

С. В. СОБОЛЬ, А. В. ФЕВРАЛЕВ

БЕЗОПАСНОСТЬ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ



Учебное пособие

Нижний Новгород
2018

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

С. В. Соболев, А. В. Февралев

БЕЗОПАСНОСТЬ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Утверждено редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия

Нижегород
ННГАСУ
2018

ББК 38.77
С 54
Ф 31
УДК 626/627

Печатается в авторской редакции

Рецензенты:

- И. В. Лунатов* – д-р техн. наук, профессор (ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта»)
А. Н. Красавин – канд. техн. наук, генеральный директор ООО «Нижегородстройдиагностика»
А. В. Янченко – канд. техн. наук, доцент (ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»)

Соболь, С. В. Безопасность гидротехнических объектов [Текст]: учеб. пособие /С. В. Соболь, А. В. Февралев; Нижегород. гос. архитектур. - строит. ун-т. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2018. – 204 с; прилож. ISBN 978-5-528-00334-4

Даются факторы риска аварий, приводятся общие требования по безопасности гидротехнических объектов (ГТО), в частности, гидротехнических сооружений (ГТС), приводится состав и содержание декларации безопасности, освещаются критерии безопасности и определение риска аварии, раскрываются принципы мониторинга безопасности, рассматриваются вопросы эксплуатации ГТО и наблюдений на ГТО, описываются понятия экологической безопасности ГТС.

В приложении помещены иллюстрации систем мониторинга, аварийных ситуаций, аварий гидротехнических сооружений и их воздействий на окружающую среду.

Предназначено для студентов, обучающихся по специальности 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений со специализацией «Строительство гидротехнических сооружений повышенной ответственности». Может быть полезно также для научных работников, инженеров, аспирантов, магистрантов, слушателей курсов повышения квалификации и профессиональной переподготовки.

ISBN 978-5-528-00334-4

© Соболь С. В., Февралев А. В., 2018
© ННГАСУ, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1. Гидротехнические сооружения и безопасность.....	7
1.1. Общие положения	8
1.2. Гидротехнические сооружения и окружающая среда.....	9
2. Факторы, определяющие безопасность ГТС	13
2.1. Общая классификация факторов.....	13
2.2. Природные факторы.....	14
2.3. Проектно-технологические факторы	16
2.4. Строительно-технологические факторы.....	17
2.5. Эксплуатационно-технологические факторы.....	18
2.6. Техничко-экономические и социально-экологические ограниче- ния.....	19
3. Аварии гидротехнических сооружений.....	19
3.1. Общие сведения	19
3.2. Гидродинамическая авария.....	24
4. Опасности аварий гидротехнических сооружений.....	27
4.1. Общие положения	27
4.2. Природные опасности.....	27
4.3. Антропогенные опасности.....	29
5. Требования к обеспечению безопасности ГТС.....	30
5.1. Общие требования.....	30
5.2. Требованиям по предупреждению чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах.....	31
5.3. Требования к натурным наблюдениям и проектным решениям	34
6. Состав и содержание декларации безопасности.....	36
6.1. Определение декларации безопасности.....	36
6.2. Состав декларации безопасности.....	36
6.3. Дополнительные требования к декларации безопасности.....	38

7. Критерии безопасности.....	41
7.1. Общие сведения.....	41
7.2. Контролируемые показатели.....	43
7.3. Определение критериев безопасности.....	46
7.4. Примеры определения критериев безопасности	48
7.5. Качественные критерии безопасности.....	53
8. Расчеты вероятного вреда при аварии ГТС.....	54
8.1. Общие положения	54
8.2. Определение размера вероятного вреда.....	58
9. Расчеты гидродинамических аварий	61
9.1. Методика РД 03-607-03	61
9.2. Методика с использованием программы <i>hWater</i>	65
10. Определение значения риска аварии ГТС	70
10.1. Этапы определения риска.....	70
10.2. Идентификация опасностей.....	70
10.3. Определение ожидаемой частоты аварий ГТС.....	73
10.4. Экспертная оценка уровня безопасности и риска аварий ГТС... ..	74
10.5. Оценка безопасности ГТС.....	77
10.6. Выбор уровня приемлемого риска.....	79
10.7. Пример экспертной оценки уровня безопасности и риска ава- рий ГТС на р. Вьюнице.....	81
11. Мониторинг безопасности ГТС.....	83
11.1. Общие положения.....	83
11.2. Состав мониторинга состояния.....	84
11.3. Состав, объем и функции системы мониторинга безопасности ГТС.....	85
11.4. Общие требования к системе прогнозирования последствий гидродинамических аварий.....	97
12. Рекомендации для разработки мероприятий по снижению риска.....	98

13. Российский регистр гидротехнических сооружений.....	103
13.1. Общие положения.....	103
13.2. Состав сведений Регистра	103
14. Информирование общественности об аварийных ситуациях.....	110
14.1. Общие положения.....	109
14.2. Системы оповещения населения.....	112
15. Эксплуатация ГТС.....	114
15.1. Нормативные документы по эксплуатации ГТС.....	114
15.2. Основные положения правил эксплуатации ГТС.....	115
15.3. Работы по ремонту гидротехнических сооружений.....	118
15.4. Основные положения правил эксплуатации водохранилищ.....	121
15.5. Типовые правила использования водохранилищ.....	123
16. Экологическая безопасность ГТС.....	131
16.1. Понятие об экологической безопасности.....	131
16.2. Вредные воздействия ГТС на окружающую среду.....	132
16.3. ГТС и природно-технические системы.....	133
16.4. Категории ПТС.....	134
16.5. Обеспечение устойчивости ПТС.....	136
16.6. Обеспечение экономической безопасности ПТС.....	137
17. Натурные наблюдения на ГТС.....	138
17.1. Состав наблюдений.....	138
17.2. Размещение средств наблюдений.....	140
17.3. Приборы инструментальных наблюдений.....	144
Список источников.....	150
Приложение. Иллюстрация систем мониторинга, аварийных ситуаций, аварий гидротехнических сооружений и их воздействий на окружающую среду.....	155

ВВЕДЕНИЕ

В мире функционирует более 60 тыс. гидроузлов с водохранилищами. Они предназначены для ирригации, выработки электроэнергии, регулирования стока, судоходства, рекреации и т. п. [10].

В то же время гидроузлы с гидротехническими сооружениями являются серьезным фактором воздействия на природную среду и человека.

Гидротехнические сооружения показали сравнительную высокую надежность и долговечность – многие из них эксплуатируются десятки и даже сотни лет. Однако мировая статистика свидетельствует, что исключить возможность повреждения и разрушения гидротехнических сооружений нельзя.

Среди причин повреждения гидросооружений большое значение в последнее время приобрели социально-экономические причины. Серьезную угрозу для ГТС представляют стихийные и антропогенные факторы, а также ряд факторов организационного характера.

Разрушение гидротехнических сооружений и водохранилищ представляет угрозу населению, природным и хозяйственным объектам, инфраструктуре и др.

Рост опасности повреждения и разрушения гидросооружений заставляет обратить внимание на проблему их безопасности.

Однако проблема безопасности ГТС не нашла должного отражения в учебной литературе по теме «Гидротехническое строительство».

Данное учебное пособие «Безопасность гидротехнических объектов» направлено на восполнение этого пробела. Оно предназначается, прежде всего, для студентов, обучающихся по специальности 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений со специализацией «Строительство гидротехнических сооружений повышенной ответственности».

К последним, согласно ФЗ РФ от 30.12.2009 № 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений", относятся здания и сооружения,

отнесенные в соответствии с Градостроительным кодексом Российской Федерации к особо опасным, технически сложным или уникальным объектам.

В соответствии с Градостроительным кодексом РФ от 29.12.2004 г. № 190-ФЗ к особо опасным, технически сложным объектам относятся гидротехнические сооружения первого и второго классов. К уникальным объектам относятся объекты капитального строительства, в проектной документации которых предусмотрена хотя бы одна из следующих характеристик:

- 1) высота более чем 100 метров;
- 2) пролеты более чем 100 метров;
- 3) наличие консоли более чем 20 метров;
- 4) заглубление подземной части (полностью или частично) ниже планировочной отметки земли более чем на 10 метров;
- 5) наличие конструкций и конструкционных систем, в отношении которых применяются нестандартные методы расчета с учетом физических или геометрических нелинейных свойств либо разрабатываются специальные методы расчета.

Кроме того, при определении уровня ответственности сооружений следует учитывать рекомендации [48], согласно которым к гидротехническим сооружениям повышенного уровня ответственности могут быть отнесены сооружения III и IV классов, если они входят в состав особо опасных и технически сложных объектов.

1. ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ

1.1. Общие положения

Гидротехническое сооружение (ГТС) – это сооружение, подвергающееся воздействию водной среды, предназначенное для использования и охраны водных ресурсов, предотвращения вредного воздействия вод, в том числе загрязненных жидкими отходами.

Гидротехнические сооружения принято различать по назначению на:

- подпорные, предназначенные для создания напора (перепада уровней бьефов);

- водосбросные, для удаления лишней воды (сброса), пропуска льда, шу- ги, мусора и других плавающих предметов;

- водозаборные, для забора и подачи воды потребителям;

- энергетические, для производства или использования электроэнергии;

- воднотранспортные, для обеспечения судоходства или лесосплава;

- рыбохозяйственные, для обеспечения рыбного хозяйства;

- для удаления наносов, отложившихся в водохранилище;

- водовыпускные, для обеспечения расходов воды в нижнем бьефе (сани- тарных попусков);

- ограждающие, для хранилищ жидких отходов;

- оградительные, для речных портов, судостроительных и судоремонтных предприятий

- водоспускные, для опорожнения водохранилища.

Весьма важна классификация ГТС. Согласно [15] гидротехнические со- оружения относят к следующим классам:

- I класс - гидротехнические сооружения чрезвычайно высокой опасно- сти;

- II класс - гидротехнические сооружения высокой опасности;

- III класс - гидротехнические сооружения средней опасности;

- IV класс - гидротехнические сооружения низкой опасности.

Критериями классификации ГТС являются:

- высота и тип грунта оснований;

- назначение и условия эксплуатации;

- максимальный напор на водоподпорное сооружение (для защитных ГТС);

- последствия возможных гидродинамических аварий.

Последствия аварий ГТС представляют ту или иную степень опасности ГТС для населения, промышленности, сельского хозяйства, транспорта, водных и земельных ресурсов и др.

Для регламентирования степени опасности гидротехнических сооружений в Российской Федерации разработан Федеральный закон «О безопасности гидротехнических сооружений» [43], в котором дается понятие «Безопасность ГТС».

Под безопасностью гидротехнических сооружений, в соответствии с этим законом, понимается свойство гидротехнических сооружений, позволяющее обеспечивать защиту жизни, здоровья и законных интересов людей, окружающей среды и хозяйственных объектов.

Различают социальную, техническую, экологическую безопасность [3].

Социальная безопасность – это свойство объекта, определяющее его способность не допускать наступления событий и состояний, которые могут создавать угрозы для эксплуатационного персонала и населения.

Техническая безопасность – это свойство объекта, определяющее его надежность при аварийных воздействиях.

Экологическая безопасность – это свойство объекта, определяющее его способность не допускать наступления событий и состояний, которые могут создавать угрозы для экосистем, отдельных представителей флоры и фауны, ареалов их обитания, среды жизнедеятельности человека.

1.2. Гидротехнические сооружения и окружающая среда

Освоение природных ресурсов ведется, как правило, для улучшения материальных и социальных условий жизни населения. При этом гидротехническому строительству, наряду с материальными выгодами, могут сопутствовать полезные эффекты, которые напрямую не связаны с целевым назначением ГТС. Такие эффекты иногда называют косвенными [3].

Прямыми эффектами гидротехнического строительства считаются гидроэнергетика, водоснабжение, судоходство, ирригация, регулирование стока рек, охлаждение конденсаторов ТЭС и АЭС, рыборазведение.

Косвенные эффекты могут быть представлены рекреацией (отдых у воды и на воде), водным спортом, туризмом, спортивным рыболовством, улучшением ландшафтов, водоохраной, созданием запаса пресной воды, изменением условий сообщения между берегами и др.

Однако, кроме положительных моментов ГТС, гидротехническое строительство сопряжено и с отрицательными эффектами (опасностями) для окружающей среды.

На рисунке 1.1 показано влияние создания водохранилища на окружающую природную среду. При этом наибольшему отрицательному влиянию подвергается окружающая территория. Здесь следует выделять:

- зону постоянного (точнее, долговременного) затопления, соответствующую урезу воды при НПУ с учетом кривизны водной поверхности;
- зону периодического временного затопления (между урезом при НПУ и урезом воды при прохождении максимальных расходов расчетной обеспеченности - ФПУ);
- зону эпизодического временного затопления, соответствующую форсированию уровня верхнего бьефа до максимального значения;
- зону повышения уровня грунтовых воды (зону подтопления), определяемую по допустимой глубине залегания уровня этой воды (в зависимости от характера земельных угодий, попадающих в зону подтопления).

