



Учебный курс «По рациональному использованию водных ресурсов, безопасности гидротехнических сооружений и трансграничному водному сотрудничеству»

*Тренинг для преподавателей университетов и институтов по водной дипломатии и международному водному праву и рациональному использованию водных ресурсов.
2024 г.*

Георгий Куртовезов, зав. лабораторией гидротехники и водопользования института «Туркменсувылымтаслама»

Учебный курс «Безопасность гидротехнических сооружений»

Тематический кейс 1. «Основные понятия о безопасности ГТС, причины аварий, категории опасностей и основные требования к обеспечению безопасности»

Содержание

1. Основные понятия и определения по безопасности гидротехнических сооружений.
2. Обеспечение безопасности гидротехнических сооружений.
3. Надзор за безопасностью гидротехнических сооружений.
4. Причины и роль социально-экологического фактора при авариях гидротехнических сооружений.
5. Аварии и нарушения гидротехнических сооружений.
6. Назначение гидротехнических сооружений, определение категории их опасности.
7. Основные требования к обеспечению безопасности гидротехнических сооружений.
8. Классификация факторов, определяющих безопасность гидротехнических сооружений.

1. Основные понятия и определения по безопасности гидротехнических сооружений.

- **Гидротехнические сооружения** - плотины, здания гидроэлектростанций, водосбросные, водоспускные, водопропускные и водовыпускные сооружения, туннели, каналы, насосные станции, сооружения, предназначенные для защиты от паводка и разрушений берегов водохранилищ, берегов и дна русел рек и каналов, сооружения (дамбы), ограждающие хранилища жидких отходов промышленных и сельскохозяйственных организаций.
- **Гидротехнический объект** - гидроузлы, гидросооружения, их конструкции, основания, конструктивные элементы и оборудование, водохранилища.
- **Водохранилище** - искусственный водоём, образованный водоподпорным сооружением, заполнением водой впадины или обвалованной территории с целью хранения воды и/или регулирования стока специальными сооружениями, создания напора.
- **Безопасность гидротехнических сооружений** - свойство гидротехнических сооружений сохранять свою работоспособность и обеспечивать защиту жизни, здоровья и законных интересов людей, юридических лиц, а также сохранность окружающей среды.

1. Основные понятия и определения по безопасности гидротехнических сооружений.

- **Социальная безопасность гидротехнического объекта** - свойство объекта, определяющее его способности не допускать наступления событий и состояний, которые могут создать угрозы для эксплуатационного персонала и населения.
- **Техническая безопасность гидротехнического объекта** - свойство объекта, определяющее его надёжность (по критериям отказоустойчивости и живучести) при аварийных воздействиях.
- **Экологическая безопасность гидротехнического объекта** - свойство объекта, определяющее его способности не допускать наступления событий и состояний, которые могут создать угрозы для экосистем, отдельных представителей флоры и фауны, ареалов их обитания, среды жизнедеятельности человека.
- **Характеристики безопасности гидротехнического сооружения** - критерии безопасности гидротехнического сооружения, показатели состояния гидротехнического сооружения и окружающей среды, характеризующие пределы и уровень его безопасности.
- **Долговечность** - способность сооружения не достигать предельного состояния при заданных условиях в течение срока службы.
- **Надёжность** - это свойства сооружения, которое характеризует его способность выполнять требуемые функции при установленных режимах и условиях их эксплуатации в течение заданного периода времени.

1. Основные понятия и определения по безопасности гидротехнических сооружений.

- **Критерии безопасности гидротехнического сооружения** - предельные значения количественных показателей и качественных характеристик состояния гидротехнического сооружения и условий его эксплуатации, соответствующие допустимому уровню риска аварии гидротехнического сооружения и утверждённые в установленном порядке органами исполнительной власти, осуществляющими государственный надзор за безопасностью гидротехнических сооружений.
- **Критерии состояния гидротехнических сооружений:**
- **К₁ - первый (предупредительный) уровень** значений диагностических показателей, при достижении которого устойчивость, механическая и фильтрационная прочность грунтов тела гидротехнического сооружения и его основания, а также пропускная способность водосбросных и водопропускных сооружений ещё соответствует условиям нормальной эксплуатации.
- **К₂ - второй (предельный) уровень** значений диагностических показателей, при превышении которых эксплуатация гидротехнического сооружения в проектном режиме не допустима.
- **Класс гидротехнического сооружения** - показатель, устанавливаемый нормами и правилами проектирования гидротехнических сооружений, в зависимости от которого при проектировании устанавливаются требования к показателям надёжности и безопасности гидротехнических сооружений (СНТ 2.06.04-2004. Мелиоративные системы и сооружения.).

1. Основные понятия и определения по безопасности гидротехнических сооружений.

- **Показатели безопасности гидротехнического сооружения** - количественные показатели, характеризующие вероятности реализации либо нарушения установленных критериев безопасности гидротехнического сооружения.
- **Уровень безопасности гидротехнического сооружения** - степень соответствия состояний гидротехнического сооружения и окружающей среды установленным критериям безопасности, принятым с соблюдением действующих норм проектирования, квалификации эксплуатационного персонала и действий собственника (эксплуатирующей организации) - требованиям правил технической эксплуатации и действующего законодательства по техногенной и экологической безопасности.
- **Контролируемые показатели гидротехнических сооружений** - визуально или инструментально измеренные (качественные или количественные) характеристики состояния сооружения.

1. Основные понятия и определения по безопасности гидротехнических сооружений.

Категория ответственности гидротехнического сооружения - обобщённый показатель, учитывающий класс гидротехнического сооружения, качественные и количественные характеристики вероятного вреда, который может быть причинён в случае аварии гидротехнического сооружения.

Частично неработоспособное (потенциально опасное) состояние - состояние ГТС, при котором значение хотя бы одного диагностического показателя стало большим (меньшим) предельно допустимого значения или вышло за пределы прогнозируемого для данных конкретных условий интервала значений.

Дефект - изъян (недостаток, несоответствие проекту), повреждение конструкции или материала, оказывающие влияние на техническое состояние объекта контроля.

Неработоспособное (предаварийное) состояние - состояние ГТС, при котором нарушены условия устойчивости, прочности или водонепроницаемости, появились признаки его повреждения.

1. Основные понятия и определения по безопасности гидротехнических сооружений.

Аварии и чрезвычайные ситуации на гидротехнических сооружениях.

Неисправность - это состояние, при котором сооружение не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической, проектной и эксплуатационной документации.

Отказ-событие - это состояние, заключающееся в утрате ГТС работоспособности, то есть способности выполнять требуемые функции.

Чрезвычайная ситуация - обстановка в зоне возможного затопления, сложившаяся в результате аварии на гидротехническом сооружении, которая может повлечь или повлекла за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей, ущерб окружающей среде, материальные потери, нарушение жизнедеятельности людей.

Авария - опасное техногенное происшествие, создающее на объекте, определённой территории угрозу жизни и здоровью людей и приводящее к разрушению зданий, сооружений, оборудования и транспортных средств, нарушению производственного и транспортного процесса, а также нанесение ущерба окружающей природной среде.

Аварийная ситуация - опасность возникновения аварии гидротехнического сооружения в результате внешних воздействий, не предусмотренных проектом, снижения работоспособности сооружения или его основания в результате изменения свойств материалов сооружения или грунтов основания либо снижения надёжности гидромеханического оборудования, а также в результате снижения водопропускной способности сооружений, как по техническим причинам, так и в связи с ограничениями по условиям допустимого водного режима водотока ниже створа сооружений.

