкции находится под угрозой;
- разлом образовался в результате коррозии бетона или арматуры;
- внутрь трещины просачивается вода;
- имеется риск увеличения разлома под воздействием окружающей среды – температурных перепадов, процессов оттаивания и замерзания (актуально для мостов, скважин, резервуаров с водой и других сооружений, эксплуатирующихся в экстремальных условиях).

### **Технология ремонта трещин в бетоне**

Одним из самых действенных способов устранения трещин является инъектирование. Этот метод ремонта значительно увеличивает запас прочности конструкций и используется для уплотнения бетонных сооружений, фундаментов, скальных оснований, каменных и кирпичных кладок.

Суть метода заключается в заполнении разломов и трещин с помощью инъекционного раствора. Ремонтная смесь может закачиваться под давлением в сам разлом или через пакеры по контакту «конструкция-грунт». В качестве материалов для инъектирования используются полиуретановые и акриловые гели, микроцементы и эпоксидные смолы.

Акриловые и полиуретановые смеси очень пластичны и не подвергаются разрушениям в результате изменения нагрузок на бетонную конструкцию. Микроцементы хорошо кристаллизуются и плотно заполняют пустоты, значительно повышая влагозащитные свойства бетонной поверхности. Эпоксидные смолы отличаются высокой прочностью клеевого соединения, имеют минимальную усадку и хорошо противостоят абразивному износу.

### **Строительная химия для инъектирования от компании Marei**

Итальянский концерн Marei – один из ведущих мировых производителей строительной химии. Материалы для ремонта бетона от компании Marei позволяют не только устранять трещины и разрывы, но и повышают механическую прочность монолитных сооружений. Инъекционные смеси Marei не оставляют просветов, заполняя разломы и трещины по всей глубине. Кроме того, эти материалы практически полностью устраняют негативное воздействие влаги и блокируют развитие коррозии на арматурных конструкциях.

Строительная химия Marei широко используется в промышленном и гражданском строительстве, при бурении скважин и прокладке туннелей, при возведении гидротехнических сооружений и закладке фундаментов, при ремонте перекрытий, каменных и кирпичных кладок. После проведения ремонтных работ рекомендуется использовать краску по бетону. Marei надёжно защитит конструкцию от негативного воздействия окружающей среды, повысит эксплуатационные и технические характеристики бетонного сооружения.

### **Инъекционные смеси EPORIP, EPOJET и EPOJET LV.**

Высокопрочная эпоксидная смола, составляющая основу этих материалов, придает ремонтным составам высокую тиксотропность и текучесть, низкий уровень вязкости и большую механическую твердость. Эти смеси обеспечат надежную защиту железобетонных конструкций от коррозии и разрушающего воздействия влаги.

### **Полиэфирная смола EPORIP TURBO.**

Может использоваться как состав для устранения трещин в основаниях монолитных конструкций или как добавка в растворы для проведения мелких ремонтных работ.

### **Полиуретановые инъекционные смолы FOAMJEM F и FOAMJET T.**

Могут применяться в качестве гидроизоляционных материалов для железобетонных конструкций, а также для укрепления горных пород и консолидации влажного грунта.

### **Микроцементные смеси STABILCEM, STABILCEM ARS и STABILCEM SA.**

Используются для приготовления строительных и инъекционных растворов, для заполнения внутренних пор бетона, устранения трещин в кирпичных и каменных кладках.

### **Пропитки и краски для бетона Marei.**

Применяются для защитной обработки поверхностей после строительства и проведения ремонтных работ. Увеличивают водоотталкивающие и морозостойкие свойства бетона, позволяют улучшить эксплуатационные характеристики железобетонных сооружений.

## **1. ПРЕДИСЛОВИЕ**

Тема вывода плотины из эксплуатации или ликвидация плотины в последнее десятилетие поднималась с увеличивающейся частотой. Причинами для рассмотрения вопроса о ликвидации плотины могут быть проблемы безопасности плотины, высокие затраты на ремонт, высокие затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание или воздействие на проход рыбы и качество воды. Тем не менее, решение о ликвидации плотины должно быть основано на тщательной оценке альтернативных вариантов с учётом конкретной проблемы на каждой плотине.

Комитет ICOLD по выводу плотин из эксплуатации был создан в 2005 году для развития информации, которая может быть использована членами ICOLD, чтобы ответить на запросы по выводу плотин из эксплуатации и обеспечить форум для обмена информацией. Данный документ не предназначается в качестве проектного руководства, но предоставляет указания по процессу принятия решения, консультациям и разрешениям регулирующих органов, вопросам проектирования и строительства, управлению наносами и мониторингу выполнения.

Основными авторами данных руководящих указаний были:

- Стивен Ньюмен – Австралия;
- Мишель Долбек – Канада;
- Нобуо Ишикава – Япония;
- Уэйн Эдвардс – США.

## **2. ВВЕДЕНИЕ**

### **2.1 Цель Руководства**

Основной целью настоящего Руководства по выводу плотин из эксплуатации является обеспечение владельцев плотин, инженеров и других специалистов информацией, необходимой для руководства в процессе принятия решений при рассмотрении вопроса о выводе плотины из эксплуатации в качестве альтернативного варианта проекта. Они не предназначены для использования в качестве проектного руководства, но в качестве руководящих указаний для освещения вопросов, которые должны быть рассмотрены. Данные руководящие указания применяются только для водохранилищных плотин, но не для хвостохранилищ. Дополнительные сведения по выводу плотин из эксплуатации и ликвидации плотин можно найти в руководящих указаниях, разработанных обществом США по плотинам (USSD) (Ссылка 1) и Департаментом устойчивого развития и охраны окружающей среды (Правительство штата Виктория, Австралия) (Ссылка 2).

### **2.2 Предпосылки**

Решение о ликвидации плотины должно быть основано на тщательной оценке широкого спектра альтернативных вариантов в целях решения

конкретных проблем на существующей плотине - т.е., проблемы безопасности плотины, высокие затраты на ремонт, высокие затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание, влияние на проход рыбы и качество воды или плотина больше не нужна, а владелец плотины хочет минимизировать затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание и их потенциальную ответственность. В некоторых случаях эта проблема может быть решена путём частичного прорыва плотины, а не полного прорыва плотины или полной ликвидации сооружений проекта. Например, забота о безопасности плотины может быть смягчена путём частичного прорыва плотины и снижения нормального максимального уровня водохранилища для того, чтобы на постоянной основе сократить нагрузки на плотину, а также уменьшить потенциальные последствия ниже по течению в случае разрушения плотины.

Снижение высоты плотины и уменьшение максимальной ёмкости хранения могут также вывести плотину из юрисдикции правил по безопасности плотин. Неструктурные методы, такие как постоянно открытые или снятые затворы водосбросов или водовыпусков также могут быть использованы для снижения нормального максимального уровня водохранилища. Полная или частичная ликвидация плотины любого типа требует тщательного рассмотрения технических, экологических, социальных и политических вопросов.

### 2.3 Определения плотин и вывод плотин из эксплуатации

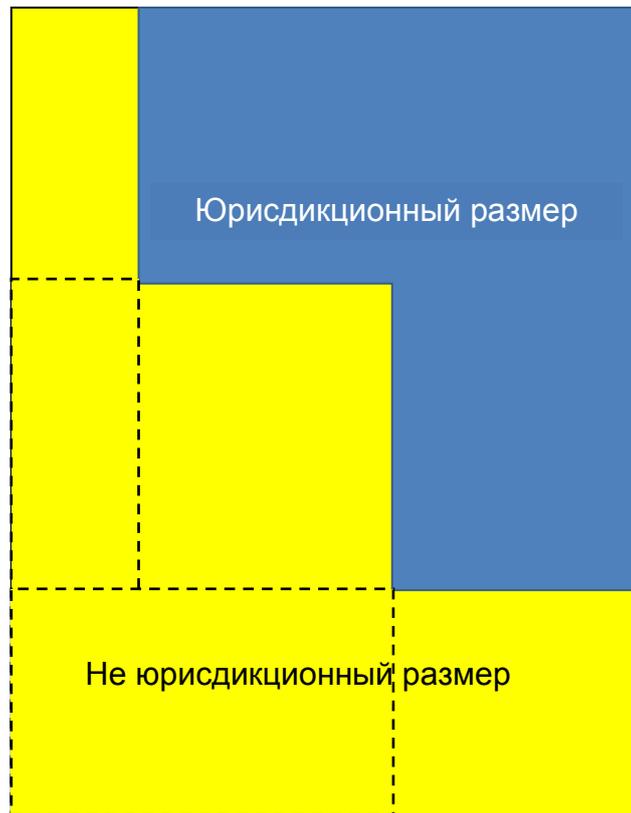
Любое сооружение, которое отводит или хранит воду, может рассматриваться в качестве плотины или запруды (водослива). Тем не менее, юридическое определение плотины будет варьироваться в зависимости от местоположения и регулирующей юрисдикции. Например, в США плотина, как правило, определяется государственными правилами по безопасности плотин в качестве сооружения 6 футов (1,83 м) или более высотой с ёмкостью водохранилища более чем 50 акр-футов (61,674 м<sup>3</sup>) или 25 футов (7,62 м) или более высотой с ёмкостью водохранилища более чем 15 акр-футов (18,502 м<sup>3</sup>). **Рисунок 2-1** представляет значения высоты и ёмкости водохранилищ для плотин, попадающих под юрисдикцию в Калифорнии. Тем не менее, штат Нью-Гемпшир определяет плотину как сооружение высотой более 4 футов (1,22 м) или ёмкостью 2 акр-фута (2,467 м<sup>3</sup>).

Определение плотины, попадающее под юрисдикцию, также широко варьируется от страны к стране. Примеры из других стран приведены ниже.

В Австралии соответствующие государственные органы в вопросах, относящихся к управлению плотинами, как правило, ссылаются на руководящие указания Австралийского Национального Комитета по большим плотинам (ANCOLD). ANCOLD определяет плотину как «искусственную преграду вместе с водопроводящими приплотинными сооружениями, построенными для хранения, контроля или забора воды, других жидкостей, ила, мусора или других жидких материалов».

Согласно руководящим указаниям ANCOLD категория плотины определяется на основе последствий от разрушения плотины. Рассматриваемые последствия включают максимальную потенциальную потерю человеческих жизней, выраженную как население, подверженное риску, повреждения и потери, выраженные в стоимости ущерба имуществу, торговле и инфраструктуре, влияние на владельцев бизнеса, такое как потеря доверия, потеря финансовой жизнеспособности и потенциальные воздействия:

- Социально-экономические нарушения;
- Деградация окружающей среды.



**Рис. 2-1. Значения высоты и ёмкости для плотин, попадающих под юрисдикцию в Калифорнии, США**

Полученные категории опасности от Экстремальной до Низкой обеспечивают основу для определения требований к управлению плотинами. На основании категории опасности руководящие указания ANCOLD позволяют пользователям выявить и определить приоритетность наблюдения (мониторинг), обзоры безопасности и планирования на случай непредвиденных обстоятельств.

В Канаде плотина определяется как барьер, построенный для того, чтобы удержать воду, любое другое вещество, содержащее воду, жидкие отходы или жидкости хвостохранилища, при условии, что подобный барьер может удерживать 30 тыс. м<sup>3</sup> или более и имеет высоту 2,5 м или более. Однако, правила применяются только для трёх провинций: Британская Колумбия, Квебек и Альберта. Правила Британской Колумбии также применяются для всех следующих типов:

- (а) плотина 1 м и более высотой, которая способна удерживать объём воды более чем 1 000 000 м<sup>3</sup>;
- (б) плотина 2.5 м или более высотой, которая способна вместить объём воды более чем 30 000 м<sup>3</sup>;
- (с) плотина 7.5 м или более высотой;
- (д) плотина, которая не отвечает критериям, изложенным в пунктах (а), (б) или (с), но имеет по Графику 1 классификацию последствий, оказываемых ниже по течению, низкую, высокую или очень высокую.

**В правилах Квебека следующие плотины рассматриваются в качестве плотин с высокой ёмкостью:**

- (1) плотины 1 м или более высотой, имеющие удерживающую ёмкость более чем 1,000,000 м<sup>3</sup>;

(2) плотины 2.5 м или более высотой, имеющие удерживающую ёмкость более чем 30,000 м<sup>3</sup>;

(3) плотины 7.5 м или более высотой, независимо от их удерживающей ёмкости;

(4) независимо от их высоты, подпорные сооружения и водопроводящие сооружения при плотине, ссылка на которую дана в пунктах 1, 2 или 3, а также сооружения, предназначенные для удержания всей или части воды, аккумулируемой подобной плотинной.

Другими определениями, попадающими под юрисдикцию плотины, являются:

- Япония – больше или равно 15 м;
- Испания – высотой 5 м с любым объёмом водохранилища;
- Россия – более 15 м высотой и водохранилищем более 0,5 млн. м<sup>3</sup>.

Вывод плотины из эксплуатации или ликвидация плотины, как описывается в настоящем руководстве, может варьироваться от частичного разрушения плотины до полной ликвидации плотины и водопроводящих приплотинных сооружений. Для частичного прорыва, высота плотины и ёмкость водохранилища могут быть уменьшены до такой степени, что сооружение больше не соответствует установленному законом или нормативному определению плотины и больше не представляет существенной опасности ниже по течению.

## 2.4 Основные вопросы

Решение о выводе плотины из эксплуатации должно быть основано на тщательной оценке широкого диапазона потенциальных структурных и неструктурных альтернативных вариантов для решения конкретных проблем на существующей плотине. Данные альтернативные варианты обычно включают восстановление, замену, ликвидацию и повторную эксплуатацию водохранилища. Основные факторы для оценки того, когда рассматривается вопрос вывода из эксплуатации, зависят от типа собственности плотины (правительственная, государственная или частная) и нормативных требований, но могут включать в себя:

- Требования к безопасности плотины – плотина не отвечает современным стандартам безопасности в отношении наводнений, землетрясений или нормальных условий эксплуатации и требует дорогостоящих основных модификаций;
- Экономические факторы – плотина больше нерентабельна из-за морального износа, высоких затрат на ремонт и высоких затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание. Затраты на приведение плотины в соответствие с текущими стандартами безопасности плотин превосходят преимущества, предоставляемые данной плотинной;
- Требования по проходу рыбы (для миграции охраняемых законом видов) – стоимость монтажа специальных рыбопропускных сооружений, отвечающих нормативным требованиям, может сделать проект нерентабельным;
- Требования по восстановлению реки (для улучшения качества воды, водной среды обитания и транспортировке наносов);
- Наличие финансирования и источники (для финансирования проекта);
- Потенциальные общественные выгоды (рыболовство, отдых, навигация, эстетика);

- Потенциальные преимущества владельца (снижение риска и уменьшение ответственности, связи с общественностью);
- Потенциальные экологические воздействия и потери выгод от проекта
- Воздействие от выпуска удерживаемых плотинной наносов сразу же после ликвидации плотины;
- Потеря контроля за наводнениями;
- Потеря собственности на набережной озера;
- Воздействие на стоимость собственности;
- Замена систем водоснабжения и/или выработки электроэнергии.

## **2.5 Статус вывода плотин из эксплуатации**

Точные статистические данные по количеству плотин, выведенных по всему миру из эксплуатации, не доступны.

В ответ на опрос, проведённый в 2005-2006 годах Комитетом ICOLD по выводу плотин из эксплуатации, девять стран представили информацию о деятельности по ликвидации плотин. Десять стран ответили, что у них отсутствуют выведенные из эксплуатации плотины и подобный процесс не планируется. Дополнительная информация по выводу плотин из эксплуатации была получена путём поиска в литературе. Краткие итоги деятельности по выводу плотин из эксплуатации в некоторых странах приведены ниже.

### **Австралия**

Семь крупных плотин были выведены из эксплуатации, начиная с середины 1990-х годов. Все из них были подвергнуты этому процессу по соображениям безопасности, поскольку состояние плотин ухудшилось до того, что их восстановление либо не представлялось возможным, либо не могло быть достигнуто с учётом затрат, которые можно было бы окупить. Однако, две выведенные из эксплуатации плотины были заменены новыми плотинами. Вывод из эксплуатации крупного внеусловного водохранилища на озере Мокоан (Мокоан) в Виктории было завершено в 2009 году. Вывод из эксплуатации в результате привёл к сбережению огромных потерь на испарение, которые впоследствии были использованы для обеспечения экологических попусков. Проект предусматривал прорыв дамбы, новые водосбросные сооружения, восстановление водно-болотных угодий и замещающие системы водоснабжения по трубопроводу. Тематические исследования по выводу плотин из эксплуатации, включая на озере Мокоан, приведены в Разделе 9.

В штате Виктория различные органы власти выявили в общей сложности 38 плотин, которые либо рассматриваются на предмет вывода из эксплуатации или, в некоторых случаях, были выведены из эксплуатации.

### **Канада**

В Канаде были зарегистрированы несколько проектов по ликвидации плотин. Плотины Дистресс (Distress) и Финлейсон (Finlayson) имеют 5-ти метровые бетонные гравитационные сооружения, расположенные в центральной части Онтарио. Обе плотины нуждались в ремонте в целях улучшения их безопасности, и была оценена возможность ликвидации плотины в сравнении с возможностью её восстановления. Плотина Финлейсон (Finlayson) была полностью ликвидирована, в то время как плотина Дистресс (Distress) была частично ликвидирована и преобразована в затопленный водослив. Плотина Куси (Coursier) была 19 м высотой с земляной насыпной плотинной 685 м длиной, расположенной в Британской Колумбии. Плотина имела долгую историю внутренней эрозии, просачивания, карстовых воронок и

ремонт. Плотина была выведена из эксплуатации в 2003 году путём выемки грунта для измерительного водослива с тонкой стенкой через дамбу (Ссылка 10).

С учётом новых правил по безопасности плотин, вступивших в силу с 2002 года в Квебеке, в среднем в год ликвидировались 5 небольших плотин. Среди них плотина Каматос-1 (Camatose-1) (высота 15 м), плотина Руиссе Пофае (Ruisseau Porphyre) (высота 9м) и плотина Лак Савени (высота 9м). До принятия новых правил целлюлозно-бумажная компания Боватер (Bowater) ликвидировала 14 небольших плотин в течение двух лет, чтобы убрать старые сооружения, которые больше не используются для лесозаготовок.

### Чили

Плотины для хранения воды не были выведены из эксплуатации, но некоторые хвостохранилища были ликвидированы.

### Франция

Три плотины, расположенные на притоках реки Луары, были выведены из эксплуатации в период между 1996 и 1998 годами в целях улучшения прохода рыбы. Плотина Керноскиек (Kernansquillec) была многокупольной бетонной плотиной высотой 15 м. Плотина Сент-Этьен дю Виган (Saint-Etienne du Vigan) была бетонным сооружением высотой 12 м. Плотина Мейсон-Ружес (Maisons-Rouges) имела высоту 4м и была построена в 1922 году для выработки электроэнергии.

### Италия

В своём ответе на вопросник ICOLD 2005-2006 годов, Итальянский Национальный комитет по большим плотинам (ITCOLD) сообщил, что они создали рабочую группу по выводу плотин из эксплуатации. В то же время информация о плотинах, которые были ликвидированы или выведены из эксплуатации, отсутствует.

До настоящего времени имеется следующая информация: 4 плотины были ликвидированы, планируется ликвидация 4 плотин. Кроме того, существуют 15 плотин (владельцы которых не могут быть установлены), которые в настоящее время находятся в рамках национальной процедуры расследования в целях определения необходимости либо их ликвидации из-за проблем, возможно связанных с безопасностью, либо планирования их восстановления. Информация по данным плотинам представлена ниже:

Название плотины	Тип	Высота (м)	Длина (м)	Причина ликвидации	Статус
Исоллаз (Isollaz)	Земляная	16	5454	Высокие затраты на ремонт для предотвращения просачивания и снижение интереса владельца	Прорыв в теле плотины
Дисуери (Disueri)	Сухая каменная кладка вручную	48	-	Строительство новой более крупной плотины в нижнем течении	Прорыв в теле плотины
Сант Чиара де	Многоаро	70	260	Строительство новой	Прорыв в теле

Ула (St. Chiara d'Ula)	Каменная			более крупной плотины в нижнем течении	плотины
Коронжу (Corongiu)	Каменная кладка	19	-	-	Выведена из эксплуатации путём резки с помощью алмазной проволоки
Аккурико (Acquirico)	Земляная	20	-	Снижение интереса владельца	Проект в стадии разработки
Гарга Сарасена (Garsa Saracena)	Земляная	-	-	Переквалификация из крупной в небольшую плотину	Проект в стадии разработки
Борго Приоло (Borgo Priolo)(2 плотины на одном водохранилище)	Земляная	9 и 10	-	Снижение интереса владельца	Проект в стадии разработки
Муро Лучано (Muro Lucano), Фигои (Figoi), Галано (Galano), Паскуаси (Pasquasia), Куба (Cuba), Зербино (Zerbino), Ла Спина (La Spina), Стерпето (Sterpeto), Ла Пара (La Para), Рио Гранде (Rio Grande), Молинассио (Molinaccio), Мураглион (Muraglione), Монтестиглиано (Montestigliano), Фоссо Беллариа (Fosso Bellaria), Гиглиара Монте (Gigliara Monte)	Различные	-	-	Оценка безопасности	В рамках процедуры расследования

В 2010 году рабочая группа ITCOLD предоставила историю пяти плотин, выведенных из эксплуатации в Италии, включая плотины Исоллаз (Isollaz), Дисуери (Disueri), Санта Чиара де Ула (Santa Chiara d'Ula), Коронджу (Corongui) и Рио Салита (Rio Salita) (Ссылка 8). Соответствующая информация представлена в Разделе 9.

### **Япония**

Какие-либо плотины не были ликвидированы, но планирование ликвидации плотины Эрази (Arase) продолжается. Бетонная гравитационная плотина высотой 25 м и длиной 211 м.

### **Ливия**

Плотина Вади Катара Секондари (Wadi Qattara Secondary) была ликвидирована после её разрушения в 1978 году. Земляная насыпь имела высоту 31 м и длину 225 м. Ликвидация каких-либо других плотин не планируется.

### **Норвегия**

Очень немногие плотины были ликвидированы в Норвегии, и большинство из этих плотин не были построены для нужд гидроэнергетики, но для горнодобывающей промышленности, водоснабжения, лесосплава и т.д. Только 4 или 5 плотин, имеющих отношение к гидроэнергетике, выводятся из эксплуатации на основании нашей базы данных. Две или три из них связаны с небольшим впускным водохранилищем для малой гидроэнергетики. Две плотины связаны с водохранилищем для выработки гидроэлектроэнергии. Эти две плотины были небольших размеров, только несколько метров регулируемой высоты и к тому же они были старыми. Они не эксплуатировались в течение многих лет, и имел место формальный процесс вывода их из эксплуатации.

### **Румыния**

Несколько небольших плотин были опорожнены властями (путём прорыва), когда плотина представляла очень высокий риск для территории, расположенной ниже по течению. Две плотины были ликвидированы. Плотина Белчи (Belci) представляет собой земляную плотину с ядром из глины, высотой 14 м и длиной 380 м. Плотина была разрушена переливом во время сильного наводнения. Плотина Ракова (Racova) является бетонной гравитационной водосливной плотиной с земляными насыпями (валами) высотой 20 м и длиной 7,380 м. Плотина и водохранилище были заброшены из-за проблем с безопасностью и постоянных затрат на реабилитацию.

### **Швеция**

В ответ на вопросник ICOLD Шведский Национальный Комитет по большим плотинам сообщил, что две небольшие плотины (Форсби (Forsby) и Эдефорс (Edefors)) были ликвидированы, а две других были запланированы для ликвидации.

В статье, опубликованной в 2009 году в журнале «Экология и общество» обсуждены 17 шведских плотин, которые недавно были рассмотрены на предмет их ликвидации (Ссылка 11). Самой большой плотиной была плотина Форсби (Forsby) высотой 4,8 м. В статье сообщалось, что шесть плотин были полностью ликвидированы в период между 2002 и 2007 годами в первую очередь для облегчения прохода рыбы. Девять плотин не были ликвидированы и были построены сооружения для пропуска рыбы или этот вопрос находится в стадии рассмотрения. Две из этих плотин были небольшими плотинами при

зброшенных гидроэлектростанциях. Старые плотины были ликвидированы и заменены новыми плотинами.

### Соединённые Штаты

По оценкам около 500 плотин были ликвидированы в Соединённых Штатах в период между 1920 и 1999 годами (Ссылка 12). Самая крупнейшая из ликвидированных плотин – плотина Оксидентал Чем Понд Дам «Д» (Occidental Chem Pond Dam D) в штате Теннесси имела высоту 160 футов. В штате Висконсин зарегистрировано самое большое количество ликвидированных плотин – 59, второе место занимает Калифорния с 37 случаями. В штатах Иллинойс, Огайо и Пенсильвания также наблюдалась значительная деятельность по ликвидации плотин с ликвидированными 26, 35 и 28 плотинами соответственно. Издание «Американские реки» сообщило, что 179 плотин были ликвидированы в период с 1999 по 2004 годы с 42 ликвидированными плотинами в Висконсине, 37 – в Пенсильвании и 16 – в Калифорнии. Большинство сооружений были небольшими и были ликвидированы в целях восстановления реки и облегчения прохода рыбы. Самой большой ликвидированной плотинной была плотина на реке Стёрджен (Sturgeon) в штате Мичиган, которая имела высоту 45 футов. Еще 52 плотины были намечены для ликвидации в 2005 году, в том числе 26 - в Пенсильвании и 12 - в штате Висконсин. К ним относятся плотина Бёрч Ран (Birch Run) (высота 60 футов) и плотина водоёма заповедника Логан (Logan's Reserve Pond) (высота 59 футов) в Пенсильвании, которые должны быть ликвидированы по соображениям безопасности плотин.