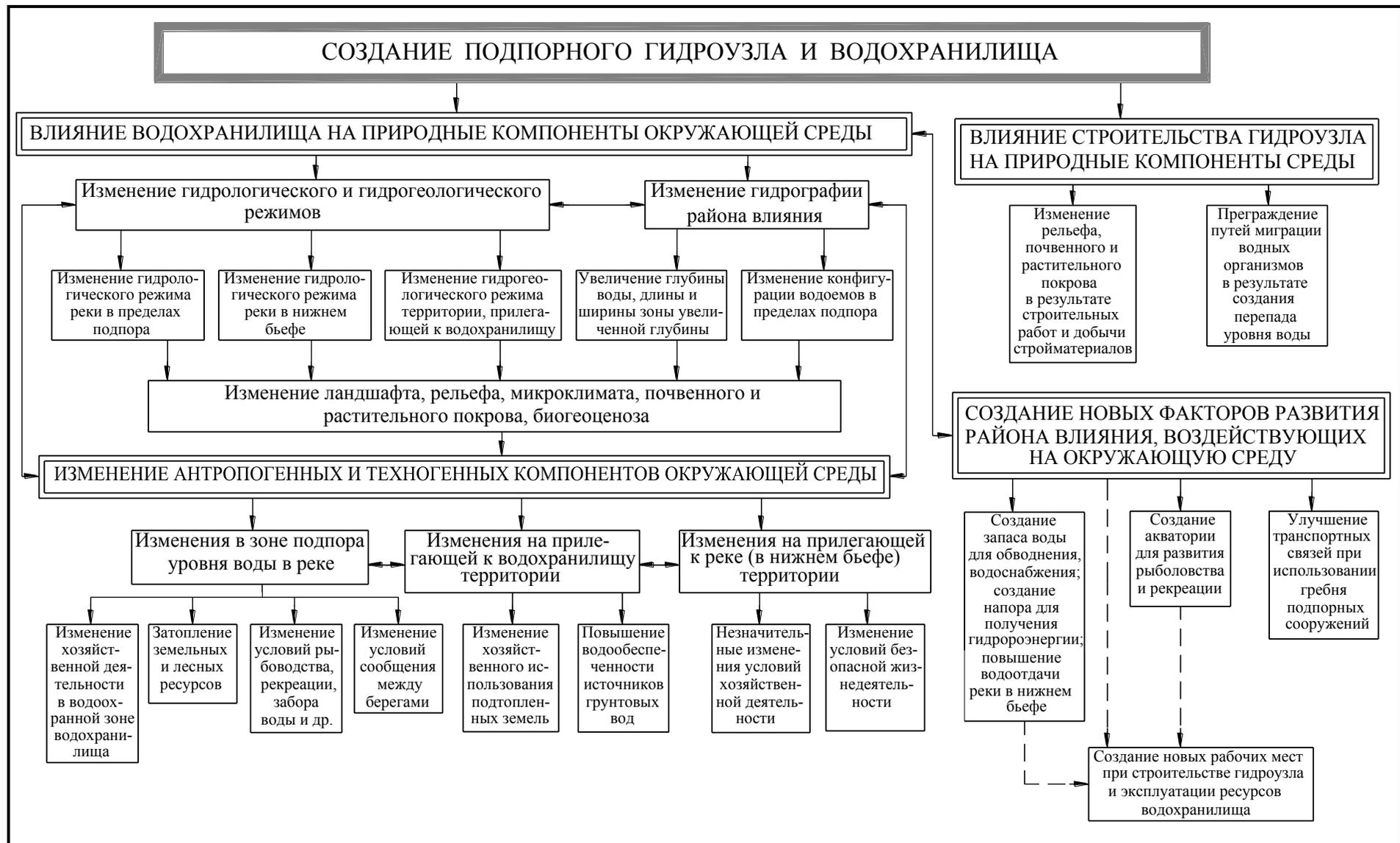


Рисунок 1.1 – Схема взаимодействия гидроузла и водохранилища с окружающей средой

Затопление территории приводит к её изъятию из хозяйственного использования; кроме того, изымаются земли под сооружения гидроузла, постоянные дороги, коридоры ЛЭП, однако площади таких земель значительно меньше, чем площади затопления.

Как сказано выше, подъем уровня грунтовых вод при образовании водохранилища может вызвать подтопление, однако далеко не всегда. Размеры зоны подтопления (ориентировочно) составляют при высоких берегах до 10 % площади зеркала водохранилища.

Создание водохранилища образует не только затопления и подтопления, но и приводит к изменению берегов. Переработка берегов водохранилищ зависит от местных природных условий, ветрового волнения, уровня режима, литологии и размываемости пород, морфометрии склонов и др. Переработка берегов весьма существенна для равнинных водохранилищ. Процесс переработки особенно интенсивен в первые 5-10 лет после образования водохранилища, в последующие 10-15 лет интенсивность ослабевает, усиливаясь лишь в многоводные годы или при изменении режима уровней. В дальнейшем переформирование берегов практически затухает, в это время в прибрежной зоне формируется полоса водных растений, склоны закрепляются растительностью.

Наиболее интенсивное отступление бровки берега отмечается в начальном периоде, когда скорость смещения берега составляет 1,0-1,2 м/год; смещение берега вглубь территории за период интенсивной переработки составляет 5-10 м, зона переработки берегов обычно не превышает 3-5 % площади затоплений.

Таким образом, влияние гидротехнического строительства на окружающую среду многогранно. Однако, разные аспекты этого влияния имеют различное значение. Так, воздействие гидроузлов на атмосферу и климат незначительно, так как загрязнение воздуха при строительстве и эксплуатации этих гидроузлов ничтожно, а изменения климата проявляются на небольшой территории водной поверхности и береговой зоны.

Более существенно влияние гидроузлов на гидрологический режим реки, зависящее от перепада уровня бьефов и характера регулирования стока.

Накопление грунтового материала в ложе водохранилищ, несмотря на отрицательную роль, может иметь и положительное значение. Очистка заиленных водохранилищ с намывом донных отложений на низкопродуктивные или бросовые земли для их окультуривания и рекультивации может существенно повысить эффективность использования водохранилищ.

Наиболее значительно влияние гидроузлов проявляется в затоплении и подтоплении территорий, однако следует отметить, что подтопленные земли не изымаются, они могут быть использованы как без проведения мелиоративных мероприятий, так и с проведением последних.

В приложении систематизированы сведения о воздействиях ГТС на окружающую среду (с. 192).

2. ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ БЕЗОПАСНОСТЬ ГТС

2.1. Общая классификация факторов

Факторы, определяющие безопасность гидротехнических сооружений, принято делить на три группы [3]: природные факторы, техногенные факторы и факторы, обусловленные ограничениями по природопользованию (техно-экономические, социальные, экологические и др.).

Среди природных факторов рассматривают:

- гидрологический режим реки,
- сейсмичность района ГТС,
- инженерно-геологические и гидрогеологические условия, в т. ч. и физико-механические характеристики грунтов оснований, а также грунтовых материалов ГТС,
- климатические воздействия,
- устойчивость склонов и откосов.

Техногенные факторы разделяются на проектно-технологические, строительно-технологические и эксплуатационно-технологические факторы.

Из **проектно-технологических** факторов ведущими являются конструкции и параметры сооружений, а также ошибки изысканий, проектирования, конструирования.

К **строительно-технологическим** факторам относят:

- нагрузки и воздействия строительного периода,
- дефекты производства работ,
- изменчивость физико-механических характеристик грунтов, определяемая технологией строительства,
- работоспособность временных строительных сооружений и др.

В **эксплуатационно-технологических** факторов выделяют:

- отложения наносов и загрязнений в водохранилище,
- эвтрофикация водохранилища,
- фильтрация через сооружения,
- регулирование стока,
- переработка берегов и размывы оснований сооружений,
- повреждение элементов конструкций,
- обеспеченность объекта ресурсами, необходимыми для нормального функционирования ГТС,
- квалификация эксплуатационного персонала,
- надежность системы мониторинга.

2.2. Природные факторы

Среди природных факторов наиболее важными являются элементы гидрологического режима, как-то:

- половодья и паводки – образование максимальных расходов воды в результате снеготаяния, таяния ледников, обильных дождей и др.;
- ледовые явления – образование льда (ледохода), заторов, зажороров: зажор – заполнение живого сечения водотока шугой (внутриводным льдом); в результате – подъем уровня воды без увеличения расхода; обычно в начале зимы, в период осеннего ледохода; затор – заполнение живого сечения водотока по-

верхностным льдом из-за какой-либо преграды; чаще весной, в период весеннего ледохода. Преграда - обычно неподвижный лед.

Сейсмические влияния на ГТС обычно принимаются во внимание при балльности возможных землетрясений не менее 7.

Инженерно-геологические и гидрогеологические условия характеризуются наличием и расположением растворимых пород, разломов, трещин, вечной мерзлоты, карста и т. п.

Изменчивость во времени и пространстве физико-механические характеристики грунтов определяет конструктивные решения ГТС и их основные параметры.

Среди климатических воздействий выделяются: изменение температуры воздуха (рисунок 2.1); изменение количества осадков; изменение ветрового режима; изменение количества испарений.

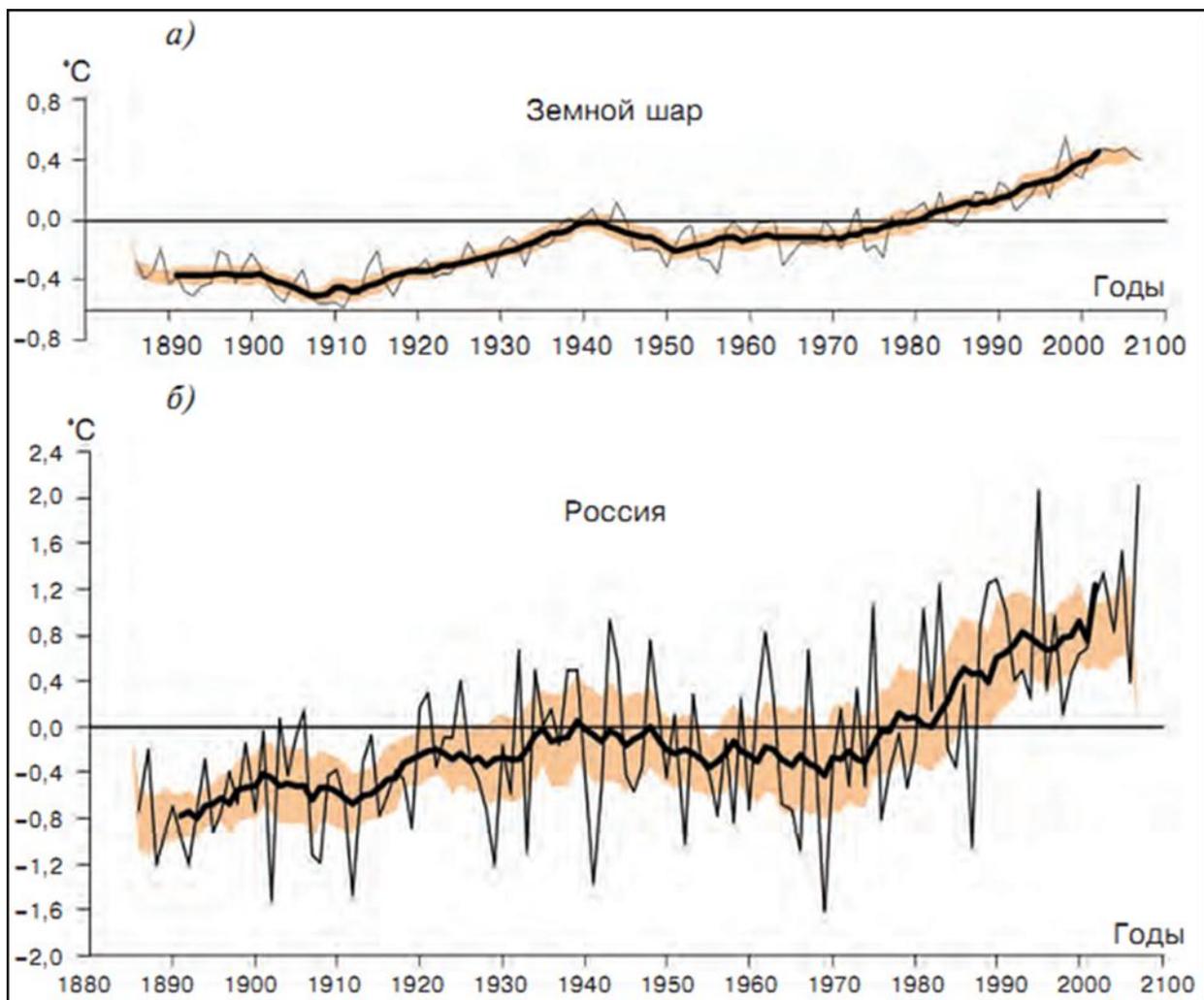


Рисунок 2.1 – Изменение среднегодовой температуры воздуха

Низкая устойчивость склонов и откосов может привести к обвалам (отрыву и падению масс горных пород под действием силы притяжения) и оползням (отделившимся массам рыхлых пород, медленно и постепенно оползающим по наклонной плоскости отрыва) (рисунок 2.2, рисунок 2.3).

2.3. Проектно-технологические факторы

Значительную роль в обеспечении безопасности ГТС играют конструкции и параметры сооружений, а также результаты изысканий, проектирования, конструирования. Так, по данным Комитета по авариям [3], из общего количества построенных плотин разрушилось около 3,5 %, из грунтовых – 6,9 %; из всех разрушенных крупных плотин 25 % – бетонные, 75 % – из грунтовых материалов.



Рисунок 2.2 – Обвал

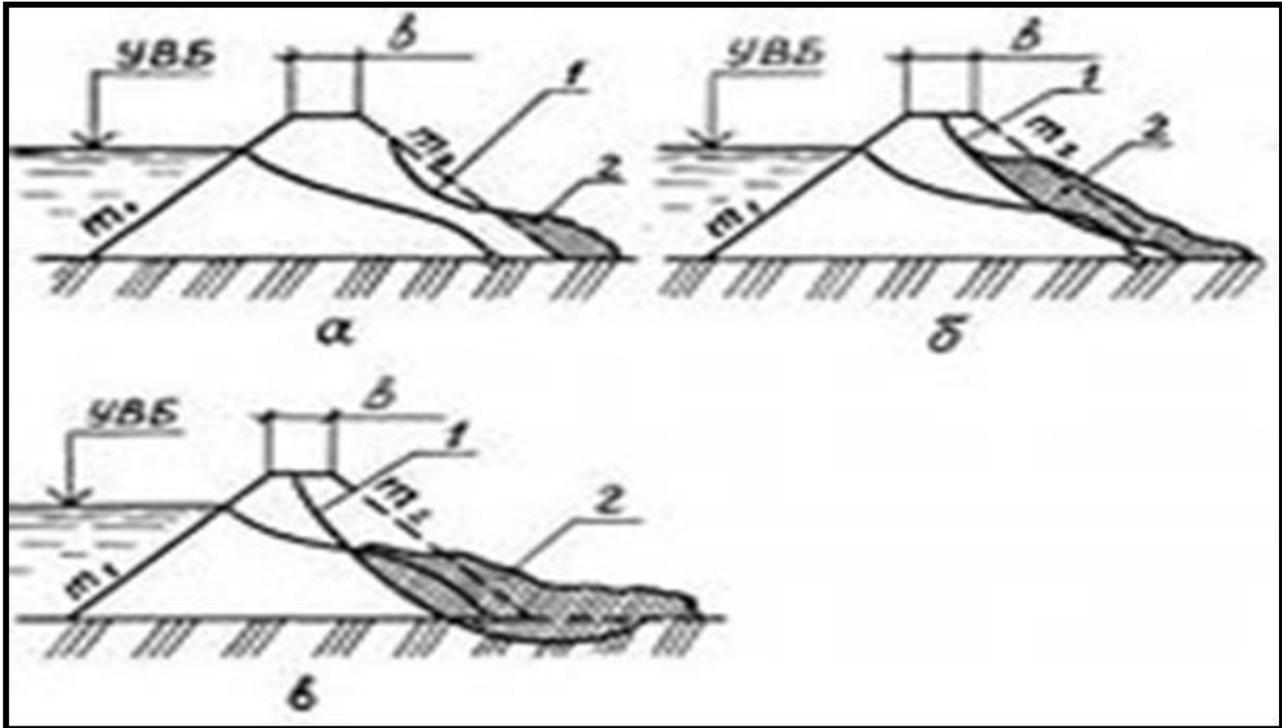


Рисунок 2.3 - Обрушение откосов плотин

а - в пределах части откоса; б – в пределах откоса; в – в пределах откоса и основания;
1 – поверхность обрушения; 2 – поверхность откоса после обрушения

Из плотин из грунтовых материалов, по данным Комитета, наиболее аварийны каменно-земляные плотины, наименее – земляные.