1. Основные понятия и определения по безопасности гидротехнических сооружений.

Авария гидротехнического сооружения - частичное или полное разрушение гидротехнического сооружения, отказ гидромеханического оборудования, в результате которых сооружение становится неработоспособным и может возникнуть чрезвычайная ситуация.

Анализ аварий - выявление причин и последствий аварий на объекте.

Гидродинамически опасный объект - сооружение или естественное образование, создающее разницу уровней воды до и после него. К ним относят гидротехнические сооружения напорного типа и естественные объекты, препятствующие свободному течению воды. Особенностью разрушения таких препятствий является образование волны прорыва.

Гидродинамическая авария - авария на гидротехническом сооружении, связанная с распространением с большой скоростью воды и создающая угрозу возникновения техногенной чрезвычайной ситуации.

Волна вытеснения (импульсная волна, «обвальная» волна) - волна перемещения, образующаяся в водоёме в результате сползания либо обрушения в водоём масс грунта, снега, льда, селя.

Проран - повреждение в теле плотины, образовавшееся в результате её размыва.

1. Основные понятия и определения по безопасности гидротехнических сооружений.

Прорыв напорного фронта - разрушение либо повреждение одного из гидротехнических сооружений, формирующих напорный фронт, в результате которых происходит неконтролируемый сброс воды или жидких стоков из верхнего бьефа в нижний.

Волна прорыва - волна перемещения, образующаяся в нижнем бьефе плотины в результате прорыва напорного фронта.

Перелив воды через гребень подпорного сооружения - образование слоя переливающейся через гребень подпорного сооружения воды в результате переполнения верхнего бьефа, воздействия ветровых волн, сейша, волн вытеснения.

Разрушение гидротехнического сооружения - авария на гидротехническом сооружении в виде сдвига сооружения по основанию либо с захватом части основания, опрокидывания, внутренней либо внешней эрозии (размыва), обрушения либо сползания грунтовых откосов, хрупкого разрушения бетонных конструкций или разрыва стен водоводов, сопровождающихся преобразованием потенциальной энергии гидротехнического сооружения и воды в кинетическую, когда вода, элементы конструкций, основание, оборудование и т. п., вовлекаясь в аварийный процесс, создают поражающие факторы для других объектов, эксплуатационного персонала, населения и окружающей среды.

1. Основные понятия и определения по безопасности гидротехнических сооружений.

Повреждение гидротехнического сооружения - авария на гидротехническом сооружении, характеризуемая опасным отклонением показателей состояния объекта от проектно-эксплуатационных требований в виде осадок, трещин, увеличения фильтрационных расходов, повышения противодавления, нарушения сплошности креплений, работы дренажей и т.п. - всего того, что требует осуществления неотложных ремонтных мероприятий, непринятие которых может привести к выходу гидротехнического сооружения из строя (отказу) либо к его разрушению.

Последствия аварии на гидротехническом сооружении - результаты аварии на гидротехническом сооружении, формирующие условия возникновения чрезвычайной ситуации (техногенной чрезвычайной ситуации).

Сценарий аварии на гидротехническом сооружении - последовательность событий, состояний, явлений, процессов, действий собственника и эксплуатационного персонала на гидротехническом сооружении и в окружающей среде, которые определяют причины возникновения и возможную аварию на гидротехническом сооружении (сценарий возникновения аварии), характер развития и последствия аварии (сценарий развития аварии) в пространстве и во времени.

2. Обеспечение безопасности гидротехнических сооружений

- **Обеспечение безопасности гидротехнического сооружения** - разработка и осуществление комплекса инженерных, организационных и иных мер по предупреждению аварий гидротехнического сооружения;
- **Система обеспечения безопасности гидротехнических сооружений** - совокупность мероприятий, проводимых органами исполнительной власти и его субъектами, органами местного самоуправления, проектными и научно-исследовательскими организациями, собственниками (эксплуатирующими организациями) гидротехнических сооружений различного типа и назначения, включающих регулирование и обоснование безопасности, организацию надзора за безопасностью гидротехнических сооружений, обучение эксплуатационного персонала основам безопасности, подготовку к чрезвычайным ситуациям, в том числе создание и тренировку аварийно-спасательных служб, обучение населения действиям в чрезвычайных ситуациях, оснащение техническими устройствами (системами связи и оповещения и пр.) и ресурсами, обеспечивающими требуемый уровень безопасности гидротехнических сооружений в процессе их строительства, ввода в эксплуатацию, эксплуатации, вывода из эксплуатации, реконструкции, восстановления, консервации, ликвидации.

2. Обеспечение безопасности гидротехнических сооружений

- **Нормативно-правовое и методическое обеспечение безопасности гидротехнических сооружений** - система нормативно-правовых и методических документов (актов, законов, норм проектирования, правил технической эксплуатации, стандартов, типовых инструкций, методических рекомендаций, правил техники безопасности), регламентирующих состав мероприятий, направленных на обеспечение безопасности гидротехнических сооружений, в том числе её нормирование, различного рода запреты и ограничения.
- **Обучение эксплуатационного персонала основам безопасности** - регулярное проведение занятий по освоению эксплуатационным персоналом гидротехнического сооружения требований по его безопасности (обучение безопасности), изучению правил технической эксплуатации, действующих норм проектирования, правил техники безопасности, по приобретению и закреплению навыков, необходимых при осуществлении неотложных мер по предотвращению аварии, при ликвидации её последствий, а также при возникновении чрезвычайной ситуации.

2. Обеспечение безопасности гидротехнических сооружений

- **Требования по безопасности гидротехнического сооружения** - совокупность характеристик безопасности гидротехнического сооружения и условий, соблюдение которых необходимо для её обеспечения, устанавливаемых в нормативно-технических документах, правилах технической эксплуатации, технических заданиях и технических условиях, предписаниях органов надзора за безопасностью гидротехнических сооружений, заключениях государственной экспертизы проекта, декларации безопасности с учётом класса гидротехнического сооружения и условий его эксплуатации.
- **Декларант** - собственник или эксплуатирующая гидротехническое сооружение организация, разработавшая декларацию безопасности гидротехнического сооружения и обратившаяся с заявкой на проведение экспертизы декларации безопасности данного ГТС.
- **Декларирование безопасности гидротехнического сооружения** - процесс составления декларации безопасности гидротехнического сооружения, её экспертизы и утверждения.
- **Декларация безопасности гидротехнического сооружения** - основной документ, в котором обосновывается безопасность гидротехнического сооружения, устанавливается соответствие гидротехнического сооружения критериям безопасности и определяется перечень необходимых работ по обеспечению безопасности гидротехнического сооружения.