На ежегодной конференции Общества США по плотинам (USSD) в 2007 году, Пенсильвания сообщила, что 130 плотин были ликвидированы с 1995 года и ещё 100 ликвидаций были запланированы.

В Соединённых Штатах ведутся или планируются несколько крупных проектов по ликвидации плотин для решения проблем безопасности плотин или восстановления рек и прохода рыбы. В следующей таблице представлена информация о некоторых недавних проектах по ликвидации плотин в Соединённых Штатах. Дополнительная информация об этих проектах приводится в конкретных примерах Раздела 9.

Название плотины	Тип	Высота (м)	Длина (м)	Причина устранения	Статус
Саелса (Saeltzer)	Неоднородная гравитационная – бетонная стена и деревянный ряж	20	185	Проход рыбы	Ликвидирована в 2000 году
Чилокуин (Chiloquin)	Бетонная гравитационная	21	220	Проход рыбы	Ликвидирована в 2008 году
Савидж Рапидс (Savage Rapids)	Бетонная гравитационная и многоарочная	33	465	Проход рыбы	Ликвидирована в 2009 году

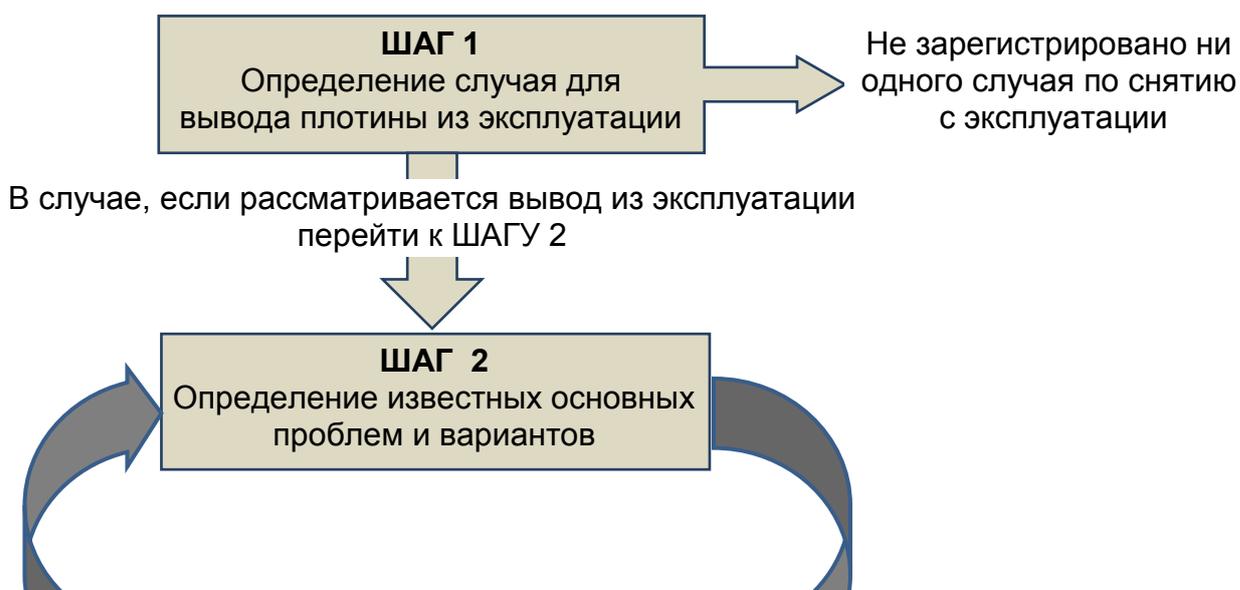
Элва (Elwha)	Бетонная гравитационная	108		Проход рыбы	Контракт на строительные работы по ликвидации присужден в 2010 году; строительство запланировано на 2011-2014 годы
Глайнс Каньон (Glines Canyon)	Бетонная арочная	210		Проход рыбы	Тоже, что и для плотины Елва
Матилия (Matilija)	Бетонная арочная	200	600	Безопасность плотины; проход рыбы	В процессе изучения; Оценочная стоимость 130 млн. долл. США
Сан Клемент (San Clemente)	Бетонная арочная	106	300	Безопасность плотины; проход рыбы	В процессе изучения; Оценочная стоимость от 75 до 188 млн. долл. США

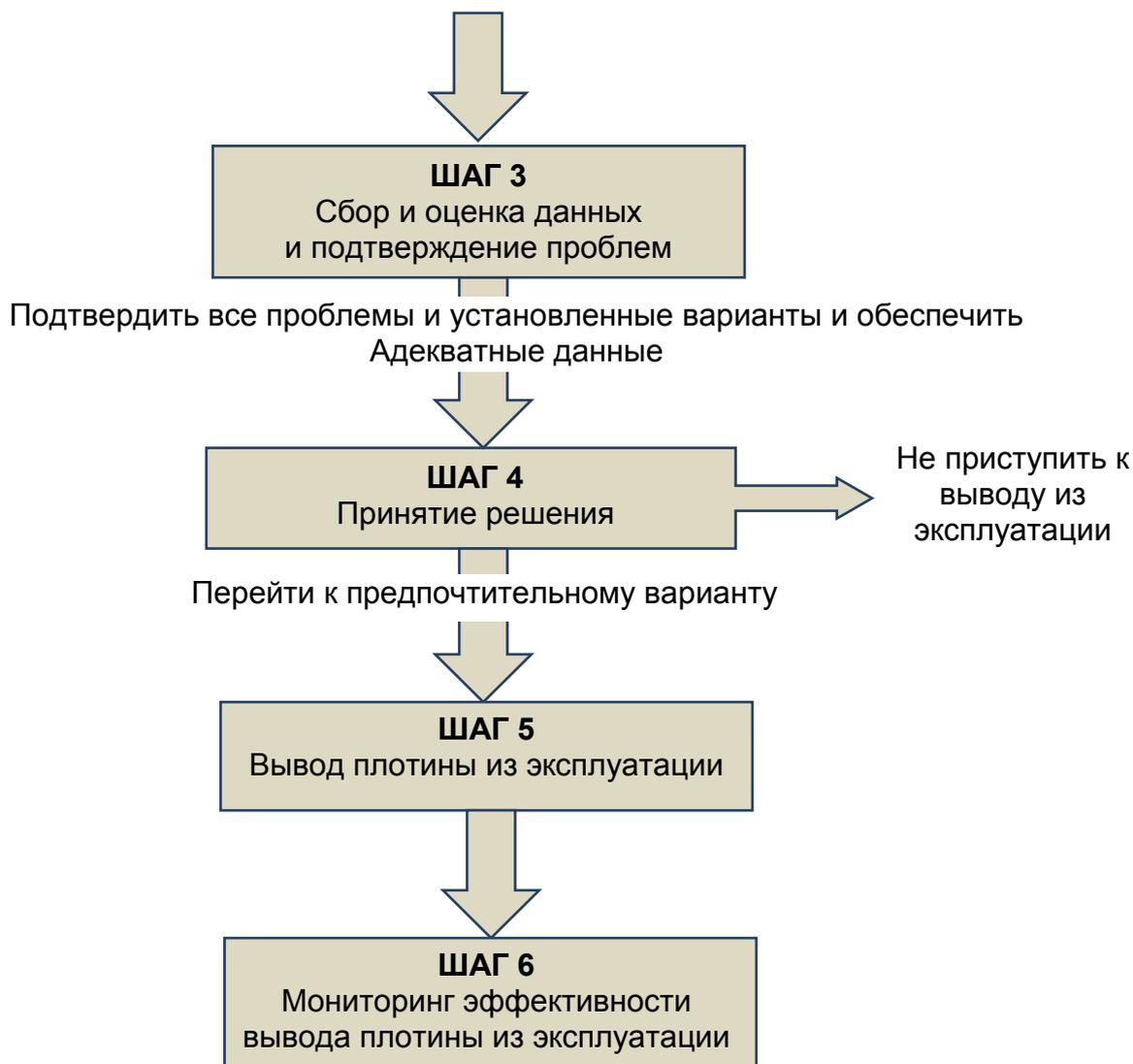
### 3. ПРОЦЕСС ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ О ВЫВОДЕ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ

#### 3.1. Шаги в процессе принятия решения

Общий метод для принятия решения по выводу плотин из эксплуатации был определен Центром Хайнца (Ссылка 6) и модифицирован для данного документа. **Рис. 3-1** показывает предлагаемый процесс вывода из эксплуатации, который начинается с определения аргументов для вывода из эксплуатации и последовательных шагов, посредством которых осуществляется фактический вывод из эксплуатации, если это считается целесообразным.

Подробная информация о каждом шаге с 1 по 4 указана в разделах следующих за **Рис. 3-1**. Шаги 5 и 6 рассматриваются в других разделах руководства.





*Рис. 3-1. Процесс вывода плотины из эксплуатации*

### 3.2 Шаг 1 – Определить аргументы для вывода из эксплуатации

Если плотина рассматривается на предмет её вывода из эксплуатации, то вполне вероятно, будет проблема с определением существующей функции плотины. Может так случиться, что плотина более не отвечает современным промышленным или нормативным стандартам или общественным потребностям, в частности это относится к старым сооружениям, устаревшими в соответствии с различными критериями производительности.

Проблемы, связанные с плотиной, могут включать общественную безопасность, проход рыбы, состояние реки или проблемы окружающей среды и/или хозяйство плотины. Данные проблемы должны быть четко определены и понятны, поскольку они формируют основные исходные данные в определении какого-либо аргумента для вывода плотины из эксплуатации или её сохранения.

Кроме того, важно определить первоначальные, существующие и возможные будущие ожидания в отношении производительности плотины и использования реки или пруда.

Данные темы обсуждаются в дальнейшем в следующих разделах.

### 3.2.1 Отвечает ли плотина своей первоначальной цели или потребности?

Должна быть чётко представлена и определена первоначальная цель плотины. После того, как только это будет достигнуто, можно будет сделать оценку того, отвечает ли сооружение по-прежнему поставленным перед ним целям. Типичные причины строительства и сохранения плотины обобщены ниже:

- Водоснабжение – городское, бытовое и промышленное использование воды стало возможным благодаря системам, снабжённым плотинами. Эти плотины варьируются по размерам, типам и функциям от небольших (водосливы), которые отводят русловой сток в распределительные системы до средних и крупных сооружений, которые создают резервуары для хранения воды;
- Орошение – плотины обеспечивают безопасную систему подачи и распределения воды в сельской местности для поддержки развития животноводства и сельского хозяйства;
- Смягчение последствий наводнений – дамбы используются для борьбы с наводнениями, чтобы захватить и уменьшить силу потенциально опасных стоков для защиты проживающего ниже по течению реки населения от затопления во время больших паводков. Объём стока сохраняется для последующего планового спуска;
- Выработка электроэнергии;
- Рекреация (отдых) – рекреационные возможности являются существенным побочным продуктом многих водохранилищ, созданных для других целей, таких как рыбная ловля, плавание, катание на лодках и проведение пикников;
- Другие цели использования, такие как подача воды для пожаротушения.

### 3.2.2 Возникли ли дополнительные проблемы или потребности?

Возможно с того времени, когда плотина была построена, появились дополнительные вопросы, которые должны быть поняты. Требования к рабочим характеристикам плотины и состоянию реки могут измениться с течением времени, наряду с условиями окружающей среды, общественными ценностями и соответствующими законами и политикой. Типичные причины для вывода плотин из эксплуатации в связи с изменением целей или возникающими вопросами с момента строительства плотины суммированы ниже:

- Общественная безопасность – общественная безопасность является главным вопросом при рассмотрении вывода плотины из эксплуатации. Прорыв плотины может привести к затоплению расположенных ниже по течению территорий с катастрофическими последствиями для жизни, здоровья, имущества людей и окружающей среды. Построенные в прошлые годы плотины в настоящее время часто требуют вложения значительных инвестиций для приведения их в соответствие с современными стандартами. Требуемые инвестиции часто в несколько раз больше первоначальной стоимости строительства плотины;
- Опасения юридической ответственности – вопросы ответственности могут послужить причиной того, что владельцы плотины будут выводить их из эксплуатации, чтобы устранить свою собственную потенциальную ответственность. Угроза ответственности за

причинение вреда, потерю жизни или повреждение имущества в связи с разрушением плотины даёт владельцам плотины экономический стимул взяться за восстановительные работы или рассмотреть различные аспекты вывода плотины из эксплуатации (полную ликвидацию, частичную ликвидацию или изменение функции);

- Восстановление водного пути – ликвидация плотины и водохранилища может привести к восстановлению водной среды обитания ниже по течению от плотины. Ликвидация водохранилища окажет содействие в передвижении наносов, восстановлении режимов течения и экосистем, а также возвращении воды к более естественным природным температурам. Однако, необходимо отметить, что восстановление водного пути является средним и долгосрочным результатом ликвидации плотины;
- Качество воды – плотина может предоставлять воду низкого качества и за счёт улучшения сети водоснабжения плотина может стать ненужной;
- Возможность – могут возникнуть другие возможности по использованию водохранилища кроме его первоначального назначения, например, хранение паводковых вод, повторно используемой воды или грунтовых вод;
- Источник альтернативного питания – в случае, когда становится доступным такой альтернативный источник, как, например, подключение к водопроводу, первоначальная цель использования ряда небольших водохранилищ для водоснабжения, делает эти водохранилища ненужными.

### **3.2.3 Отчет о первоначальной оценке**

После завершения Шага 1 рекомендуется, чтобы результаты были чётко обобщены в оценочном отчёте. Данный отчёт затем будет представлять базовый документ для поддержки вывода плотины из эксплуатации или сохранения этого сооружения. Этот документ поможет лицам, принимающим решение, при подготовке своих выводов.

### **3.3 Шаг 2 - Определить основные известные проблемы и варианты**

Если будет принято решение перейти к Шагу 2, то должны быть идентифицированы конкретные вопросы, представляющие интерес для различных заинтересованных сторон. Может быть создана панель экспертов для рассмотрения вопроса или группа заинтересованных сторон с целью выявления проблем в рамках открытого и прозрачного процесса. Более подробная информация о консультациях с заинтересованными сторонами приведена в Разделе 4. В целях поддержки процесса желательно использовать независимые технические консультации для панели экспертов/группы заинтересованных сторон. Эти технические консультации будут иметь большое значение для выявления потенциальных вариантов по выводу плотины из эксплуатации или каких-либо других изменений в функции плотины, а также позволит лучше понять связанные с каждым вариантом затраты и их специфические вопросы.

В оставшейся части этого раздела освещаются некоторые из ключевых проблем по выводу плотины из эксплуатации, которые необходимо будет решить. Варианты по выводу плотины из эксплуатации варьируются от полной ликвидации сооружения до частичной ликвидации в той или иной форме или

изменения функции. Существует широкий диапазон вариантов по выводу плотины из эксплуатации, а окончательный выбранный вариант будет зависеть от конкретных условий участка.

Основные вопросы, которые могут быть идентифицированы по отношению к плотине, рассматриваемой на предмет вывода из эксплуатации, включают:

- Безопасность плотины;
- Экологические вопросы;
- Правовые вопросы;
- Социальные вопросы;
- Экономические вопросы;
- Управление;
- Консультации;
- Руководство (включая менеджмент в будущем и собственность);
- Историческое значение.

Каждая из вышеуказанных категорий вопросов должна быть рассмотрена для каждого из определяемых вариантов.

### **3.1.1 Безопасность плотины**

Некоторые плотины могут не соответствовать современным требованиям безопасности. Многие плотины являются устаревшими и, возможно, были весьма хорошо построены с учётом тех технологий, которые были доступны в их эпоху. Однако, они не включают в себя те характерные черты, которые можно было бы ожидать от плотин, спроектированных сегодня и, следовательно, не отвечают современным требованиям и критериям безопасности.

Увеличивающееся развитие территорий, расположенных ниже по течению от некоторых плотин, также привело к увеличению последствий, связанных с потенциальной опасностью при разрушении плотин. Поскольку для старых плотин обычно возрастает вероятность аварий, следовательно, ответственность и проблемы общественной безопасности, как правило, запрещают просто оставлять плотины. Ниже приведены некоторые ключевые вопросы, связанные с безопасностью плотины, которые следует учитывать:

- Отвечает ли плотина современным требованиям и критериям по безопасности плотин?
- Является ли экономически жизнеспособным для владельца модернизировать плотину, чтобы она отвечала текущим отраслевым стандартам?
- Были ли какие-либо конкретные выявленные недостатки в области безопасности плотины и если были, то каковы они?
- Имеется ли риск для жизни, травм и повреждения имущества, если произойдёт разрушение плотины в её текущем или предполагаемом состоянии?
- Является ли оценка риска подходящей для плотины, чтобы лучше понять состояние плотины и последствия её разрушения?
- Соответствует ли требованиям регулирующих органов нынешняя программа наблюдений (надзора) за плотинной?

### **3.3.2 Экологические вопросы**

Повышение экологической информированности о воздействии плотин и водовыпусков оказывает растущее давление на владельцев, заставляя их ликвидировать лишние сооружения и/или уменьшать их воздействие на

окружающую среду ниже по течению. Многие более старые плотины могут потребовать дооснащения такими сооружениями, как лестничные рыбоходы, многоуровневые водозаборы и возможности повышенных экологических попусков воды. В случае сохранения некоторые из этих сооружений могут потребовать дооснащение независимо от их пересмотренного функционального назначения.

Следует отметить, что экологические аспекты и ожидаемые производственные показатели будут отличаться от места к месту, поэтому очень важно, чтобы каждая плотина рассматривалась в индивидуальном порядке. Также важно рассмотреть различные варианты вывода плотины из эксплуатации, включая полную ликвидацию, частичную ликвидацию или сохранение с изменением функции или эксплуатации. Воздействие на окружающую среду будет существенно отличаться в зависимости от рассматриваемого варианта вывода из эксплуатации.

Некоторыми ключевыми вопросами, связанными с окружающей средой, которые следует учитывать, являются следующие:

- Восстановит ли вывод плотины из эксплуатации режим естественного течения, повышая тем самым экологическое состояние водотока?
- Будет ли вывод из эксплуатации плотины содействовать миграции рыбы?
- Какое тепловое воздействие плотина оказывает на окружающую среду ниже по течению и изменит ли вывод плотины из эксплуатации данное воздействие?
- Изменит ли вывод плотины из эксплуатации экологическую ценность существующих водно-болотных угодий или их расположение?
- Какое влияние вывод плотины из эксплуатации будет иметь на животный мир, который адаптировался к модифицированной среде обитания?
- Будет ли вывод плотины из эксплуатации влиять на движение ила, накопленного до настоящего времени за плотиной?
- Загрязнены ли сохраненные наносы?
- Приведёт ли вывод плотины из эксплуатации к движению вверх по течению нежелательных видов рыб?
- Не произошло ли кроме самой плотины так много других изменений, что вывод плотины из эксплуатации не приведёт к достижению желаемых целей по восстановлению экосистем?
- Каким образом будет затронут уровень грунтовых вод вблизи плотины и водохранилища?
- Какое влияние будет иметь вывод плотины из эксплуатации на режим паводков в рамках существующего водосборного бассейна? Будет ли значительное ухудшение в борьбе с наводнениями, которое в настоящее время обеспечивается плотиной и водохранилищем?

### **3.3.3 Правовые и административные вопросы**

Может иметь место целый ряд правовых и административных вопросов, которые требуют рассмотрения до принятия решения о выводе плотины из эксплуатации. Эти вопросы будут варьироваться в разных странах и даже в пределах местной юрисдикции одной страны. Поэтому должны быть оценены конкретные правовые и административные требования для каждой плотины.

На данном этапе процесса лица, принимающие решения, должны понимать и быть в курсе политического контекста проекта и информировать

соответствующих политических представителей, правительственные органы и учреждения и руководителей общин обо всех аспектах вопросов.

Некоторые ключевые вопросы, связанные с правовыми и административными требованиями по выводу из эксплуатации, включают в себя:

- Имеются ли существующие или потенциальные конфликты с законами и правилами, призванными защищать природные системы, социальные, исторические или культурные ценности?
- Каковы юридические последствия для владельца, связанные с выводом из эксплуатации и потенциальной передачей права собственности?
- Кто владеет землей, прилегающей к плотине или водосливу и землей, затопленной в настоящее время водохранилищем? Существуют ли какие-либо потенциальные последствия собственности на землю, связанные с процессом вывода из эксплуатации?
- Каковы последствия для прав на водные ресурсы, которые могут существовать?
- Каковы политические факторы, влияющие на решения по выводу плотин из эксплуатации?

### **3.3.4 Социальные вопросы**

Владелец может столкнуться с сильным сопротивлением планам по выводу плотины из эксплуатации (в частности, вариант для полной или частичной ликвидации), даже вплоть до признания требований владельца в качестве ненужных. Это сопротивление может исходить от целого ряда сторон, включая разнообразные местные общинные группы и лица, заинтересованные в сохранении водохранилища для существующего или потенциального использования не для водоснабжения.

Некоторые ключевые вопросы, связанные с социальными проблемами вывода из эксплуатации, включают в себя:

- Будут ли потеряны зоны отдыха, используемые для рыбалки, плавания и пикников?
- Каким образом будут затронуты требования к водоснабжению для будущего развития или мелиорации при засухе?
- Существуют ли последствия для целей пожаротушения или других видов использования?
- Существует ли влияние на стоимость имущества примыкающих соседних собственников земли?
- Каким образом будут затронуты вопросы хранения воды для непитьевых целей?
- Существуют ли воздействие на экологические ценности, такие как конкретные представители растительного мира и живой природы, как, например, рыба?
- Существует ли влияние плотины и водохранилища на смягчение последствий наводнений?
- Существует ли воздействие на историческое или археологическое значение в связи с развитием местной территории, включая более раннее использование или там, где плотина находится в историческом реестре?
- Каковы воздействия на местные возможности по ведению бизнеса, связанные с региональным туризмом?

### **3.3.5 Экономические вопросы**

Владельцы могут не считать разумным или оправданным сохранение и поддержание в рабочем состоянии плотин, для которых не требуется бессрочное использование. Однако, экономические соображения, связанные с выводом плотины из эксплуатации, могут быть значительными и потенциально сопоставимыми с затратами на эксплуатацию и модернизацию стареющей плотины.

Основные вопросы, связанные с экономической оценкой вывода плотин из эксплуатации, включают в себя следующие:

- Какова стоимость технического обслуживания и эксплуатации плотины по отношению к стоимости вывода её из эксплуатации?
- Будут ли эксплуатационные ограничения влиять на стоимость технического обслуживания и эксплуатации плотины?
- Существуют ли последствия, связанные с изменением региональной и местной экономики?
- Каков источник финансирования вывода из эксплуатации или усилий по восстановлению?
- Предоставляет ли плотина услуги, которые будет необходимо заменить каким-то альтернативным вариантом и какова стоимость этой замены?
- Рассматривалось ли дальнейшее развитие региона?
- Существует ли потенциал для продажи земельных участков, чтобы компенсировать расходы?

### **3.3.6 Управление**

Вопросы управления, которые возникают при выводе плотин из эксплуатации, будут варьироваться от владельца к владельцу и от плотины к плотине в зависимости от целого ряда аспектов. В частности, это связано с альтернативными механизмами водоснабжения и с тем, каким образом водохранилище вписывается в общий контекст бизнеса владельцев. Оно также зависит в большей степени в региональном масштабе от того, каким образом водохранилище вписывается в существующие речные системы и от последствий вывода плотины из эксплуатации для речной системы.

Основные вопросы, связанные с экономической оценкой вывода плотин из эксплуатации, включают в себя следующее:

- Каким образом существующая плотина вписывается в общий план управления для речной системы?
- Имеет ли владелец плотины обязательства по обеспечению водой для целей водоснабжения, орошения, выработки гидроэлектроэнергии, пожаротушения и отдыха и обеспечения борьбы с наводнениями?
- Каковы последствия по предоставлению этих услуг в случае ликвидации плотины?
- Были ли определены альтернативные источники водоснабжения?
- Каков статус приобретения будущих лицензий или разрешений на эксплуатацию?

### **3.3.7 Консультации**

Для получения дополнительной информации, касающейся консультаций с заинтересованными сторонами и участия общин, обратитесь к Разделу 4.

### 3.3.8 Руководство

После того, как владельцем плотины было определено, что она является ненужной (лишней), её будущее и решения, касающиеся её вывода из эксплуатации, могут зависеть от определения того владельца, который имеет заинтересованность в сохранении плотины для альтернативного использования. Однако, найти подходящего владельца может быть затруднительно.

Основные вопросы, связанные с управлением выводимой из эксплуатации плотины, включают следующее:

- Каковы будущие варианты собственности на осушенном участке?
- Может ли быть определен альтернативный владелец с заинтересованностью в поддержании плотины для альтернативного использования?
- Каковы механизмы финансирования вывода из эксплуатации между нынешним владельцем и будущим владельцем?
- Кто будет нести ответственность за текущее обслуживание выведенного из эксплуатации водохранилища (будь то полная или частичная ликвидация или сохранение с изменением функции)?
- Кто будет нести юридическую ответственность за территорию, как только процесс вывода из эксплуатации будет завершен? Были ли предприняты усилия по соблюдению надлежащей юридической экспертизы (правовой процедуры), чтобы сопоставить все имеющиеся данные и отчет о состоянии плотины для предлагаемого нового владельца?