Среди ошибок изысканий, проектирования, конструирования выделяются неверное определение гидрологических параметров, недостаточное обоснование инженерно-геологических материалов; не соответствующие нормам проработки конструкций ГТС и их элементов.

2.4. Строительно-технологические факторы

Строительный период является наиболее сложным для обеспечения безопасности ГТС.

В период строительства происходит перераспределение усилий в конструкциях и основаниях, набирает прочность бетон, происходит консолидация грунтов, проявляются дефекты производства работ. Этот этап иногда называют «приработкой».

В период приработки наиболее вероятно оползание и обрушение откосов, образование трещин сооружений из-за неравномерных строительных осадок.

Вероятны связанные с отказом строительных водосбросов переливы воды через гребни сооружений.

В процессе приработки возникают особые техногенные воздействия: взрывы при производстве работ, подрезка склонов, перераспределение нагрузок на ГТС и т. п.

2.5. Эксплуатационно-технологические факторы

Проблемой эксплуатации водохранилищ является аккумуляция наносов (заиление и занесение). В результате уменьшается полезный объем; увеличивается поступление загрязняющих веществ; происходит уменьшение поступления наносов в нижний бьеф с размывом дна и берегов в течении ниже плотины; начинается зарастание мелководий водохранилища высшей водной растительностью; снижается рекреационная ценность водохранилища; ухудшаются условия воспроизводства рыбных запасов.

Интенсификация производственной деятельности в бассейнах рек способствует поступлению в водоемы питательных веществ, особенно фосфора и азота, что приводит к эвтрофикации водохранилища – развитию сине-зеленых водорослей, снижению качества воды по кислороду, цвету, вкусу, запаху.

Одним из проявлений создания водохранилища является фильтрация. Она оказывает силовое воздействие на сооружения, вызывает суффозию грунтов и выщелачивание бетона, приводит к подъему грунтовых вод и подтоплению прилегающих земель; кроме того, возможно существенные потери стока на фильтрацию.

Особые воздействия вызываются регулированием стока – наполнением и сработкой водохранилища, особенно при высокой скорости изменения УВБ.

Среди сооружений гидроузлов особые функции выполняют водосбросы и их оборудование. В результате неисправностей водосбросных сооружений возможны:

- переливы воды через гребни сооружений;
- затопления и подтопления в верхнем бьефе,

- местные размывы и подмывы русла и ГТС в нижнем бьефе,
- увеличение гидродинамических нагрузок с разрушением и повреждением гидросооружений и других объектов.

Характерной особенностью ГТС являются различные сроки службы отдельных элементов; в результате возможно достижения износа до истечения срока эксплуатации гидроузла.

В этой связи большое значение имеют необходимая квалификация персонала эксплуатации, соответствующие объемы материальных и людских ресурсов для своевременного ремонта и т. п.

2.6. Техничко-экономические и социально-экологические ограничения

Среди технико-экономических ограничений, определяющих безопасность ГТС, выделяют: **техничко-экономические параметры** (капитальные и эксплуатационные затраты, подпорные уровни, напоры, мощность и др.), т. е. показатели, невыполнение которых может рассматриваться как нарушение надежности объекта [3]; **показатели**, соблюдение которых обеспечивает отсутствие или снижение отказов (например, параметры слоев обратных фильтров, размеры защитных сооружений, коэффициенты заложения откосов); параметры, соответствующие требованиям нормативных документов (СП, РД, СанПиН) – назначаемые при проектировании и уточняемые при эксплуатации.

При гидротехническом строительстве используются природно-экологические и социальные ресурсы. При этом вследствие нехватки или отсутствия ресурса, в том числе, трудового, могут возникнуть ограничения природопользования - **социально-экологические ограничения** [3].

3. АВАРИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

3.1. Общие сведения

Авария ГТС – это опасное техногенное происшествие, создающее угрозу жизни и здоровью людей, приводящее к разрушению зданий, сооружений, оборудования и коммуникаций, нарушению производственных и транспортных

процессов, нанесению ущерба окружающей природной среде [7]. Принято различать разрушения и повреждения ГТС. Под **разрушением** понимается катастрофический выход объекта из строя, обычно связанный с прорывом напорного фронта; под **повреждением** – опасные отклонения от эксплуатационных требований, требующих неотложных ремонтных мероприятий [3].

Социально-экологическими нарушениями считаются любые неблагоприятные изменения природных, экологических и социальных условий проживания людей [3].

Среди социально-экологических нарушений, связанных со строительством и эксплуатацией ГТС, выделяются [3]:

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

В мире ежегодно происходит более 3000 аварий плотин (рисунки 3.1 и 3.2). Наибольшее число разрушений отмечается на земляных плотинах высотой до 15-30 м с водохранилищами объемом до 10 млн. м³, характерных для гидроузлов на малых реках.

Российскими примерами сказанному являются аварии Киселевской и Тирлянской плотин.



Рисунок 3.1 – Разрушение грунтовой плотины переливом воды



Рисунок 3.2 – Разрушение водосброса плотины Оровилл (США) [33]

Киселевская плотина (возведена из грунта, высотой до 18 м, объем водохранилища 34 млн. м³) разрушилась 14 июля 1993 г. вследствие перелива через её гребень воды из-за недостаточной пропускной способности водосброса. Погибло 15 человек, было разрушено 1200 домов, убытки превысил 40 млрд. руб. (в ценах июля 1993 г.).

Разрушение Тирлянкой грунтовой плотины (высота 9,85 м, объем водохранилища 4,96 млн. м³) произошло 8 августа 1994 г. также из-за перелива воды через её гребень при аварии водосброса. Погибло 22 человека, убытки составили около 40 млрд. руб. (цены августа 1994 г.).

17 августа 2009 года произошла авария на Саяно-Шушенской ГЭС на р. Енисее. Причиной стал отрыв крышки турбины № 2 под действием давления воды величиной около 180 м вод. ст. В результате аварии погибло 75 человек, оборудованию и помещениям станции нанесён серьёзный ущерб. По оценкам на 25 сентября 2009 г. ущерб от аварии превысил 7 млрд. рублей.

Авария 1984 г. плотины (высота плотины около 4 м) в колхозе им. В. И. Ленина (Горьковская область); плотина была построена на небольшом ручье. Авария произошла вследствие нарушения фильтрационной прочности основания плотины; при этом возникла механическая суффозия и плотина разрушилась.

Разрушение плотины в селе Шадрино Ковернинского района Горьковской области; авария произошла из-за нарушения фильтрационной прочности тела плотины в примыкании к склону долины. Высота плотины около 5 м.

На Лужской ГЭС-2 (р. Быстрица Ленинградской области). 1 апреля 1956 г. произошла авария — разрушилась русловая земляная плотина, которая строилась в 1951 -1955 гг. Фильтрационным прорывом вынесено 500 м³ грунта, а ширина размыва достигла 32 м. Водоохранилище было полностью опорожнено, подмыта бетонная опора, которая оторвалась от устоя здания станции по осадочному шву [13].

Аварии ГТС, приводящие к возникновению ЧС на определенной территории и акватории, разделяются на две основные группы [11]:

аварии ГТС без прорыва напорного фронта;

аварии ГТС с прорывом напорного фронта в результате образования прорана или бреши.

К авариям ГТС без прорыва напорного фронта, приводящим к возникновению ЧС на определенной территории и акватории, относятся:

- постепенное переполнение водохранилища (накопителя) из-за превышения поступающего расхода пропускной способности ГТС (например, при поступлении в водохранилище или накопитель нерасчетного паводка, неполном открытии водосбросных отверстий из-за поломок затворов или ошибок персонала);

- возникновение в водохранилище чрезвычайно больших волн (например, волн вытеснения из-за оползня берега, селевого паводка, волны прорыва из вышележащих водохранилищ, завальных озер или временных водоемов, подпруженных ледниками, волн от крупных взрывов);

- аварии ГТС, связанные с повреждением отдельных элементов сооружений - водоводов, механического оборудования водозаборных и водосбросных сооружений.

К авариям ГТС с прорывом напорного фронта в результате образования прорана или бреши, приводящим к возникновению ЧС на определенной территории и акватории, относятся:

- образование прорана в сооружениях из грунтовых материалов (плотины, дамбы каналов, ограждающие дамбы хранилищ отходов) или бреши в бетонных или железобетонных сооружениях без аварийного повышения уровня воды со стороны верхнего бьефа гидроузла (уровня воды в хранилище опасных отходов, сточных вод);

- образование прорана в сооружениях из грунтовых материалов или бреши в бетонных или железобетонных сооружениях при аварийном повышении уровня воды со стороны верхнего бьефа;

- образование прорана в сооружениях из грунтовых материалов - ограждающих дамбах накопителей жидких промышленных отходов (золошлакоотвалы, шламохранилища, хвостохранилища, гидроотвалы, накопители промышленных стоков).

При аварии ГТС формируются следующие зоны аварийного воздействия: верхний бьеф - акватория и участки примыкающей к водохранилищу (накопителю) территории выше створа ГТС; территория ГТС - земельный участок и (или) участок акватории в границах, устанавливаемых в соответствии с земельным и водным законодательствами; нижний бьеф - акватория и участки примыкающей к водохранилищу (накопителю) территории ниже створа ГТС.

3.2. Гидродинамическая авария

Гидродинамическая авария – это авария на гидротехническом сооружении, связанная с распространением с большой скоростью воды и создающая угрозу возникновения техногенной чрезвычайной ситуации [5].

К основным гидротехническим сооружениям, разрушение которых приводит к гидродинамическим авариям, относятся плотины, дамбы, перемычки, водозаборные и водосбросные сооружения. Последствиями гидродинамических аварий являются:

- повреждение и разрушение гидроузлов и кратковременное или длительное прекращение выполнения ими своих функций;
- поражение людей и разрушение сооружений волной прорыва, образующейся в результате разрушения ГТС, имеющей высоту от 2 до 12 м и скорость движения от 3 до 25 км/ч (для горных районов – до 100 км/ч);
- катастрофическое затопление обширных территорий слоем воды от 0,5 до 10 м и более.

Гидродинамическая авария возникает при [3]:

- при разрушении напорного фронта с образованием прорана и развитием волны прорыва (рисунок 3.3), последняя создает зону поражения (рисунок 3.4);

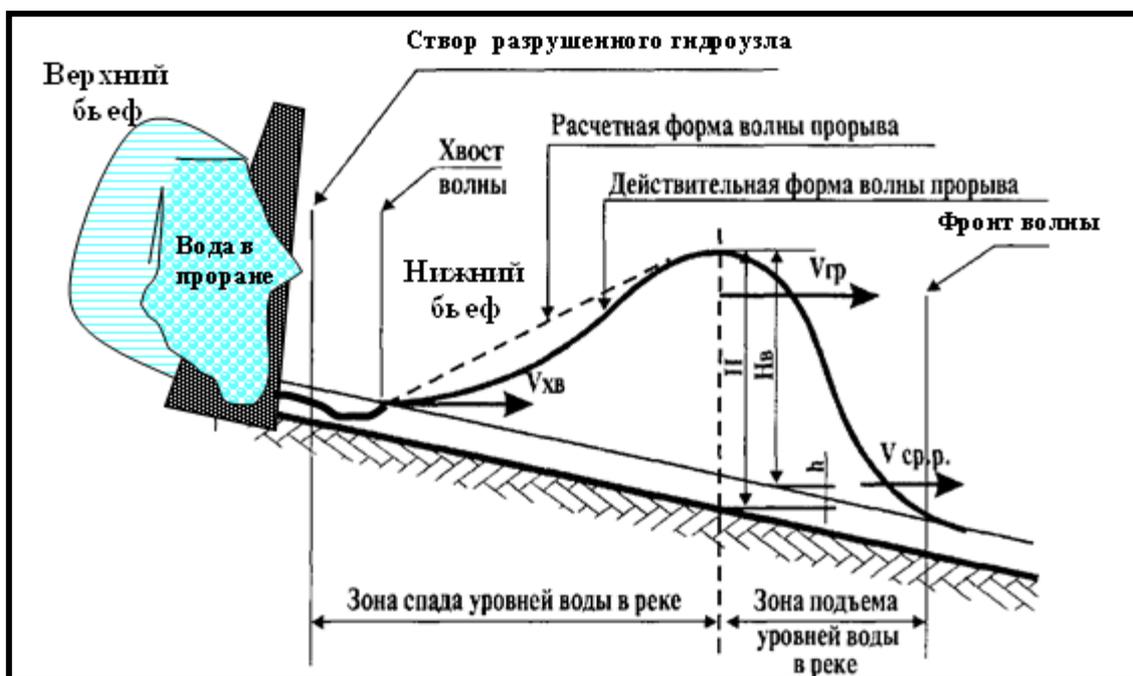


Рисунок 3.3 – Волна прорыва

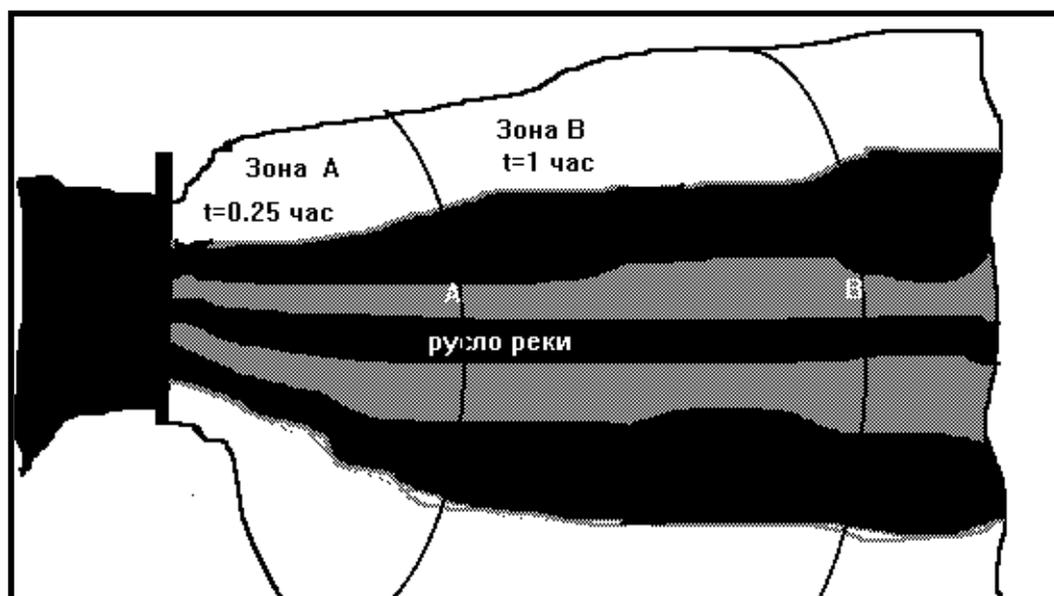


Рисунок 3.4 – Зоны поражения волны прорыва:

V – скорость движения воды; H_B – высота волны; зона А - чрезвычайно опасного затопления; зона В - зона опасного затопления (зона разрушения объектов экономики и ГТС)

-  — Зона возможных полных и сильных разрушений ($V > 2,5$ м/с; $H_B > 4$ м)
-  — Зона сильных разрушений ($2,5 > V > 1,5$ м/с; $1 < H_B < 4$ м)
-  — Зона возможных слабых разрушений ($V < 1$ м/с; $H_B < 1$ м)

- при сползании или обрушении в водохранилище значительных масс грунта, снега, льда; при этом возникает волна вытеснения, которая при переливе через гребень также приводит к образованию прорыва и волны прорыва;

- при разрыве напорного трубопровода и истечении через место разрыва больших масс воды, в результате чего возникает волна прорыва.