2. Обеспечение безопасности гидротехнических сооружений

- **Реконструкция гидротехнического сооружения** - комплекс проектных и строительных работ, выполняемых с целью изменения основных технико-экономических показателей гидротехнического сооружения (расчётных внешних воздействий, строительного объёма, водопропускной способности, инженерной оснащённости) и условий эксплуатации, а также восполнения утраты от имевшего место физического и морального износа, достижения новых целей эксплуатации гидротехнического сооружения.
- **Восстановление гидротехнического сооружения** - комплекс проектных и строительных работ, выполняемых с целью ликвидации имевших место разрушений, повреждений или повышения риска аварии, при сохранении основных технико-экономических показателей гидротехнического сооружения.
- **Консервация гидротехнического сооружения** - комплекс проектных и строительных работ, выполняемых с целью временного сохранения гидротехнического сооружения и обеспечения его безопасности в условиях пропуска транзитных расходов без регулирования водного режима с соответствующим снижением уровня воды в водохранилище.
- **Ликвидация** - комплекс проектных и строительных работ, выполняемых с целью полной разборки гидротехнического сооружения и восстановления естественного водного режима с возможным сохранением элементов гидротехнического сооружения, не создающих препятствий при пропуске паводка, для использования в иных целях.

2. Обеспечение безопасности гидротехнических сооружений

- **Оценка безопасности гидротехнического сооружения** - определение соответствия состояния гидротехнического сооружения и квалификации работников эксплуатирующей организации нормам и правилам.
- **Обследование гидротехнических сооружений** - комплекс мероприятий по оценке технического состояния и работоспособности гидротехнических сооружений и определению перечня необходимых работ по обеспечению надёжности и безопасной эксплуатации этих сооружений.
- **Нормальный уровень безопасности гидротехнического сооружения** - уровень безопасности гидротехнического сооружения, при котором значения критериев безопасности не превышают предельно допустимых для работоспособного состояния сооружения и основания, а эксплуатация осуществляется в соответствии с проектом и правилами эксплуатации без нарушений действующих законодательных актов, норм и правил, а также предписаний органов надзора.
- **Пониженный уровень безопасности гидротехнического сооружения** - уровень безопасности гидротехнического сооружения, собственник (эксплуатирующая организация) которого допускает нарушения правил технической эксплуатации, невыполнение первоочередных мероприятий или неполное выполнение предписаний органов государственного надзора по обеспечению безопасности гидротехнического сооружения.

2. Обеспечение безопасности гидротехнических сооружений

- **Неудовлетворительный уровень безопасности гидротехнического сооружения** - уровень безопасности гидротехнического сооружения, эксплуатируемого в условиях снижения механической или фильтрационной прочности, превышения предельно допустимых значений критериев безопасности для работоспособного состояния, других отклонений от проектного состояния, способных привести к возникновению аварии.
- **Критический уровень безопасности гидротехнического сооружения** - уровень безопасности гидротехнического сооружения, эксплуатация которого происходит в условиях развивающихся процессов снижения прочности и устойчивости элементов конструкции и основания, превышения предельно допустимых значений критериев безопасности, характеризующих переход от частично неработоспособного к неработоспособному состоянию гидротехнического сооружения либо его основания.

2. Обеспечение безопасности гидротехнических сооружений

- **Ремонтопригодность** - приспособленность сооружения к поддержанию и восстановлению состояния, в котором объект способен выполнять требуемые функции, путём проведения техобслуживания и ремонта.
- **Сохраняемость** - свойство сохранять безотказность, ремонтпригодность и долговечность в течение и после хранения, либо перерывов в работе на стадии эксплуатации.
- **Живучесть** - способность объекта не разрушаться при наличии воздействий, не предусмотренных условиями эксплуатации, выдерживать расчётные нагрузки и частично сохранять работоспособность при наличии повреждений и разрушений части элементов конструкций.
- **Живучесть плотин** - способность не разрушаться и удерживать напорный фронт при авариях, нарушениях и повреждениях.

3. Надзор за безопасностью гидротехнических сооружений

- **Государственный надзор за безопасностью гидротехнических сооружений** - организация и проведение уполномоченными государственными органами исполнительной власти периодических инспекций (проверок) гидротехнических сооружений с целью установления соответствия их состояния и уровня эксплуатации требованиям безопасности, включая правила техники безопасности, требованиям норм и правил технической эксплуатации, экологическим нормативам, а также с целью проверки деятельности собственников и эксплуатационных организаций гидротехнических сооружений по обеспечению и поддержанию их безопасности, в том числе исполнения предписаний предыдущих инспекций.
- **Органы государственного надзора за безопасностью гидротехнических сооружений** - органы государственной исполнительной власти, осуществляющие государственный надзор за безопасностью гидротехнических сооружений.

3. Надзор за безопасностью гидротехнических сооружений

- **Государственная экспертиза декларации безопасности гидротехнического сооружения** - установление соответствия информации, представленной собственником (эксплуатирующей организацией) в декларации безопасности гидротехнического сооружения, её научной обоснованности и объективности фактическому состоянию объекта и установленным требованиям по безопасности экспертом (специализированной научно-исследовательской либо проектной организацией, учреждением, специалистом, либо группой специалистов), действующим по заданию органа государственного надзора за безопасностью гидротехнических сооружений.
- **Технический надзор, надзор** - надзор за безопасностью гидротехнического сооружения, осуществляемый силами собственника (эксплуатационной организации).

4. Причины и роль социально-экологического фактора при авариях гидротехнических сооружений

Среди непосредственных причин аварий ГТС выделяются следующие:

- потеря устойчивости гидротехнических сооружений из-за деформации сооружения, конструктивных элементов и основания;
- потеря прочности сооружений из-за накопления повреждений и износа конструкций, а также конструктивных элементов и оснований;
- недостаточная пропускная способность водопропускных сооружений и переливы воды через гребень плотин;
- особые причины, такие как диверсия, военные действия, ошибки управления и т.п.

4. Причины и роль социально-экологического фактора при авариях гидротехнических сооружений

Среди социально-экологических нарушений, связанных со строительством и эксплуатацией гидротехнических объектов, которые могут привести к катастрофическим последствиям, выделяются:

- наводнения и затопления территорий;
- подтопление территорий;
- размыв берегов;
- появление опасных для здоровья людей организмов;
- эрозия и деградация земель;
- неисправность ГТС.

Непосредственными причинами возникновения социально-экологических нарушений на гидротехнических объектах могут быть:

- аварии на ГТС;
- отказы и неисправности ГТС;
- непроектные режимы эксплуатации ГТС;
- неблагоприятные сочетания режимов эксплуатации ГТС и факторов окружающей среды.

4. Причины и роль социально-экологического фактора при авариях гидротехнических сооружений

Чаще всего аварии и нарушения на гидротехнических объектах вызываются неблагоприятными условиями, которые условно можно разделить на четыре основные группы:

- **экстраординарные (стихийные, особые)** - к ним относятся катастрофические наводнения, землетрясения, ураганы, ливни, горные обвалы или оползни, заторы и зажоры, прорыв вышерасположенных подпорных сооружений;
- **потенциально опасные сочетания расчётных природных или эксплуатационных нагрузок и воздействий (часто длительные)** - к ним относятся неисправности ГТС, изменение условия эксплуатации, повреждения ГТС и отдельных их конструктивных элементов;
- **недостаточная прочность, устойчивость и долговечность сооружений, конструкций, оснований и их элементов**, в том числе, из-за ухудшения физико-механических свойств материалов и грунтов со временем (старение материалов);
- **различного рода причины, имеющие субъективный характер происхождения:** недостаточное научное обоснование проекта, некачественное выполнение работ, отсутствие своевременного ремонта, несоблюдение правил эксплуатации и безопасности, недоучёт негативных явлений.

5. Аварии и нарушения гидротехнических сооружений

В истории гидротехнического строительства зафиксированы многочисленные случаи аварий, некоторые из которых привели к многочисленным жертвам, серьёзным экономическим, экологическим и социальным потерям, убыткам и ущербам.