### 3.3.9 Историческое значение

Как правило, более вероятно, что старые плотины будут рассматриваться с точки зрения вывода их из эксплуатации, чем несения расходов по приведению их в соответствие с современными стандартами безопасности. Тем не менее, с этими старыми сооружениями может быть связана значительная историческая ценность или наследие.

Повышенное историческое наследие может возникнуть в результате первоначальной цели сооружения, типа сооружения или используемой строительной техники, а также актуальности сооружения для развития местного сообщества.

Важно, чтобы владелец имел четкое понимание своих обязательств в отношении потенциальных исторических вопросов на своей плотине. Отправной точкой для оценки потенциального наследия, как правило, являются органы местного самоуправления или другие исторические общества, однако это будет варьироваться в зависимости от местоположения.

Основные вопросы, связанные с историческим наследием выводимой из эксплуатации плотины, включают в себя:

- Входят ли в настоящее время плотина, а также связанные с ней сооружения или окружающая территория в список объектов исторического наследия или рассматриваются в качестве объектов, имеющих культурную значимость?
- Имеются ли существенные вопросы по историческому наследию, чтобы оправдать дополнительные консультации относительно будущих возможных вариантов модификации?

### 3.4 Шаг 3 - Сбор и оценка данных и подтверждение проблем

После завершения Шага 2 и разработки перечня известных проблем и вариантов, перейдите к Шагу 3, который включает сбор и оценку данных для разработки более глубокого понимания выявленных проблем, а также помогает понять возможности различных вариантов.

Существует итерационный процесс между Шагами 2 и 3 (как показано на **Рис. 3-1**), так как по завершению Шага 3 могут появиться дополнительные вопросы или варианты.

Таблица ключевых показателей для использования при оценке потенциальных результатов либо по поддержанию плотины для её использования с учётом текущей функции или вывода из эксплуатации была разработана Центром Хайнца (Ссылка 6). Показатели могут быть измерены в настоящее время и обозримом будущем, чтобы оценить потенциальные результаты вывода плотины из эксплуатации.

Ключевые области, по которым необходимы данные для проекта по выводу из эксплуатации, приведены ниже:

- Физические вопросы;
- Биологические вопросы;
- Экономические вопросы;
- Социальные вопросы;
- Вопросы управления;
- Технические вопросы / Инжиниринг;
- Правовые и административные вопросы;
- Потребление и спрос.

Требования, предъявляемые к каждому из этих компонентов, описаны в нижеследующих разделах. Там, где на конкретные вопросы не могут быть получены удовлетворительные ответы, может быть сочтено необходимым проведение дополнительных исследований или анализа до принятия решения о выводе из эксплуатации. Приложение 1 к *Руководству по выводу из эксплуатации плотин и гидроэнергетических объектов ASCE, 1997* (Ссылка 7) даёт подробное описание вариантов сбора данных для целого ряда областей.

#### 3.4.1 Физические вопросы

Вывод плотины из эксплуатации и, в частности, полная или частичная ликвидация плотины могут восстановить некоторые, но не обязательно все, характеристики реки, которые существовали до строительства этой плотины. Вывод плотины из эксплуатации в различных его формах может внести свой вклад в целый ряд физических воздействий на реку.

Физическое воздействие на реку будет в значительной степени зависеть от выбранного вида вывода плотины из эксплуатации. Например, полная ликвидация может иметь более сильное воздействие, чем сохранение сооружения с изменением функции или эксплуатации. Менее вероятно, что физические аспекты, описанные в данном разделе, будут проблемой для «отключения водопотока» плотин и водохранилищ.

Ключевые вопросы включают в себя следующее:

- Создаст ли вывод плотины из эксплуатации более естественную реку по мере того, как восстанавливаются некоторые аспекты физической целостности ниже по течению?
- Изменит ли вывод плотины из эксплуатации гидрологический режим реки и режим наводнений на ней?

- Какое влияние будет вывод плотины из эксплуатации оказывать на грунтовые воды?
- Какое влияние будет вывод плотины из эксплуатации оказывать на качество воды с учетом других воздействий на водоток?
- Восстановит ли вывод плотины из эксплуатации движение рыбы и других представителей водного мира?
- Восстановит ли вывод плотины из эксплуатации естественную функцию "промывания" реки?

### **3.4.2 Биологические вопросы**

Любые потенциальные физические изменения на реке из-за вывода плотины из эксплуатации могут также потенциально оказать влияние на биологические компоненты экосистемы. Уровень воздействия на биологическую систему будет зависеть от рассматриваемого варианта вывода плотины из эксплуатации.

Ключевые вопросы включают в себя:

- Какие последствия будет иметь вывод плотины из эксплуатации на модели передвижения рыбы и макро-беспозвоночных, а также на возможности среды обитания? (Степень и интенсивность изменения зависит от размера плотины (ёмкости для хранения), количества и качества наносов в водохранилище и стабильности участка реки, расположенного ниже по течению);
- Улучшит ли вывод плотины из эксплуатации доступность среды обитания выше по течению и нерестилищ для мигрирующих видов рыб?
- Имеются ли системы водно-болотных угодий выше по течению от плотины, которые были сформированы за счет создания плотины и водохранилища?
- Приведёт ли вывод плотины из эксплуатации к созданию водно-болотных угодий ниже по течению реки за счет существующих водно-болотных угодий выше по течению?
- Каким образом будут выглядеть будущие водные экосистемы по сравнению с существующей водной экосистемой вследствие вывода плотины из эксплуатации?
- Каковы потенциальные последствия вывода плотины из эксплуатации для среды обитания животных по всему периметру водохранилища?
- Какие варианты существуют для борьбы с сорняками в пределах бассейна в случае, если водохранилище ликвидируется?

### **3.4.3 Экономические вопросы**

Экономический анализ обеспечивает процесс для идентификации и измерения результатов вывода плотины из эксплуатации, включая влияние на заинтересованные стороны. Это будет содействовать процессу принятия решений. Экономический анализ может показать распределение затрат и выгод от применения различных вариантов. Этот шаг включает в себя сбор и анализ как легко поддающихся количественной оценке затрат и выгод (например, потеря дохода от основной деятельности), а также затрат и выгод, которые являются более неопределенными или теми, которые трудно определить в денежном выражении (например, экологические, эстетические и исторические ценности). Однако разумные оценки результатов предлагают наилучший путь к экономически обоснованным решениям.

Вывод плотины из эксплуатации, ремонт или модификация потребуют некоторого уровня финансирования. Таким образом, источник и объём доступного финансирования является неотъемлемой частью процесса принятия решений и может стать решающим фактором при оценке жизнеспособности вариантов. Финансирование может быть необходимым не только для исследований, но также для вовлечения заинтересованных сторон.

Многие владельцы будут рассматривать вывод плотины из эксплуатации в качестве текущих, а не капитальных расходов, так как вывод из эксплуатации не будет приносить доход в будущем. Это может иметь последствия для финансирования и налогообложения и должно рассматриваться владельцем при определении стратегии финансирования.

Основные экономические вопросы включают в себя:

- Каково соотношение затрат и выгод для различных рассматриваемых вариантов?
- Какие варианты финансирования доступны?
- Имеется ли потенциал для долевого распределения расходов?

#### **3.4.4 Социальные вопросы**

Вывод плотины из эксплуатации в различных его формах может как напрямую, так и косвенно повлиять на широкий круг общественных интересов. Посредством оценки и там, где это уместно, с учётом потенциальных общественных изменений, может быть получена поддержка сообщества. Социальные ценности оказывают влияние на предпочтения для определённых альтернатив или вариантов. Различные общины имеют различные ценности, которые должны быть поняты и учтены.

Основные социальные вопросы включают в себя:

- Каким образом достигается воздействие вывода плотины из эксплуатации на эстетику участка плотины и прилегающей к ней реки?
- Каким образом в рамках проекта по выводу плотины из эксплуатации рассматриваются аспекты исторического наследия плотины?
- Какое восстановление окружающей среды будет завершено на месте после вывода плотины из эксплуатации и, в частности, после полной или частичной ликвидации плотины?
- Какое влияние будет оказано на развлекательные мероприятия, связанные с водохранилищем в его нынешнем виде?

Понимание социальных ценностей и проблем сообщества и того, кто получает выгоду или подвергается воздействию определённых вариантов, может помочь в оценке вариантов.

#### **3.4.5 Вопросы управления**

Текущая собственность участков, занимаемых плотинной, может быть комплексной, так как плотина и водохранилище могут быть расположены на земле с различными видами собственности, включая нынешнего владельца, частные земли и государственные земли. Эти факторы могут усложнить любую передачу активов или земли другим сторонам. При этом также могут иметь место отдельные случаи, когда может потребоваться повторное декларирование и переопределение признанных водосборных бассейнов для водоснабжения.

Ключевые вопросы управления включают в себя:

- Какие существуют варианты для передачи ответственности?

- Исследовались ли варианты по передаче ответственности?
- Какие документы необходимы для изменения права собственности и передачи ответственности?
- В случае проявления заинтересованности более чем одной стороной, был ли разработан процесс по справедливому распоряжению собственностью?
- Требуется ли, из-за должной осмотрительности, представлять отчётность для передачи права собственности, и если требуется, то было ли оно завершено?

### 3.4.6 Технические вопросы / Инжиниринг

Инженерный анализ может определить диапазон вариантов для достижения поставленных целей. Он также может определить технически осуществимые варианты вывода плотины из эксплуатации из ряда нереальных альтернатив. Инженерный процесс может быть применён к анализу затрат и выгод от вывода плотины из эксплуатации (в одном из его различных видов) или к модернизации плотины и связанным с этим неблагоприятным последствиям каждого варианта.

Для ознакомления с подробным описанием технических и инженерных требований, применяемых для оценки различных вариантов вывода из эксплуатации, обратитесь к Главам с 2 по 5 из *Руководства по выводу из эксплуатации плотин и гидроэнергетических объектов ASCE, 1997* (Ссылка 7). Ниже приводится краткое изложение вышеупомянутого руководства.

#### ***Инжиниринг и конструктивность***

Инженерная оценка необходима для всех вариантов вывода из эксплуатации, однако уровень необходимого анализа будет существенно отличаться в зависимости от предложенного варианта. Например, в то время как потребуются лишь немного техники, если плотина должна быть сохранена при изменении её функции (в основном это связано с выявленными недостатками в обеспечении безопасности плотины), то может понадобиться значительное количество техники, участвующей в ликвидации плотины и её прилежащих сооружений и последующем восстановлении окружающей среды и других работах. На данном этапе в процессе должны быть подготовлены сметы расходов для рассматриваемых вариантов.

Основные вопросы, которые могут потребовать рассмотрения, включают:

- Структурное удаление частей или всей плотины и приплотинных сооружений;
- Отсоединение трубопроводов от сети водоснабжения;
- Удаление части или всего механического и электрического оборудования;
- Обработка объектов частично или полностью оставленных на месте;
- Затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание;
- Инжиниринг и конструктивность, касающиеся предлагаемого смягчения последствий для управления наносами, экологических требований, последствий наводнений и воздействия на водно-болотные угодья для вариантов ликвидации и частичной ликвидации;
- Требования к наводнениям (повышению уровня воды) и пропускная способность водосброса/реки для вариантов ликвидации и частичной ликвидации;

- Меры по отводу воды и устройству временных перемычек для перекрытия русла реки для вариантов полной и частичной ликвидации;
- Рыбопропускные сооружения для текущих и предлагаемых мер;
- Строительство альтернативных источников водоснабжения для любых пострадавших пользователей;
- Предоставление таких пунктов, как обеспечение безопасности или места для отдыха и развлечений; и
- Сметы расходов и временные графики для строительства и разборки.

Данные, необходимые для приведенного выше анализа, обсуждаются в Приложении 1 *Руководства по выводу из эксплуатации плотин и гидроэнергетических объектов* ASCE, 1997.

### **Экологический и социальный аспекты**

При любом варианте вывода плотины из эксплуатации существует потенциал для экологического и социального воздействия (как положительного, так и отрицательного). Воздействие на окружающую среду может происходить как на стадии строительства/реализации, так и в краткосрочной, среднесрочной и долгосрочной перспективе после завершения проекта. Темы, которые могут служить основанием для сбора данных и анализа, оценки потенциальных последствий и возможных мер по смягчению и предотвращению изменения климата и улучшения, перечислены ниже:

- Количество и качество воды;
- Рыба и другие водные сообщества;
- Живая природа;
- Растительность;
- Виды, вызывающие беспокойство;
- Культурные, исторические и археологические ресурсы;
- Эстетические ресурсы;
- Места отдыха;
- Землепользование.

### **Наносы**

Управление наносами обсуждается в Разделе 6 настоящего руководства.

### **Резюме**

Ключевые вопросы, касающиеся технических аспектов рассматриваемых вариантов вывода плотины из эксплуатации, включают:

- Каковы затраты на различные рассматриваемые варианты вывода из эксплуатации?
- Каковы потенциальные риски, связанные со строительством для каких-либо вариантов полной и частичной ликвидации?
- Будет ли необходимо сделать отвод существующего водотока во время строительных работ для вариантов полной и частичной ликвидации? Если это так, то с чем это будет связано, и каким образом это будет управляться?
- Если плотина сохраняется, то какие работы необходимы для устранения выявленных недостатков в области безопасности плотины?

- Каковы потенциальные экологические последствия, связанные со строительством/реализацией различных вариантов?
- Был ли для вариантов, в которых рассматривается ликвидация плотины, разработан план управления окружающей средой на краткосрочный период проведения строительных работ?
- Есть ли необходимость в долгосрочном экологическом плане для восстановления и/или регенерации затопленной территории?
- Была ли сделана оценка потребностей для затопленной территории и мер по борьбе с эрозией водотока?
- В случае, когда установлена необходимость принятия мер по борьбе с эрозией водотока и затоплением, был ли разработан план по борьбе с эрозией?
- Требуется ли план управления наносами, и если требуется, был ли он разработан?
- Достаточно ли имеющаяся в наличии информация, чтобы оценить потенциальные краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные воздействия на окружающую среду для каждого варианта?

Может возникнуть необходимость завершения дополнительного анализа и исследований, чтобы убедиться в том, что на каждый из поставленных выше вопросов можно получить адекватный ответ.

#### **3.4.7 Правовые и административные вопросы**

Законы и нормативные акты, касающиеся вывода плотины из эксплуатации, являются ключом к рассмотрению вопроса о снятии с эксплуатации в качестве варианта. Это будет варьироваться в зависимости от страны и различной юрисдикции в пределах одной страны. Рекомендуется просмотреть местное законодательство на предмет определения каких-нибудь правовых обязательств по выводу плотины из эксплуатации.

Законодательные и нормативные требования обеспечивают границы для того, что может быть достигнуто в этом направлении и уточняют роли касательно процедур и стандартов принятия решений, которые должны быть соблюдены.

#### **3.4.8 Отчёт об оценке**

На данном этапе рекомендуется, чтобы был подготовлен отчёт, документирующий процесс и результаты Шагов 2 и 3 процесса. Отчёт должен включать в себя варианты, определённые для вывода плотины из эксплуатации и потенциальные вопросы, связанные с каждым вариантом. Он не должен включать вариант по выводу из эксплуатации. Кроме того, в данный отчёт также должны быть включены результаты тех оценок различных вопросов, оценки которых были завершены.

### **3.5 Шаг 4 - Принятие решения**

После завершения Шагов 1, 2 и 3 должно быть достаточно данных, поддающихся количественной оценке, чтобы позволить принимающим решения лицам определить наиболее подходящий вариант. На данном этапе может быть принято решение о том, следует ли выводить плотину из эксплуатации. Если принимается решение о том, чтобы приступить к выводу из эксплуатации, то должен быть выбран предпочтительный вариант для вывода из эксплуатации (на основе результатов Шагов 2 и 3).

Окончательное решение о выведении плотины из эксплуатации будет часто основываться на сочетании следующих факторов:

- Требования безопасности, охраны и управления водными ресурсами;
- Экономические соображения сохранения плотины в сравнении с выводом плотины из эксплуатации;
- Экологические потребности и потенциальные выгоды;
- Социальные соображения;
- Правовые отношения;
- Государственная поддержка и проблемы;
- Местные, региональные и возможно национальные интересы.

Глава 5 *Руководства по выводу из эксплуатации плотин и гидроэнергетических объектов ASCE* предоставляет одну методологию для процесса оценки по исследованиям вывода плотины из эксплуатации. Могут существовать другие методологии.

Основные вопросы, связанные с решением по выводу из эксплуатации, включают в себя:

- Определил ли владелец предпочтительный вариант?
- Что представляет собой предпочтительный вариант?
- Каково обоснование для выбора предпочтительного варианта?
- Устранит ли предлагаемый вариант в будущем какую-либо работу по эксплуатации, техническому обслуживанию, наблюдению (надзору) или возмещению ущерба?
- Был ли процесс принятия решений, включая принятие окончательного решения, оформлен документально?
- Принимается или подразумевается ли принятие предпочтительного варианта со стороны соответствующих заинтересованных сторон?

#### **4. КОНСУЛЬТАЦИИ И РАЗРЕШЕНИЯ РЕГУЛИРУЮЩИХ ОРГАНОВ**

Вывод из эксплуатации существующей плотины может быть спорным процессом, поскольку, как правило, существует много заинтересованных сторон с различными интересами, которые проявляют интерес к судьбе плотины, водохранилища и водосборного бассейна. Заинтересованные лица могут иметь противоречивые взгляды на проблемы и возможные решения. Поэтому в целях гарантированного рассмотрения всех соответствующих вопросов и надлежащего информирования соответствующих заинтересованных сторон, требуется проведение некоторого процесса консультаций.

Целью данного руководства является не подробное обсуждение вопроса о процессе консультаций, а скорее предоставление некоторых общих понятий, имеющих отношение к процессу вывода плотин из эксплуатации и предоставление ссылок на более подробные рекомендации по процессу консультаций. Как правило, существует много местных органов исполнительной власти и других органов, которые предоставляют полезную руководящую документацию по процессу консультаций от планирования до реализации. Она, как правило, будет содержать информацию о местных законодательных требованиях и другую полезную информацию, характерную для данной территории.

Для проекта по выводу плотины из эксплуатации, консультации могут проходить на различных уровнях, а требования к процессу консультаций могут варьироваться в зависимости от объёма и характера проекта. Например, полная ликвидация плотины водохранилища, расположенной на речном русле,

будет в большинстве случаев требовать более тщательной программы консультаций, чем сохранение с изменением функции плотины небольшого водохранилища, находящегося вне речного потока. Важно заранее принять во внимание, какие различные уровни консультаций имеются, и в чём заключается цель консультаций. Важно также определить, кто является основными заинтересованными сторонами, и какие исходные данные от них требуются.

Ключевые вопросы, касающиеся процесса консультаций, включают в себя:

- Является ли процесс консультаций направленным на информирование и консультирование или поиск исходных данных?
- Какие заинтересованные стороны будут участвовать в процессе консультаций?

Основные заинтересованные стороны могут включать в себя различные государственные органы, включая регулирующие органы, водохозяйственные органы и природоохранные ведомства.

Во многих случаях не все правительственные учреждения будут иметь отношение к проекту, однако стоит принять во внимание, кто относится к соответствующим группам на раннем этапе в процессе принятия решений. Считается полезным включить в данный процесс как можно раньше столько этих групп, сколько будет актуально.

Другой группой основных заинтересованных сторон являются местные общины и заинтересованные группы. Они варьируются от землевладельцев или жителей, которые живут в непосредственной близости от плотины или водослива, до общественных групп с более широкими интересами.

Решение о количестве «консультаций с общиной» (т.е. консультаций с более широкими слоями сообщества по сравнению с заинтересованными сторонами, подвергающимися непосредственному воздействию), которые должны быть завершены в качестве части любого проекта, часто является трудным. Следует рассмотреть вопрос о включении каких-либо лиц или группы лиц, которые будут непосредственно затронуты проектом вывода плотины из эксплуатации. В некоторых случаях может быть полезным проведение консультаций с промышленными или другими общественными группами, например, группами в сфере лесного или сельского хозяйства.

Для любых консультаций с широкой общественностью весьма важно, чтобы предоставляемая информация была чёткой и последовательной.

#### 4.1 Определение надлежащего уровня консультаций

Как уже упоминалось ранее, участие сообществ и заинтересованных сторон и консультации могут принимать различные формы и охватывать широкий спектр деятельности. Таблица, разработанная Международной ассоциацией по участию общественности, чтобы продемонстрировать возможные виды взаимодействия с заинтересованными сторонами и общинами, показана на **Рис. 4-1** ниже (Ссылка 21). Эта таблица также показывает растущий уровень общественного воздействия по мере продвижения от «информирования» до «предоставления полномочий».

#### УРОВЕНЬ УВЕЛИЧЕНИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

ИНФОРМИРОВАТЬ	КОНСУЛЬТИРОВАТЬСЯ	ПРИВЛЕКАТЬ	СОТРУДНИЧАТЬ	УПОЛНОМОЧАТЬ
Цель участия общественности				
Предоставить	Получить обратную	Работать напрямую	Осуществлять	Отдать принятие

общественности сбалансированную и объективную информацию, чтобы помочь в понимании проблем, альтернатив и/или решений	связь по анализу, альтернативам и/или решениям	с общественностью через процесс, чтобы гарантировать, что общественные интересы и стремления последовательно понимаются и учитываются	партнерство с общественностью по каждому аспекту решения, включая разработку альтернативных вариантов и определение предпочтительного решения	окончательного решения в руки общественности
<b>Обещают общественности</b>	<b>Обещают общественности</b>	<b>Обещают общественности</b>	<b>Обещают общественности</b>	<b>Обещают общественности</b>
Мы будем держать вас в курсе	Мы будем держать вас в курсе, выслушаем и признаем озабоченность и обеспечим обратную связь о том, каким образом общественный вклад повлиял на решение	Мы будем работать с вами, чтобы гарантировать, что ваша озабоченность и стремления будут напрямую отражены в разрабатываемых альтернативах и предоставим обратную связь в том, каким образом общественный вклад повлиял на решение	Мы будем обращаться к вам напрямую за советом и инновациями при формулировании решений и включим ваш совет и рекомендации в решения в максимально возможной степени	Мы реализуем то, что вы решили
<b>Примерные инструменты</b>	<b>Примерные инструменты</b>	<b>Примерные инструменты</b>	<b>Примерные инструменты</b>	<b>Примерные инструменты</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Бюллетени</li> <li>▪ Веб-сайты</li> <li>▪ Открытые дома</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Общественные обсуждения</li> <li>▪ Фокус группы</li> <li>▪ Опросы</li> <li>▪ Общественные митинги</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Семинары</li> <li>▪ Советательный опрос</li> <li>▪</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Консультативные комитеты из граждан</li> <li>▪ Формирование консенсуса</li> <li>▪ Совместное принятие решений</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Присяжные из граждан</li> <li>▪ Бюллетени</li> <li>▪ Делегированные решения</li> </ul>

**Рис. 4-1** Уровни взаимодействия с заинтересованными сторонами и сообществами

Уже на раннем этапе в процессе принятия решений следует определить уровень взаимодействия и консультаций, которые будут использоваться в проекте для различных заинтересованных сторон.

Ключевые вопросы, касающиеся уровня необходимых консультаций, включают в себя:

- Кто является заинтересованными сторонами?
- Должен ли быть принят разный уровень консультаций для различных заинтересованных сторон?
- Хотим ли мы получить исходные данные и установить сотрудничество с некоторыми из государственных ведомств и учреждений, и если да, то с какими?
- Какие разрешения требуются?
- Имеется ли у нас местный опыт, чтобы принять решение об уровне необходимых консультаций или мы должны искать внешние консультации?

- Имеется ли потенциал для частных лиц/групп с личными интересами, чтобы оказать чрезмерное влияние на результаты процесса консультаций?

## **4.2 Планирование процесса консультаций**

Простой список вопросов, которые будут рассмотрены при планировании и разработке процесса консультаций, приводится ниже (Ссылка 2).

- Зачем? - Зачем Вам нужен процесс консультаций, что является мотивирующей проблемой или потребностью;
- Кто? - Кто является наиболее вероятно пострадавшими лицами/группами? Кто будет управлять процессом? Который несет ответственность за что? Кто подписывает?;
- Какие? - Какой тип и уровень информации должен предоставляться? О чём ведутся консультации с людьми?;
- Когда? - Каков общий практический график процесса консультаций? Как этот график вписывается в график процесса принятия решений по выводу плотины из эксплуатации?;
- Где? – Ожидается ли, что людям придётся далеко ехать, чтобы участвовать в процессе консультаций? Является ли предпочтительным нейтральное место?;
- Как? - Какие стратегии могут быть использованы и какие из них лучше? С чем? - Какие ресурсы доступны - время, люди, деньги?

## **5. ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА**

### **5.1 Процесс проектирования**

#### **5.1.1 Общие положения**

Проектам по выводу плотин из эксплуатации необходим полный спектр инженерных и профессиональных специалистов в составе проектной группы. Общие цели и задачи по восстановлению участка должны быть хорошо установлены при разработке проекта вывода плотины из эксплуатации. Должно быть выбрано приемлемое решение, чтобы сократить расходы на проект и свести к минимуму неблагоприятные воздействия на окружающую среду. При этом должны быть приняты во внимание естественные физические и биологические процессы реки, чтобы облегчить окончательное восстановление земельных участков.

Спецификации окончательного варианта проекта должны включать подробную информацию о существующих местных условиях и требованиях проекта для достижения желаемых результатов. Любые специфичные ограничения на участке, такие как запрещение взрывных работ или какие-либо экологические ограничения, такие как период, когда не допускается работа в воде, должны быть включены в спецификации.