Анализ статистических данных по авариям подпорных ГТС позволяет выделить наиболее вероятные аварии (рисунок 3.5).

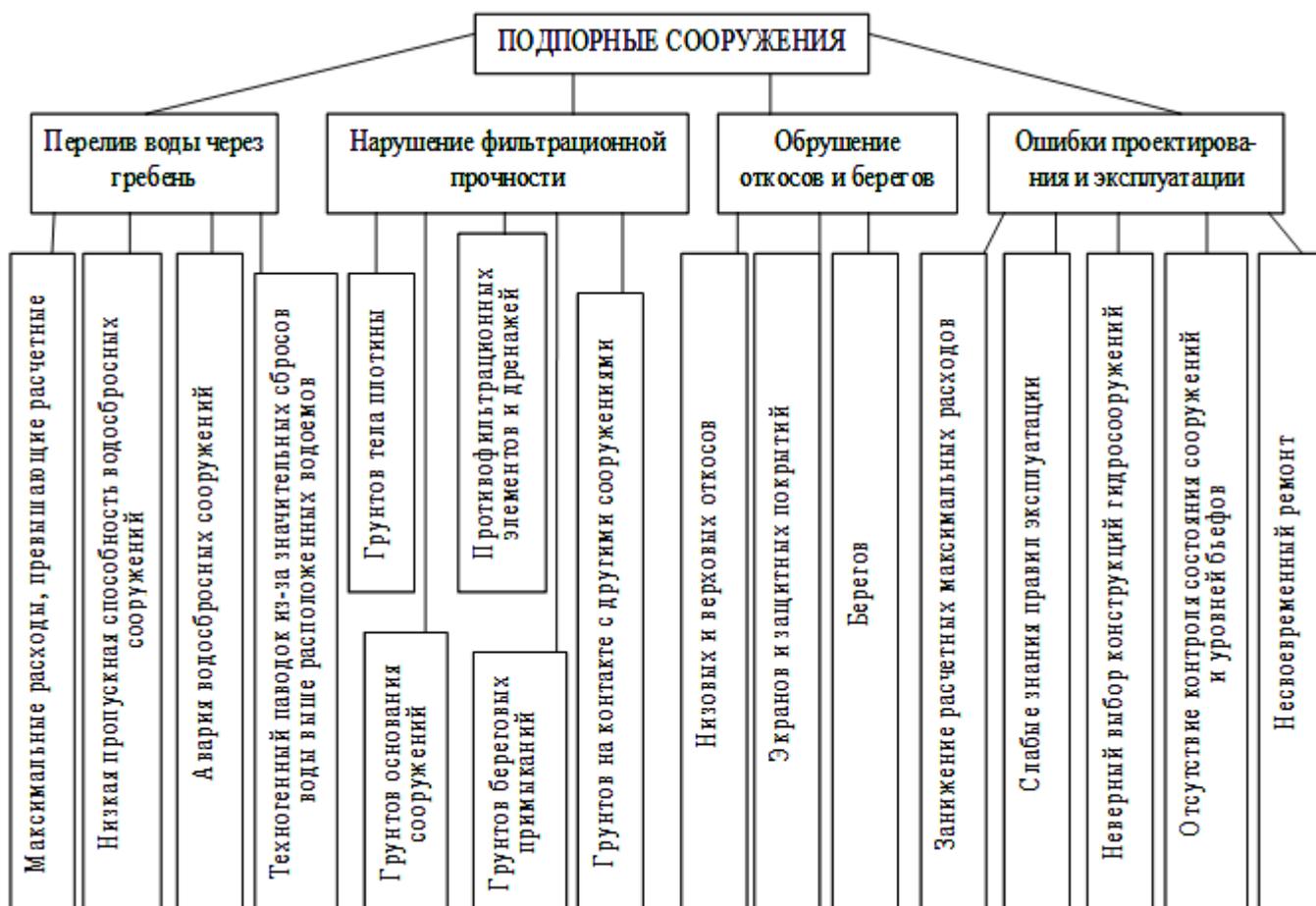


Рисунок 3.5 – Аварии подпорных сооружений

В приложении даны сведения об аварийных ситуациях и авариях на ГТС (с. 157).

4. ОПАСНОСТИ АВАРИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

4.1. Общие положения

Опасность аварии гидротехнического сооружения – это угроза, возможность причинения вреда здоровью, жизни людей, имуществу и окружающей природной среде вследствие аварии гидротехнического сооружения [12].

Безопасные (безаварийные) строительство и эксплуатация ГТС не возможны без выделения и изучения причин, приводящих к их повреждению и разрушению (аварии).

Опасности аварии, называемые также факторами риска [10], принято делить на природные и антропогенные.

4.2. Природные опасности

Среди природных опасностей выделяют, прежде всего, **расходы воды в половодья и паводки**, превышающие расчетные максимальные расходы. Последние определяются вероятностью превышения (табл. 4.1), которая устанавливается по классу ГТС [41]. Превышения расчетных расходов могут быть вызваны катастрофическими природными явлениями.

Превышение расходов может привести к тому, что они не будут пропущены водосбросными сооружениями; это приведет к разрушению водосбросов (рисунок 3.2), к подъему УВБ, переливу воды через гребни подпорных сооружений и к гидродинамической аварии.

Таблица 4.1 – Ежегодные вероятности превышения, %, расчетных максимальных расходов воды

Расчетные случаи	Классы сооружений			
	I	II	III	IV
Основной	0,1	1,0	3,0	5,0
Поверочный	0,01*	0,1	0,5	1,0
* С учетом гарантийной поправки				

В качестве воздействий ледовых явлений рассматривают нагрузки [39]:

- от воздействия движущихся ледяных полей;
- от воздействия остановившегося поля ровного льда;
- на сооружения от сплошного ледяного покрова при его температурном расширении;
- от примерзшего к сооружению ледяного покрова при изменении уровня воды;
- на сооружения от заторных и зажорных масс льда;
- нагрузки от движущегося тороса.

Величины нагрузок определяются по [37]; превышение расчетных ледовых нагрузок может возникнуть при катастрофических ледовых явлениях. В результате возможно разрушение сооружений, креплений откосов и берегов, размывы незакрепленных элементов ГТС.

Ветровые нагрузки рассчитываются по [37]. Опасность представляют бури, ураганы, смерчи: буря – сильный ветер со скоростью 15-20 м/с и более; ураган – буря со скоростью ветра более 30 м/с; смерч (торнадо) - атмосферное явление, представляющее собой стремительный воронкообразный вихрь. Частота возникновения этих явлений может быть определена по [26]. Основная опасность сильных ветров – образование штормовых волн в водохранилище, под воздействием которых разрушаются напорные откосы, берега, крепления. Кроме того, нарушается режим судоходства в верхнем бьефе.

Обвалы и оползни могут создавать в верхнем бьефе волны вытеснения, которые приводят к переливам воды через гребни плотин, а также к их разрушениям.

Изменение температуры воздуха возможно в связи с глобальными изменениями климата (рисунок 2.1).

Особенно опасно повышение температуры для территории вечной мерзлоты, площадь которой в России составляет более 40 % всей площади. Под воздействием более высоких температур возможна деградация вечномерзлых грунтов, являющихся основанием ГТС, с понижением их прочности, увеличе-

нием проницаемости, возрастанием осадок сооружений вплоть до их разрушения.

4.3. Антропогенные опасности

Одной из распространенных опасностей аварии ГТС являются **заниженные расчетные максимальные расходы воды**. Дело в том, что эти расходы определяют специальными расчетами [38] с использованием параметров, установленных анализом данных наблюдений. При этом данные наблюдений не могут охватить все многообразие изменений параметров; кроме того, параметры соответствуют прошедшему периоду наблюдений, а максимальные расходы необходимы для будущего. К неопределенности расходов добавляются также глобальные изменения климата. Таким образом, надежное определение максимальных расходов достаточно затруднительно, что и приводит к их занижению. Занижение максимальных расходов требует меньших размеров водосбросов. В случае больших расходов эти водосбросы не смогут их пропустить, в результате возможны разрушения ГТС вплоть до гидродинамических аварий.

Другой распространенной опасностью считается **неправильное определение состава грунтов и их физико-механических характеристик**. При этом имеются в виду, как грунты основания, так и материалы грунтовых ГТС. При такой опасности возможны повышенные осадки и просадки оснований, снижение устойчивости сооружений и их элементов, образование трещин и т. п.

Исчерпание технического ресурса оборудования без капитального ремонта или замены опасно отказом оборудования, например, затворов водосбросов и их приводов, подъемно-транспортных механизмов, авариями технологического оборудования и др.

Среди антропогенных опасностей особое место занимают **условия эксплуатации ГТС**: эксплуатация, выполняемая не по утвержденным правилам или вообще без правил; некомпетентность – эксплуатация необученным персоналом; халатность – игнорирование эксплуатационным персоналом выполнения необходимых действий.

В условиях военных действий опасность представляет **разрушение подпорных сооружений**. Эти разрушения могут проводиться как с целью прекращения функционирования ГТС (например, разрушение германскими войсками Днепровской ГЭС на реке Днепре в период Великой Отечественной войны), так и с целью создания гидродинамической аварии с катастрофическими последствиями.

Терроризм — политика систематического устрашения: убийств, уничтожения имущества, порчи инфраструктуры и прочего с целью посеять страх среди населения, повлиять на принятие решений властями и международными организациями. Чтобы претворять эту политику в жизнь, террористам приходится проводить акты устрашения, которые и называются **террористическими актами** (сокращённо — **терактами**). При этом угрозы убийства или подрыва могут быть не менее действенны, чем реальный взрыв. Для исполнения названных целей использоваться теракты на гидротехнических объектах.

Аварии на соседних объектах также могут создавать опасности аварий на гидротехнических сооружениях. Такие аварии иногда называют наведенными. Например, авария на вышерасположенном в каскаде гидроузле, создавая волну прорыва, может спровоцировать аварию нижерасположенных ГТС.

5. ТРЕБОВАНИЯ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ГТС

5.1. Общие требования

Обеспечение безопасности гидротехнических сооружений осуществляется на основании следующих общих требований [43]:

обеспечение допустимого уровня риска аварий гидротехнических сооружений;

представление деклараций безопасности гидротехнических сооружений;

государственный надзор за безопасностью гидротехнических сооружений;

непрерывность эксплуатации гидротехнических сооружений;

осуществление мер по обеспечению безопасности гидротехнических сооружений, в том числе установление критериев их безопасности, оснащение гидротехнических сооружений техническими средствами в целях постоянного контроля за их состоянием, обеспечение необходимой квалификации работников, обслуживающих гидротехническое сооружение;

необходимость заблаговременного проведения комплекса мероприятий по максимальному уменьшению риска возникновения чрезвычайных ситуаций на гидротехнических сооружениях;

ответственность за действия (бездействие), которые повлекли за собой снижение безопасности гидротехнических сооружений ниже допустимого уровня.

5.2. Требованиям по предупреждению чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах

Потенциально опасный объект - это объект, на котором расположены здания и сооружения повышенного уровня ответственности, либо объект, на котором возможно одновременное пребывание более пяти тысяч человек [44]. Гидротехнические сооружения повышенного уровня ответственности являются потенциально опасными объектами.

Потенциально опасные объекты подразделяются по степени опасности в зависимости от масштабов возникающих чрезвычайных ситуаций на пять классов [20]:

1 класс - потенциально опасные объекты, аварии на которых могут являться источниками возникновения федеральных и/или трансграничных чрезвычайных ситуаций;

2 класс - потенциально опасные объекты, аварии на которых могут являться источниками возникновения региональных чрезвычайных ситуаций;

3 класс - потенциально опасные объекты, аварии на которых могут являться источниками возникновения территориальных чрезвычайных ситуаций;

4 класс - потенциально опасные объекты, аварии на которых могут являться источниками возникновения местных чрезвычайных ситуаций;

5 класс - потенциально опасные объекты, аварии на которых могут являться источниками возникновения локальных чрезвычайных ситуаций.