Примеры катастрофических аварий на плотинах

Плотина и дамба/ страна	Высота, (м)	Год аварии	Основная причина аварии	Количество жертв
Оруш (Бразилия)	54,0	1960	Перелив воды через гребень, отказ водосброса	1000
Вайонт (Италия)	262	1963	Перелив воды через гребень, оползень в водохранилище	2600
Семпор (Индонезия)	54,0	1967	Перелив воды через гребень, отказ водосброса	200
Буфало Крик (США)	32,0	1972	Перелив воды через гребень, наводнение	125
Баньцяо (Китай)	118	1975	Перелив воды через гребень, наводнение	26000
Титон (США)	93,0	1976	Контактная суффозия, грубые ошибки проекта	11
Мачху-П (Индия)	26,0	1979	Перелив воды через гребень, отказ затворов водосброса.	2000
Тирлянская (Россия)	н/с	1994	Прорыв плотины	29
Пасни (Пакистан)	150	2005	Прорыв плотины, наводнение	135
Кыадат (Вьетнам)	н/с	2007	Прорыв плотины	35
Саяно-Шушенская ГЭС (Россия)	245	2009	Авария в машинном зале ГЭС	75
Кызылагаш (Казахстан)	40	2010	Перелив воды через гребень, наводнение	43

5. Аварии и нарушения гидротехнических сооружений

Обеспечение безопасности и надёжности - главное условие возведения плотин, которые являются гидродинамически опасными объектами.

В этой связи в литературе [22] (Талипов Ш., Юрченко А. и др., 2014 г. Приложения 1 и 2) приводятся обширные сведения о разрушениях некоторых плотин и общие анализы катастрофических аварий на ГТС.



Плотина Баньцяо (Китай).

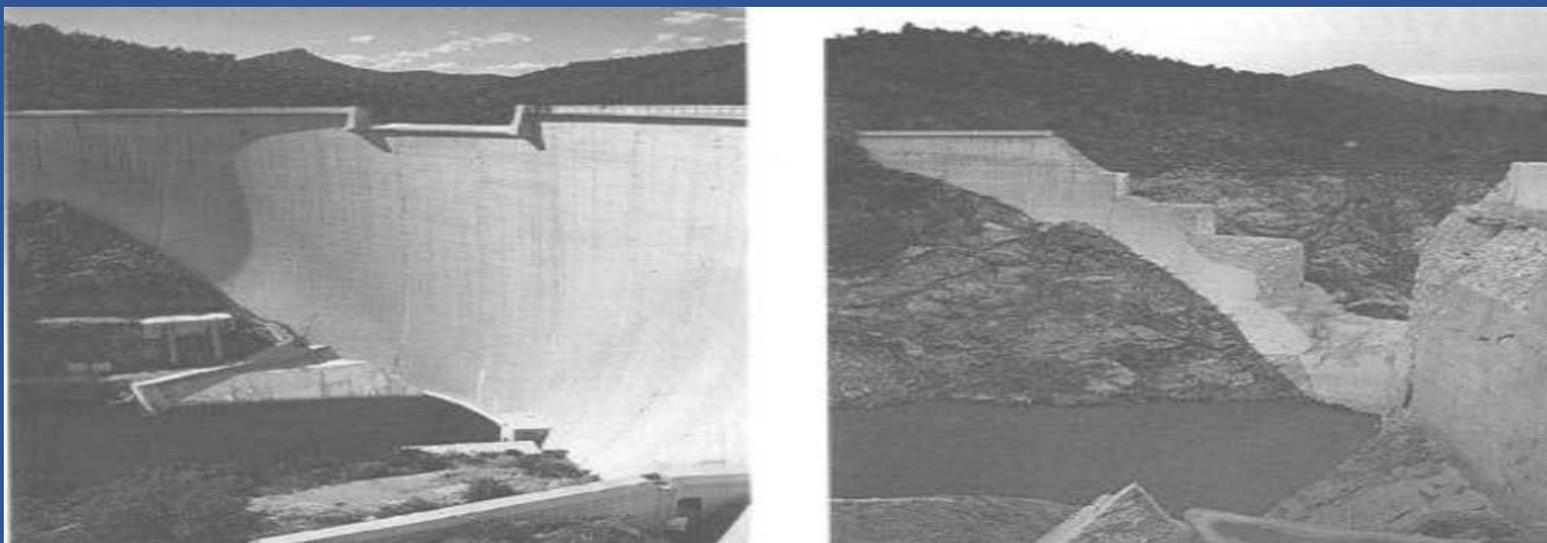
Наводнение, 1975 г. Основная причина
Перелив воды через гребень. Прорыв плотины
Количество жертв 26 000 человек

5. Аварии и нарушения гидротехнических сооружений

Плотина Мальпассе (Франция)

Повышенная фильтрация воды. Разрушение плотины. Прорыв создал волну высотой 40 м,двигающуюся со скоростью 70 км/ч. В течение нескольких минут полностью уничтожены 2 маленькие деревни.

Официальные итоги катастрофы: по состоянию на 15 января 1960 года числятся погибшими и/или пропавшими без вести 423 человека, среди которых 135 детей. В результате аварии 02.12.1959 плотина **Мальпассе** была разрушена полностью. От неё остались только небольшой блок на одном берегу и небольшой край плотины на другом, смещённый на 2 м по горизонтали от исходного положения. **Основная причина - сдвиг берегового примыкания.**



5. Аварии и нарушения гидротехнических сооружений

Плотина Сент-Френсис (США)

Проран, образовавшийся в теле плотины Сент-Френсис, 1928 г. Разрушение плотины. К этому времени дамба просуществовала всего 2 года. Погибло около 600 человек.

Основная причина – химическая суффозия.

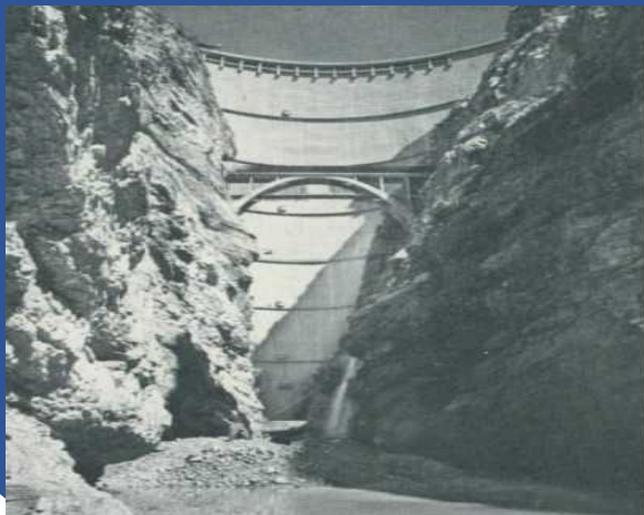


5. Аварии и нарушения гидротехнических сооружений

Плотина Вайонт (Италия)

Плотина Вайонт - арочная бетонная плотина рядом с горой Монте Ток на реке Вайонт, притоке реки Пьяве в провинции Венеция на севере Италии, построенная в 1959 году (заполнение водохранилища началось в феврале 1960 г.), в основном, для выработки электроэнергии. Имеет высоту 261,6 м, длину по гребню - 190 м, ширину по основанию - 23 м и ширину по гребню - 3,9 м, за что считается одной из самых «изящных» плотин в мире. Сама плотина, хоть и испытала нагрузки, во много раз превышающие расчетные, устояла. Только потоком воды смыло около метра верхней кладки бетона с гребня. Всего по разным источникам погибло от 1900 до 2500 человек. Около 350 семей было полностью уничтожено.