#### **5.1.2 Основы проектирования**

##### **(а) Пределы ликвидации сооружения**

Пределы ликвидации сооружения должны быть идентифицированы как часть процесса планирования и проектирования. Полная ликвидация обычно означает ликвидацию плотины и прилегающих структур либо до исходного

уровня русла реки или до альтернативной отметки таким образом, чтобы не осталось видимых доказательств первоначальных сооружений. Русло водотока, как правило, возвращается к своему исходному выравниванию и отметке с естественно выглядящим рельефом (контурами дна), предусмотренным на сопрягающих откосах (береговых устоях) после полной ликвидации.

Части сооружений могут оставаться захороненными на месте, особенно ниже первоначальной поверхности дна. Частичная ликвидация позволяет некоторым сооружениям или частям сооружений остаться на месте, либо в пределах или за пределами исходного русла водотока, но никакого существенного наполнения водохранилища не остаётся. Остающиеся сооружения должны быть способны удовлетворительно выполнять свою роль в будущем при ожидаемых потенциальных условиях нагрузки и, возможно, их придётся модифицировать для общественной безопасности или для безопасного пропуска крупных наводнений.

Пределы ликвидации сооружения, как правило, основываются на следующих факторах:

- Существуют ли какие-либо нормативные требования? Национальные или местные нормативные требования к безопасному прохождению потоков от наводнений могут потребовать, чтобы любые остающиеся части плотины безопасно пропускали определенный размер потока при наводнениях в пределах определённой глубины или уровня потока (например, наводнения в течение 100 лет при глубинах менее 5 футов [1,5 м]), или требуют минимальной ширины прорыва плотины (например, половина от высоты сооружения, но не менее 10 футов [3,0 м]);
- Существуют ли какие-либо вопросы общественной безопасности и ответственности? Вопросы общественной безопасности и ответственности будут требовать рассмотрения потенциальной опасности для общества, которую могут представлять остающиеся части плотины;
- Каковы требования к эксплуатации и техническому обслуживанию? Остающиеся сооружения могут требовать некоторую долгосрочную деятельность по их эксплуатации и техническому обслуживанию, что будет рассматриваться в любом решении при полной или частичной ликвидации.

Тип плотины и водопроводящих приплотинных сооружений: Тип плотины может играть важную роль в установлении лимитов на ликвидацию. Если рассматривается частичная ликвидация, то строительные материалы, используемые в плотине (бетон, кирпичная кладка, лес, земля или каменно-набросная) могут определить степень ликвидации сооружения, необходимую для выполнения требований проекта и будущую деятельность каких-либо остающихся сооружений.

- Затраты на ликвидацию плотины: Объём материала в случае земляной или каменно-набросной плотины, как правило, намного больше, чем в случае бетонной плотины, но выемка земли и удаление земли и камня, как правило, легче. Тип плотины и требования по утилизации будут влиять на выбор методов сноса и затраты на ликвидацию плотины. Дробление и переработка бетона может быть экономичным вариантом. Если установлено наличие опасных материалов, то надлежащее удаление таких материалов и

связанные с ним затраты могут повлиять на решение о полной или частичной ликвидации плотины;

- Существуют ли какие-либо вопросы по управлению наносами? Удаление и утилизация наносов могут значительно увеличить стоимость проекта. Проблемы качества воды могут потребовать определённого управления наносами во время строительства. Загрязнённые отложения требуют надлежащей утилизации. При этом может быть желательным частичное удаление для сохранения нижней части плотины на некоторой высоте над руслом, чтобы выполнять роль удерживающего ил барьера и служить для стабилизации наносов вверх по течению;
- Существуют ли какие-либо эстетические факторы? Эстетические факторы часто влияют на решение о частичной ликвидации, особенно в тех районах, где учитывается общественное мнение;
- Существуют ли какие-либо исторические и культурные ценности?: Исторические и культурные ценности также играют определённую роль в ликвидации старых сооружений. Плотины и прилегающими сооружения могут быть защищены в соответствии с законом о сохранении исторических и культурных ценностей, также может быть желательным сохранение участков плотины или прилегающих сооружений, чтобы сохранить определённый элемент оригинального дизайна для будущих поколений;
- Рассматриваются ли предпочтения землевладельцев/заинтересованных сторон? Предпочтения землевладельцев/заинтересованных сторон должны быть приняты во внимание при определении пределов ликвидации.

Требования к проекту должны основываться на тщательной оценке всех соответствующих факторов, относящихся к окончательному восстановлению участка.

## **(б) Сбор данных для проектирования**

Полное понимание существующих сооружений имеет большое значение для успеха проекта по ликвидации плотины. Все существующие данные, соответствующие объёму и масштабу проекта, должны быть собраны до финальной стадии разработки. Это будет включать в себя все имеющиеся строительные чертежи и любые подтверждающие проектные расчеты и спецификации. Старые сооружения могут иметь либо совсем мало подобной информации или не иметь её вообще. Дополнительная информация, которая должна быть собрана, включает в себя следующее:

- Новые чертежи, отражающие текущие условия на основе полевых измерений, если чертежей не существует;
- Любая соответствующая информация, имеющаяся в распоряжении владельца или записи регулирующих органов, в том числе инспекция (осмотр, экспертиза);
- Документация об изменениях, выполняемых на протяжении многих лет;
- Дополнительные сведения о проекте, в том числе история проекта, фотографии строительства и газетные сообщения из местных исторических обществ, архивов и публичных библиотек. Поиск в

интернете может также предоставить некоторую полезную информацию;

- Данные испытаний материалов (например, прочность бетона на сжатие или гранулометрический состав тела плотины (насыпи));
- Подробная информация о встроенных металлических конструкциях, арматурных пучках и стальной арматуре в бетонных сооружениях;
- Были бы полезны топографические карты на стадии подготовки к строительству для определения исходных поверхностей грунта внутри водохранилища для оценки объемов наносов и на участке плотины - для разработки пределов ликвидации.

После сбора всех имеющихся технических данных могут потребоваться дополнительные полевые работы в соответствии с целями и задачами проекта для подтверждения условий участка.

- Полевые измерения структурных размеров всех основных характеристик проекта для технических чертежей и количественных оценок;
- Документация эксплуатационной истории и нынешнего состояния водосбросов (водосливов) с затворами и водовыпусков, которые используются для забора руслового стока;
- Полный перечень механического и электрического оборудования, которое удаляется, включая его вес (если такая информация имеется);
- Чертежи, подготовленные для спецификаций по удалению, могут быть полезны для исторических целей документирования технических записей;
- Расположенные вне участка места и расстояния буксировки для утилизации материалов;
- Дополнительные обследования участка для контуров земной поверхности плотина-участок;
- Поперечные сечения реки, в том числе районов ковша (воронки размыва) и отводящего водовода (нижнего бьефа);
- Батиметрия водохранилища для разработки профиля наносов на поперечных сечениях плотины и водохранилища;
- Данные полевых испытаний, включая прочность бетона на сжатие и удельный вес;
- Индекс и технические свойства материалов насыпи и наносов водохранилища;
- Идентификация опасных материалов на территории объекта, в том числе асбеста, загрязняющих веществ покрытия (например, краски на основе свинца), батарей, химических веществ, нефтепродуктов, ПХБ и ртути;
- Оценка наносов водохранилища, чтобы охарактеризовать их химические и физические свойства;
- Местонахождение и испытания септических систем и подземных резервуаров для хранения;

Оценка геологических условий для более крупных проектов по ликвидации плотин может включать:

- Оценка устойчивости уклона сопрягающих откосов и откосов выше по течению во время сработки водохранилища и после ликвидации плотины;

- Определение сопротивляемости эрозии (размыву) сопрягающих откосов и основания плотины во время стока паводка;
- Подповерхностные изыскания для потенциальных обводных каналов или туннелей;
- Оценка проницаемости основания и уровней грунтовых вод для осушения при проведении земляных работ (выемки грунта) на участке;
- Модели движения наносов и речной эрозии для предсказания важных изменений в профиле русла реки (осаждение и эрозия) и выравнивания (меандр реки или резкое изменение русла водотока с размывом берега);

Оценка гидрологии участка потребовалась бы для частичной ликвидации плотины, чтобы надлежащим образом определить величину безопасности, в особенности, если останутся последствия ниже по течению в случае разрушения плотины. Гидрологическая оценка может включать в себя:

- Анализ данных руслового речного стока для участка, чтобы определить частоту пиков паводка в целях забора воды;
- Подготовка профилей свободной поверхности вдоль водотока для различных расходов, чтобы разработать соотношения «уровень воды в реке-расход» в обоих случаях с плотиной и без неё.

Остальные функции участка, подвергаемые паводковым нагрузкам, должны оставаться стабильными до некоторого предписанного минимального периода возврата (например, 100 лет), в зависимости от возможных потенциальных последствий разрушения или в соответствии с требованиями регулирующих органов.

### **5.1.3 Этапы проектирования**

Проекты по выводу плотин из эксплуатации, как правило, включают в себя следующие этапы или элементы проектирования, некоторые из которых могут происходить одновременно.

- Технико-экономическое обоснование владельца;
- Концептуальный проект;
- Формирование консенсуса с заинтересованными сторонами;
- Предварительный проект;
- Окончательный проект;
- Мониторинг после окончания строительства.

#### **1. Технико-экономическое обоснование владельца**

В начале процесса принятия решения о том, следует ли выводить плотину из эксплуатации или ликвидировать её, владелец плотины должен тщательно оценить различные потенциальные варианты. Это часто является обязательным требованием процесса регулирования выдачи разрешений. Эти варианты, как правило, включают в себя:

- Ремонт или восстановление сооружения;
- Изменение эксплуатационного режима водохранилища (например, удаление затворов водосброса и постоянное ограничение уровня водохранилища);
- Частичная разборка (разборка, ограниченная одновременно как по вертикали, так и по горизонтали);
- Полная разборка (разборка полностью по вертикали, но может быть ограничена по горизонтали);

- Полная ликвидация (остатки плотины не остаются видимыми);
- Бездействие - базовый случай, требуемый процессом оценки воздействия на окружающую среду.

Объем технико-экономического обоснования обычно включает в себя:

- Обзор имеющейся информации и сбор данных:
  - Топография участка и батиметрия наполнения;
  - История и записи проектирования, строительства и эксплуатации плотины;
  - Разрешение на первоначальный проект и текущие преимущества;
  - Культурные, исторические и археологические ресурсы;
  - Оценки безопасности плотины и данные о производительности;
  - Гидрологические и гидравлические данные;
  - Геология и геоморфология;
  - Рыболовство в пределах, а также выше и ниже от зоны наполнения;
  - Гранулометрический состав и качество наносов в пределах, а также выше и ниже от зоны наполнения;
  - Инфраструктура, подвергаемая воздействию в случае вывода плотины из эксплуатации, как вверху по течению, так и внизу по течению;
  - Определение границ собственности и землевладельцев;
  - Статус существующих разрешений и определение необходимых разрешений для вывода из эксплуатации.
- Определение заинтересованных сторон – Предварительное определение заинтересованных сторон, в том числе землевладельцев в пределах границ проекта, регулирующих органов, требующих разрешения, а также других государственных или частных лиц, расцениваемых, скорее всего, как имеющих сильный интерес и обеспокоенность;
- Оценка преимуществ и недостатков различных вариантов - Рассмотрение основных преимуществ и недостатков альтернативных вариантов, имеющих решающее значение для владельца плотины и/или другой стороны, заинтересованной в процессе принятия решений;
- Предварительные сметы расходов - Разработка предварительных сравнительных смет расходов для различных вариантов на основе имеющейся информации. На данном этапе возможна демонстрация вариантов с чрезмерно высокими затратами и последующее исключение вариантов из дальнейшего рассмотрения;
- Выбор предпочтительного варианта/ов - На основе оценки данных и вопросов, выявленных на данном этапе, один (или несколько) вариант/ов могут быть выбраны для дальнейшей оценки. Как правило, должен быть подготовлен технико-экономический отчет владельца для обобщения исследований и оценки вариантов;

Для плотины Кузи (Coursier) в Канаде владелец оценивал три варианта для решения вопросов безопасности плотины:

- Вариант 1 – Частичный вывод из эксплуатации и сохранение большей части водохранилища;

- Вариант 2 – Полная перестройка всей плотины;
- Вариант 3 – Вывод плотины из эксплуатации;

Вариант 1 был сочтён нецелесообразным, поскольку он не в полной мере решал вопросы безопасности плотины и требовал непрерывных эксплуатационных расходов без получения какой-либо энергетической прибыли. Был выбран Вариант 3, так как стоимость перестройки и восстановления плотины в размере 29,5 млн.долл. в пять раз превышала стоимость вывода её из эксплуатации (4,6 млн. канадских долларов) (Ссылка 10).

## **2. Концептуальный проект**

При выборе предпочтительного альтернативного варианта/ов, подготавливаются концептуальные проекты, которые адресуют предложенные изменения рельефа на участке плотины, а также модификации сооружений и берегов реки. Эти проекты могут потребовать сбор дополнительной информации, включая данные обследования, свойства материалов, геологию и гидрологию.

Далее наряду с другими вопросами, определенными в технико-экономическом обосновании, для концептуального проектирования рассматривается отвод речных стоков. Должна быть проанализирована гидравлика стока за счёт частичной или ограниченной по ширине разборки. Если замыслом частичной разборки является перевод плотины в сооружение с меньшим риском аварий, то могут потребоваться карта зоны затопления и исследования по прорыву плотины для подтверждения того, что последствия аварии нижнего сооружения являются приемлемыми. Если ожидается, что остающиеся после разборки секции должны выдерживать стоки паводка, то будут необходимы гидравлический анализ, анализ армированных конструкций и соответствующий расчёт (проект, разработка).

В случае содержания большого количества чистых или загрязнённых наносов далее рассматривается управление удалением наносов. Необходимо рассмотреть вопросы по обработке наносов, их утилизации (вне территории или на месте), реконтурирования и рекультивации.

Как правило, для более крупных и спорных проектов вывода плотин из эксплуатации подготавливается компьютерное моделирование, иллюстрирующие предлагаемый внешний вид участка плотины после её ликвидации. Планы концептуального проекта и моделирование используются для подготовки обновлённой сметы расходов и для презентаций заинтересованным сторонам.

## **3. Формирование консенсуса с заинтересованными сторонами/ Предварительный проект**

На этом этапе владелец плотины встречается индивидуально и/или совместно с выявленными основными заинтересованными сторонами и регулирующими органами. Обсуждаются рассматриваемые альтернативные варианты, и представляется концептуальный проект для предпочтительного варианта. Запрашиваются и получают исходные данные у основных заинтересованных сторон и регулирующих органов. После получения этих исходных данных, владелец должен продемонстрировать, каким образом они будут включены в разработку проекта или оправдать их исключение. Эти исходные данные могут оказать существенное влияние на концептуальный проект. После того, как будут оценены исходные данные основной

заинтересованной стороны и регулирующего органа, подготавливается более развёрнутый предварительный проект для отражения необходимых изменений в проекте, а также обновляется смета расходов проекта.

#### **4. Окончательный проект**

Окончательный проект и технические характеристики будут подготовлены для предпочтительного альтернативного варианта на основе предварительного проекта, после получения одобрения или поддержки со стороны регулирующих органов и основных заинтересованных сторон. Проектное финансирование обычно должно быть получено до выдачи ходатайства на контракт или запроса на предложения. Может потребоваться одобрение проекта до присуждения контракта на строительство. Несмотря на то, что, как правило, желательно иметь все разрешения, выданные до присуждения контракта, это может быть ненужным и может привести к задержке проекта. В зависимости от реальных условий участка, с которыми приходится сталкиваться, может потребоваться внесение изменений в окончательный проект во время строительства. Они, как правило, трактуются в качестве поправок к контракту по цене, являющейся предметом переговоров с подрядчиком.

#### **5. Мониторинг строительства и адаптивное управление**

Признавая, что первоначальные проектные действия могут не дать ожидаемых результатов из-за непредвиденных факторов, адаптивное управление может быть важным инструментом для мониторинга результатов проекта и уточнения принимаемых мер. Адаптивное управление является официальным, научно обоснованным процессом, который (1) использует мониторинг и исследования, чтобы выявить и определить проблемы, (2) рассматривает различные альтернативные стратегии и действия для удовлетворения измеримых целей и задач, а также (3) делает своевременные корректировки стратегий и действий в случае необходимости, на основе наилучшей имеющейся в распоряжении научной и коммерческой информации.

В рамках адаптивного управления, в соответствии с протоколами, установленными для оценки данных, будут контролироваться и анализироваться конкретные параметры по ликвидации плотины, чтобы определить, дают ли они желаемые результаты или необходимы дополнительные действия. Например, мониторинг может осуществляться в пределах ранее затопленного района и русла нижнего бьефа после ликвидации плотины, чтобы оценить результаты размыва и транспортировки наносов в речной системе. Неустойчивые откосы в пределах остающихся наносов выше по течению, неожиданные отложения ниже по течению реки или размыв в пределах русла реки, неожиданный меандр русла или повышенные уровни мутности ниже по течению, могут требовать дополнительные меры по смягчению последствий, которые могут потребовать проведения дополнительных мероприятий по проектированию и строительству. Такие меры могут быть реализованы в виде модификации (изменения) к контракту по ликвидации плотины или могут быть оформлены отдельным контрактом, если требуется строительство, или, возможно, примут форму эксплуатационных изменений, влияющих на скорость потока.

Ответы адаптивного управления могут включать в себя следующие действия:

- Изменение методов, местоположения или частоты мониторинга;
- Восстановление качества воды путем обработки;

- Смягчение местных наводнений и эрозии берегов;
- Сокращение скорости ликвидации плотины;
- Временная остановка ликвидации плотины.

Действия, разработанные в рамках Плана адаптивного управления, могут финансироваться из Фонда адаптивного управления, специально созданного для этой цели. Фонд адаптивного управления в размере 3 миллионов долларов США был создан для проекта восстановления плотины на реке Баттл (Battle Creek) в Калифорнии донором третьей стороны с выплатами, запрашиваемыми в письменном виде на основе протоколов, определенных в Плате адаптивного управления.

### 5.1.1 Последовательность и график строительства

Окончательный проект для проекта ликвидации плотины должен определить основные строительные работы, последовательность, в которой они должны быть выполнены, их ориентировочную продолжительность, а также предлагаемый график, включающий любые ограничения. Ключевыми моментами, которые следует учитывать, являются следующие:

- Проекты по ликвидации плотины, как правило, должны быть запланированы в пределах допустимого для данного участка периода работы в воде;
- Необходимая работа вне русла водотока, такая как, например, для доступа к участку, может быть выполнена заблаговременно, чтобы облегчить процесс ликвидации;
- Работа непосредственно в водотоке не должна быть запланирована в течение периодов, когда она может прерываться из-за максимальных стоков, как это определено уровнем воды в реке или нормой стока.

Потенциальные риски, связанные с максимальными стоками, необходимо учитывать в плане проекта, особенно в проекте подрядчика по обустройству временных перемечек и временных обводных сооружений для стока. На период строительства должен быть разработан временный План действий в чрезвычайной ситуации (ПДЧС).

Спецификации контракта могут включать другие ограничения для графика, такие как:

- Основные периоды нерестилища рыбы, гнездования птиц, или зимней спячки восприимчивых видов, которые могут быть затронуты проектом;
- Очистка участка до начала строительства может быть ограничена периодами, когда не происходит гнездование или требуют специальных процедур для предотвращения случаев гнездования восприимчивых видов;
- Некоторые работы могут быть ограничены зимними месяцами, чтобы избежать опасности возгорания;
- Посев для рекультивации нарушенных земель может регулироваться, с обязательными определенными периодами времени для посева и конкретными видами растительности.

В целях получения оптимальных результатов основные строительные работы должны следовать логической последовательности, как указано ниже:

- Сооружения, осуществляющие попуски воды, должны оставаться в рабочем состоянии до тех пор, пока плотина будет снижена ниже уровня, на котором эти сооружения работают (например, для водозаборного сооружения водовыпусков или гребня водослива с гидротехническим затвором);

- Характерные детали, обеспечивающие прибыль проекта, должны быть ликвидированы ближе к концу долгосрочного контракта (например, водозаборная плотина в верхнем течении, обслуживающая гидроэлектростанцию), чтобы максимизировать доход от выработки электроэнергии;
- Работа в воде должна быть запланирована в то время, когда доступны заборы воды выше по течению для минимизации руслового стока от стройплощадки;
- Возможно, необходимо сохранить сооружения ниже по течению в качестве своеобразных барьеров для рыбы, пока не будет завершена работа выше по течению.

### 5.1.2 Сметы расходов

Сметы расходов на строительство будут подготовлены на основе предполагаемых количеств и типов материалов, которые будут удалены, предполагаемых методов и темпов разборки, ожидаемых методов и мощностей по транспортировке, а также мест захоронения. Проектировщиком должна быть предоставлена достаточная информация по цене на все статьи работы, в том числе на те, которые определены в графике тендерной заявки в виде единовременной выплаты. Как правило, будут включены дополнительные пособия для мобилизации оборудования, доступа к строительной площадке, отвода руслового стока и заботы о нём, экологического контроля (такие, например, как вода для борьбы с пылью), восстановления производственной площадки, а также любых неучтенных позиций.

Дополнительными элементами, которые могут значительно увеличить стоимость проекта по ликвидации плотины, являются:

- Надлежащее обращение и утилизация опасных материалов;
- Соответствие экологическим нормам и смягчение последствий, регулирующими органами;
- Задержки в получении нормативных разрешений из-за недостаточного ранее вовлечения заинтересованных сторон в проект;
- Ликвидация наносов и выездная утилизация, в особенности если отложения загрязнены;
- Утилизация земли и каменно-набросных подпорных материалов и выкопанных материалов;
- Утилизация бетона. Отходы бетона могут быть раздроблены для повторного использования, что может привести к экономии средств;
- Замена или модификация инфраструктуры выше и ниже по течению;
- Компенсация владельцу плотины за права на водные ресурсы и имущественные интересы.

Затраты на вывод плотины из эксплуатации могут быть значительными даже для небольших плотин. В следующей таблице приведены некоторые примеры затрат, связанных с планированием, проектированием, получением разрешений и строительством для ряда известных в мире проектов по ликвидации плотин.

Наименование плотины	Тип	Год ликвидации	Общая стоимость	Основные элементы стоимости
Саелса (Saeltzer) - США	20 футов высотой Неоднородная	2000	6.0 млн.долл. США	Контракт на строительство – 2,8 млн.долл.США

	гравитационная – бетонная стена и деревянный ряж			Компенсация за права на воду и имущественные интересы – 2,5 млн.долл.США
Чилокуин (Chiloquin) - США	21 футов высотой Бетонная гравитационная	2008	18 млн.долл. США	Контракт на строительство для ликвидации плотины и новую насосную станцию – 9 млн. долл.США
Савидж Рапидс (Savage Rapids) - США	33 футов высотой Бетонная гравитационная и многоарочная	2009	39.3 млн.долл. США	Контракт на строительство – 28,3 млн.долл.США
Элва (Elwha) - США	108 футов высотой Бетонная гравитационная	2011-2014	Оценивается в 350 млн.долл. США	Покупка Федеральным правительством - 29,5 млн.долл.США Новые сооружения – 96 млн.долл.США Контракт на строительство – 28,3 млн.долл.США
Глайнс Каньон (Glines Canyo) - США	210 футов высотой Бетонная арочная			Включена с плотиной Элва (Elwha)
Оаки Крик (Oaky Creek) - Австралия	10 футов высотой Земляная насыпная	2000	0.6 млн. Австралийских долларов	Временное обновление до пропускной способности водосброса – 0,3 Ликвидация плотины – 0,3
Маунт Морган (Mount Morgan) - Австралия	Три плотины; самая крупная 9,7 метров высотой; Бетонная гравитационная	2004	7.3 млн. Австралийских долларов	Удаление 500000 тонн загрязнённых хвостов в водохранилище
Веллингтон (Wellington) - Австралия	15 метров высотой Бетонная гравитационная	2002	1 млн. Австралийских долларов	
Керноскиек (Kernansquillec) - Франция	15 метров высотой Многокупольная бетонная	1996	6.1 млн. французских франков	Наносы в водохранилище
Сент-Этьен дю Виган (Saint-Etienne du Vigan) - Франция	12 метров высотой Бетонная	1998	7 млн. французских франков	

Куси (Coursier) - Канада	19 метров высотой Земляная насыпная	2003	4.6 млн. канадских долларов	Выемка и утилизация 105000 м <sup>3</sup> материала насыпи
--------------------------	--	------	-----------------------------	--

## 5.2 Стадия строительства

### 5.2.1 Общие положения

Термин «строительство» используется для описания процессов физической ликвидации плотины в настоящем руководстве, поскольку обычно используются стандартное строительное оборудование и методы.

### 5.2.2 Доступ к площадке и мобилизация

Строительный доступ на проектную площадку может стать важным фактором, влияющим на затраты по ликвидации плотины. Подъездные пути, используемые для первоначального строительства плотины, могут быть непригодны для современного строительного оборудования или не соответствовать текущим требованиям безопасности. Могут потребоваться значительные улучшения существующих подъездных путей для выполнения работ, и их следует учитывать в стоимости и графике проекта. Также должно быть рассмотрено воздействие на жителей, которые перебрались на место площадки уже после того, как плотина была завершена. В требованиях по восстановлению площадки следует указывать должны ли быть сохранены дороги доступа к площадке или они должны быть уничтожены после ликвидации плотины.