Чрезвычайные ситуации (ЧС) природного и техногенного характера подразделяются на [16]:

а) ЧС локального характера, в результате которой территория, на которой сложилась ЧС и нарушены условия жизнедеятельности людей (далее - зона чрезвычайной ситуации), не выходит за пределы территории объекта, при этом количество людей, погибших или получивших ущерб здоровью (далее - количество пострадавших), составляет не более 10 человек либо размер ущерба окружающей природной среде и материальных потерь (далее - размер материального ущерба) составляет не более 100 тыс. рублей;

б) ЧС муниципального характера, в результате которой зона ЧС не выходит за пределы территории одного поселения или внутригородской территории города федерального значения, при этом количество пострадавших составляет не более 50 человек либо размер материального ущерба составляет не более 5 млн. рублей, а также данная чрезвычайная ситуация не может быть отнесена к ЧС локального характера;

в) ЧС межмуниципального характера, в результате которой зона ЧС затрагивает территорию двух и более поселений, внутригородских территорий города федерального значения или межселенную территорию, при этом количество пострадавших составляет не более 50 человек либо размер материального ущерба составляет не более 5 млн. рублей;

г) ЧС регионального характера, в результате которой зона ЧС не выходит за пределы территории одного субъекта Российской Федерации, при этом количество пострадавших составляет свыше 50 человек, но не более 500 человек либо размер материального ущерба составляет свыше 5 млн. рублей, но не более 500 млн. рублей;

д) ЧС межрегионального характера, в результате которой зона ЧС затрагивает территорию двух и более субъектов Российской Федерации, при этом количество пострадавших составляет свыше 50 человек, но не более 500 человек либо размер материального ущерба составляет свыше 5 млн. рублей, но не более 500 млн. рублей;

е) ЧС федерального характера, в результате которой количество пострадавших составляет свыше 500 человек либо размер материального ущерба составляет свыше 500 млн. рублей.

К основным требованиям по предупреждению чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах и объектах жизнеобеспечения относятся [20]:

- разработка распорядительных и организационных документов по вопросам предупреждения чрезвычайных ситуаций;

- разработка и реализация объектовых планов мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций;

- прогнозирование чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера, определение и периодическое уточнение показателей риска чрезвычайных ситуаций для производственного персонала и населения на прилегающей территории;

- обеспечение готовности объектовых органов управления, сил и средств к действиям по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций;

- подготовка персонала к действиям при чрезвычайных ситуациях;

- сбор, обработка и выдача информации в области предупреждения чрезвычайных ситуаций, защиты населения и территорий от их опасных воздействий;

- декларирование безопасности, лицензирование и страхование ответственности за причинение вреда при эксплуатации опасного производственного объекта и гидротехнического сооружения;

- создание объектовых резервов материальных и финансовых ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций.

- разработка плана действий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и документация, регламентирующая деятельность объекта, которая включает:

а) порядок учета отклонений технологических параметров до опасных значений;

б) систему анализа причин отклонений от требований безопасности и учета всех неполадок, временных остановок технологического процесса, оборудования с разработкой мер по предупреждению чрезвычайных ситуаций;

- создание системы оповещения.

5.3. Требования к натурным наблюдениям и проектным решениям

В составе проекта гидротехнических сооружений следует разрабатывать специальный проект натурных наблюдений за их работой и состоянием, как в процессе строительства, так и при эксплуатации для своевременного выявления дефектов и неблагоприятных процессов, назначения ремонтных мероприятий, предотвращения отказов и аварий, улучшения режимов эксплуатации и оценки уровня безопасности и риска аварий [40].

Проект натурных наблюдений должен включать:

- перечень контролируемых нагрузок и воздействий на сооружение;

- перечень контролируемых и диагностических показателей состояния сооружения и его основания, включая критерии безопасности;

- программу и состав инструментальных и визуальных наблюдений;

- технические условия и чертежи на установку контрольно-измерительной аппаратуры (КИА), спецификацию измерительных приборов и устройств;

- структурную схему и технические решения системы мониторинга состояния сооружений, природных и техногенных воздействий на них, включая состав ее основных технических и программных средств;

- инструктивные и методические рекомендации по проведению натурных наблюдений за работой и состоянием сооружений.

В составе проекта гидротехнических сооружений должны быть разработаны **критерии их безопасности**.

Перед вводом в эксплуатацию и в процессе эксплуатации гидротехнических сооружений критерии безопасности должны уточняться на основе результатов натуральных наблюдений за состоянием сооружений, нагрузок и воздействий, а также изменений характеристик материалов сооружений и оснований, конструктивных решений.

В соответствии с [43] гидротехнические сооружения, повреждения которых могут привести к возникновению чрезвычайных ситуаций, на всех стадиях их создания и эксплуатации подлежат декларированию безопасности.

В проектах гидротехнических сооружений для локализации и ликвидации их возможных аварий должны предусматриваться технические решения по использованию в строительный и эксплуатационный периоды карьеров и резервов грунтов; производственных объектов, транспорта и оборудования базы строительства; мостов и подъездных путей в районе и на территории объекта; автономных или резервных источников электроэнергии и линий электропередач; других противоаварийных средств оперативного действия.

При проектировании гидротехнических сооружений должны быть предусмотрены конструктивно-технологические решения по предотвращению развития возможных опасных повреждений и аварийных ситуаций, которые могут возникнуть в периоды строительства и эксплуатации.

В проектах гидротехнических сооружений должны выполняться расчеты по оценке возможных материальных и социальных ущербов от потенциальной аварии сооружения с нарушением напорного фронта.

Надлежит также предусматривать мероприятия по снижению негативных воздействий возможных аварий сооружений на окружающую среду.

6. СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ ДЕКЛАРАЦИИ БЕЗОПАСНОСТИ

6.1. Определение декларации безопасности

Декларация безопасности гидротехнического сооружения - документ, в котором обосновывается безопасность гидротехнического сооружения, и определяются меры по обеспечению безопасности гидротехнического сооружения с учетом его класса [43].

Форму декларации безопасности гидротехнического сооружения и порядок ее разработки устанавливает [47].

Собственник гидротехнического сооружения и (или) эксплуатирующая организация составляют и представляют в уполномоченные федеральные органы исполнительной власти декларацию безопасности гидротехнического сооружения при эксплуатации гидротехнического сооружения I, II или III класса, а также при консервации и ликвидации гидротехнического сооружения I, II, III или IV класса.

При проектировании гидротехнического сооружения I, II, III или IV класса декларация безопасности гидротехнического сооружения составляется в составе проектной документации.

6.2. Состав декларации безопасности

Декларация безопасности должна содержать [22]:

а) **общую информацию**, включающую данные о гидротехнических сооружениях и природных условиях района их расположения, меры по обеспечению безопасности, предусмотренные проектом, правилами эксплуатации и предписаниями органа надзора, сведения о финансовом обеспечении гражданской ответственности за вред, который может быть причинен в результате аварии гидротехнических сооружений, основные сведения о собственнике и эксплуатирующей организации;

б) **анализ и оценку безопасности гидротехнических сооружений**, включая определение возможных источников опасности;

в) **сведения об обеспечении готовности эксплуатирующей организации** к локализации и ликвидации опасных повреждений и аварийных ситуаций;

г) **порядок информирования населения**, органа надзора, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и территориальных органов Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий о возможных и возникших на гидротехнических сооружениях аварийных ситуациях;

д) **заключение**, включающее оценку уровня безопасности отдельных гидротехнических сооружений и комплекса гидротехнических сооружений объекта, а также перечень необходимых мероприятий по обеспечению безопасности;

е) **реквизиты заключения МЧС РФ** или его территориального органа о готовности эксплуатирующей организации к локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций и защите населения и территорий в случае аварии гидротехнического сооружения;

ж) **порядок осуществления мероприятий** по консервации или ликвидации (в случае утраты или отсутствия проектной документации) гидротехнических сооружений (при консервации или ликвидации гидротехнических сооружений).

К декларации безопасности прилагаются:

а) сведения о гидротехнических сооружениях, необходимые для формирования и ведения Российского регистра гидротехнических сооружений, состав и форма представления которых определяются в соответствии с [34];

б) акт преддекларационного обследования гидротехнических сооружений, составленный участниками обследования по форме [21];

в) расчет вероятного вреда, определяемый в соответствии с [18]; методика расчета вреда приводится в [11].

Декларация безопасности является обязательной частью проекта, она подлежит утверждению в органах надзора за безопасностью гидротехнических сооружений при согласовании проекта.

Декларация безопасности подлежит корректировке:

- перед вводом объекта в эксплуатацию;
- после первых двух лет эксплуатации;
- не реже одного раза в каждые последующие пять лет эксплуатации;
- после реконструкции гидротехнических сооружений, их капитального ремонта, восстановления и изменения условий эксплуатации;
- при выводе из эксплуатации и при консервации;
- при изменении нормативных правовых актов, правил и норм в области безопасности гидротехнических сооружений;
- после аварийных ситуаций.

6.3. Дополнительные требования к декларации безопасности

Согласно [9] дополнительные требования к содержанию декларации безопасности вводятся для:

- ГТС объектов энергетики;
- ГТС ТЭС при наличии золоотвалов;
- ГТС объектов промышленности;
- ГТС водохозяйственных комплексов;
- проектируемого ГТС.

Например, в декларации проектируемого ГТС в состав раздела "Общая информация, включающая данные о ГТС и природных условиях района их расположения, меры по обеспечению безопасности, предусмотренные проектом, правилами эксплуатации ГТС и предписаниями федерального органа исполнительной власти, уполномоченного на осуществление федерального государственного надзора в области безопасности ГТС, сведения о финансовом обеспечении гражданской ответственности за вред, который может быть причинен в

результате аварии ГТС, основные сведения о собственнике и эксплуатирующей организации" включаются:

- сведения об использовании в проекте данных изысканий в части изучения сейсмичности района площадки строительства ГТС, исследования характеристик грунтов, оценки природно-климатических и других внешних воздействий;

- сведения о результатах инженерно-геологических изысканий и исследований оснований и основных строительных выемок;

- обоснование численности производственного персонала, в том числе персонала службы наблюдений и контроля состояния ГТС, противоаварийных сил и аварийно-спасательных служб с учетом выполнения работ по локализации и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

В состав раздела "Анализ и оценка безопасности ГТС" в технические показатели эксплуатационной надежности и безопасности дополнительно вносят следующие данные:

- сведения об обосновании научными исследованиями проектных и технологических решений, реализуемых при строительстве ГТС, (компоновка, прочность и устойчивость, фильтрация, гидравлика водопроводящих трактов и гашение энергии потока, устойчивость отводящих каналов водосбросных сооружений, в том числе при пропуске строительных расходов);

- порядок возведения ГТС;

- установленные проектом критериальные значения показателей состояния ГТС на основе расчетов их водопропускной способности, механической и фильтрационной прочности, устойчивости, водонепроницаемости и долговечности;

- перечень нормативных документов на проектирование отдельных видов ГТС (плотины, туннели, здания гидроэлектростанций, золошлакоотвалы и иные ГТС), а также дополнительных требований, предъявляемых к строительству сооружений в сейсмических районах, в Северной строительной-климатической зо-

не, в районах распространения просадочных, набухающих и слабых по физико-механическим свойствам грунтов;

- результаты модельных и крупномасштабных полигонных экспериментальных исследований и опытных работ, проводимых с целью обоснования проектных решений конструкции и технологии возведения ГТС;

- данные о расчетном обосновании, подтверждающие выполнение соответствующих требований строительных норм и правил;

- характеристика проекта натуральных наблюдений (проекта мониторинга) за состоянием и безопасностью ГТС (состав наблюдений, технические и программные средства контроля, наличие электронной базы данных или систем мониторинга с автоматизированным вводом данных измерений);

- перечень технических условий проекта на выполнение строительных работ с контролем установленных проектом показателей качества работ;

- анализ ремонтпригодности проектируемых ГТС и обеспечения условий для локализации и ликвидации аварийных ситуаций.

При подготовке Декларации проектируемой тепловой электростанции, содержащей золошлакоотвалы, в Декларации дополнительно указываются характеристики золошлакоотвалов.

Материалы по позициям Декларации, отражающие фактическое состояние ГТС и другие данные, относящиеся к эксплуатируемым или строящимся объектам, не представляются.

В качестве приложения к Декларации представляется комплект общих чертежей: ситуационный план, план водохранилища (накопителя), генплан гидроузла, планы и разрезы по сооружениям напорного фронта, ограждающим и защитным дамбам и иным сооружениям и строениям.

7. КРИТЕРИИ БЕЗОПАСНОСТИ

7.1. Общие сведения

Критерии безопасности гидротехнического сооружения - предельные значения количественных и качественных показателей состояния гидротехнического сооружения и условий его эксплуатации, соответствующие допустимому уровню риска аварии гидротехнического сооружения и утвержденные в установленном порядке федеральными органами исполнительной власти, уполномоченными на осуществление федерального государственного надзора в области безопасности гидротехнических сооружений, в составе декларации безопасности гидротехнического сооружения [43].

Для ГТС устанавливается два уровня критериев безопасности [29]:

Критерии безопасности 1-го уровня (K1) – значения контролируемых показателей состояния ГТС, определяемые при основном сочетании нагрузок, при достижении которых устойчивость, механическая и фильтрационная прочность ГТС и его основания, а также пропускная способность водосбросных и водопропускных сооружений соответствуют условиям их нормальной эксплуатации;

Критерии безопасности 2-го уровня (K2) – значения контролируемых показателей состояния ГТС, устанавливаемые при особом сочетании нагрузок, при превышении (уменьшении) которых эксплуатация ГТС в проектном режиме не допустима, состояние сооружения может перейти в предаварийное.

Критерии безопасности характеризуют состояние ГТС, которое может быть следующим [29].

Надежное (работоспособное) эксплуатационное состояние ГТС – состояние, при котором сооружение соответствует всем требованиям нормативных документов и проекта при действии нагрузок основного сочетания, значения контролируемых показателей состояния сооружений не превышают (не менее) соответствующих критериев безопасности 1-го уровня, сооружение можно

эксплуатировать без разработки каких-либо мероприятий, повышающих безопасность его эксплуатации.

Удовлетворительное (частично неработоспособное) эксплуатационное состояние ГТС – состояние, при котором значение хотя бы одного контролируемого показателя стало больше (меньше) соответствующих критериев безопасности 1-го уровня, но значения контролируемых показателей состояния сооружений не превышают (не менее) соответствующих критериев безопасности 2-го уровня и сооружение находится под действием нагрузок и воздействий, не превышающих предусмотренные проектом значения нагрузок особого сочетания.

При этом ГТС можно эксплуатировать при условии разработки и выполнения в определенные сроки необходимых мероприятий. Эти мероприятия разрабатываются на основе анализа конкретных показателей по факторам, которые могут создать аварийную ситуацию, и содержат необходимые меры по нейтрализации действия таких факторов.