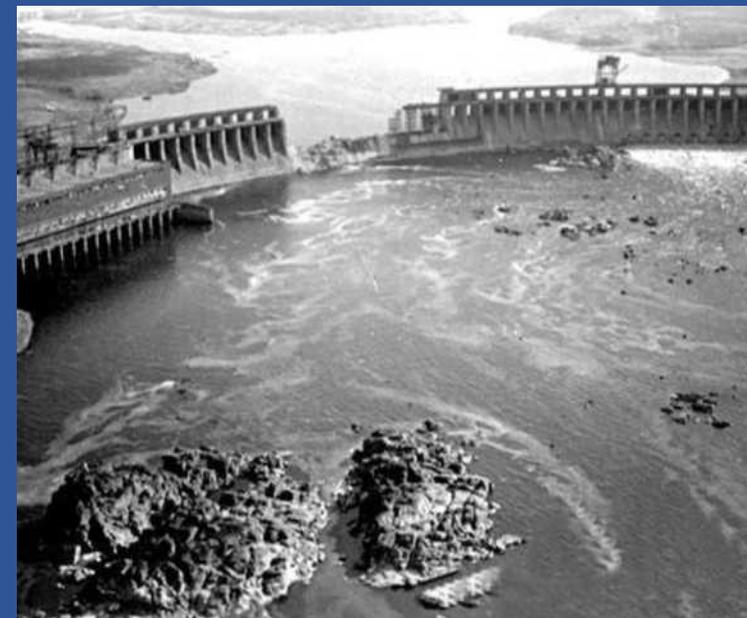
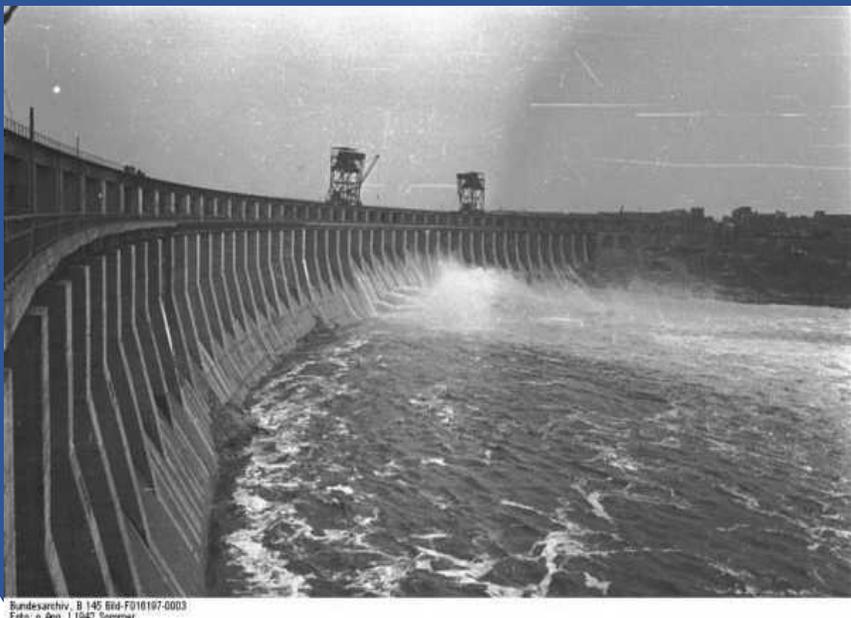
Основная причина аварии - Оползень в водохранилище и перелив воды через гребень плотины.



5. Аварии и нарушения гидротехнических сооружений

Плотина Днепрогэс (Украина)

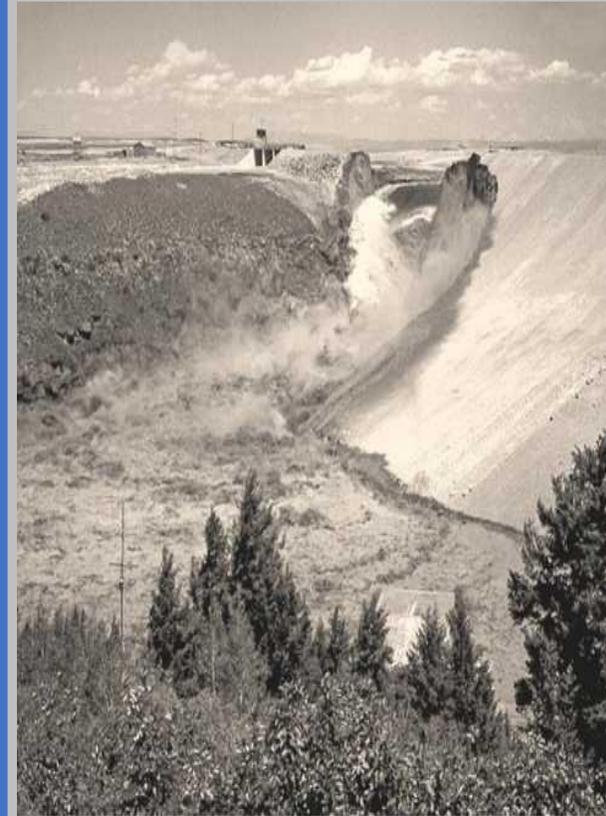
Подрыв плотины дважды 1941 и 1943 годах в результате военных действий. Точные жертвы среди военнослужащих и гражданского населения не установлены.



5. Аварии и нарушения гидротехнических сооружений

Плотина Титон (США)

Плотина Титон (США) каменно-земляная, с ядром, высота 93 м, длина по гребню 760 м. В основании плотины залегает реолит, представляющий собой породу с пустотами и значительными трещинами. Ко моменту аварии инъекционная завеса не была завершена. В июне 1976 г. в прибрежной части плотины со стороны нижнего бьефа появилась фильтрация воды с расходом около 1,25 л/с. Через 2 сут. фильтрация на этом участке значительно увеличилась и расход достигал 1,4...1.7 м /с. Через 30 мин расход возрос до 2 м /с. Начали эвакуировать население из трех городов, расположенных ниже плотины Титон. Еще через 1 ч расход фильтрации достиг 28 м /с. Образовалась воронка размыва, которая стала интенсивно приближаться к насыпи плотины и разрушать ее. Через 1...1.5 ч произошла авария. Погибло 11 человек, ранено 2000 человек и остались без крова 30 000 человек.