### 5.2.3 Сработка водохранилища

Размер водохранилища и характеристики речного стока участка, а также возможность для безопасной сработки водохранилища во время прохождения нормальных потоков, имеют решающее значение при планировании ликвидации плотины и восстановления участка. Должны быть определены размер и расположение существующих сооружений для осуществления попусков, также должны быть оценены максимальные скорости попусков для потенциально неблагоприятного воздействия.

#### 1. Объём попусков при сработке

Первый шаг заключается в выявлении всех существующих сооружений для осуществления попусков, а также определении их объёмов попуска и рабочего диапазона. Плотина может иметь один или более конструктивных элементов попуска верхнего уровня, среднего уровня и нижнего уровня. Конструктивные элементы верхнего уровня включают водосбросы с затворами, водовыпуски канала и лестничные рыбоходы. Элементы среднего уровня включают в себя напорные трубопроводы (турбинные водоводы), муниципальные и промышленные водовыпуски. Нижнеуровневые элементы включают в себя речные водовыпуски, промывные галереи и водовыпуски для забора воды. Должны быть оценены уровни наносов выше от промывной галереи или водовыпуска для забора воды, чтобы определить, могут ли появиться какие-либо эксплуатационные проблемы (такие, как закупоривание древесным мусором или попуски загрязняющих веществ).

В целях планирования сработки водохранилища должны быть разработаны или получены из имеющихся в наличии эксплуатационных документов или проектных записей кривые расходов для конструктивных элементов, осуществляющих попуск из водохранилища. Эти кривые будут показывать ожидаемый расход для заданного уровня водохранилища на основе конкретного отверстия с гидротехническим затвором. На месте могут применяться эксплуатационные ограничения, чтобы ограничить отверстие с гидротехническим затвором для предотвращения кавитационных повреждений, чрезмерных скоростей потока или потребности в воздухе. Поскольку попуски осуществляются для облегчения последующей ликвидации плотины, некоторые повреждения сооружений для осуществления попусков могут быть вполне приемлемыми.

Должна быть оценена пропускная способность русла ниже по течению, чтобы определить, возможен ли какой-либо ущерб в результате максимальных попусков из водохранилища во время его сработки. Планы действий в чрезвычайной ситуации (ПДЧС) или карты затопления ниже по течению могут содержать информацию, относящуюся к безопасным пропускным способностям русла, основанной на соотношении «уровень воды в реке-расход». Новые события могут повлиять на ранее установленные границы потока или маловодные перекрёстки могут оказаться под неблагоприятным влиянием устойчивых попусков, требуя полевых исследований условий до попусков из водохранилища.

Сработка водохранилища требует попуск объёма водохранилища, а также проход вниз по течению притока в водохранилище. Кривая объёмов или таблицы объёмов (ёмкости) водохранилища должны быть получены из проектных записей или разработаны с использованием топографии участка при его наличии.

## **2. Ограничения по скорости сработки**

Скорость сработки водохранилища должна быть оценена по отношению к потенциальной нестабильности откосов насыпи выше по течению или оползней вдоль границы чаши водохранилища. Может должны быть ограничены скорости сработки, чтобы предотвратить состояние быстрой сработки, которое может привести к нарушению устойчивости откосов.

Эрозия и движение аккумулярованных в водохранилище наносов, могут потребовать дополнительных ограничений на сработку. Связанное с качеством воды воздействие на окружающую среду обитания рыбы, может потребовать создания так называемых «окон для рыбы», во время которых не будет разрешено осуществлять сработку по причине повышенных уровней мутности.

## **3. Воздействие сработки водохранилища**

Сработка водохранилища может приводить к воздействиям, которые должны быть определены и оценены как часть проекта по ликвидации плотины.

- Первоначальные преимущества или цели, для которых плотина была разрешена и построена, могут быть безвозвратно потеряны. Это будет включать водоснабжение, борьбу с наводнениями, выработку электроэнергии и отдых;
- Возможно, должны быть решены юридические права на забор воды;
- В дополнение к потере функции хранения воды, в результате может снизиться уровень грунтовых вод, что, в свою очередь может оказать влияние на местные колодцы (скважины) и источники;

- На качество воды ниже по течению может отрицательно повлиять прохождение природных наносов (либо в виде взвешенных твердых частиц или донных наносов), которые ранее содержались в водохранилище;
- Более грубые наносы могут осаждаться вдоль нисходящего русла, создавая более высокие уровни воды в реке и увеличивая потенциал затопления.

Ликвидация плотины и потеря ёмкости водохранилища также могут привести к значительным воздействиям на инфраструктуру в районе водохранилища.

- Потеря глубины русла может повлиять на речное судоходство, а ликвидация плотины может уничтожить важную речную переправу;
- Опоры мостов, насыпи проезжей части и железнодорожные насыпи, дамбы обвалования, дренажные водопропускные трубы и погружённые коммунальные сооружения (такие как водопроводные трубы и трубопроводы природного газа) в пределах территории водохранилища станут подвергаться воздействию более высоких скоростей потока, размыву и поверхностной эрозии;
- Ранее затопленные культурные и археологические памятники могут стать открытыми и подвергнуться эрозии или вмешательству человека;
- Могут быть потери в стоимости недвижимости вдоль бывшей береговой линии;
- Обнажение дна озера может привести к опасности образования пыли, что потребует вести борьбу с эрозией и осуществлять посадку растительности;
- Может потребоваться смягчение каких-либо воздействий выше по течению в качестве составной части процесса выдачи разрешений.

## **Забор речного стока**

Возможность безопасного пропуска речного стока при ликвидации плотины часто имеет решающее значение в процессе ликвидации плотины. Это особенно важно для земляной плотины, которая более уязвима, чем бетонная плотина в случае перелива воды через гребень. Когда существующие сооружения для осуществления попусков оказываются неспособными пропустить ожидаемые потоки или расположены недостаточно низко, чтобы в достаточной степени сработать водохранилище, должны быть использованы альтернативные методы забора воды. Для небольших плотин забор речного стока может быть достигнут путём строительства канала вокруг существующего объекта, как это было сделано во время ликвидации плотины Саэлса (Saeltzer) в Калифорнии (Ссылка 20).

Для более крупных плотин может быть выкопан водозаборный туннель через один из боковых примыканий с выпускным отверстием из водохранилища, используемым для строительства водозаборного сооружения. Бетонные плотины обычно можно гораздо легче приспособить для водозабора путём пропуска потоков над верхней частью плотины. Измерительные водосливы могут быть построены через плотину, чтобы обеспечить сработку водохранилища для выемки верхних частей плотины в сухом виде так, как это планируется для ликвидации плотины Глайнс Каньон (Glincs Canyon) в штате Вашингтон. Более подробная информация об этих двух проектах включена в Раздел 9.

Метод забора речного стока и объём попуска будут определять уровни водохранилища во время его разборки, которые могут повлиять на варианты разборки. Прохождение стоков паводка, которые превышают объём попуска речного стока водозаборными сооружениями, может контролировать график подрядчика. Необходим гидрологический анализ, чтобы определить диапазон паводков, ожидаемых во время ликвидации плотины. Данные речного стока могут быть получены из гидрометриорологических наблюдений для участка (или заимствованы из соседнего участка) и из эксплуатационных данных водохранилища.

Наземные обводные водозаборные каналы пропускают речной сток вокруг плотины через выкопанный в горной породе (скале) канал, облицованный земляной канал, временный лоток или трубопровод. Водозаборные туннели пропускают речной сток через сопрягающий откос, обычно через необлицованный туннель в горной породе (скале), что требует дорогостоящей выемки материала для отвода воды под поверхностью водохранилища. Водозаборные водовыпуски пропускают речной сток через плотину, либо через существующий водовыпуск (выпускной трубопровод) с перемещёнными органами (рычагами) управления затвором и модифицированным доступом, либо через первоначальный водозаборный водовыпуск, восстановленный для использования (например, путем удаления бетонной заглушки), либо через новый водовыпуск, построенный в бетонной плотине за счёт взрывных работ на подводной перемычке (подпорной стенке) выше по течению.

Некоторая форма регулирования стока часто обеспечивается для водозаборных сооружений, особенно для тех, которые требуют, чтобы речной сток проходил через плотину или сопрягающий откос значительно ниже поверхности водохранилища. Это обеспечивает средства для управления скоростью сработки водохранилища в целях управления наносами или для предотвращения попусков ниже по течению, которые могут превысить безопасную пропускную способность русла ниже по течению.

Новый водовыпуск, построенный через бетонную плотину, может быть оснащён большим плоским затвором скользящего типа либо на верховом откосе (границе) или на низовом откосе (границе) плотины, чтобы обеспечить регулирование стока.

Строительство временной перемычки выше по течению может обеспечить временное хранение, чтобы уменьшить естественный сток через разбираемый участок или обеспечить большой напор на временном водозаборном трубопроводе для увеличения его пропускной способности. Временная перемычка ниже по течению может предотвратить эффекты подпора на участке разборки.

#### **5.2.4 Методы разборки и ликвидации**

В целях планирования проекта и составления сметы затрат должен быть выбран предпочтительный метод разборки, но спецификации должны определять только пределы ликвидации и какие-либо соответствующие ограничения, позволяя тем самым подрядчику представлять на утверждение альтернативные методы по разборке.

### **1. Методы удаления бетона**

- Бурение и взрывные работы. Бурение и взрывные работы, как правило, являются наиболее экономичным и эффективным методом для разборки бетона;
- Резка алмазным проводом. Резка алмазным проводом обычно используется на больших бетонных плотинах, где другие методы не имеют практического применения;
- Механическое разрушение. Механическое разрушение обычно используется для ликвидации небольших бетонных плотин. Эти методы включают смонтированные на стреле крана ударные молотки гидравлического действия («ковш-молот», установленные на кране шары для сноса, перфораторы и гидравлические расщепители);
- Химическое разрушение. Химические расширяющие реагенты смешиваются с водой в буровых скважинах, что приводит к появлению трещин в бетоне;
- Другие методы разрушения. Другие менее распространенные методы разрушения бетона включают водоструйную очистку, газопламенную резку и плазменный, а также электрический разряд высокого напряжения.

## **2. Методы удаления тела плотины**

Земляная и каменно-набросная плотины обычно ликвидируются с помощью обычных методов ведения земляных работ и при помощи землеройной техники, и могут служить источником глины, песка, гравия, булыжников и камня для восстановления участка или для местного коммерческого использования. Для небольших земляных плотин может использоваться контролируемый прорыв, обеспечивая в результате эрозию насыпи, что не создаёт ниже по течению разрушения или неприемлемые воздействия на окружающую среду.

### **5.2.5 Утилизация удаляемых материалов**

Материалы, получаемые в ходе ликвидации плотины и водопроводящих приплотинных сооружений, могут включать в себя широкий диапазон материалов, которые должны быть утилизированы в соответствии с местными правилами. Для всех этих материалов должны быть определены подходящие площадки для захоронения (утилизации) отходов в пределах разумного расстояния их перевозки. Захоронение (утилизация) материалов непосредственно на площадке, как правило, требует специальных разрешений и согласований от государственных и регулирующих организаций.

Опасные материалы требуют специальной обработки и утилизации на согласованных объектах.

Бетонные отходы могут быть раздроблены для повторного использования в качестве дорожного основания или для других строительных целей. Удаление наносов водохранилища обсуждается в Разделе 6.

### **5.2.6 Восстановление площадки**

После ликвидации всей или части плотины и водопроводящих приплотинных сооружений, возможно придётся изменить функции остающихся элементов для обеспечения общественной безопасности или сведения к минимуму требований к длительной эксплуатации и техническому обслуживанию. Типичные мероприятия по восстановлению площадки могут включать в себя:

- Изменение формы и рекультивация площадки плотины и участков водохранилища;
- Засыпка водобойных колодцев, воронок размыва, отводящих площадок гидроэлектростанции, фундаментов зданий, а также каналов до исходной или другой обозначенной поверхности земли;
- Строительство берм устойчивости или подпорных стенок для стабилизации потенциально неустойчивых откосов или участков оползней после сработки водохранилища;
- Установка якорей в горной породе (скале) или натягиваемых после тросов (арматурных пучков) для стабилизации сыпучих каменных клиньев в узких горных ущельях (каньонах) после ликвидации плотины;
- Заглушка или засыпка порталов туннеля для предотвращения попадания вовнутрь, с возможными специальными условиями для проверки и дренажа в будущем;
- Удаление захороненных трубопроводов с целью предотвращения их дальнейшего износа и разрушения;
- Удаление или стабилизация высоких и непрочных сооружений, таких как башенные водозаборы и уравнильные резервуары гидроэлектростанции, которые могут быть восприимчивы к разрушению во время землетрясения;
- Строительство дамб (перемычек), дамб обвалования (руслых валов) или стабилизация берега вдоль русла реки ниже по течению для сведения к минимуму ущерба от паводков;
- Обеспечение защитных мер по сдерживанию незаконного проникновения и вандализма, если остаются части плотины и водопроводящих приплотинных сооружений;
- Расположение землевладений, полосы отчуждения и права прохода, связанные с объектами.

## **6. УПРАВЛЕНИЕ НАНОСАМИ**

### **6.1 Воздействие наносов**

В большинстве случаев наносы будут улавливаться в отстойнике в водохранилище за плотиной. Объем осажденных наносов их физико-химические свойства могут иметь большое влияние на затраты по проекту и на русло реки выше и ниже по течению после того, как плотина ликвидируется.

В 2006 году Бюро мелиорации США установило пять индикаторов (показателей) для оценки степени того, будет ли, скорее всего, управление наносами являться серьезной проблемой в пределах водохранилища (Ссылка 13).

#### **1. Относительная ёмкость (объём) водохранилища**

Отношение нормальной ёмкости хранения водохранилища к среднегодовому притоку является оценкой эффективности отстойника наносов водохранилища. Исходя из этого соотношения, можно было бы ожидать, что водохранилище с ёмкостью для хранения более чем на 10% от среднего годового притока сможет уловить в отстойник от 75% до 100% наносов. Также можно было бы ожидать, что водохранилище с ёмкостью хранения 1% от

среднего годового притока сможет уловить в отстойник от 30% до 35% наносов. Эффективность отстойника будет близка к нулю, если ёмкость хранения водохранилища составляет менее 0,1% от среднего годового притока.

## **2. Эксплуатация водохранилища**

Эксплуатация водохранилища будет влиять на эффективность отстойника наносов и распределение наносов в пределах водохранилища. Эффективность отстойника водохранилища больше, если значительная часть притока сохраняется во время наводнений. Для проектов, работающих в естественном режиме реки, где водохранилище обычно заполнено, эффективность отстойника будет ниже.

## **3. Относительный объём наносов водохранилища**

Отношение объёма наносов водохранилища к годовой пропускной способности реки является ключевым индикатором (показателем) при транспортировке наносов. Когда объём наносов водохранилища мал по сравнению с годовой транспортирующей способностью потока, влияние на русло реки ниже по течению после ликвидации плотины, вероятно, будет небольшой.

## **4. Относительная ширина водохранилища**

Максимальная ширина водохранилища по отношению к активной ширине русла выше по течению от плотины является индикатором (показателем) того, сколько наносов будет выпущено во время и после ликвидации плотины. Если водохранилище во много раз шире, чем русло реки выше по течению, то река не может быть способна размыть все наносы водохранилища, даже спустя длительное время после того, как плотина будет ликвидирована.

## **5. Относительная концентрация загрязняющих веществ**

Даже эрозия чистых наносов может привести к мутности и воздействию на окружающую среду ниже по течению от плотины. Наносы, которые содержат загрязняющие вещества выше фоновых уровней, вероятно, потребуют удаления и надлежащей утилизации или стабилизации для предотвращения их транспортировки ниже по течению.

Приведенные выше индикаторы (показатели) полезны для первоначальной оценки вопросов по управлению наносами. Однако могут быть необходимы обширные полевые исследования и гидравлическое моделирование, чтобы охарактеризовать наносы и оценить их влияние ниже по течению после того, как только плотина будет ликвидирована. Должен быть разработан план по управлению наносами для решения как инженерных, так и экологических проблем.

### **6.2 Альтернативные варианты управления наносами**

Альтернативные варианты управления наносами могут быть сгруппированы в четыре общие категории следующим образом.

#### **1. Альтернативный вариант без ликвидации плотины**

В рамках данного альтернативного варианта плотина, водохранилище и наносы будут оставлены на месте. Сохранение плотины и удержание наносов

на месте могут быть предпочтительной альтернативой, если наносы загрязнены. Например, владелец плотины Райзинг Понд (Rising Pond) в штате Массачусетс первоначально планировал ликвидировать плотину, а не делать ремонт для улучшения её безопасности. Однако, после обнаружения того, что наносы могут быть загрязнены полихлорированными бифенилами (ПХБ), было установлено, что дешевле отремонтировать плотину, чем ликвидировать её и отправить загрязненные наносы на утилизацию.

## **2. Альтернативный вариант речной эрозии (размыва)**

Предоставление наносам водохранилища возможности разрушаться (размываться) и сбрасываться в русло реки ниже по течению в результате естественных процессов, может быть наименее дорогостоящим альтернативным вариантом. Тем не менее, воздействия ниже по течению должны быть оценены и признаны приемлемыми. Эта альтернатива может оказаться невозможной, если наносы загрязнены или если наносы будут отрицательно влиять на качество воды или инфраструктуру ниже по течению.

Вероятнее всего будет необходимо численное и физическое моделирование для того, чтобы оценить скорость и степень эрозии (размыва) наносов водохранилища, их транспортировки и перераспределение наносов в пределах водохранилища и русле реки ниже по течению.

Ликвидация плотин Элва (Elwha) и каньона Глайнс (Glines Canyon) в штате Вашингтон началась в 2011 году. Проект включает в себя полную ликвидацию плотины Элва (Elwha) и частичную ликвидацию плотины каньона Глайнс (Glines Canyon) с сохранением водосбросного сооружения и здания гидроэлектростанции. Плотины будут удалены поэтапно, чтобы обеспечить естественную эрозию (размыв) от 6 до 9 миллионов кубических ярдов наносов из 18 миллионов кубических ярдов в водохранилищах. Дополнительная информация по данному проекту включена в Раздел 9.

## **3. Альтернативный вариант механического удаления**

Механическое удаление наносов снижает воздействие ниже по течению, но является потенциально наиболее дорогостоящей альтернативой. Наносы удаляются с помощью гидравлических или механических дноуглубительных работ или земляных работ (выемка) и транспортировки их на грузовиках к соответствующему месту утилизации. Транспортировка может быть организована по пульпопроводу, на грузовиках или конвейерным способом. Может потребоваться транспортировка загрязненных наносов к месту захоронения опасных отходов.

## **4. Альтернативный вариант стабилизации**

Наносы стабилизируются в водохранилище путём строительства русла реки через наносы или вокруг них. Этот альтернативный вариант является более дорогим, чем альтернатива речной эрозии, но дешевле, чем механическое удаление.

### **6.3 Оценка альтернативных вариантов управления наносами**

В **Таблице 6-1** представлены возможные сочетания альтернативных вариантов вывода плотин из эксплуатации и альтернативных вариантов управления наносами (Ссылка 7).

Альтернативные варианты управления наносами	Альтернативные варианты вывода плотины из эксплуатации		
	Продолжающаяся эксплуатация	Частичная ликвидация плотины	Полная ликвидация плотины
Без осуществления каких-либо действий	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Отложение наносов (заиление) в водохранилище продолжается при существующих скоростях</li> <li>▪ Поступающие с потоком наносы сокращаются за счёт практик сохранения водосбора, или</li> <li>▪ Режим эксплуатации водохранилища корректируется, чтобы уменьшить эффективность отстойника наносов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Применяется только если большая часть плотины остаётся на месте</li> <li>▪ Эффективность отстойника наносов водохранилища будет сокращена</li> <li>▪ Некоторые наносы могут быть эродированы из резервуара</li> </ul>	Не применяется
Речная эрозия (размыв)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Затворы донного водовыпуска устанавливаются или модифицируются для промывки наносов из водохранилища.</li> <li>▪ Сработка водохранилища, чтобы помочь промывать наносы.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Частичная эрозия (размыв) наносов из водохранилища в нижний бьеф русла реки</li> <li>▪ Потенциальная эрозия (размыв) оставшихся наносов путем промывания и сработки водохранилища</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Эрозия (размыв) наносов из водохранилища в нижний бьеф русла реки. Скорости эрозии (размыва) зависят от скорости ликвидации плотины и притока в водохранилище. Количество эрозии (размыва) зависит от соотношения ширины водохранилища к ширине реки.</li> </ul>

Альтернативные варианты управления наносами	Альтернативные варианты вывода плотины из эксплуатации		
	Продолжающаяся эксплуатация	Частичная ликвидация плотины	Полная ликвидация плотины
Механическое	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Отложения</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Наносы</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Наносы</li> </ul>

удаление	удаляются с небольших глубин за счёт драги или путем обычных земляных работ (выемка) после сработки водохранилища	удаляются с небольших глубин до сработки водохранилища <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Наносы удаляются с больших глубин во время сработки водохранилища</li> </ul>	удаляются с небольших глубин до сработки водохранилища <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Наносы удаляются с больших глубин во время сработки водохранилища</li> </ul>
Стабилизация	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Наносы уже стабильны из-за наличия плотины и водохранилища.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Сохранить нижнюю часть плотины, чтобы предотвратить выпуск грубых наносов или сохранить большую часть длины плотины через речную долину, чтобы помочь стабилизировать наносы по краям водохранилища</li> <li>▪ Строительство речного русла через наносы водохранилища или вокруг наносов водохранилища</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Строительство речного русла через существующие наносы водохранилища или вокруг них</li> <li>▪ Переместить часть наносов в те места в пределах зоны водохранилища, которые не будут подвергаться высокой скорости речного стока</li> </ul>

Шаги по подготовке планов альтернативного управления наносами для оценки показаны в **Таблице 6-2** (Ссылка 1).

**Таб. 6-2. Шаги по подготовке планов альтернативного управления наносами**

1.	Изучить возможный диапазон альтернативных вариантов по выводу плотин из эксплуатации (продолжение работы, частичное удаление плотины, и полное удаление плотины).
2.	Определить характеристики наносов водохранилища, в том числе объём, пространственное распределение, распределение по размерам частиц, на единицу массы и химический состав.
3.	Изучить существующую и предварительную (до строительства плотины) геоморфологию речного русла выше и ниже по течению от плотины.
4.	Провести инвентаризацию существующей инфраструктуры вокруг водохранилища, вдоль речного русла ниже по течению и вдоль верхнего участка русла реки, находящегося под влиянием водохранилища.
5.	Определить возможный диапазон альтернативных вариантов управления наносами и сформулировать конкретные альтернативные варианты.

6.	Координировать детали каждого альтернативного варианта управления наносами с другими аспектами альтернативного варианта вывода плотины из эксплуатации.
7.	Провести первоначальную оценку рисков, затрат и воздействия на окружающую среду для каждого альтернативного варианта управления наносами.
8.	Определить, какие меры по смягчению последствий могут быть необходимы для того, чтобы сделать каждый альтернативный вариант осуществимым и включить эти меры в альтернативный вариант.
9.	Завершить оценку затрат, воздействия на окружающую среду, а также рисков для каждого модифицированного альтернативного варианта управления наносами.
10.	Подтвердить документами риски, затраты и воздействия на окружающую среду каждого альтернативного варианта для рассмотрения с инженерными и экологическими компонентами исследования. Обеспечить техническую поддержку процесса принятия решений.

Выбранный альтернативный вариант управления наносами будет зависеть от целей управления наносами, проектных и строительных ограничений и нормативных требований разрешений. Сравнение преимуществ и недостатков альтернативных вариантов управления наносами перечислены в **Таблице 6-3**

*Таб. 6-3 . Краткое сравнение альтернативных вариантов управления наносами [ASCE, 1997]*

<b>Альтернативные варианты управления наносами</b>	<b>Преимущества</b>	<b>Недостатки</b>
Без осуществления каких-либо действий	Низкая стоимость	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Продолжающиеся проблемы для прохода рыбы и судов</li> <li>▪ Для водохранилищ продолжение заиления водохранилища, потеря ёмкости водохранилища, а также снижение подачи наносов в русло реки ниже по течению</li> </ul>
Речная эрозия (размыв)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Потенциально низкая стоимость альтернативного варианта</li> <li>▪ Восстанавливается поступление наносов в русло реки ниже по течению</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Как правило, самый большой риск непредвиденных последствий</li> <li>▪ Временное ухудшение качества воды ниже по течению</li> <li>▪ Потенциал для динамики (размыв и отложение наносов)</li> </ul>

		речного русла ниже по течению от водохранилища
Механическое удаление	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Как правило, низкий уровень риска при высвобождении водохранилища от наносов</li> <li>▪ Низкие воздействия на качество воды ниже по течению</li> <li>▪ Низкий потенциал для краткосрочной динамики (размыв и отложение наносов) речного русла ниже по течению</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Высокая стоимость</li> <li>▪ Может быть трудно найти участок для утилизации</li> <li>▪ Загрязненные наносы, если они присутствуют, могут повлиять на грунтовые воды на участке утилизации</li> </ul>
Стабилизация	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Умеренная стоимость</li> <li>▪ Избегается воздействие на другие площадки для утилизации</li> <li>▪ От низкого до умеренного воздействия на качество воды ниже по течению</li> <li>▪ Низкий потенциал для краткосрочной динамики (размыв и отложение наносов) речного русла ниже по течению</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Долгосрочные затраты на техническое обслуживание русла реки через наносы водохранилища или вокруг наносов водохранилища</li> <li>▪ Потенциал недостаточности или несостоятельности мер по стабилизации наносов.</li> <li>▪ Зона водохранилища не восстанавливается до естественных условий</li> </ul>

Выбранный план управления наносами может представлять собой сочетание нескольких альтернативных вариантов. Вопрос о ликвидации плотины Матилия (Matilija) в Калифорнии находился в стадии изучения и планирования на протяжении многих лет. Бетонная арочная плотина с длиной 200 футов была построена для водоснабжения, но в настоящее время около 90% водохранилища заполнено 6 миллионами кубических ярдов наносов. Были изучены многочисленные варианты управления наносами. Предпочтительным вариантом является удаление по пульпопроводу около 2,1 миллиона кубических ярдов наносов, состоящих из мелких частиц, и предоставление наносам, состоящим из крупных частиц, возможности разрушаться естественным образом ниже по течению к океану. Дополнительные детали проекта включены в Раздел 9. Ориентировочная стоимость проекта составляет 130 миллионов долларов США.