Предаварийное (предельное) эксплуатационное состояние ГТС – состояние, при котором сооружение имеет повреждения или дефекты, при которых оно не может эксплуатироваться при воздействии основного сочетания нагрузок в виду угрозы аварии, и (или) сооружение находится под воздействием особого сочетания нагрузок, превышающих допускаемые проектом значения с угрозой аварии, и (или) появляются признаки прогрессирующего развития деструктивных процессов, необратимо ведущих к аварии. При таком состоянии ГТС его нельзя эксплуатировать в проектном режиме.

Критерии безопасности ГТС используются при принятии решений по обеспечению безопасности сооружений; а также для оценки состояния ГТС.

Эта оценка осуществляется путем сравнения измеренных (или вычисленных на основе измерений) количественных и качественных диагностических показателей с их критериальными значениями $K1$ и $K2$.

Критериальные соотношения имеют вид:

а) состояние сооружения надежное (работоспособное), если

$$F_{\text{изм}} \leq K1;$$

б) состояние сооружения удовлетворительное (частично неработоспособное), если

$$K1 < F_{\text{изм}} \leq K2;$$

в) состояние сооружения предаварийное (предельное), если

$$F_{\text{изм}} > K2,$$

где $F_{\text{изм}}$ — измеренное (вычисленное по измеренным) значение контролируемого (диагностического) показателя.

Контролируемые показатели состояния гидротехнического сооружения - показатели, измеренные на данном сооружении с помощью технических средств или вычисленные на основании измерений количественные показатели, а также качественные показатели эксплуатационного состояния гидротехнического сооружения (ГТС), определенные на основании визуального осмотра.

Безопасность ГТС считается **полностью обеспеченной**, если эксплуатационное состояние ГТС оценивается как надежное (работоспособное), значения всех контролируемых показателей не превышают (не менее) соответствующих критериев безопасности 1-го уровня.

Превышение значений одного или нескольких значений контролируемых показателей соответствующих критериев безопасности 2-го уровня следует считать признаком перехода сооружения в предаварийное (предельное) состояние, при котором дальнейшая эксплуатация ГТС в проектном режиме является нарушением Федерального закона "О безопасности гидротехнических сооружений" с вытекающей отсюда ответственностью.

7.2. Контролируемые показатели

Для оценки состояния эксплуатируемого ГТС необходимо контролировать количественные (измеренные на основе технических средств и вычисляе-

мые на основе измерений) и качественные (контролируемые визуально) показатели (табл.7.1) [29].

Таблица 7.1 - Рекомендуемый перечень для выбора контролируемых количественных и качественных показателей состояния, уровня внешних воздействий и условий эксплуатации ГТС

Контролируемые показатели	
Количественные	Качественные
1. Грунтовая плотина (дамба) и ее основание	
1.1. Геометрический контур дамбы (плотины) и ее конструктивных элементов.	1.1. Наличие и развитие просадок или пучения грунта на гребне, бермах или откосах.
1.2. Разница в отметках гребня дамбы (плотины) и уровня воды в прудке.	1.2. Наличие сосредоточенных ходов фильтрации (грифоны в нижнем бьефе и на низовом откосе).
1.3. Характеристики материала тела дамбы (плотины) и их конструктивных элементов (дренажей, упорной призмы, противофильтрационных, переходных и защитных слоев и др.).	1.3. Локальные оползни (обрушения) откосов.
1.4. Отметки уровня воды в верхнем и нижнем бьефах.	1.4. Повреждения волнозащитных креплений откосов дамб.
1.5. Вертикальные и горизонтальные перемещения и деформации сооружений, их оснований (в пределах активной и приконтактной зон).	1.5. Наличие полостей и каверн в основании и теле сооружений.
1.6. Напряжения в сооружениях и их основаниях.	1.6. Наличие и развитие трещин в зонах сопряжения элементов сооружений и оснований с различными механическими и фильтрационными свойствами.
1.7. Параметры сейсмических колебаний оснований и динамической реакции сооружений.	1.7. Засорение, зарастание, промерзание дренажных устройств.
1.8. Пьезометрические напоры и их градиенты в теле сооружения, основании.	1.8. Наледи на выходах профильтровавшейся воды.
1.9. Физико-химические свойства и химический состав фильтрующейся воды, подземных вод, а также загрязняющих грунты основания компонентов.	1.9. Высачивание воды и намокание откосов.
1.10. Поровое давление и интенсивность его рассеивания в водоупорных элементах грунтовых плотин (дамб) и оснований.	1.10. Наличие мутности профильтровавшейся воды.
1.11. Фильтрационные деформации грунтовых плотин (дамб) и их оснований.	1.11. Ориентировочные объемы и уровень наносов в верхнем бьефе.
1.12. Незатухающий характер деформаций (по графикам).	1.12. Появление выноса грунта из тела сооружения, образование обширных ходов фильтрации.
1.13. Характерное для оползня направление векторов деформаций (формирование поверхности обрушения).	1.13. Состояние защитных покрытий.
1.14. Отметки депрессионной поверхности фильтрационного потока в теле грунтовых сооружений.	1.14. Характер поверхности: ровный, волнистый, с локальным повышением (пучением) или понижением, с равномерным или неровным травяным покровом, с признаками выветривания; с зоной влаголюбивой растительности.
1.15. Быстрый подъем уровня воды выше НПУ (ФПУ).	1.15. Ходы животных-землероев; наличие водомоин, промоин, оврагов; намыв грунта в виде гряд и валов.
1.16. Длина намывного пляжа.	1.16. Трещины: стабилизировавшиеся или нет; продольные или поперечные; поверхностные, глубинные или сквозные; формирующие тело обрушения или нет.
1.17. Фильтрационный расход воды (суммарный и по отдельным участкам сооружений и их оснований), поступающий в дренажные устройства и подземные выработки или выходящий на дневную поверхность.	1.17. Проявление процесса фильтрации воды в виде зон влаголюбив. растительности, мокрых пятен, наледи зимой, луж, болот, высачивания воды, ключей, грифонов, ручьев.
1.18. Динамика увеличения фильтрационных расходов.	1.18. Изменение линейности кюветов, берм, лотков

	и т.п.
1.19. Температура сооружений и их оснований в приконтактной зоне (для плотин мерзлого типа).	1.19. Образование промоин в намывом грунте или застойных зон, где возможно отложение мелких фракций.
1.20. Параметры технологии намыва (в соответствии с проектом): гран. состав хвостов, плотность, влажность, расход поступающей пульпы, температура и др. в пределах упорной призмы.	1.20. Выпор грунта на откосе или у подошвы дамбы (плотины).
	1.21. Наличие морозобойных трещин, гидролакколлитов.
	1.22. Следы выщелачивания грунтов основания.
2. Береговые примыкания, склоны	
2.1. Пьезометрические напоры и их градиенты.	2.1. Наличие сосредоточенных ходов фильтрации (грифоны, ключи, ручьи).
2.2. Отметки депрессионной поверхности фильтрационного потока.	2.2. Локальные оползни (обрушения).
2.3. Физико-химические свойства и химический состав фильтрующейся воды, подземных и поверхностных вод, а также загрязняющих грунты компонентов в зоне влияния накопителя.	2.3. Высачивание воды и намокание откосов.
	2.4. Наличие мутности профильтрованной воды.
	2.5. Появление выноса грунта и образование обширных ходов фильтрации.
	2.6. Размыв грунта речными потоком в виде ям, обрывов.
	2.8. Трещины: стабилизировавшиеся или нет; продольные или поперечные; поверхностные, глубинные или сквозные; формирующие тело обрушения или нет.
	2.9. Наличие воронок и их развитие во времени.
	2.10. Следы выщелачивания грунтов.
3. Бетонные и железобетонные гидротехнические сооружения и конструкции (водосбросы, водоспуски, водозаборы, колодцы, плиты крепления откосов дамб и каналов и др.)	
3.1. Напряжения в сооружениях и их основаниях (бетон, арматура, скала, грунт и др.).	3.1. Наличие сосредоточенных ходов фильтрации в основании (грифоны в нижнем бьефе).
3.2. Контактные напряжения в подошвах, на вертикальных и наклонных поверхностях бетонных сооружений с различного рода засыпками и земляными сооружениями.	3.2. Наличие и развитие трещин на гранях сооружений, в зонах сопряжения элементов сооружений и оснований с различными механическими и фильтрационными свойствами.
3.3. Параметры сейсмических колебаний оснований и динамической реакции сооружений.	3.3. Характер трещин: ориентация; стабилизировавшиеся или нет во времени; поверхностные, глубинные или сквозные; с расположением в растянутой или сжатой зоне; с выходом грунта или без; с выходом воды или без.
3.4. Взаимные смещения по межсекционным швам бетонных и железобетонных сооружений.	3.4. Следы выщелачивания, коррозии бетона.
3.5. Ширина раскрытия трещин, межблочных (температурно-осадочных) швов бетонных и железобетонных сооружений.	3.5. Засорение, зарастание, промерзание дренажных устройств.
3.6. Углы поворота характерных сечений бетонных и железобетонных сооружений.	3.6. Наледи на выходах профильтрованной воды.
3.7. Пьезометрические напоры и их градиенты в основании сооружений.	3.7. Наличие мутности профильтрованной воды.
3.8. Температуру, мутность и химический состав фильтрующейся воды.	3.8. Механические повреждения элементов водосбросного тракта.
3.9. Фильтрационное давление на подошвы бетонных сооружений.	3.9. Состояние антикоррозионного покрытия.
3.10. Отметки уровня воды в верхнем и нижнем бьефах.	3.10. Характер поверхности (плотный или рыхлый; гладкий или шероховатый; с признаками шелушения или без, наличие на поверхности отслаивания, выкрашивания, коррозии арматуры, высолов и т.п.).

3.11. Температура в теле сооружений и их основаниях.	3.11. Дефекты и повреждения в виде сколов, раковин, каверн, выбоин, полос или зон истирания, сквозных отверстий; с обнажением или оголением арматуры, с коррозией арматуры и т.п.
3.12. Температура воды в верхнем и нижнем бьефах.	3.12. Проявление фильтрации: появление мокрых пятен или высолов; капельной, очаговой или струйной фильтрации.
3.13. Паводковые расходы сверх расчетных.	
3.14. Скорость движения воды в открытых водосбросных сооружениях.	
3.15. Пропускная способность водосбросных, водоспускных и (или) водозаборных сооружений.	
3.16. Глубина воды и напор над порогом водослива.	
4. Пульповоды, водоводы	
4.1. Разность давления в смежных участках сети по установленным в смотровых колодцах манометрам.	4.1. Состояние оболочки (изоляции или антикоррозийной окраски).
4.2. Толщина стенки пульповода (особенно при его расположении в пределах дамбы).	4.2. Герметичность стыков, швов, фланцевых соединений.
4.3. Расходы, напоры.	4.3. Состояние и работа компенсаторов, трубопроводной арматуры, клапанов срыва вакуума и др.
	4.4. Осадки и деформации водоводов и состояние опорных устройств.
	4.5. Просадки грунта по трассе трубопровода и поблизости от нее.
	4.6. Появление воды в обычно сухих смотровых колодцах, кюветах и канавах в непосредственной близости от трассы.
	4.7. Образованием в зимнее время наледей по трассе или в непосредственной близости к ней.
	4.8. Коррозия металлических и железобетонных водоводов.

7.3. Определение критериев безопасности

Критерии безопасности на стадии проектной документации разрабатываются на основе результатов расчетов и, при необходимости, экспериментальных исследований фильтрационного, гидравлического и температурно-влажностного режимов, напряженно-деформированного состояния, прочности и устойчивости ГТС при основном и особом сочетании нагрузок в соответствии с требованиями соответствующих строительных норм и правил (сводов правил), а также на основе анализа прочностных, деформационных и фильтрационных характеристик материалов, опыта эксплуатации аналогичных сооружений, результатов расчета зон затопления при аварии ГТС, расчета максимальных параметров потока по трассе растекания, определения показателей последствий аварии.

Критерии безопасности для длительно эксплуатируемых ГТС разрабатываются по результатам многолетних натуральных наблюдений с учетом изменения нормативных требований к расчетам, выполненным при проектировании, и к обеспечению безопасности ГТС.

При разработке критериев безопасности рекомендуется использовать методы, предложенные в табл. 7.2. [29].

Таблица 7.2 - Рекомендуемые методы определения критериев безопасности основных количественных показателей состояния ГТС

№ п/п	Наименование показателя	Рекомендуемые методы расчета и исследований для определения критериев безопасности показателей состояния ГТС
1	2	3
1	Отметки депрессионной поверхности фильтрационного потока в теле грунтовых сооружений и береговых примыканиях	Аналитические методы (метод исследования напорной и безнапорной фильтрации, метод фрагментов) и графический - для определения предельных значений (критериев безопасности) пьезометрических напоров, фильтрационных расходов.
2	Пьезометрические напоры в теле грунтовых сооружений, основании и береговых примыканиях	Численные методы, метод ЭГДА - для определения критериев безопасности основных показателей фильтрационного режима (уровни, пьезометрические напоры, фильтрационные расходы).
3	Градиенты напора в теле сооружений, основании и береговых примыканиях	Инженерные методы, регламентированные СНиП (вторая группа предельных состояний). На стадии эксплуатации критерии
4	Фильтрационные расходы в теле сооружений, основании и береговых примыканиях	безопасности уточняются поверочными расчетами, в том числе на основе использования прогнозных математических моделей
5	Избыточное поровое давление и интенсивность его рассеивания в водупорных элементах плотин (дамб) из грунтовых материалов	Расчеты консолидации в плотинах (дамбах) из грунтовых материалов и их конструктивных элементах с учетом напряженно-деформированного состояния сооружений и их оснований
6	Вертикальные перемещения (осадки) ГТС и их оснований	Расчеты прочности и устойчивости гидросооружений (численные методы механики сплошной среды, теории упругости, пластичности, ползучести).
7	Горизонтальные перемещения ГТС и их оснований	На стадии эксплуатации критерии безопасности уточняются поверочными расчетами по "откалиброванным" на основе данных натуральных наблюдений расчетным моделям
8	Напряжения в теле сооружений и их основаниях, контактные напряжения	
9	Углы поворота характерных сечений бетонных и ж/бетонных сооружений	
10	Раскрытие трещин и межблочных швов	Инженерные методы, регламентированные СНиП (вторая группа предельных состояний). Численные методы расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) с учетом образования и раскрытия трещин. На стадии эксплуатации для контроля состояния ГТС используются критерии безопасности показателей, определенные на стадии проекта
11	Взаимное смещение секций по швам бетонных и ж/бетонных сооружений	Определение допустимого взаимного смещения секций по швам относительно друг друга из условия сохранения герметичности шпонок
12	Температура и температурный градиент в теле сооружения и в приконтактной зоне основания (для сооружений, возводимых в северной климатической зоне)	Расчеты термонапряженного состояния плотин (дамб) и их оснований численными методами. На стадии эксплуатации критерии безопасности показателя уточняются расчетом с учетом реального температурного режима окружающей среды