5. Аварии и нарушения гидротехнических сооружений

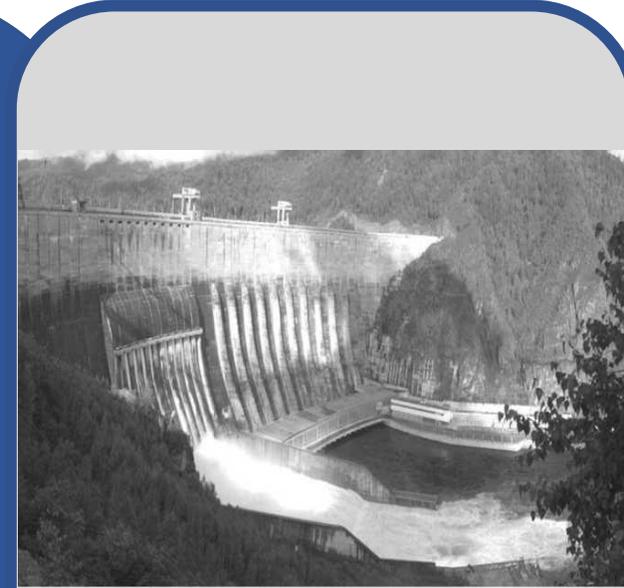
Плотина Саяно-Шушенской ГЭС (Россия)

Плотина Саяно-Шушенской ГЭС (СШГЭС) на реке Енисей является самой мощной гидроэлектростанцией (и вообще электростанцией) в России. Авария произошла в 2009 году. Причины аварии сформулировала следующим образом:

Авария на СШГЭС с многочисленными человеческими жертвами стала следствием целого ряда причин технического, организационного и нормативно-правового характера. Большинство этих причин носит системный многофакторный характер, включая недопустимо низкую ответственность эксплуатационного персонала, профессионализм руководства станции, а также злоупотребление служебным положением руководством станции.

Не был должным образом организован постоянный контроль технического состояния оборудования оперативно-ремонтным персоналом что должно предусматриваться инструкцией по эксплуатации.

Основной причиной аварии стало непринятие мер к оперативной остановке второго гидроагрегата и выяснения причин вибрации. В результате аварии погибло 75 человек, оборудованию и помещениям станции нанесён серьёзный ущерб. Последствия аварии отразились на экологической обстановке акватории, прилегающей к ГЭС, на социальной и экономической сферах региона.



5. Аварии и нарушения гидротехнических сооружений

Сардобинское водохранилище (Узбекистан)

Объём водохранилища составляет 974 миллиона кубометров, длина плотины — 28 км. Максимальная высота плотины 33 метра, максимальный уровень воды — 30 метров.

Прорыв дамбы Сардобинского водохранилища произошел 1 мая 2020 г. В результате прорыва дамбы водохранилища потопленными оказались земли в трех районах Узбекистана. 5000 зданий пострадали. Более 100 тысяч человек были эвакуированы. 6 человек погибли. Досталось и югу Казахстана — там в приграничных районах подтоплены 14 населенных пунктов, эвакуированы более 30 тысяч человек. Общий урон от трагедии оценён в размере \$148,5 миллионов. Под суд попали 29 обвиняемых.



5. Аварии и нарушения гидротехнических сооружений

Из-за прорыва Каракумского канала в январе-феврале 2023 года как минимум 100 миллионов кубометров воды вытекло в песок (Туркменистан).

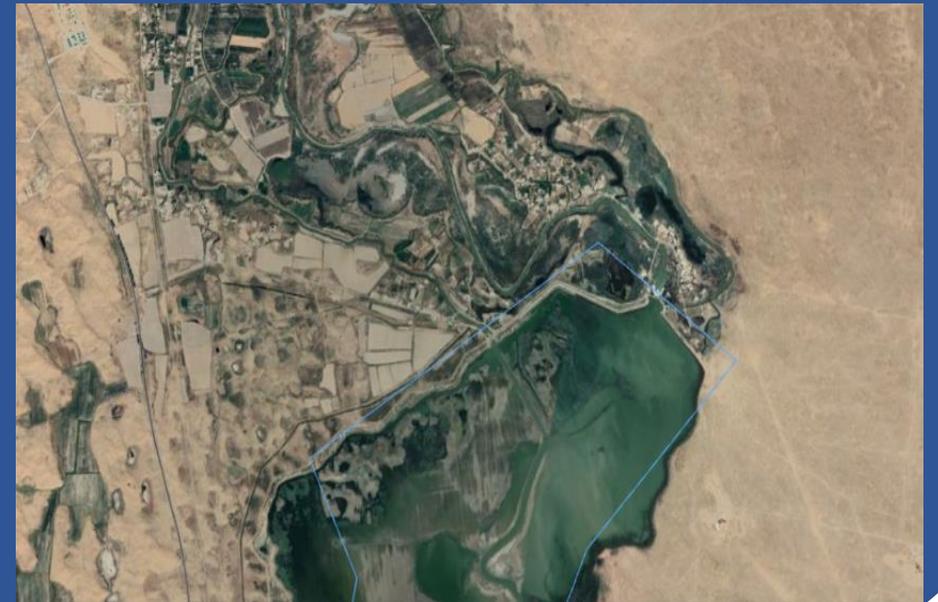
Прорыв произошел из-за **ледовых заторов**, которые, в свою очередь, были вызваны аномальными для Центральной Азии **морозами**. Прорыв случился в период между **17 и 20 января**. Уже 22 января прорыв начали ликвидировать путем постройки насыпной дамбы. По состоянию на 27 января протоки углубились в пустыню Каракумы на 20 километров. К 30 января протоки сузились из-за строительства дамбы, но это, вероятно, усилило течение и усложнило работы. К 6 февраля строительство дамбы практически завершилось, а к 11-му — завершилось полностью. К тому моменту протоки углубились в Каракумы более чем на 35 километров.



5. Аварии и нарушения гидротехнических сооружений

Прорыв плотины на Султанбентском водохранилище (р. Мургаб, Туркменистан)

В результате прорыва плотины Султанбент 8-12 июня прошлого года (Султанбентское водохранилище) затопило несколько сел в Иолатанском районе Марыйской области Туркмении. В селе Султанбент, расположенного ниже по течению реки Мургаб, почти сразу за плотиной затопило около сотни жилых домов, а также большие площади сельхозугодий. Из-за прорыва дамбы, в оросительный канал Ханяп берущий начало от Султанбентской плотины, перестала поступать вода, из-за чего создавалась угроза сельхозпосевам в западной части Иолатанского района.



5. Гидротехнические сооружения Туркменистана

- Количество Водохранилища ирригационного назначения – 15 шт.
- ГТС на оросительной сети – 11167 шт.
 - в т.ч.
 - на межхозяйственной – 2025 шт.
 - на внутрихозяйственной шт. - 9142 шт.
- ГТС на коллекторах – 4871 шт.
 - в том числе на межхозяйственной - 1141 шт.
 - на внутрихозяйственной - 3730 шт.
- Магистральные и межхозяйственные ирригационные каналы - 7917,4км.
- Внутрихозяйственные каналы - 34407,5 км.
- Коллекторы и дрены - 37543,6 км.
 - в том числе межхозяйственные и межгосударственные - 10163,0 км.
 - внутрихозяйственные - 27380,6 км.
- Насосные станции - 2928 шт.
- Дамбы - 1404,6 км.
- Трубопроводы - 471,4 км.