Плотина Сан-Клементе (San Clemente) в Калифорнии является бетонной арочной плотиной с высотой 106 футов и длиной 300 футов. Плотина была построена для водоснабжения, но около 90% водохранилища заполнено 2,5 миллионами кубических ярдов наносов. Кроме того, плотина не отвечает современным стандартам безопасности при землетрясении и наводнениях. Механическое удаление отложений и вывозки автомобильным транспортом

было исключено из-за дорожно-транспортных воздействий и стоимости. Рассматриваются два варианта:

**1) Вариант хранения за пределами участка:** Около 2,5 миллионов кубических ярдов наносов будет вынута из водохранилища и транспортировано на расстояние менее одной полумили системой конвейерной ленты в небольшой каньон без активного водотока. Водоохранилище будет осушено путём отведения реки Кармель (Carmel) в реку Сан-Клементе (San Clemente Creek). После удаления наносов и плотины русло реки будет восстановлено и природные потоки направлены через участок водохранилища.

**2) Вариант обводного канала:** Приблизительно на 2500 футов вверх по течению от плотины часть реки Кармель (Carmel) будет постоянно отводиться за счёт обустройства канала длиной 450 футов в реку Сан-Клементе (San Clemente Creek). Плотина и лестничный рыбоход будут ликвидированы. Обводной участок реки Кармель (Carmel) будет использоваться в качестве места захоронения наносов. Приблизительно 380 000 кубических ярдов наносов в рукаве реки Сан-Клементе (San Clemente Creek) будет переведено в рукав реки Кармель (Carmel) водохранилища.

Стоимость удаления наносов оценивается от 75 до 188 миллионов долларов США. Дополнительные детали проекта включены в Раздел 9.

## **7. Мониторинг выполнения**

### **7.1 Общие положения**

Мониторинг выполнения может потребоваться на любом этапе процесса вывода плотины из эксплуатации (сработка водохранилища, строительство, процесс после вывода из эксплуатации). Это может быть необходимо для количественного определения и оценки воздействий на окружающую среду, вызванных проектом вывода плотины из эксплуатации, хотя многие из воздействий, вероятно, будут выявлены и частично количественно определены на протяжении всего процесса оценки ликвидации плотины. Воздействия на окружающую среду можно охарактеризовать как желательные или нежелательные и классифицировать как прямые, косвенные или совокупные.

- Прямые воздействия от какого-либо действия происходят приблизительно в то же время и на том же самом месте, что и само действие;
- Косвенными воздействиями являются предвидимые последствия, которые происходят позднее по времени (в будущем) или на некотором (взаимосвязанном) расстоянии ниже или выше по течению от иницирующего действия;
- Совокупные воздействия относятся к дополняющим эффектам действия, которые добавляются к другим эффектам, полученным из прошлых, настоящих и будущих действий.
- Экологическая экспертиза, осуществляемая на стадиях планирования проекта, должна выявлять и решать потенциальные воздействия. Программа мониторинга выполнения должна рассматривать следующие вопросы:
  - Цели программы мониторинга выполнения;
  - Минимальная продолжительность программы;
  - Перечень элементов, которые следует контролировать во время и после вывода плотины из эксплуатации;
  - Пределы или критерий приемлемости для каждого элемента;

- Требования к периодической отчетности (частота, формат);
- Смягчающие меры в том случае, если возникает проблемная ситуация;
- Процедура вмешательства в случае возникновения непредвиденной ситуации.

В следующих разделах обсуждаются физические, биологические и социально-экономические воздействия проекта по выводу плотины из эксплуатации, связанный с этим мониторинг и потенциальное смягчение этих воздействий.

## 7.2 Физические воздействия

Типичные параметры физического воздействия, связанные с проектами по выводу плотины из эксплуатации, включают в себя:

- Сток паводка - более высокие пики ниже по течению и большие колебания стока;
- Уровень грунтовых вод - более низкие уровни грунтовых вод и меньшая производительность скважины;
- Качество воды - изменения в мутности, температура, растворенный кислород, общее количество взвешенных и растворенных твердых веществ, твердость, питательные вещества, металлы и загрязняющие вещества;
- Донные наносы и движение - отложение наносов может уменьшить пропускную способность ниже по течению реки, что приводит к затоплению и эрозии берегов;
- Формирование ледяных заторов - изменения в структурах (формах) ледяных заторов на площадках в условиях холодной погоды.

В целом альтернативный вариант речной эрозии является наиболее исчерпывающим анализом с точки зрения отложения наносов. Для того, чтобы предсказать воздействия, связанные с движением совокупных (накопительных) наносов, должна быть построена модель системы. Сложность модели, применяемой к системе, должна быть согласована с данными и имеющимися в наличии ресурсами. Есть два важных элемента, которые следует учитывать при моделировании воздействий ниже по течению:

- Перемещение наносов через системы водохранилище-перекат реки (донный рифель);
- Перемещение мелкозернистых донных отложений по неровному дну.

В целях проверки этих прогнозов, мониторинг имеет важное значение во время сработки водохранилища.

Для проектов, которые имеют значительный объем наносов в водохранилище, мониторинг и адаптивное управление являются важнейшими компонентами. Как правило, целями плана мониторинга наносов является обнаружение и избежание значительных воздействий, связанных с затоплением, эрозией инфраструктуры и качеством воды. Кроме того, программа мониторинга может оценивать эффективность проекта и предоставлять научную информацию, применимую к другим проектам. Программа мониторинга может быть разработана, чтобы предоставить следующие виды информации:

- Эрозия и перераспределение наносов водохранилища;
- Видовой состав и численность;
- Оценка и пригодность водной среды обитания;
- Устойчивость откосов внутри водохранилища и ниже по течению русла реки;

- Качество воды, в том числе концентрации взвешенных наносов;
- Динамика русла реки (размыв и отложение наносов) и уровень паводка вдоль русла реки ниже по течению;
- Характеристики водоносных горизонтов (грунтовых вод);
- Формы русла реки и геометрия русла;
- Крупный древесный мусор;
- Процессы в прибрежных районах, в том числе батиметрия дельты и мутности воды.

Частота и продолжительность деятельности в области мониторинга зависят от местных условий проекта, таких как относительный объём наносов водохранилища, скорость ликвидации плотины, время года, гидрология и бюджет проекта. В целях установления базового мониторинга для сравнения необходимы измерения начальных условий. Мониторинг должен проводиться до ликвидации плотины, в течение достаточно длительного периода, чтобы протестировать протоколы мониторинга и определить диапазон изменчивости в данных. Мониторинг должен продолжаться и после ликвидации плотины, пока наносы водохранилища будут либо эродированы (разрушены) и смыты в русло реки ниже по течению или стабилизированы в водохранилище.

### **7.3 Биологические воздействия**

Типичные параметры биологического воздействия, связанные с выводом плотины из эксплуатации, включают в себя:

- Изобилие и разнообразие рыб, беспозвоночных и планктона;
- Водная среда обитания для воспроизводства и разведения рыбы;
- Живая природа и растительность.

Оценка биологических воздействий должна начинаться с информации о существующих условиях. Могут быть необходимы обследования среды обитания на предмет выявления важной среды обитания для воспроизводства и разведения, а также фокусирование внимания на конкретных сезонах в зависимости от видов, вызывающих озабоченность.

Частичная или полная ликвидация плотины, которая постоянно снижает уровни водохранилища, изменит видовой состав рыбы и может повлиять на окружающую среду обитания живой природы. Некоторыми предсказываемыми воздействиями, негативными или позитивными, могут быть:

- Сокращение доступа к водной среде обитания выше по течению, используемой для воспроизводства и разведения рыбы;
- Переход озёрного видового состава рыбы в реку;
- Более легкий проход для проходных (анадромных) видов рыб, таких как лосось, путём устранения барьеров;
- Реинтродукция некоторых проходных (анадромных) видов рыб к районам выше по течению и расширение ареала популяций рыб [ASCE, 1997];
- Дренаж существующих водно-болотных угодий, влияющих на виды дикой природы, которые зависят от мелких представителей водной среды обитания;
- Возможное естественное восстановление ранее затопленных районов или других районов, расположенных вдоль речного коридора.

К видам, вызывающим особую озабоченность, относятся рыбы, животные и растения либо уже перечисленные как находящиеся под угрозой исчезновения или предполагаемые, находящиеся в ведении органов, ответственных за исчезающие виды. В агентствах ресурсов должны быть проведены консультации на ранних стадиях при проектировании исследований

для документирования наличия, отсутствия, перемещения или восстановления наиболее восприимчивых видов и мест их обитания. Исследования, возможно, придется проводить в определённые времена года и в течение нескольких лет для учёта естественных вариантов гнездования и миграционных моделей. Может быть необходима разработка планов по сохранению и управлению с конкретной программой мониторинга с тем, чтобы избежать или свести к минимуму или оценить воздействия на перечисленные виды и места их обитания.

#### **7.4 Социально-экономические воздействия**

Социально-экономические воздействия включают:

- Использование земель (навигация, водоснабжение, промышленное рыболовство, проблема локальной доступности);
- Рекреационная деятельность (катание на лодках, рыбалка, стоимость недвижимости, местное экономическое воздействие);
- Культурные, исторические и археологические воздействия (подвергаемые эрозии артефакты или повреждение их человеком);
- Эстетика (природные и техногенные особенности ландшафта, воспринимаемые через органы чувств человека).

Любая социально-экономическая программа мониторинга должна быть подготовлена и реализована с вовлечением основных заинтересованных сторон и регулирующих органов. Большое значение имеет вклад основных заинтересованных сторон в окончательный дизайн проекта вывода плотины из эксплуатации.

### **8. Отдельные тематические исследования**

#### **Вывод плотин из эксплуатации в Австралии**

##### **1. Озеро Мокоен (Мокоан) - Виктория**

В 2004 году правительство штата Виктория объявило о своем решении приступить к крупнейшему в Австралии проекту по выводу плотины из эксплуатации, возврату озера Мокоен (Мокоан) ёмкостью 365,000 мегалитров к водно-болотным угодьям. Водохранилище было построено Государственной комиссией по рекам и водным ресурсам в конце 1960-х годов по территории бывшего болота Уинтон Свamp (Winton Swamp) и введено в эксплуатацию в 1971 году.

Озеро было большим, неглубоким, внерусловым водохранилищем с земляной насыпью длиной 7,5 км и объёмом 1 млн.м<sup>3</sup>. Оно имело максимальную ёмкость 365,000 мегалитров с площадью поверхности 7,890 га и максимальной глубиной 7,3 метра. Озеро было предназначено для подачи воды для орошения, создания запаса воды и местного использования. Озеро Мокоен (Мокоан) также было использовано для пополнения объёмов стока в реке Мюррей.

##### **а. Проблемы, влияющие на озеро Мокоен (Мокоан) до вывода его из эксплуатации**

###### *Сине-зеленые водоросли и засуха*

Во время засухи 1982/83гг. озеро Мокоен (Мокоан) было быстро сработано до 4% своей ёмкости. Когда озеро заполнилось в 1986 году, грязь и

илистые отложения, активируемые ветром и действием волн, увеличили мутность сохраняемой в озере воды. Это привело к тому, что был ограничен рост подводных растений, и более распространенным явлением стало цветение токсичных сине-зеленых водорослей (BGA). Цветение этих водорослей происходило на озере Мокоен (Мокоан) регулярно после конца 1980-х годов, и в течение всего срока цветения использование вод озера Мокоен (Мокоан) для отдыха или орошения периодически ограничивалось.

Продолжительная засуха летом 2008/09гг. послужило причиной окончательной потери озера с экстремальными скоростями испарения, оставляя озеро полностью высохшим. Такая ситуация повторилась в 2009/10гг. и озеро фактически оставалось в таком состоянии до вывода из эксплуатации, формально произошедшем в конце 2009 года.

#### *Безопасность плотины*

В результате разрушений откоса и рассмотрения вопроса о безопасности плотины на озере Мокоен (Мокоан) было сделано ограничение режима эксплуатации уровня с максимальным подпорным уровнем на 1 метр ниже заложенного проектом уровня, тем самым ограничивая водохранилище до 78% от общей ёмкости. Обзор проекта в 2003 году установил, что были необходимы работы по стабилизации насыпи в случае, если насыпь будет поддерживаться в соответствии со своей текущей нагрузкой, при оценочной стоимости в 20 миллионов австралийских долларов.

#### *Потери воды*

Среднегодовые потери на испарение озера Мокоен (Мокоан) были оценены в 50,000 мегалитров. Потери на испарение с участка ликвидированного озера были оценены в размере порядка 15,000 мегалитров, что привело к чистому сокращению потерь на испарение на 35,000 мегалитров после того, как озеро Мокоен (Мокоан) было удалено из системы.

### **б. Предпосылки принятия решения о выводе из эксплуатации**

В 2002 году правительство штата Виктория инициировала исследование озера Мокоен (Мокоан) для оценки вариантов экономии воды для озера Мокоен (Мокоан) в контексте поиска наилучшего решения сложившихся проблем, связанных с данным озером:

- потери воды из-за испарения;
- плохое качество воды;
- расходы на эксплуатацию озера, справедливое распределение этих расходов; и затраты на повышение уровня безопасности плотины.

Решение о полной ликвидации озера Мокоен (Мокоан) было объявлено в июне 2004 года, и ожидалось обеспечить 44,000 мегалитров воды каждый год для улучшения состояния рек Брокен (Broken), Гулберн Goulburn, Снови (Snowy) и Мюррей (Murray). В результате ликвидации резервуара для хранения 365,000 мегалитров произошло значительное сокращение ежегодного объёма водоподачи и ликвидация прямого доступа к воде для приблизительно 35 клиентов, использующих воду для орошения, бытовых нужд и создания запаса.

Вывод из эксплуатации озера в результате также должен был привести к тому, что 8100 гектаров земли становятся доступными для альтернативного использования и сделали бы устаревшими насыпь длиной 7,5 км и объёмом 1 млн.м<sup>3</sup>, а также 29 км основных обводнительных каналов и большее количество имущества, связанного с инфраструктурой водоснабжения.

Проект Мокоен (Мокоан) должен был включать в себя пять основных элементов:

- работы по обеспечению альтернативного водоснабжения прямым отводом из озера;
- компенсационные меры по водоснабжению для поддержания надёжности водоснабжения в системе реки Брокен (Broken);
- меры, позволяющие достигнуть некоторой экономии воды в пользу реки Снови (Snowy) (этот элемент проекта не рассматривается далее в этой статье);
- работа по списанию имущества озера Мокоен (Mokoan);
- восстановление участка водохранилища Мокоен (Mokoan).

Решение о ликвидации озера Мокоен (Mokoan) вызвало значительный интерес местного сообщества и заинтересованных сторон и привело к росту степени активности местной оппозиции, что продолжалось в течение почти 5 лет до всей сдачи проекта.

### **с. Сроки и процесс вывода из эксплуатации**

Процесс вывода из эксплуатации с первоначальными исследованиями по выявлению потенциальной экономии воды в системе водоснабжения штата Виктория начался в 1998 году с окончательным выводом из эксплуатации, включая замещения, который завершается в 2011 году с дальнейшей программой работ по реабилитации первоначальных водно-болотных угодий, продолжающихся до 2018 года. Этот отрезок времени отражает сложность в выводе из эксплуатации активного водохранилища со многими заинтересованными сторонами.

Вывод из эксплуатации имущества (активов) повлечёт за собой ликвидацию части водозаборного сооружения на реке Холландс (Holland's Creek), преобразование 14 км подводящего русла Мокоен (Mokoan) в более стабильную, самоподдерживающуюся локальную дренируемую чашу путём повышения уровней дна за счет выравнивания склонов и ликвидации первоначальных неуплотненных отвалов грунта русла.

В конце 2011 года около 7 километров этой чаши были благоустроены и находятся в процессе передачи в управление местному муниципалитету с ожиданием развития рекреационного пути-доступа между Беналле (Benalla) и развитием новых водно-болотных угодий Уинтон Ветланд (Winton Wetland).

Вывод из эксплуатации имущества (активов) также потребовал проделать пролом в бывшей насыпи Мокоен (Mokoan). Пролом включает в себя бетонную облицованную секцию для обеспечения постоянного уровня сброса из новых водно-болотных угодий Уинтон Ветланд (Winton Wetland) обратно в реку Брокен (Broken). Этот уровень соответствует уровню переполнения (уровню бьефа) первоначального болота Уинтон Свамп (Winton Swamp). Ширина пролома была такого размера, чтобы обеспечить баланс между требованиями затопления естественных водно-болотных угодий и минимизацией риска наводнений вниз по течению от зоны пролома.

Работы по выводу из эксплуатации имущества (активов) были проведены прежде всего по нескольким контрактам на земляные работы на сумму около 6 миллионов австралийских долларов. Прогресс работ по выводу русла из эксплуатации, в частности был затруднен в связи с продолжающейся влажной погодой (и наводнениями), которая началась в марте 2010 года и продолжалась вплоть до февраля 2011 года.



*Разборка дамбы, отводные каналы из озера с насосной станцией (на переднем плане), осушенное дно озера Мокоен (на заднем плане)*



*Разборка дамбы, водно-болотные угодья и водовыпуск*

**д. Восстановление участка водохранилища озера Мокоен (Mokoan)**

В объявление правительства о решении по выводу озера Мокоен (Mokoan) из эксплуатации в 2004 году включена ссылка на намерение восстановить систему водно-болотных угодий Уинтон (Winton) на выведенной из эксплуатации площадке водохранилища с финансированием обязательств в

размере 1 миллион австралийских долларов. Был создан руководящий комитет, чтобы вести разработку видения и стратегии для будущего землепользования, а также давать рекомендации и советы правительству штата Виктория в виде Стратегии будущего землепользования для озера Мокоен (Мокоан).

Серия информационных сессий и семинаров сообщества была проведена с целью выявления потенциальных возможностей для участка. Кроме того, были привлечены консультанты и различные эксперты, и ряд определенных вариантов землепользования был разработан. Стратегия будущего землепользования для озера Мокоен (Мокоан) (СБЗП) вращалась вокруг системы водно-болотных угодий и рекомендовала другие возможности для использования земель на остальной части участка, такие как сельское хозяйство, туризм, отдых и лесное хозяйство.

СБЗП была одобрена правительством с обязательством финансировать до 20 миллионов австралийских долларов (в том числе поступления от продажи земельных участков) для реализации, со значительным увеличением от первоначального обязательства в размере 1 млн австралийских долларов (без учета поступлений от продажи земельных участков). Поступления от продажи земельных участков были оценены в размере около 3 миллионов австралийских долларов. Комитет по вопросам управления, в который вошли представители общины, был рекомендован как наилучший способ для реализации СБЗП.

#### **е. Сметы затрат проекта**

Общая сметная стоимость проекта на момент принятия решения о выводе из эксплуатации была 60 миллионов австралийских долларов. Это оказалось слишком оптимистичным, причем окончательная стоимость проекта составляла порядка 107 миллионов австралийских долларов. Значительным компонентом увеличения суммы были дополнительные 17 миллионов австралийских долларов, предоставляемые для поддержки гораздо более высокого качества развития водно-болотных угодий в будущем чем тот вариант, на который изначально предусматривалось выделение средств. Большая часть разницы оставшейся стоимости можно отнести к уровню случайности или непредвиденных обстоятельств, применяемому к различным элементам проекта, для которых было доступно только элементарное понимание концепций решений. Было установлено, что условие о 40% случайности или непредвиденных обстоятельств в проекте было неадекватным, допущение в размере 100% было бы более подходящим. Независимо от увеличения стоимости, проект остался жизнеспособным проектом по экономии воды в сравнении с другими альтернативными вариантами.

Более подробную информацию о выводе из эксплуатации озера Мокоен (Мокоан) можно найти в ссылке 22.

## **2. Водохранилище Крузо (Crusoe) – Виктория**

Водохранилище Крузо было построено в 1873 году и при уровне полной водоподдачи имело объём хранения 1500 мегалитров. Его владельцем и оператором была организация Coliban Water. В 2002 году водоочистные станции нового уровня развития были построены в другом водохранилище, что означало, что водохранилище Крузо более не требуется для целей водоснабжения.



Город Грейте Бендиго (Greater Bendigo) выразил заинтересованность в использовании водохранилище Крузо в качестве пассивного рекреационного объекта для Бендиго (Bendigo) (население свыше 75000 человек) - известного как проект «Пляж для Бендиго» для занятий плаванием, рыбалкой, катанием на весельных/гребных лодках и пеших прогулок. В целях сохранения водохранилище для этого альтернативного использования требовалось повышение безопасности, и это не считалось самым дешевым вариантом для Coliban Water. Самый дешевый вариант был частично ликвидировать насыпь и восстановить окружающий лес из эвкалиптовых деревьев, имеющих твёрдую кору (материал из разрушенной секции насыпи должен был использоваться, чтобы закрыть илистые отложения).

Возможность модернизировать водохранилище и передать право собственности на него правительству штата под руководством администрации города Грейте Бендиго (Greater Bendigo) была предпочтительным вариантом и в этой связи предложен ряд ключевых результатов:

- Это обеспечит сооружение для сообщества;
- Сохранит имущество (активы) с историческим наследием и;
- Продолжит обеспечивать среду обитания для диких животных, в том числе для национально значимых видов водоплавающих птиц.

Работы по повышению безопасности, необходимые перед передачей новому владельцу для рекреационных целей, включали:

- Постоянное снижение по 2 метра уровня полной водоподдачи;
- Увеличение водосброса;
- Берма дренажной призмы низового откоса земляной плотины;
- Модернизация водовыпуска высокого уровня и ликвидация первоначального водовыпуска;

- Частичное заполнение исторических прудов-отстойников в зубе (упорной или дренажной призме) плотины по соображениям безопасности и сохранности.

Стоимость этих работ по модернизации составила 2,8 миллиона австралийских долларов в 2003 году. Кроме того, приблизительно ещё 0,2 миллионов австралийских долларов было использовано на текущие расходы, такие как оценка риска, передача земли и подготовка документации. Эти мероприятия были финансированы Coliban Water в качестве своего вклада в местное сообщество. После передачи Coliban Water не несёт никакой ответственности за водохранилище с городом Грейте Бендиго (Greater Bendigo), являясь менеджером.

Важным компонентом процесса вывода из эксплуатации был длительный процесс консультаций с общественностью и другими ключевыми заинтересованными сторонами Департамента устойчивого развития и охраны окружающей среды (DSE) (регулирующий орган) и города Грейте Бендиго (Greater Bendigo). Процесс от первоначальной оценки водохранилища и его функции в системе водоснабжения Coliban Water до окончательной передачи имущества (актива) из Coliban Water в город Грейте Бендиго (Greater Bendigo) занял около десяти лет и включение:

- Первоначальный портфель оценки рисков 1997/8 ;
- Переговоры с Департаментом устойчивого развития и охраны окружающей среды и городом Грейте Бендиго (Greater Bendigo), начавшиеся в 1999 году;
- Отчет по вариантам в 2000 году;
- Совместное публичное заявление города Грейте Бендиго (Greater Bendigo) и Coliban Water в 2000 году;
- Меморандум о взаимопонимании, подписанный в 2003 году;
- Модернизация улучшения плотин, завершённая в 2004 году;
- Передача земли в 2006 году;
- Тренинг по вопросам надзора и документ на передачу обслуживания в 2007 году.

Административные расходы на различные стороны в человеко-часах и другие необходимые ресурсы не включены в итоговые суммы в долларах, указанные выше.

Кроме того, есть два конкретных вопроса, которые требуют дальнейшей оценки в процессе вывода из эксплуатации. Это были:

#### **а. Европейское наследие**

Водоохранилище Крузо водит в реестр Викторианского государственного наследия наряду с системой подачи Coliban Water. Это исторически важная инженерная система разработана для подачи воды в город Бендиго (Bendigo), которая начала свою работу в 1877 году. Система является одной из самых ранних систем водоснабжения в регионе и датируется временем начала золотой лихорадки в штате Виктория.

#### **б. Виды птиц, имеющие национальное значение**

Направление было сделано в отношении окружающей среды Австралии из-за наличия национально значимых видов водоплавающих птиц. Действия для сведения к минимуму любое воздействие на виды включали:

- Избегать сработки уровней воды в пик сезона размножения в целях предотвращения размножения в водохранилище и обеспечивать, чтобы близлежащий водоём оставался нетронутым для

предоставления альтернативной среды обитания во время проведения каких-либо работ;

- Внимательно следить за гнездовой средой обитания, чтобы убедиться, что она защищена от выполняемых работ.