13	Температура фильтрующей воды в теле грунтовых сооружений	Численные методы теории теплопроводности.
14	Глубина размыва дна отводящего канала ниже рисбермы	Определение глубины размыва - расчетом по эмпирическим зависимостям (из условия допустимой неразмывающей скорости потока) и удельного расхода или на основе гидравлических исследований. Предельно допустимые значения глубины размыва дна отводящего канала ниже рисбермы на стадии эксплуатации принимаются равными значениям, определенным на стадии проекта.
1	2	3
15	Линейный размер и площадь зоны нарушения контакта плит крепления откосов дамб (плотин) из грунтовых материалов	Расчет прочности плит крепления откосов дамб из грунтовых материалов для различных условий опирания
16	Параметры сейсмических колебаний основания и динамической реакции сооружений	Расчет численными методами динамической теории сейсмостойкости
17	Технологические параметры намыва и заполнения емкостей накопителей	Аналитические, численные и инженерные методы гидромеханики

7.4. Примеры определения критериев безопасности

Критерии безопасности для уровней верхнего бьефа (УВБ)

$$K1(\text{УВБ}) = \text{НПУ};$$

$$K2(\text{УВБ}) = \text{ФПУ}.$$

В соответствии с [29]:

а) состояние сооружения надежное (работоспособное), если

$$\text{УВБ} \leq K1;$$

б) состояние сооружения удовлетворительное (частично неработоспособное), если

$$K1 < \text{УВБ} \leq K2;$$

в) состояние сооружения предаварийное (предельное), если

$$\text{УВБ} > K2.$$

Критерии безопасности для гребня плотины

$$K1(\Gamma p) = \Gamma p_{\text{проект}} - 0,05 \text{ м};$$

$$K2(\Gamma p) = \Gamma p_{\text{проект}} - 0,05 \text{ м},$$

где Γ_p – измеренная отметка гребня (минимальное значение); $\Gamma_{p\text{проект}}$ – проектная отметка гребня.

Таким образом,

а) состояние плотины надежное (работоспособное), если

$$\Gamma_p \geq K1;$$

б) состояние плотины удовлетворительное (частично неработоспособное), если

$$K2 < \Gamma_p \leq K1;$$

в) состояние плотины предаварийное (предельное), если

$$\Gamma_p < K2.$$

Критерии безопасности для измеряемых уровней воды в пьезометрах
 $P_{\text{изм}}$.

$$K1(x_i) = P_{\text{осн}(x_i)};$$

$$K2(x_i) = P_{\text{особ}(x_i)},$$

где x_i – координата и номер пьезометра, $P_{\text{осн}(x_i)}$ определяются при УВБ=НПУ; $P_{\text{особ}(x_i)}$ определяются при УВБ=ФПУ.

Критерии безопасности для фильтрационной прочности

$$K1 = I_{\text{доп}};$$

$$K2 = 0,9 I_{\text{доп}},$$

где $I_{\text{доп}}$ – допустимый градиент напора в контролируемой области фильтрации.

Критерии безопасности максимальных расходов:

$$K1 = Q_{\text{осн}};$$

$$K2 = Q_{\text{особ}},$$

где $Q_{\text{осн}}$ – максимальный расход для основного расчетного случая; $Q_{\text{особ}}$ – то же для особого расчетного случая.

Таким образом, критериальные соотношения для максимальных расходов представляются в виде:

надежное (работоспособное) состояние

$$Q \leq K1;$$

удовлетворительное (частично неработоспособное) состояние

$$K2 > Q > K1$$

и предаварийное (предельное) состояние

$$Q > K2,$$

где Q – пропускная способность водосбросных сооружений.

Критерии безопасности осадок глухой плотины:

Фактическая (измеренная) осадка в любой момент времени t не должна превышать расчетных значений для основного и особого сочетания нагрузок

$$S_{\text{расч}}(t) - \Delta S \leq S_{\text{нат}}(t) \leq S_{\text{расч}}(t) + \Delta S,$$

где $S_{\text{нат}}(t)$ и $S_{\text{расч}}(t)$ — значения измеренной и расчетной осадки плотины; ΔS — погрешность определения осадки;

$$K1(t) = S_{\text{расч}}(t) - \Delta S.$$

Критерии безопасности устойчивости откосов дамб и плотины.

В соответствии с [40] коэффициент устойчивости может определяться как

$$K_S \geq (\gamma_n \gamma_{lc}) / \gamma_c,$$

где γ_c , γ_n , γ_{lc} – коэффициенты условий работы, ответственности сооружения, сочетания нагрузок; $\gamma_c = 0,95$ для инженерных методов расчета; γ_n зависит от класса сооружения (табл. 7.3); $\gamma_{lc} = 1,0$ для основного сочетания нагрузок, $\gamma_{lc} = 0,9$ для особого сочетания.

Таблица 7.3- Коэффициент устойчивости откосов

Класс сооружения		I	II	III	IV
Значение γ_n		1,25	1,20	1,15	1,10
K_S	Основное сочетание нагрузок	1,32	1,26	1,25	1,16
	Особое сочетание нагрузок	1,18	1,14	1,09	1,04

Исходя из этого, принимаются критерии безопасности устойчивости откосов дамб и плотины:

$$K1 = K_S \text{ для основного сочетания нагрузок;}$$

$$K2 = K_S \text{ для особого сочетания нагрузок.}$$

Критериальные соотношения для устойчивости откосов будут иметь вид:

а) состояние сооружения надежное (работоспособное), если

$$K_S \geq K1;$$

б) состояние сооружения удовлетворительное (частично неработоспособное), если

$$K2 \leq K_S \leq K1;$$

в) состояние сооружения предаварийное (предельное), если

$$K_S < K2,$$

где K_S — вычисленное значение коэффициента устойчивости (табл. 7.3).

Критерии безопасности для превышения гребней дамб и плотин над расчетным УВБ:

$$K1(h_{гр}) = \Gamma_{\text{проект-УВБ-0,05 м}},$$

$$K2(h_{гр}) = \Gamma_{\text{проект-УВБ-0,50 м}},$$

где G_r – измеренная отметка гребня (минимальное значение); 0,05 м – допуск на точность выполнения земляных работ; 0,50 м – запас по [40]; $h_{гр}$ – превышение гребня.

Таким образом, критериальные соотношения для превышения гребней:

а) состояние плотины надежное (работоспособное), если

$$h_{гр} \geq K1;$$

б) состояние плотины удовлетворительное (частично неработоспособное),

если

$$h_{гр} \leq K1;$$

в) состояние плотины предаварийное (предельное), если

$$h_{гр} < K2.$$

Для оценки состояния гидротехнического сооружения необходимо сравнить диагностические показатели с их критериальными показателями. Пример такого сравнения приведен в табл. 7.4.

Таблица 7.4 - Сопоставление диагностических показателей для ГТС

№ п. п.	Наименование показателя	Ед. изм.	Значение показателя	Критерии безопасности		Выводы о состоянии по показателю
				K1	K2	
1	2	3	4	5	6	7
1.	УВБ	м БС	НПУ=74,65; ФПУ=76,30.	74,65	76,30	надежное
2.	Превышения гребня	м	3,35 при НПУ; 1,7 при ФПУ.	3,30	1,2	надежное
3.	Коэффициент устойчивости откосов	-		1,16	1,04	надежное
4.	Фильтрационная прочность грунта основания плотины	-	0,009	0,68	0,68	надежное
5.	Пропускная способность водобросов:	м ³ /с	8,73 при УВБ=76,2; 9,83 при ФПУ.	6,92	9,8	надежное
6.	Ширина гребня	м	15-20	9,0		надежное

7.5. Качественные критерии безопасности

В табл. 7.5 и 7.6 приведены некоторые качественные показатели критериев безопасности, определяемые, как правило, визуально.

Таблица 7.5 - Критериальные значения качественных показателей состояния бетонных и железобетонных конструкций

№ п.п.	Критерии состояния	Качественные значения критериальных показателей
Водосброс		
1	K1	Наличие сосредоточенных ходов фильтрации в основании
2	K1	Следы выщелачивания, коррозии бетона
3	K2	Механические повреждения элементов водосбросного тракта
Крепление верхового откоса плотины		
4	K1	взаимные смещения крепления вынос составляющих грунта основания крепления.
5	K2	вынос грунта основания крепления с обрушением фрагментов разрушений.

Таблица 7.6 - Критериальные значения качественных показателей состояния дамб и плотин

№ п.п.	Критерии состояния	Качественные значения критериальных показателей
Откосы и гребень		
1	K1	- появление протяжённых фронтальных трещин на гребне; - локальная просадка гребня.
2	K2	- вертикальные трещины в направлении уреза воды и заметные деформации профиля откоса; - смещения участка крепления с отрывом материала крепления от основания; - просадка гребня с его разрушением.
Крепление верхового откоса плотины		
3	K1	- размывы откоса; - вынос наброски основания крепления.
4	K2	- вынос грунта основания крепления с обрушением фрагментов разрушений.
Низовой откос плотины		
5	K1	- появление локальных просадок, промоин на откосе; - появление периодических увлажнений откоса; - увлажнение и заболачивание низовой призмы у подошвы дамбы; - появление просадок на низовой части откоса
6	K2	- выклинивание фильтрационного потока на откос; - появление ключей со взвесями у подошвы дамбы и конусов выноса грунта; - деформации профиля откоса со значительным уполаживанием откоса и с выносом грунта на пойму.

8. РАСЧЕТЫ ВЕРОЯТНОГО ВРЕДА ПРИ АВАРИИ ГТС

8.1. Общие положения

Вероятный вред – оцененный в рублях размер максимального вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии гидротехнического сооружения [18]. Исходной информацией для определения размера вероятного вреда являются [11]:

- обоснованные сценарии реализации наиболее тяжелой и наиболее вероятной аварий ГТС, в которых приведены данные о возможных зонах воздействия аварии ГТС;
- значения величин негативных воздействий аварии ГТС;
- сведения о вероятности каждого сценария возникновения аварии;
- результаты расчета параметров зон аварийного воздействия при наиболее тяжелой и наиболее вероятной авариях ГТС.

Выполнению расчета вероятного вреда предшествует обоснование сценариев реализации **наиболее вероятной и наиболее тяжелой аварий ГТС**, на начальном этапе которого производится идентификация опасностей ГТС, включающая:

- предварительный анализ опасностей ГТС;
- разработку перечня возможных процессов и событий, приводящих к аварии ГТС;
- формирование перечня основных возможных сценариев аварий ГТС;
- ранжирование основных сценариев возникновения и развития аварий и чрезвычайных ситуаций на ГТС по уровню риска для обслуживающего персонала, населения, имущества физических и юридических лиц, природной среды;
- выбор направлений деятельности по анализу риска аварий ГТС.

Опасности, способные инициировать аварии ГТС, необходимо подразделять на природные и техногенные, внешние и внутренние.

К природным опасностям аварий ГТС следует относить следующие процессы и явления:

- ветровые, волновые, ледовые;
- температурные и сейсмические воздействия;
- ливни, оползни, сели, наличие слабых грунтов в основании ГТС;
- карстовые, суффозионные и криогенные процессы.

К техногенным опасностям аварий ГТС следует относить взрывы, пожары на промышленных объектах, расположенных в районе ГТС, крупные аварии на проходящих в зоне влияния ГТС автомобильных или железнодорожных трассах, трубопроводах транспортировки природного газа, нефтепродуктов и других пожаро- и взрывоопасных веществ. Кроме того, к техногенным опасностям аварий ГТС следует относить и опасности от аварий, возможных на ГТС, расположенных в каскаде ГЭС выше и ниже анализируемого ГТС (комплекса ГТС).

К внешним по отношению к анализируемому ГТС (комплексу ГТС) опасностям аварий следует относить природные воздействия - ветровые, волновые, ледовые, температурные, сейсмические, ливневые, оползневые, селевые, а также воздействия техногенного характера от опасных объектов, находящихся в районе расположения конкретного ГТС и не принадлежащих собственнику ГТС.

К внутренним опасностям аварий следует относить природные и техногенные опасности, присущие самим ГТС:

- изменение свойств материалов ГТС и их оснований;
- статические и динамические нагрузки на сооружения и их основания от самих ГТС и их оборудования;
- суффозионные, деформационные и прочие негативные процессы.

Перечень основных возможных сценариев аварий ГТС и их негативных воздействий определяется составом ГТС и особенностями их работы. Перечень типовых сценариев дан в табл. 8.1 [11].