5. Гидротехнические сооружения Туркменистана

	Год завершения стр-ва	Река/ Бассейн	Тип плотины	Назначение гидроузла	Наибол. высота плотины (м)	Длина по гребню (м)	Объем плотины (тыс. м ³)	Объем вод-ща (млн. м ³)	Установл. мощность эл. станции (тыс. кВт)	Эксплуатирующая организация
Гиндыкушские Средний и Нижний	1895 Рек-стр 1953	Мургаб Марыйский оазис	Земляная насыпная	Орошение	7	175	115	31	-	Госкомводхоз
Делили	1970	Этрек	Земляная насыпная	Орошение	3,5	5 000	540	16	-	Госкомводхоз
Елотенский	1910	Мургаб Марыйский оазис	Земляная насыпная	Орошение	12,7	1300	690	24	-	Госкомводхоз
Западный (Куртлинский)	1962	Каракумрека	Земляная намывная	Водоснабжение	10	9400	24,5	48,1	-	Госкомводхоз
Колхозбентское	1941	Мургаб Марыйский оазис	Земляная насыпная	Регулирование стока	4,5	13 000	-	30	-	Госкомводхоз
Копетдагский (Геоктепинский)	1975	Каракумрека, 850 км	Земляная намывная	Орошение	24	14500	158	550	-	Госкомводхоз
Кызыл-Ай	1966	Этрек	Земляная насыпная	Орошение	4,4	2 000	340	5,3	-	Госкомвод

Водохранилища.

Название гидроузла	Год завершения стр-ва	Река/ Бассейн	Тип плотины	Назначение	Наибол. высота плотины (м)	Длина по гребню (м)	Объем плотины (тыс. м3)	Объем вод-ща (млн. м3)	Эксплуатирующая организация
Мамед-Куль	1964	Этрек	Земляная насыпная	Орошение	7,05	175	115	31	Госкомводхоз
Хаузханский	1964 Рек-стр 1967 и 1975	Каракумрека , 456 км	Земляная намывная	Орошение	15	35 000	32 000	700	Госкомводхоз
«Достлук»	2005	Теджен	Гравийнопесчаная с суглинистым ядром	Орошение, Противопаводковое	78	660	5 060	1 250	Госкомводхоз вместе с водн. организ. Ирана
Сарыязынский	1986 Рек-ция	Мургаб Марыйский оазис	Земляная намывная	Орошение Противопаводковое	39	5 400	8 400	390	Госкомводхоз
Тедженский I (дополнительная емкость)	1950 Рек-стр 1978	Теджен	Земляная комбинированная : насыпная и намывная	Орошение	20,5	7 400	40,4	111	Госкомводхоз
Тедженский II	1960	Теджен	Земляная комбинированная: насыпная и намывная	Орошение	8,5	10200	10 500	16,9	Госкомводхоз
Хор-Хорский	1960	Теджен	Земляная насыпная	Орошение	8	1 552	470	10,9	Госкомводхоз
15 лет Независимости	2015	Каракумрека	Земляная намывная	Орошение	17	18 000	41250	2200	Госкомводхоз

6. Назначение гидротехнических сооружений, определение категории их опасности

ГТС предназначены для использования водных ресурсов или борьбы с разрушительным действием водных потоков. Эти сооружения постоянно находятся под воздействием водной среды и других природных явлений.

В зависимости от места расположения они могут быть:

- морскими, речными, озёрными.

По своему назначению делятся на:

- водно-энергетические,
- мелиоративные,
- водотранспортные и др.

По функциональным особенностям: водоподпорные, водозаборные, водосбросные, водопроводящие, выправительные и специальные (ГЭС, НС).

Когда эти сооружения объединяются в один комплекс, выполняющий несколько функций одновременно, их называют гидроузлами или водохозяйственными, энергетическими, мелиоративными, транспортными и т. п. системами .

Не все ГТС обладают потенциальной опасностью. Зависит это от объёма воды, который при прорыве напорного фронта, превращается в водный поток, несущий разрушения. Опасность ГТС зависит также от напора воды на сооружении в месте его возможного разрушения.

6. Назначение гидротехнических сооружений, определение категории их опасности

- Чем больше напор, тем большей кинетической энергией будет обладать поток после разрушения сооружения. Чем выше плотность населения и количество объектов народного хозяйства, попадающих в зону затопления, тем выше размеры ущерба, который будет иметь место после разрушения ГТС.
- Объем воды, создающий угрозу затопления, определяется **для водохранилищ** ёмкостью его чаши, **для каналов** - габаритами его русла, **для речных гидроузлов** - объёмом стока расчётного паводка.
- **Напор воды для плотин**, каналов и русел рек определяется высотой насыпи плотины или дамб, ограждающих русла каналов и рек.
- **Для гидроэлектростанций (ГЭС) и насосных станций (НС)** - разностью отметок уровня воды в напорном бассейне и местом возможного разрушения напорного трубопровода или здания (ГЭС, НС).
- **Границы зоны затопления** зависят от величины максимального расхода волны прорыва и гидравлических характеристик поверхности территории, по которой будет двигаться поток воды.

6. Назначение гидротехнических сооружений, определение категории их опасности

Согласно рекомендации 1 «Конгресса по Большим плотинам» [18] опасность, исходящую от ГТС, можно разделить на 4-е категории (таблица).

№ п/ п	Показатели	Единицы измерения	Количество показателей			
			>120	120-1	1-0,1	<0,1
1.	Объем воды	<u>млн. м³</u> балл	6	4	2	0
2.	Напор воды	<u>м</u> балл	6	4	2	0
3.	Величина ущерба	<u>млн. долл. США</u> балл	12	8	4	0
4.	Число людей в зоне	<u>чел.</u> балл	12	8	4	0

Суммарное количество баллов	Категория опасности ГТС	Класс ГТС, не ниже
36-31	I	I
30-19	II	II
18-7	III	III
6-0	IV	IV

6. Назначение гидротехнических сооружений, определение категории их опасности

- К ГТС, относящимся к первой категории опасности, должны предъявляться требования как к сооружениям первого класса. Кроме того, к первой категории опасности относятся ГТС, последствия от аварий которых распространяются на территории сопредельных государств, а также ГТС, расположенные на одном водотоке каскадом, когда авария на одном ГТС может создать аварийную ситуацию на другом нижерасположенном ГТС. В состав каскадов следует включать и горные озера, имеющие недостаточно надёжный напорный фронт.
- Для ГТС, имеющих более высокий класс, чем категория опасности, класс сооружения сохраняется. Для сооружений, у которых класс ниже, чем категория опасности, класс следует уравнивать с категорией опасности.

6. Назначение гидротехнических сооружений, определение категории их опасности

- **С вводом в действие Межгосударственных строительных норм «Гидротехнические сооружения. Основные положения» МСН 3.04-01-2005 [19]** класс основных сооружений назначается по 4-6 показателям в зависимости от высоты ГТС, типа грунтов основания, площади орошения, от их социально-экономической ответственности и условий эксплуатации, а также от последствий возможных гидродинамических аварий. Категория опасности приравнена к классу сооружения.

В Строительных нормах Туркменистана (СНТ 2.06.04-2004. Мелиоративные системы и сооружения, СНТ 2.06.01 – 2001. Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования, СНТ 2.06.02 – 2001. Гидротехнические сооружения. Водохранилища) класс гидротехнических сооружений и водохранилищ определяют в зависимости от обслуживаемой площади орошения, как основного потребителя: свыше 300 тыс. га - I класс; св. 100 тыс. га до 300 тыс. га - II класс; св. 50 тыс. га до 100 тыс. га - III класс; 50 тыс. га и менее - IV класс.