### **3. Плотина Виктория - Западная Австралия**

Это была 22-метровая бетонная гравитационная плотина первоначально построенная в 1891 году, которая содержала 0,86 миллионов м<sup>3</sup> воды. Качество бетона ухудшилось до такой степени, что поддерживать его в работе уже было нежизнеспособным. Тем не менее, Мандей Брук (Munday Brook) был ценным источником воды для города и когда плотина была выведена из эксплуатации, она была заменена новой плотиной, построенной по технологии бетонирования уплотняющими катками выше по течению высотой 55 метров и хранением почти 10 миллионов м<sup>3</sup> воды. Вывод из эксплуатации и строительство новой плотины вверх по течению были завершены в 1991 году, через 100 лет после того, как первоначальное сооружение было выведено из эксплуатации.

На протяжении многих лет был проведён ряд работ по коррекции. В 1966 году первый этап включал строительство бетонной обшивки на верховом откосе. Это было весьма успешным в борьбе с выщелачиванием бетона агрессивной водой в водохранилище. Было установлено, что бетон тела плотины содержит менее 70 килограммов цемента на кубический метр бетона и имеются значительные расхождения на подъемных соединениях, которые, как обнаружилось, были довольно гладкими с полным отсутствием связи между ними. В то время как строительство временного увеличения пропускной способности было завершено строительство водосбросного сооружения в 1987 году, что понизило эксплуатационный уровень, что в результате привело к потере водоотдачи. Единственное реальное решение доступное для того, чтобы воспользоваться имеющейся водоотдачей, заключалось в строительстве новой плотины выше по течению.

Первоначальная плотина была сохранена ниже по течению, хотя и с отверстием в середине. На старой части водохранилища между двумя плотинами была восстановлена растительность и ландшафт и вся территория в настоящее время используется для отдыха.

Общая стоимость проекта составила 40 миллионов австралийских долларов в 1991 году (Примечание: 10 австралийских долларов примерно равны 8 долларам США).

### **4. Харви Вея (Harvey Weir) - Западная Австралия**

Это была 14 метровая конструкция, первоначально построенная в 1916 году в качестве бетонного гравитационного сооружения для подачи воды в орошаемый район Харви (Harvey). В 1932 году оно было увеличено на 6 метров с центральной бетонным гравитационным водосбросом и боковыми примыкающими насыпями (дамбами) из камня и земли. Во время крупного наводнения в 1964 году были серьезные опасения по поводу безопасности сооружения. В 1970 году состояние плотины была тревожной после того, как приподнятая часть водосброса откололась от основания.

Спроектированная в качестве временной меры, плотина была сохранена в эксплуатации в течение ещё 30 лет, пока не была заменена новой большой плотиной ниже по течению. Как правило, плотина Харви Вея (Harvey Weir) обнажается, когда воды водохранилища приходятся на очень низкие уровни.

Альтернативные варианты проекта, такие как строительство по технологии бетонирования уплотняющими катками рассматривались в качестве менее экономически эффективных альтернатив. Замена была вызвана необходимостью дальнейшего развития водных ресурсов бассейна реки, общая стоимость проекта составляет около 75 миллионов австралийских долларов.

#### **5. Плотина на реке Оки (Oaky Creek) – Квинсленд**

Плотина на реке Оки (Oaky Creek) была 10 метровым сооружением с ёмкостью 1 млн. м<sup>3</sup>, которое во время циклона Стив в феврале 2000 года испытало частичное переполнение и уцелело только из-за того, что струенаправляющая стенка правого устоя (откоса) разрушилась и выступила в качестве незапланированного предохранительного затвора. Приблизительно 300,000 австралийских долларов было потрачено на обеспечение промежуточной 50% модернизации пропускной способности существующего водосброса, в то время как постановление суда добивалось вывода плотины из эксплуатации. После получения указанной суммы было потрачено ещё дополнительно 300,000 австралийских долларов на вывод плотины из эксплуатации и восстановление зоны водохранилища. Вариант, альтернативный ликвидации плотины, заключался в существенной модернизации пропускной способности водосброса. Тем не менее, владелец плотины не имел финансовых ресурсов для выполнения этих работ, и государству пришлось вмешаться и осуществить вывод из эксплуатации, который был более дешевой альтернативой.

#### **6. Плотины Маунт Морган (Mount Morgan) – Квинсленд**

Плотины Маунт Морган (Mount Morgan) были построены в 1890-х годах для подачи воды на рудник Маунт Морган Майн (Mount Morgan Mine) и были постепенно загрязнены высококислотными отходами хвостохранилищ с производственной площадки рудника. Это привело к ухудшению бетона водослива с опасением за состояния безопасности сооружений. Проект по выводу сооружений из эксплуатации также включал проведение дноуглубительных работ или выемку приблизительно 500000 тонн хвостовых отходов из водохранилищ плотины и сохранение этого материала в карьере рудника.

Подробная информация о плотинах Маунт Морган (Mount Morgan) следующая:

Плотина 4	4,5 метров высотой, 30000 м <sup>3</sup>
Плотина 5	4,5 метров высотой, 42000 м <sup>3</sup>
Плотина 6	9,7 метров высотой, 64000 м <sup>3</sup>

Общая стоимость проекта, включая ликвидацию хвостохранилищ в 2004 году, составила 7,3 млн. австралийских долларов. Из-за тяжелого состояния плотин и из-за загрязнения реки никакие другие альтернативы не рассматривались.

#### **7. Плотина Веллингтон (Wellington) - Новый Южный Уэльс**

Плотина Веллингтон (Wellington) была построена в 1899 году и ликвидирована в 2002 году. Это была бетонная гравитационная плотина высотой 15 метров и объёмом 90000 м<sup>3</sup>. Она была ликвидирована по соображениям безопасности плотины (из-за сильной изношенности бетона) при стоимости проекта около 1 миллиона австралийских долларов. Были также

рассмотрены такие альтернативные варианты, как усиление с помощью контрфорсов и понижение высоты.

## Вывод плотин из эксплуатации в Италии

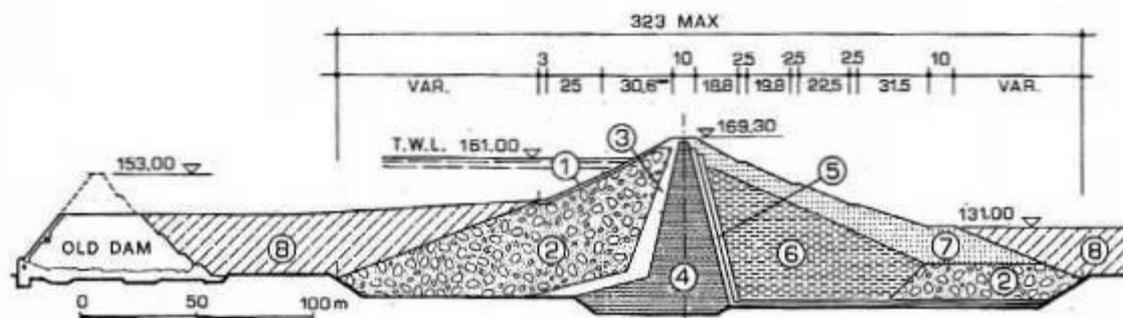
### 1. Плотина Дисуери (Disueri)

Плотина Дисуери (Disueri) (Сицилия) была построена на реке Гела для ирригационных целей на общественные средства вскоре после 2-й мировой войны. Плотина высотой 48 метра была построена из бордюрных камней на бетонном основании и обеспечена бетонной противофильтрационной завесой, расположенной на подошве верхового откоса плотины. Гидроизоляция верховой грани была обеспечена бетонными плитами.

Необходимость в скорейшем начале эксплуатации плотины привели к недооценке стабильности берегов водохранилища. На самом деле, в 1952 году после тяжелых зимних дождей произошел оползень, влияя на левый сопрягающий откос плотины. Немедленно предпринятые работы не дали ожидаемых результатов. Дополнительные исследования обеспечили более ясную геологическую картину, но феномен нестабильности берегов водохранилища продолжался и власти ввели ограничение на уровень воды в водохранилище. Другие проблемы, связанные с заилением водохранилища, уменьшили ёмкость водохранилища наполовину менее чем за десять лет.

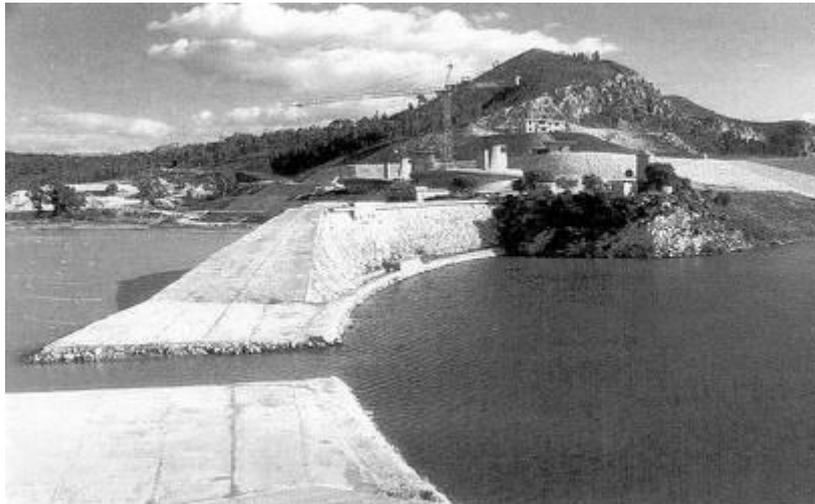
К концу 1960-х годов наблюдались новые проблемы: появились трещины на бетонном противофильтрационном экране верхового откоса, вероятно вызванные явлением консолидации в фундаменте и в дополнительной нагрузке наносов. Кроме того, обновленные гидрологические исследования позволили предположить дальнейшее снижение уровня воды в водохранилище.

Владелец плотины (Consortio di Bonifica del Gela) решил вывести из эксплуатации плотину и построить новое сооружение, расположенное ниже по течению от старой плотины Дисуери (Disueri) (Рис. 43).



**Рис. 1.** Плотина Дисуери (Disueri): вертикальное поперечное сечение нового и старого сооружений

Новый проект был утвержден в 1979 году и плотина была построена в период 1981-1984гг. Старая плотина работала в качестве временного сооружения (временная перемычка) во время строительства новой плотины. Старая плотина была разрушена в 1994 году, чтобы обеспечить целостность водохранилища, когда новая плотина была завершена (Рис. 2).



*Рис. 2. Плотина Дисуери (Disueri): вид на прорыв, построенный в центральной части плотины*

## **2. Плотина Исоллаз (Isollaz)**

Водохранилище компенсирующего регулирования, созданное плотиной Исоллаз (Isollaz) высотой 16,3 метра (**Рис. 3**), было расположено в Вальд'Аоста, на северо-западе Италии.

Земляная плотина была построена в период 1941-42гг. Верховой откос был защищен водонепроницаемыми бетонными плитами; низовой откос был защищен каменной кладкой. Было построено бетонное основание, интегрированное с дренажной системой, чтобы предотвратить утечки из водохранилища.



*Рис. 3. Водохранилище Исоллаз (Isollaz) до вывода из эксплуатации*



*Рис. 4. Вид фактического состояния работ*

В 1998 году эксплуатация плотины была остановлена из-за постепенного увеличения утечки в различных участках водохранилища.

Владельцем плотины (ENEL) стоимость ремонтных работ был оценен очень высоким по сравнению с приносимой прибылью, что стало причиной принятия решение о выводе плотины из эксплуатации.

Проект вывода из эксплуатации включал (**Рис. 4**):

- перепрофилирование призм плотины, чтобы достичь откосов, установленных действующим законодательством Италии для земляных плотин;
- разборка водовыпуска;
- строительство пролома шириной 6 метров на том же месте, где находился разобранный водовыпуск, защищенного железобетонным основанием и удерживающими стенками.

Проект по выводу из эксплуатации был начат в 1998 году, представлен Национальной службе плотин в 2000 году и утвержден в 2002 году. Работы были проведены в период с октября 2002 по апрель 2003 года.

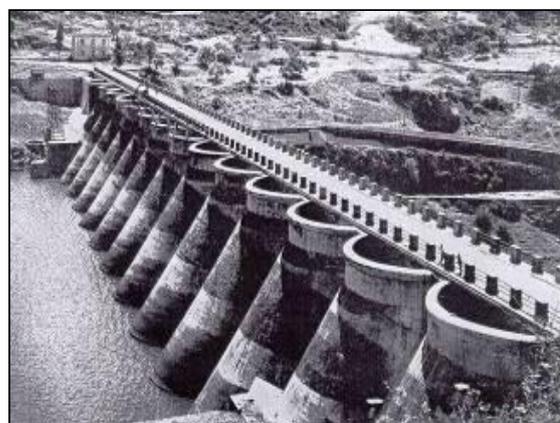
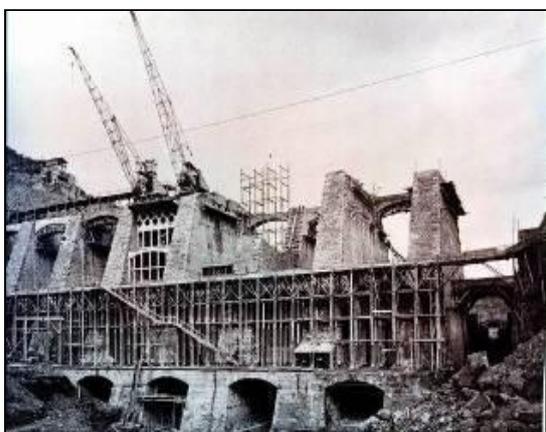
### 3. Плотина Санта Чиара д'Ула (Santa Chiara d'Ula)

Плотина Санта Чиара д'Ула (Santa Chiara d'Ula) (Сардиния), построенная на реке Тирсо в период 1918-1924 гг. в качестве многофункциональной станции, представляла собой железобетонное многоарочное сооружение с контрфорсами из каменной кладки. Высота плотины составляла 70 метров, а водохранилище имело ёмкость 400 млн.м<sup>3</sup> (Рис. 5).

Плотина была подвергнута бомбёжке военно-воздушными силами союзников во время 2-й мировой войны, но была отремонтирована и снова сдана в эксплуатацию. В 1968 году из-за наличия трещин на нескольких контрфорсах было предложено снизить уровень воды в водохранилище. Ёмкость водохранилища была снижена до 150 млн. м<sup>3</sup>. Впоследствии владельцем плотины (Consorzio di Bonifica Oristanese) было решено построить новую плотину ниже по течению.

Новое бетонное гравитационное сооружение, названное Ла Кантоньера (La Cantoniera) (Рис. 6) имеет высоту 100 метров с ёмкостью водохранилища 780 млн. м<sup>3</sup>.

Вывод из эксплуатации старого сооружения был проведён за счет частичной ликвидации двух сводов (среди самых высоких), чтобы обеспечить свободный поток воды в новом водохранилище. Строительные работы, необходимые для направления воды через подлежащие разборке своды, (во время нормальной эксплуатации новой плотины) проводились без опорожнения водохранилища (Рис. 7). Разборка сводов осуществлялась с использованием системы пилы с алмазной лентой, когда уровень воды выше и ниже по течению плотины был одинаковым.



**Рис. 5.** Плотина Санта Чиара д'Ула (Santa Chiara d'Ula) во время строительства (слева) и вид со стороны верхнего бьефа



**Рис. 6.** Плотина Ла Кантоньера (La Cantoniera) со стороны правого берега

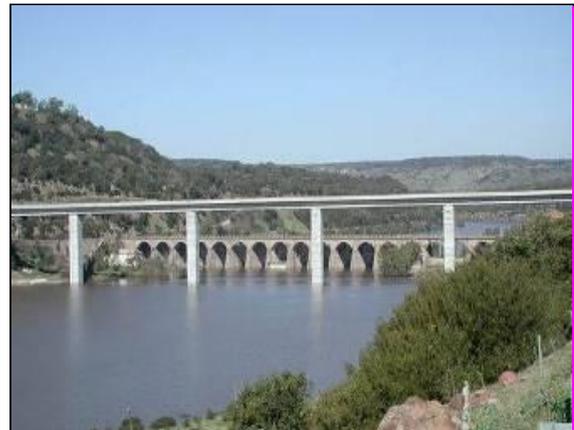
Наполнение нового водохранилища, образованного плотиной Ла Кантоньер (La Cantoniera), почти полностью затопило плотину Санта Чиара д'Ула (Santa Chiara d'Ula) (Рис. 8), которая была объявлена выведенной из эксплуатации в 2001 году.

#### 4. Плотина Рио Салита (Rio Salita)

Плотина, представляющая собой гравитационное прямолинейное сооружение из каменной кладки с высотой около 15 метров, была построена в 1940-х годах (Рис. 9).



**Рис. 7** – Строительные работы по направлению воды через контрфорсы разбираемого свода



**Рис. 8.** Вид нижнего бьефа плотины: новый мост Омодео, который соединяет берега озера

Гидрологические исследования, проведенные в соответствии с обновленными стандартами, показали неадекватность пропускной способности водовыпуска. Кроме того, владелец плотины (ENEL) решил обновить гидроэнергетическую систему.

Согласно прежней гидравлической схеме очень небольшое водохранилище, образованное плотиной (всего 21000 м<sup>3</sup>), в соединении с уравнивающим резервуаром (находится примерно на расстоянии 2 км от плотины), обеспечивало демпфирование (гашение) гидравлических колебаний, вызванных гидроэнергетическим режимом.

Ремонт гидравлического оборудования владельцем плотины дал возможность пользоваться только уравнительным резервуаром. Таким образом, водохранилище больше не требовалось.

Было принято решение о разборке большей части плотины путем формирования широкого пролома в центральной части плотины.

Была использована система пилы с алмазной ленты для обрезания как поверхностей, расположенных и под углом  $45^\circ$ , так и горизонтальной поверхности.

Остаются только ограниченные части сооружения, расположенные близко к устоям (откосам) и облицовке берегов, уже присутствующих в зоне водохранилища. Все поверхности оставшегося сооружения были облицованы песчаником, полученным при разборке (**Рис. 10**).

В настоящее время сооружение является наносозадерживающей плотиной без какой-либо вододерживающей способности.



*Рис. 9. Плотина Рио Салита (Rio Salita) до вывода из эксплуатации*



*Рис. 10. Плотина после вывода из эксплуатации*

## **5. Плотина Коронджу (Corongiu)**

Система водоснабжения Коронджу (Corongiu) (Сардиния) была образована тремя старыми дамбами для снабжения питьевой водой Кальяри (Cagliari).

Первая дамба высотой 20 метров и с ёмкостью водохранилища 900000 м<sup>3</sup> находилась в эксплуатации с 1867 года. Вторая плотина, построенная выше по течению перед первой плотиной в 1915 году с высотой 15 метров, имеет водохранилище ёмкостью 440000 м<sup>3</sup>. Третья плотина, построенная выше по течению от второй, находится в эксплуатации с 1930-х годов. Её высота 34 метра с ёмкостью водохранилища 4,3 млн. м<sup>3</sup>.

Гидрологические исследования, проведенные в 1990-е годы, показали неадекватность работы водовыпусков, а также необходимость пересмотра всего проекта. Кроме того, первая плотина испытывала проблемы с надёжностью эксплуатационного состояния, вызванные с недопустимыми фильтрационными процессами в теле, основания и боковых примыканиях плотины.

Новый проект включал в себя модернизацию водосбросного сооружения второй плотины. Тело плотины разрезали на левом откосе (**Рис. 11**) для размещения нового водосброса, который был оснащен двумя гидравлическими клапанными затворами (8 метров в ширину x 5 метров высотой). Некоторые незначительные работы были выполнены на третьей дамбе, в частности, для восстановления оборудования диспетчерской.

В конечном счёте, самая старая плотина Коронджу (Corongiu) была полностью выведена из эксплуатации.



*Рис. 10. Разрезание с помощью алмазной ленты и вывод из эксплуатации левой грани плотины Коронджу II для размещения нового водосброса*

## **Вывод из эксплуатации плотин в США**

### **1. Плотина Саелса (Saeltzer) – Калифорния**



Строительство плотины было завершено в 1912 году на месте более старой плотины из каменной кладки. Плотина Саелса (Saeltzer) была композитным, т.е. составным гравитационным сооружением, состоящим из железобетонной стены, закреплённой анкерной связью с сооружением из деревянных ряжей, с диапазоном высот от около 3 футов до 20 футов (в среднем 15 футов) и длиной гребня около 185 футов.

К 1997 году владелец и его акционеры сообщили, что спрос на забор воды на плотине значительно уменьшился и были бы желательны более эффективные средства для отвода и подачи воды. Физическое состояние плотины было очень плохим, с обширными разрушениями бетона и видимыми трещинами, а также свидетельствами многочисленных утечек и ремонта бетона.

В 1992 году со стороны Бюро мелиорации было разрешено и поручено в соответствии с Законом по проекту улучшения Центральной долины (CVPIA) реализовать программу, которая приведёт к увеличению проходных популяций рыбы в реках и ручьях Центральной долины в течение 10 лет.

Проект по пропуску рыбы через плотину Саелса (Saeltzer) и защите потока был разработан для решения следующих задач:

- Обеспечение пропуска рыбы;
- Защита потоков в русле реки;
- Обеспечение транспортировки наносов;
- Улучшение условий существования водных и наземных обитателей;
- Поддержание водоснабжения;
- Улучшение общественной безопасности;
- Устранить неисправности плотины потенциал.

Различные варианты по ликвидации плотины и пропуску рыбы были предметом отдельных технических исследований, проведенных в 1997 году. В январе 2000 года Бюро мелиорации выпустило предварительный (рекогносцировочный) отчет по ликвидации плотины и по нескольким структурным альтернативным вариантам для улучшения пропуска рыбы при сохранении на участке забора воды на сельскохозяйственные нужды. Федеральные, государственные и местные органы согласились, что оптимальная доступность к нересту выше по течению и среде обитания для разведения может быть достигнута только с ликвидацией плотины.

Предлагаемый проект включал выемку и удаление наносов и других речных (флювиальных) материалов, которые осаждались позади плотины Саелса (Saeltzer) на протяжении многих лет. Некоторые из речных (флювиальных) материалов могли прежде подвергнуться воздействию ртути, используемой для разделения золотосодержащих минералов в ходе исторической деятельности по добыче полезных ископаемых и дноуглубительных работ в конце 1800-х и начале 1900-х годов. Была выполнена обширная программа по отбору проб и тестированию наносов выше и ниже по течению от плотины одновременно с деятельностью по соблюдению экологических требований.

Исследование характеристики наносов также предоставило оценку общего объёма и гранулометрического состава наносов в бассейне водохранилища.

Ликвидация плотины и наносов водохранилища требовала строительства временного обводного канала, чтобы полностью обойти зону водохранилища.

Наносы водохранилища были извлечены из главного русла водотока и из меньшего бокового русла в период с 5 октября по 19 октября 2000 года. В

течение этого периода 12500 кубических ярдов материала было удалено и перевезено на участок утилизации выше поймы к югу от зоны водохранилища.

Весь проект от проектирования до строительства был завершен в течение 8 месяцев с общей суммой около 3,5 миллиона долларов США. Расходы включали 2,8 миллиона долларов США для контракта на строительство, 309000 долларов США для контракта по отбору проб и характеристике наносов, а также 400000 долларов США для расходов, не связанных с контрактами (инженерное проектирование, администрирование контракта, управление строительством и соблюдение экологических требований). Дополнительные 2,5 миллиона долларов США были выплачены владельцу за их права на воду и имущественные интересы.

Дополнительные подробности о проекте можно найти в ссылке 20.

## 2. Плотина Чилокуин (Chiloquin) - Орегон

Плотина Чилокуин (Chiloquin) была расположена на реке Спрейг (Sprague) на юге центральной части штата Орегон. Плотина состоит из бетонной гравитационной водосливной плотины около 10 футов высотой и 130 футов длиной и участка насыпи на левом сопрягающем устье (откосе) около 21 фута высотой и 90 футов длиной. Другие детали проекта включали головное сооружение на канале, два водосбросных сооружения, один действующий рыбоход и два заброшенных лестничных рыбохода. Было установлено, что плотина фактически блокирует проход - порядка 80 миль потенциального нерестового диапазона для видов рыб, находящихся под угрозой исчезновения. Принятое в 2002 году Федеральное законодательство потребовало исследовать возможность обеспечения надлежащего прохода вверх и вниз по течению для находящихся под угрозой исчезновения видов рыб. Исследование должно было оценить различные варианты для прохода рыбы, в том числе ликвидацию плотины и определить предпочтительное действие, которое сохраняет подачу воды владельцу плотины.



Ликвидация плотины Чилокуин (Chiloquin) потребовала бы строительство ниже по течению насосной станции для подачи воды на орошение в канал. Кроме того, точка забора воды должна быть передана по закону от реки Спрейг (Sprague) к новому водозаборному участку новой насосной станции ниже по течению на реке Уильямсон (Williamson). Насосная станция в результате приведёт к увеличению эксплуатационных расходов по сравнению с существующей гравитационной системой водозабора. Варианты частичной ликвидации плотины не были рассмотрены в связи с заботой о безопасности населения и потенциальной юридической ответственностью.

Были оценены два структурных альтернативных варианта, которые могли бы заменить существующий бетонный водослив секцией, оборудованной затвором, что позволило бы снизить уровень водохранилища в критические

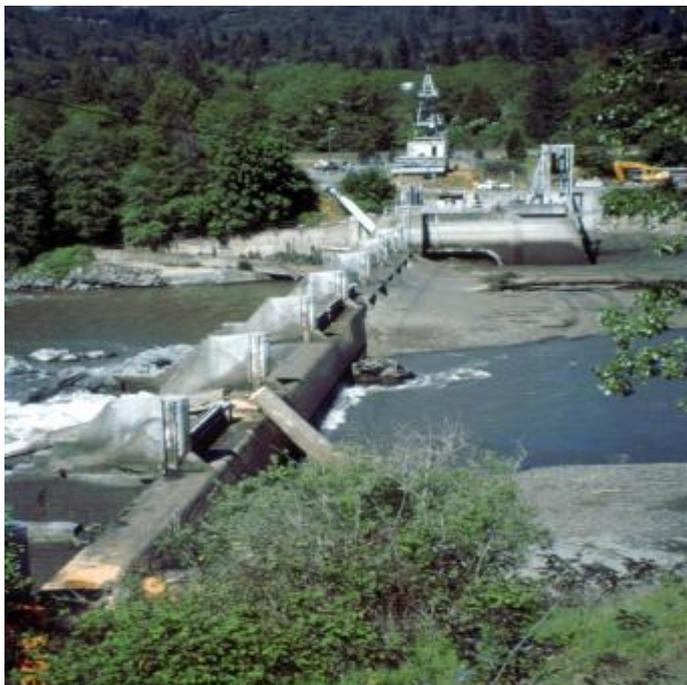
периоды миграции рыбы. Были рассмотрены два варианта затворов – с тремя сегментными затворами или с одним затвором Обермейера на гребне водослива. Существующий правый лестничный рыбоход будет сохранён. Эти альтернативные варианты будут поддерживать самотёчный водозабор в канал, но потребовалась бы насосная станция на реке Уильямсон (Williamson) для использования в начале лета, когда могут одновременно потребоваться и попуски для миграции рыбы и водозаборы на орошение.

В 2003 году в качестве наилучшего решения для прохода рыбы был выбран альтернативный вариант ликвидации плотины, требуя строительства новой насосной станции на расстоянии около мили вниз по течению, чтобы обеспечить оросительные потоки в оросительный канал. Подробные технико-экономические обоснования и мероприятия по соблюдению природоохранных норм были проведены в 2004 году. Владелец подписал соглашение о сотрудничестве в 2006 году, чтобы ликвидировать плотину.

Контракт на строительство был присуждён в феврале 2007 года. Строительство насосной станции было завершено к 15 апреля 2008 года, чтобы предоставить шестьдесят дней на эксплуатационные испытания перед тем, как может начаться ликвидация плотины. Ликвидация плотины была завершена к декабрю 2008 года на общую сумму 18 миллионов долларов США на проектирование, строительство, соблюдения природоохранного законодательства (в том числе выдача разрешений и мониторинг) и смягчение последствий. Стоимость проекта включает в себя около 9 миллионов долларов США расходов на контракт по строительству для ликвидации плотины, строительства новой насосной станции и систем транспортировки, а также компенсации за будущую эксплуатацию и техническое обслуживание насосной станции.

Дополнительные подробности о проекте можно найти в ссылке 14.

### 3. Плотина Савидж Рапидс (Savage Rapids) – Орегон



Плотина Савидж Рапидс (Savage Rapids) была расположена на реке Рог (Rogue) на юго-западе штата Орегон. Плотина представляла собой комбинированное бетонное гравитационное и многоарочное водозаборное

сооружение. Сооружение состояло из северного лестничного рыбохода и насосной станции на правом устье (откосе), многоарочного железобетонного открытого (поверхностного) водосброса через главное русло реки, речных водовыпусков, бетонного гравитационного открытого (поверхностного) водосброса, головного сооружения для самотечного канала, а также южного лестничного рыбохода на левом устье (откосе). Плотина имела общую длину 465 футов, высоту секции 33 фута и ее длину 394 фута, разделенное на 16 пролётов с бычками или контрфорсами. Дополнительные 11 футов оголовка были усовершенствованы в поливной сезон за счёт установки шандорных затворов на верхней части гребня водослива.

Несмотря на наличие лестничного рыбохода на каждом устье (откосе), плотина считалась серьезным препятствием для миграции рыбы. Рекомендуемый наименее затратный альтернативный вариант для улучшения прохода рыбы и поддержания забора воды на орошение заключался в строительстве нового водозаборного сооружения и ликвидации части плотины. Новое водозаборное сооружение состоит из новой насосной станции на левом устье (откосе) выше по течению и новой эстакады трубопровода для выполнения требований орошения по обе стороны реки. Строительство новой насосной станции и эстакады трубопровода началось в 2006 году. Ликвидация плотины началась в апреле 2009 года и была завершена в ноябре 2009 года.

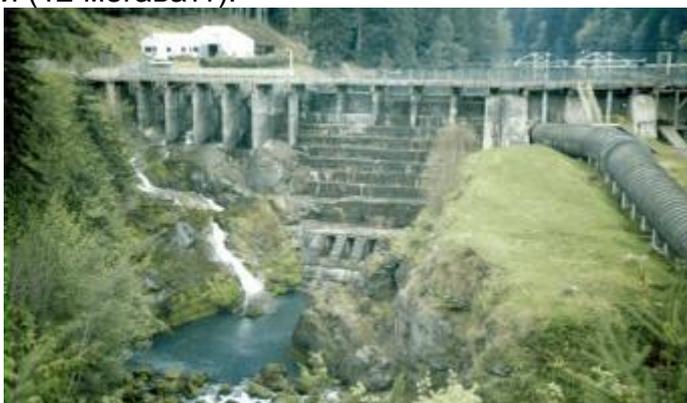
Стоимость контракта на строительство нового водозаборного сооружения и ликвидацию плотины составила около 28,3 миллиона долларов США. Общая расчетная стоимость проекта составила около 39,3 миллиона долларов США.

Дополнительные подробности о проекте можно найти в ссылках 17 и 18 и на сайте [http://en.wikipedia.org/wiki/Savage\\_Rapids\\_Dam](http://en.wikipedia.org/wiki/Savage_Rapids_Dam).

#### **4. Проект по восстановлению реки Элва (Elwha) - Вашингтон**

Плотины Элва (Elwha) и каньона Глайнс (Glines Canyon) расположены на реке Элва (Elwha) на полуострове Олимпик в штате Вашингтон. Плотины были построены в частных интересах для производства электроэнергии, но были приобретены федеральным правительством как часть соглашения по ликвидации обеих плотин для улучшения прохода рыбы.

Плотина Элва (Elwha), расположенная на 4.9 миле реки, является бетонной гравитационной плотинной высотой 108 футов, которая образует озеро Олдвелл (Aldwell) с хранением приблизительно 8000 акр-футов воды. В дополнение к плотине, которая была построена в 1913 году, участок включает в себя водосбросы с затворами на обоих устоях (откосах), присыпку верхового откоса (200000 кубических ярдов), многоконтрфорсный водоприёмник с тремя напорными трубопроводами высокого уровня, а также здание электростанции с четырьмя агрегатами (12 мегаватт).



*Плотина Элва (Elwha)*

Плотина каньона Глайнс (Glides Canyon), построенная в 1927 году, расположена примерно в 8,5 милях выше по течению от плотины Элва (Elwha). Плотина является бетонной арочной плотиной высотой 210 футов, которая образует озеро Миллс (Mills) с текущей ёмкостью около 28500 акр-футов. Также на участке имеется водосброс с затвором на левом боковом примыкании, бетонный упорный массив на левом баковом примыкании, дамбы обвалования на обоих боковых примыканиях, водоприёмник напорного трубопровода среднего уровня, а также здание электростанции с одним агрегатом 16 мегаватт. Плотина каньона Глайнс (Glides Canyon) и озеро Миллс (Mills) расположены в пределах Олимпийского Национального парка.



*Плотина каньона Глайнс (Glides Canyon)*

Проект гидроэлектростанции каньона Глайнс (Glides Canyon) первоначально получил лицензию Федеральной комиссии по регулированию энергетики (FERC) в 1926 году на период 50 лет, и с 1976 года получал ежегодные продления лицензии, пока он не был приобретен Департаментом внутренних дел США в 2000 году. Проекту гидроэлектростанции Элва (Elwha) лицензия FERC никогда не выдавалась.

Закон о восстановлении и экосистеме реки Элва (Elwha), принятый в 1992 году, приостановил полномочия FERC для проектов и потребовал от министра внутренних дел предложить план по полному восстановлению экосистемы и естественного анадромного (проходного) рыболовства реки Элва (Elwha).

Исследованием 1994 года установлено, что ликвидация обеих плотин была возможной и необходимой для достижения целей по восстановлению рек. В докладе описаны четыре варианта ликвидации плотины, девять сценариев по управлению наносами и процесс анализа целого ряда альтернативных вариантов проекта.

Оба проекта были приобретены Министерством внутренних дел в феврале 2000 года за 29,5 миллионов долларов США.

Более 20 миллионов кубических ярдов наносов, по оценкам, было аккумулировано в обоих водохранилищах. Были оценены несколько альтернативных вариантов по управлению наносами, в том числе: 1) механическое удаление всех наносов водохранилища для размещения вне участка, 2) перемещение и стабилизации всех наносов водохранилища в пределах зоны водохранилища, и 3) позволить реке естественным образом размывать и транспортировать наносы вниз по течению.

Меры по смягчению последствий для защиты качества воды во время ликвидации плотины включали в себя строительство нового поверхностного водозаборного сооружения и новых очистных сооружений ниже по течению

реки для бытовых и промышленных систем водоснабжения на сумму 71 миллион долларов США. Кроме того, для города Порт-Анджелес (Port Angeles) была построена новая водоочистная станция на сумму 25 миллионов долларов США.

Ходатайство о ликвидации плотины было выдано Службой национальных парков в марте 2010 года. Спецификации контракта обеспечивают минимальные требования в рамках контракта на пределы ликвидации сооружения, последовательность вывода из эксплуатации, темпы сработки водохранилища, ограничения работы, требования разрешений, а также использование участка.

Все мероприятия по ликвидации плотины в результате сработки водохранилища должны быть приостановлены в течение указанных «окон для рыбы» с 1 мая по 30 июня, с 1 августа по 14 сентября и с 1 ноября по 31 декабря каждого календарного года, чтобы свести к минимуму попуск наносов во время критических периодов миграции рыбы. Это ограничивает деятельность по сработке водохранилища до 6 с половиной месяцев в течение каждого года и в результате по продолжительности контракта составляет 3 года. Приращения и темпы сработки водохранилища были определены для полного диапазона уровней водохранилища для обеих плотин.

Контракт по ликвидации плотины на сумму 27 миллионов долларов США был присуждён в августе 2010 года. Мобилизационные и подготовительные работы на участке начались в марте 2011 года с завершением ниже по течению дамб обвалования и племенного рыбопитомника. Здания гидроэлектростанций будут выведены из эксплуатации до ликвидации плотины. Строительные работы по ликвидации плотины планируется начать 15 сентября 2011 года и осуществлять в течение 3 лет. Общая смета расходов по проекту составляет приблизительно 350 миллионов долларов США, в том числе приобретение проекта, очистные сооружения, новая дамба обвалования, ликвидация плотины, племенной рыбопитомник, а также восстановление участка.

Дополнительные подробности о проекте можно найти в ссылке 19 и в <http://www.nps.gov/olym/naturescience/elwha-ecosystem-restoration.htm>.

## 5. Плотина Матилия (Matilija) – Калифорния



Плотина Матилия (Matilija) расположена на реке Матилия (Matilija Creek), притоке реки Вентура (Ventura), примерно в 18 милях от побережья недалеко от Охаи (Ojai), Калифорния. Плотина представляет собой бетонное арочное сооружение 200 футов высотой и длиной 600 футов с толщиной от 50 футов у основания до 8 футов на гребне. Плотина была построена в 1946 году для

водоснабжения и побочно для борьбы с наводнениями. Водоохранилище первоначально имело ёмкость около 7000 акр-футов, но в настоящее время оно на 90% заполнено 6 миллионами кубических ярдов наносов.

На плотине несколько раз делались углубления, чтобы решить проблемы с ухудшением бетона вблизи гребня, но гребень все ещё находится выше уровня аккумулярованных наносов. Было выполнено моделирование перемещения наносов для того, чтобы предсказать реакцию стабилизированных наносов в водоохранилище на поток воды после того, как плотина ликвидируется, а также того, каким образом наносы будут перемещаться вниз по течению к побережью.

Стальноголовый лосось в системе реки Вентура (Ventura) был перечислен в качестве находящегося под угрозой исчезновения вида в соответствии с Законом о сохранении исчезающих видов в 1997 году. Ликвидация плотины Матилия (Matilija) в сочетании с недавним обеспечением прохода рыбы на водозаборе Роблес (Robles Diversion), восстановит доступ к первичной естественной среде для нереста и выращивания стальноголового лосося.

В 1999 году владелец предложил ликвидировать плотину Матилия (Matilija) в ожидании полного заполнения водоохранилища наносами. Были определены несколько вариантов для управления наносами: постоянная стабилизация в водоохранилище, механическое удаление и естественное промывание.

Неконтролируемый попуск аккумулярованных наносов после ликвидации плотины может отрицательно сказаться на инфраструктуре, расположенной ниже по течению, включая дороги, мосты, сооружения для борьбы с наводнениями и забора воды, а также жилые объекты.

Предпочтительный альтернативный вариант влечёт за собой полную ликвидацию плотины и поэтапную транспортировку аккумулярованных наносов ниже по течению.

Ориентировочная стоимость предпочтительного альтернативного варианта составляет 130 миллионов долларов США.

Дополнительные подробности о проекте можно найти в ссылке 3 и на <http://www.matilijadam.org/facts.htm>.

## **6. Плотина Сан-Клименте (San Clemente) - Калифорния**

Плотина Сан-Клименте (San Clemente) расположена в месте слияния реки Кармель (Carmel) и реки Сан-Клементе (San Clemente Creek), примерно в 18,5 милях от Кармел-бай-зе-Си (Carmel-by-the-Sea), штат Калифорния. Плотина представляет собой бетонное арочное сооружение 106 футов высотой и длиной 300 футов с толщиной от 50 футов у основания до 8 футов на гребне. Плотина была построена в 1921 году для водоснабжения и для борьбы с наводнениями.

Водоохранилище первоначально имело ёмкость около 2150 акр-футов, но в настоящее время более 90% его заполнено 2,5 миллионами кубических ярдов наносами. Плотина принадлежит и управляется компанией California American Water (CalAm).

Департамент водных ресурсов Калифорнии (Отдел безопасности плотин) установил, что плотина Сан-Клементе (San Clemente) не выдержит сейсмическую нагрузку максимально допустимого землетрясения (МДЗ). Вероятное максимальное наводнение (ВМН) из 81000 кубических футов в секунду будет выше плотины на порядка 14 футов и потенциально вызовет разрушение плотины.

CalAm финансировало исследования для оценки вариантов, включая укрепление, разборка и ликвидацию плотины. CalAm предложило укрепить плотину, что было наименее дорогостоящим альтернативным вариантом.

Стальноголовый лосось в системе реки Кармель (Carmel) были перечислен в качестве находящегося под угрозой исчезновения вида в соответствии с Законом о сохранении исчезающих видов в 1997 году. Плотина была построена с лестничным рыбоходом, но в настоящее время проход стальноголовых лососей до нескольких сотен рыб представляет собой снижение более чем на 90% от исторически проходивших косяков рыбы. Ликвидация плотины рассматривается как один из самых эффективных способов восстановления доступа к естественной среде для нереста и выращивания стальноголового лосося.

В ответ на проект Заявления об экологических последствиях (EIS), Департамент рыбы и дичи штата Калифорния и Национальная служба морского рыболовства поставили под сомнение жизнеспособность проекта по укреплению плотины.

Проект Заявления об экологических последствиях EIS определил четыре возможных альтернативных варианта в отношении плотины: 1) укрепление плотины и стабилизация наносов на месте; 2) разборка плотины с частичным удалением наносов; 3) ликвидация плотины с полным удалением наносов; и 4) ликвидация плотины со стабилизацией наносов на месте и перенаправление реки Кармель (Carmel).

Вопрос о том, как поступить с 2,5 миллионами кубических ярдов наносов в водохранилище является основной задачей проекта. Части нижнего течения реки Кармель (Carmel) развивались для различного использования в жилищных, коммерческих и рекреационных целях и подвергались периодическим затоплениям. Опасность наводнений может быть увеличена за счёт выпуска наносов ниже плотины Сан-Клементе (San Clemente). Мелкозернистые наносы могут оказать влияние на естественную среду для нереста и выращивания стальноголового лосося в нижнем течении реки Кармель (Carmel).

Механическое удаление наносов и вывоз их на грузовиках было исключено из-за воздействия трафика и стоимости. Рассматриваются два варианта:

**1. Вариант хранения за пределами участка:** Около 2,5 миллионов кубических ярдов наносов будет вынута из водохранилища и транспортировано на расстояние менее одной полумили системой конвейерной ленты в небольшой каньон без активного водотока. Водоохранилище будет осушено путём отведения реки Кармель (Carmel) в реку Сан-Клементе (San Clemente Creek). После удаления наносов и плотины русло реки будет восстановлено и природные потоки направлены через участок водохранилища. Удаление наносов будет проводиться в течение трёх лет во время пятимесячного строительного окна в период с июня по октябрь, чтобы избежать сезон дождей. Весь проект, как ожидается, будет реализован в течение семи лет. Ориентировочная стоимость варианта хранения за пределами участка составляет 188 миллионов долларов США.

**2. Вариант обводного канала:** Приблизительно на 2500 футов вверх по течению от плотины часть реки Кармель (Carmel) будет постоянно отводиться за счёт обустройства канала длиной 450 футов в реку Сан-Клементе (San Clemente Creek). Плотина и лестничный рыбоход будут ликвидированы. Обводной участок реки Кармель (Carmel) будет использоваться в качестве

места захоронения наносов. Приблизительно 380000 кубических ярдов наносов в рукаве реки Сан-Клементе (San Clemente Creek) будет переведено в рукав реки Кармель (Carmel) водохранилища. Для завершения проекта, как ожидается, потребуется от четырех до пяти лет. Ориентировочная стоимость данного варианта отвода составляет 75 миллионов долларов США.

CalAm финансировала исследования для оценки вариантов, включая укрепление, разборку и ликвидацию плотины и предложила укрепить плотину, что было наименее дорогостоящей альтернативой. Береговая охрана Штата Калифорния работает с CalAm по осуществлению работ по ликвидации плотины. CalAm будет финансировать ликвидацию плотины до стоимости альтернативного варианта по укреплению плотины. Береговая Охрана будет обеспечивать дополнительное финансирование, чтобы покрыть оставшуюся часть стоимости ликвидации плотины.

Дополнительные подробности о проекте можно найти в ссылке 3 и на [http://scc.ca.gov/webmaster/ftp/pdf/sccb/2011/1105/20110519Board09\\_San\\_Clemente\\_Dam\\_Construction.pdf](http://scc.ca.gov/webmaster/ftp/pdf/sccb/2011/1105/20110519Board09_San_Clemente_Dam_Construction.pdf)

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Маркку Маунула, Руководитель подразделения Финский институт охраны окружающей среды Алматы, «Законодательная база Финляндии в области обеспечения безопасности плотин», апрель 2006г. Региональное совещание содействия стран Центральной Азии по развитию регионального сотрудничества в области безопасности плотин.
2. Законодательство и вывод из эксплуатации плотин на примере некоторых стран
3. Новый законопроект по безопасности плотин штата южной каролины США / [http://www.snow.com/news/state/article\\_bae70e88-a026-11e5-918a-1f14a907dca6.html](http://www.snow.com/news/state/article_bae70e88-a026-11e5-918a-1f14a907dca6.html)
4. WILLOWSTICK - Технология для картирования и моделирования систем подземных вод
5. Комплексные расчеты гидротехнических сооружений в plaxis / <http://www.nipinfor.ru/publications/10049>
6. Таум саук, гидроаккумулирующая станция/
7. Автоматизация деятельности организаций, обеспечивающих проектирование, строительство и эксплуатацию терминалов, портов, морских и речных гидротехнических сооружений/ <http://isicad.ru/ru/articles.php?articlenum=16953>
8. Обследование дамб и плотин/ [http://www.geotech.ru/market/inzhenernye\\_izyskaniya1/gidrotehnichekie\\_sooruzheniya](http://www.geotech.ru/market/inzhenernye_izyskaniya1/gidrotehnichekie_sooruzheniya)
9. Подводно-техническое обследование гидротехнических сооружений/ <http://www.fort21.ru/cont/content.php?id=951>
10. О.А. Доронкина, ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия, Причины снижения уровня безопасности земляных плотин гидросооружений мелиоративного назначения.
11. «Методы обследования коррозионного состояния арматуры железобетонной конструкции»/ А.В.Пузанов, ООО «Просек Рус», к.т.н., доцент А.В.Улыбин\* ФБГОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет «Инженерно-строительный журнал»/ [www.interpribor.ru/methods-of-examination-of-corrosion-condition-of-reinforcement-concrete-structures](http://www.interpribor.ru/methods-of-examination-of-corrosion-condition-of-reinforcement-concrete-structures)
12. Диагностика трубопроводов (Компания USAR испанской фирмы Urbanizadora Albiñanense S.A.)
13. Региональный тренинг «Повышение потенциала на основе применения Протокола по оценке устойчивости в сфере гидроэнергетики». РЭЦЦА, МАУГ, 12-13 октября 2016 года в г.Алматы (Казахстан)/ Методика оценки соответствия гидроэнергетических проектов критериям устойчивого развития
14. Армкор-1 анализатор коррозии арматуры <https://www.interpribor.ru/analyzer-the-corrosion-of-reinforcement-armcor-1>
15. Уровнемер акустический well sounder 2010 PRO/ <http://loggers.ru/products/i/urovnemer-akusticheskijj-well-sounder-2010-pro/features/>
16. Уровнемер акустический well watch 670/ <http://loggers.ru/products/search/07e1cd7dca89a1678042477183b7ac3f/>
17. Назначение калькулятора точки росы novotest ktr-1/ <http://novotest.ua/kontrol-parametrov-okruzhayushey-sredy/kalkulyator-tochki-rosy-ktr-1.html>

18. Новый толщиномер покрытий на любых основаниях novotest нож тпн-1 / <http://novotest.ua>
19. Использование звуковизоров при обследовании гидротехнических сооружений / <http://www.armsexpro.ru>
20. С.Погорелов Инструкция по эксплуатации толщиномера / <http://novotest.ua>
21. Ремонт трещин в бетоне инъекционным методом / <http://dvamolotka.ru/post/7251-remont-treschin-v-betoneinekcionnym-metodom>
21. Процесс принятия решения о выводе из эксплуатации плотин / ICOLD Dam Decommissioning Guidelines:
- 1) United States Society on Dams, "Guidelines for Dam Decommissioning Projects", Denver, Colorado, 2011;
  - 2) Dam Decommissioning Guidelines (draft), Department of Sustainability & Environment, July 2007;
  - 3) Mark H. Capelli, "San Clemente and Matilija Dam Removal: Alternative Sediment Management Scenarios, Proceeding, Modernization and Optimization of Existing Dams and Reservoirs", 2006 USSD Annual Lecture, Philadelphia, Pennsylvania;
  - 4) Entrix, "Draft Environmental Impact Statement Report for the San Clemente Dam Seismic Retrofit Project", April 2006;
  - 5) The Aspen Institute, "Dam Removal - A New Option For a New Century," Washington, D.C., 2002;
  - 6) The Heinz Center, "Dam Removal - Science and Decision Making," Washington, D.C., 2002;
  - 7) American Society of Civil Engineers, "Guidelines for Retirement of Dams and Hydroelectric Facilities," New York, 1997;
  - 8) ITCOLD Working Group, "Decommissioning of Dams in Italy", 2010;
  - 9) C. Richard Donnells, Nan Nalder, Nick Paroschy and Mike Phillips, "Issues and Controversies Associated with Dam Removals";
  - 10) S. J. Garner, W.C. Seyers, and H.M. Matthews, "The Decommissioning of Coursier Dam - A Case for Dam Safety";
  - 11) Lejon, A. G. C., B. Malm Renofalt, and C. Nilsson. 2009. Conflicts associated with dam removal in Sweden. Ecology and Society 14(2): 4. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art4>;
  - 12) Pohl, Molly, "Bringing Down Our Dams: Trends in American Dam Removals," San Diego State University, San Diego, California, 2002;
  - 13) Bureau of Reclamation, "Erosion and Sedimentation Manual," Technical Service Center, Denver, Colorado, 2006;
  - 14) Hepler, Thomas E., A Chiloquin Romance - Restoring the Sprague River, 2008 Annual USSD Lecture, Portland, Oregon;
  - 15) ANCOLD Guidelines. Australian National Committee on Large Dams Incorporated;
  - 16) Guidelines on Assessment of the Consequence of Dam Failure (May 2000). ANCOLD;
  - 17) Benik, Richard D., "Removal of Savage Rapids Diversion Dam Part One", presented at the USSD Technical Workshop on Dam Decommissioning, Portland, Oregon, 2008;
  - 18) Benik, Richard D., "Removal of Savage Rapids Diversion Dam Part Two", presented at the USSD Annual Conference, Sacramento, California, 2010;

- 19) Hepler, Thomas E., "Large Dam Removals for Restoration of the Elwha River", Annual Conference Proceedings, Association of State Dam Safety Officials, Seattle, Washington, 2010;
- 20) Hepler, Thomas E., "Ten Miles to Whiskeytown - The Removal of Saelzer Dam," Proceeding of the 21st Annual USSD Lecture, Denver, Colorado, 2001;
- 21) IAP2, 2007., Spectrum of Public Participation, [www.iap2.org](http://www.iap2.org);
- 22) D.R Jeffery, "Mokoan - Return to Wetland Project". ANCOLD Melbourne Conference, 2011.