7. Основные требования к обеспечению безопасности гидротехнических сооружений

В соответствии с общими требованиями законодательств многих стран обеспечение безопасности ГТС осуществляется на основании следующих основных требований:

- обеспечение допустимого уровня риска ГТС;
- представление деклараций безопасности ГТС;
- непрерывность эксплуатации ГТС;
- осуществление мер по обеспечению безопасности ГТС, в том числе установление критериев их безопасности, оснащение ГТС техническими средствами в целях постоянного контроля за их состоянием;
- обеспечение обслуживания ГТС работниками необходимой квалификации;
- заблаговременное проведение комплекса мероприятий по максимальному уменьшению риска возникновения ЧС на ГТС;
- соблюдение правил безопасности ГТС;
- совершенствование технических систем контроля за состоянием ГТС.

7. Основные требования к обеспечению безопасности гидротехнических сооружений

- систематический анализ данных натуральных наблюдений и выявление причин возможного снижения безопасности ГТС;
- контроль (мониторинг) контролируемых показателей состояния, природных и техногенных воздействий на сооружение;
- обеспечение проведения регулярных обследований ГТС;
- регулярный пересмотр деклараций безопасности и корректировка критериев безопасности;
- создание финансовых и материальных резервов, предназначенных для ликвидации возможных повреждений и отказов;
- метрологическое обеспечение;
- соблюдение природоохранных требований;
- поддержание в постоянной готовности локальных систем оповещения о возможных ЧС.

Сведения о роли эксплуатирующих организаций, роли местных органов государственной власти, основных функциях органа государственного надзора за безопасностью гидротехнических сооружений можно найти в литературе [22] (Талипов Ш., Юрченко А. и др. и даны в Приложении 3).

8. Классификация факторов, определяющих безопасность гидротехнических сооружений

При строительстве ГТС качественные и количественные изменения в окружающей природной и социально-экономической среде можно разделить на две большие группы:

- **положительные эффекты** реализации проекта, экономические выгоды и преимущества, благоприятные изменения, способствующие улучшению эколого-социальной обстановки и условий жизни человека;
- **опасности строительства и эксплуатации объекта** и связанные с ними различного рода ущербы и неблагоприятные изменения для экосистем и социумов, ведущие в этом к ухудшению условий жизни человека.

Необходимость обеспечения требуемой надёжности и безопасности ГТС в значительной мере определяет ситуацию выбора решений.

Факторы, определяющие безопасность ГТС, можно разделить на три группы:

природные факторы;

техногенные факторы;

факторы, характеризующие различного рода ограничения по природопользованию (технико-экономические, социальные, экологические и эстетические).

8. Классификация факторов, определяющих безопасность гидротехнических сооружений

Среди природных факторов, воздействующих на ГТС, можно выделить следующие:

- гидрологический режим реки;
- сейсмичность района;
- инженерно-геологические, гидрогеологические особенности створа сооружения, зоны водохранилища, оснований;
- природная изменчивость во времени и пространстве показателей физико-механических свойств грунтов и пород оснований;
- климатические воздействия (температуры и влажность воздуха, температура воды, ветер, осадки);
- обвально-оползневая опасность;
- опасность заторов и зажоров;
- химическая опасность;
- биологическая опасность;
- изменчивость во времени и в пространстве параметров нагрузок от природных воздействий: ускорений колебаний, скоростей, напоров, градиента напора, давлений, пульсаций, пульсаций давлений, напряжений.

Техногенные факторы в свою очередь разделяются на:

- проектно-технологические;
- строительно-технологические;
- эксплуатационно-технологические факторы.

8. Классификация факторов, определяющих безопасность гидротехнических сооружений

Среди проектно-технологических факторов для ГТС ведущими являются:

- конструктивные особенности сооружений, их параметры и структура, а также ошибки, допущенные при изысканиях, проектировании и реконструкции.
- Важное значение здесь могут иметь свойства материалов и грунтов, а также проектные и конструктивные решения, направленные на конструктивное повышение надёжности и безопасности ГТС путём устройства различного рода сопряжений, переходных зон и фильтров, зубьев, бетонных подушек, цементации, облицовок, покрытий, креплений, противофильтрационных и дренажных завес и др.

Особым проектно-технологическим фактором качества современных ГТС является:

- установка контрольно-измерительной аппаратуры (КИА) и внедрение систем оперативной обработки контрольной и диагностической информации.

8. Классификация факторов, определяющих безопасность гидротехнических сооружений

К строительно-технологическим факторам относятся:

- **нагрузки и воздействия строительного периода:** поровое давление, температурно--усадочные нагрузки, нагрузки от строительных механизмов, давление цементации и др.;
- **дефекты производства работ, определяемые технологией строительства:** наличие неуплотнённых зон, зон сегрегации грунтов, технологической шероховатости поверхностей водопроводящих трактов (выступов, каверн, наплывов бетона) и др.;
- **изменчивость в пространстве и во времени показателей** физико-механических свойств материалов и грунтов, а также конструкций, определяемых технологией строительства;
- **информационная ценность данных авторского надзора** за качеством выполнения строительно-монтажных работ;
- **особые техногенные воздействия:** взрывы при производстве работ, подрезка склонов и т.п.;
- **работоспособность временных сооружений** (строительного периода) - строительных водосбросов, механического оборудования (МО) и др.

8. Классификация факторов, определяющих безопасность гидротехнических сооружений

К эксплуатационно-технологическим факторам относятся:

- аккумуляция наносов и загрязнений в водохранилище;
- фильтрация через тело сооружений, ложе и борта водохранилища;
- размывы берегов и оснований сооружений в верхнем и нижнем бьефах;
- изменение режима уровней воды в нижнем бьефе вследствие трансформации русла;
- повреждение элементов конструкций (облицовок, креплений и т.п.);
- сбросы экстремальных расходов воды и наносов из водохранилища и др.;
- работоспособность водосбросных сооружений, противофильтрационных и дренажных устройств и пр.);
- обеспеченность объекта материально - техническими ресурсами, которые необходимы для обеспечения его нормального функционирования (техническими - подводом электропитания к подземным механизмам затворов и др., экономическими - средствами на профилактику и ремонтно-восстановительные работы, специальным персоналом), и объектами, обеспечивающими работы ГТС (линиями электропередач, средствами связи, транспортными коммуникациями и др.);

8. Классификация факторов, определяющих безопасность гидротехнических сооружений

- характер возможных эксплуатационных отказов и аварий на ГТС;
- резервы времени на предотвращение аварий;
- динамика протекания аварийных процессов;
- вероятные объемы ремонтных и восстановительных работ;
- резервы времени на ремонт и восстановление;
- надёжность контрольно-измерительной аппаратуры и систем автоматического управления;
- квалификация инженерно-технического персонала;

Более подробные сведения о природных, проектно-технологических, строительско-технологических, эксплуатационно-технологических факторах, об изменении природных факторов под влиянием гидротехнического строительства можно найти в литературе [22] (Талипов Ш., Юрченко А. и др. в Приложении 4).

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

РЕГИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА USAID ПО ВОДНЫМ
РЕСУРСАМ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

РУКОВОДИТЕЛЬ ЕКАТЕРИНА СТРИКЕЛЕВА

ПРОСПЕКТ ДОСТЫК 210Б, БЦ КОКТЕМ ГРАНД, 6
ЭТАЖ, АЛМАТЫ 050051, КАЗАХСТАН



ДИСКЛЕЙМЕР: Данный материал подготовлен благодаря поддержке американского народа через Агентство США по международному развитию (USAID). Содержание данной презентации является исключительной ответственностью компании Tetra Tech ES, Inc. и не обязательно отражает точку зрения USAID или правительства США.