Таблица 8.1- Перечень сценариев аварий для основных видов ГТС

Тип сценария аварии	Вид ГТС	Характерные признаки аварии ГТС	Негативные воздействия аварии ГТС
1	2	3	4
Разрушения напорного фронта, сопровождающиеся образованием прорана, в который происходит излив воды или жидких отходов, неконтролируемый персоналом ГТС, а также неконтролируемый перелив через гребень плотины из-за переполнения водохранилища или возникновения экстремальных волн	Плотины водохранилищ	Образование прорана в напорном фронте	1. Опорожнение водохранилища. 2. Затопление местности
		Перелив через плотину без прорыва напорного фронта (при переполнении водохранилища, возникновении в водохранилище волн вытеснения или экстремальных ветровых волн)	Затопление местности
	Здания гидроэлектростанций	Прорыв напорного фронта	1. Опорожнение водохранилища. 2. Затопление местности
	Водосбросные, водоспускные и водовыпускные сооружения	Прорыв напорного фронта	1. Опорожнение водохранилища. 2. Затопление местности
Разрушения напорного фронта, сопровождающиеся образованием прорана, в который происходит излив воды или жидких отходов, неконтролируемый персоналом ГТС, а также неконтролируемый перелив через гребень плотины из-за переполнения водохранилища или возникновения экстремальных волн	Каналы	Прорыв напорного фронта насыпей (для каналов в насыпи или полунасыпи)	Затопление местности
		Перелив длинных волн через гребень насыпей (возможная ситуация при резком закрытии затворов и резких переключениях насосных станций)	Затопление местности
	Туннели	Нарушение оболочки	Подтопление местности из-за избыточной фильтрации
	Сооружения (дамбы), ограждающие хранилища жидких отходов промышленных организаций	Прорыв дамбы	1. Затопление местности. 2. Вынос жидких отходов промышленных организаций
	Сооружения, предназначенные для защиты от наводнений, дамбы обвалования польдеров и осушенных территорий	Образование прорана в напорном фронте	1. Опорожнение водохранилища. 2. Затопление местности
		Перелив через дамбу без прорыва напорного	Затопление местности

		фронта (при переполнении водохранилища, возникновении в водохранилище волн вытеснения или экстремальных ветровых волн)	
Повреждения отдельных элементов сооружения, приведшие к необходимости аварийного понижения напора на ГТС и сопровождавшиеся сбросом воды или жидких отходов	Плотины водохранилищ	Повреждение плотины, создающее угрозу разрушения напорного фронта с образованием прорана	1. Опорожнение водохранилища. 2. Затопление местности
	Здания гидроэлектростанций	Повреждение здания гидроэлектростанций, создающее угрозу гибели (травмирования) персонала и (или) разрушения напорного фронта с образованием прорана	1. Гибель (травмирование) персонала. 2. Опорожнение водохранилища. 2.1. Затопление местности
Повреждения отдельных элементов сооружения, приведшие к необходимости аварийного понижения напора на ГТС и сопровождавшиеся сбросом воды или жидких отходов	Водосбросные, водоспускные и водовыпускные сооружения	Повреждение сооружения, создающее угрозу разрушения напорного фронта с образованием прорана	1. Опорожнение водохранилища. 2. Затопление местности
	Каналы	Повреждение насыпи канала, создающее угрозу разрушения напорного фронта с образованием прорана (для каналов в насыпи или полунасыпи)	Затопление местности
	Туннели	Разрушение запорных устройств	Прохождение по туннелю в нижний бьеф нерасчетного расхода воды (затопление местности, возможные дальнейшие разрушения)
Аварии ГТС, золошлакоотвалов и шламонакопителей, содержащих в отходах опасные вещества, связанные с нарушением фильтрационной прочности ГТС и его основания и приведшие к загрязнению опасными веществами территории вне ГТС	Сооружения (дамбы), ограждающие хранилища жидких отходов промышленных и сельскохозяйственных организаций	Нарушение режима фильтрации	Загрязнение территории, поверхностных и грунтовых вод вредными веществами

8.2. Определение размера вероятного вреда

Расчет размера вероятного вреда должен выполняться по методике, изложенной в [11].

В качестве исходной информации для проведения расчетов вероятного вреда используются следующие результаты расчета параметров последствий аварии ГТС.

Ниже створа гидроузла:

- общая площадь зоны катастрофического затопления с нанесением ее границ на планшеты государственной топографической съемки, карты в масштабе и детализации достаточных для определения вероятного ущерба;

по характерным створам (не менее 3, исключая створ гидроузла и конечный створ зоны катастрофического затопления):

- максимальная глубина затопления, время добегания волны прорыва от начала образования прорыва;

- максимальная скорость течения, продолжительность затопления.

Выше створа гидроузла:

- скорость снижения уровня воды;

- остаточный уровень воды после аварии ГТС;

- объемы вытекающей и оставшейся воды;

- время опорожнения водного объекта (водохранилища);

- количество вынесенных наносов грунта из заиленного водохранилища.

Основные составляющие ущерба от аварий ГТС определяются на базе прогнозов следующих показателей:

- количества людей, которые могут погибнуть и пропасть без вести, кроме физических лиц, являющихся работниками ГТС, при исполнении ими служебных обязанностей на территории ГТС;

- количества людей, которые могут быть травмированы и нуждаться в госпитализации, кроме физических лиц, являющихся работниками ГТС, при исполнении ими служебных обязанностей на территории ГТС;

- количества работников ГТС, которые могут погибнуть и пропасть без вести при исполнении ими служебных обязанностей на территории ГТС;

- количества работников ГТС, которые при исполнении ими служебных обязанностей на территории ГТС могут быть травмированы и нуждаться в госпитализации;

- ущерба основным и оборотным фондам предприятий, кроме основных и оборотных фондов владельца ГТС;

- ущерба готовой продукции предприятий, кроме продукции владельца ГТС;

- ущерба элементам транспорта и связи, жилому фонду, имуществу граждан, сельскохозяйственному производству, лесному фонду от потери леса как сырья по рыночным ценам, затопления и гибели лесов, ущерба природной среде, а также ущерба, вызванного нарушением водоснабжения из-за аварий водозаборных сооружений, ущерба объектам водного транспорта и рыбному хозяйству;

- расходов на ликвидацию последствий аварий ГТС.

Общая структура ущерба от аварий ГТС приведена в табл. 8.2.

Таблица 8.2 - Общая структура ущерба от аварий гидротехнических сооружений

Составляющая ущерба от аварий ГТС:	Обозначение
социальный ущерб	И_л
ущерб производственным фондам	И₁
ущерб готовой продукции предприятий	И₂
ущерб элементам транспорта и связи	И₃
ущерб жилому фонду и имуществу граждан	И₄
расходы на ликвидацию последствий аварии	И₅
ущерб сельскохозяйственному производству	И₆
ущерб лесному фонду от потери леса как сырья	И₇
ущерб, вызванный нарушением водоснабжения	И₈
ущерб объектам водного транспорта	И₉
ущерб рыбному хозяйству	И₁₀
ущерб природной среде	И₁₁
прочие виды ущерба	И₁₂

Размер вероятного вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии ГТС, определяется в денежном выражении как сумма двух показателей - социального ущерба и общего ущерба.

Величина социального ущерба в денежном выражении определяется путем суммирования полученных значений денежного выражения социального ущерба персоналу ГТС, населению постоянного проживания и населению временного нахождения, попадающих в зону затопления:

$$I_{\text{л}} = I_{\text{л1}} + I_{\text{л2}} + I_{\text{л3}},$$

где $I_{\text{л1}}$ - социальный ущерб персоналу ГТС; $I_{\text{л2}}$ - социальный ущерб населению постоянного проживания; $I_{\text{л3}}$ - социальный ущерб населению временного нахождения.

Социальный ущерб персоналу и населению зависит от числа погибших и пострадавших, определяемого по табл. 8.3.

Таблица 8.3 - Число погибших и пострадавших при гидродинамической аварии (в % от численности населения в зоне затопления)

Зона воздействия	Общие потери (%)		Из общего числа потерь			
	днем	ночью	Безвозвратные (%)		Возвратные (%)	
			Днем	Ночью	днем	Ночью
1-ая зона - катастрофическая	60	90	40	75	60	25
2-ая зона - зона сильного воздействия	13	25	10	20	90	80
3-я зона - зона среднего воздействия	5	15	7	15	93	85
4-ая зона - зона слабого воздействия	2	10	5	10	95	90

Общий ущерб рассчитывается по формуле:

$$I_{\text{общ}} = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 + I_7 + I_8 + I_9 + I_{10} + I_{11} + I_{12}$$

Таким образом, вероятный вред определяется выражением:

$$U_{\text{ГТС}} = I_{\text{л}} + I_{\text{общ}}$$

9. РАСЧЕТЫ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ АВАРИЙ

Согласно [10] определение параметров гидродинамической аварии (ГДА) осуществляется методами математического моделирования с использованием уравнений Сен-Венана. Выбор используемой модели (одномерной, двухмерной (плановой) или гибридной) определяется рядом условий.

При определении параметров ГДА допускается использовать одномерную модель мелкой воды при следующих условиях: возможность предсказать направление движения волны прорыва; отсутствие детальной информации исходных данных, необходимых для расчета вероятного вреда (топографические карты масштаба 1:25000 и мельче, отсутствие детальной информации о дне реки), отсутствие электронных карт крупного масштаба; существенная длина предполагаемой расчетной зоны возможного затопления и, как следствие, возможность использовать оценку ущербов по укрупненным показателям; извилистое узкое русло реки, не позволяющее провести достаточную дискретизацию по плановой модели - недостаточность количества ячеек сетки поперек русла (менее 3).

В других условия допускается использование двухмерной (плановой) модели мелкой воды.

Использование гибридной (одно-, двухмерной (квазидвухмерной)) или двух-, трехмерной (квазитрехмерной) модели мелкой воды обосновано в том случае, когда необходимо определить параметры ГДА для заданного участка более детально.

Расчет параметров ГДА для проектируемых ГТС повышенного уровня ответственности по [46] выполняется с использованием сертифицированных программных средств в соответствии с [46].

9.1. Методика РД 03-607-03

В этой методике рассматриваемый процесс разделяется в расчетном отношении на два этапа [30]:

- а) расчет образования прорана и расчет параметров потока в сечении у подошвы откоса плотины (дамбы);
- б) расчет максимальных параметров потока по трассе растекания.

Расчет образования прорана

Расчет выполняется по схеме, представленной на рисунке 9.1.

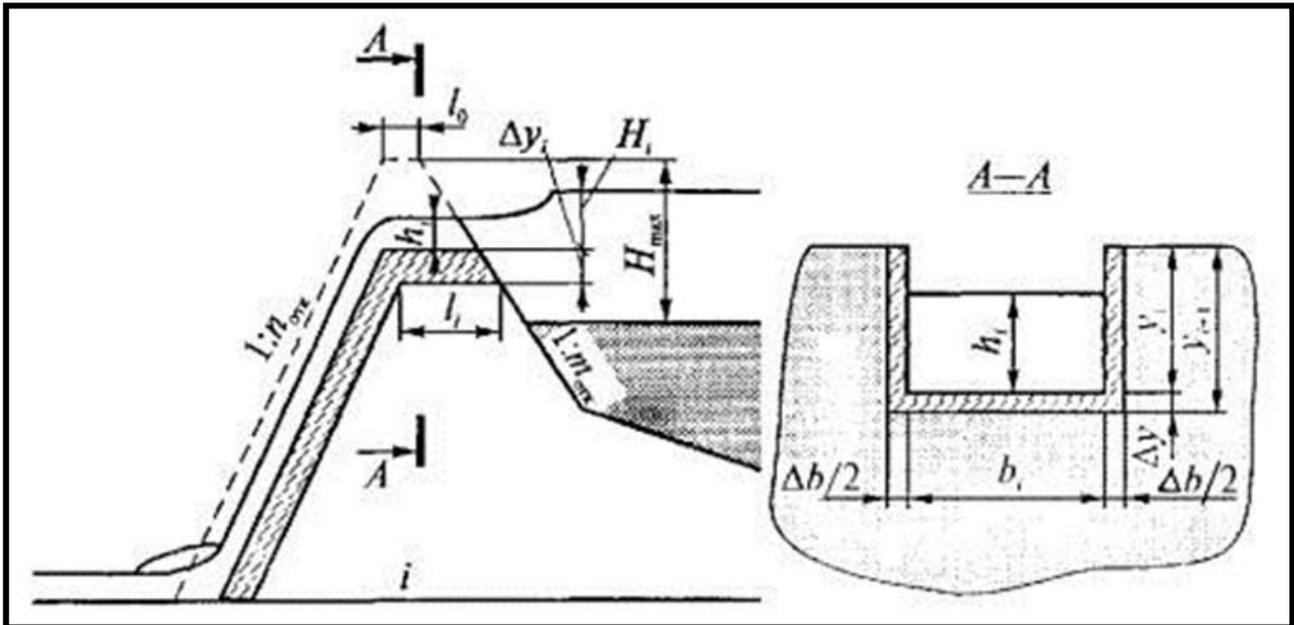


Рисунок 9.1 - Схема расчета размыва прорана

За начальные условия расчета размыва элементарного прорана принимается равенство

$$y_0 = b_0 = h_0 = 0,5 \text{ м}, \quad (9.1)$$

где y_0 - начальная глубина прорана; b_0 - начальная ширина прорана; h_0 - начальная глубина потока.

Задавая приращение глубины прорана на каждом расчетном шаге постоянным и равным $\Delta y \leq y_0$, определяют приращение ширины прорана

$$\Delta b = \Delta y \frac{b_0}{y_0 + \Delta y}. \quad (9.2)$$

Задавая приращения размеров прорана (Δy и Δb), определяем уменьшение глубины вытекающего из прудка слоя ΔH . Расчет ведется методом итераций. Определение параметров размыва прорана и потока производится в расчетный i -й промежуток времени:

глубина прорана

$$y_i = y_{i-1} + \Delta y; \quad (9.3)$$

ширина прорана

$$b_i = b_{i-1} + \Delta b; \quad (9.4)$$

длина прорана

$$l_i = y_i (m_{\text{отк}} + n_{\text{отк}}) + l_0, \quad (9.5)$$

где $m_{\text{отк}}$ - заложение напорного (внутреннего) откоса плотины (дамбы); $n_{\text{отк}}$ - заложение безнапорного (внешнего) откоса плотины (дамбы); l_0 - ширина гребня.

При достижении $y_i = H_{\text{max}}$ (H_{max} - максимальная разница между отметкой гребня и отметкой, до которой может вытекать вода) принимается, что увеличение прорана происходит только за счет его расширения:

$$b_i = b_{i-1} + \Delta b', \quad (9.10)$$

где $\Delta b' = 2,5\Delta y[y_0/(y_0 + \Delta y)]$.

Далее определяются расход потока в проране, время размыва элементарного объема прорана, элементарный объем вытекающей воды, а также общий объем воды, вытекшей за время процесса размыва.

Расчет ведется до момента излива полного объема водохранилища.

Расчет параметров потока по трассе растекания

Для определения параметров потока по трассе растекания русло разбивается на участки с постоянными уклонами дна и формой поперечного сечения. На границах участков принимается условие равенства расходов. За расчетное

принимается максимальное значение расхода потока $Q_{п} = Q_{max}$, полученное в результате расчета на первом этапе. Рассчитываются скорость, глубина и ширина потока по трассе растекания. Полученные значения позволяют нанести их на топографический план или карту и определить границы зоны затопления.

В соответствие с [5] результаты расчетов следует представлять в виде табл. 9.1.

Таблица 9.1 - Перечень основных прогнозируемых параметров гидродинамической аварии

Наименование параметров волны прорыва	Характер воздействий волны прорыва
1 Ширина прорана в ГТС, м	Степень затопления и разрушений, потери
2 Максимальная глубина затопления от волны прорыва в нижнем бьефе гидроузла, м	То же
3 Максимальная скорость течения воды в волне прорыва в нижнем бьефе гидроузла, м/с	Степень разрушений
4 Время добегания фронта волны прорыва до створа объекта воздействия (время начала затопления объекта), ч	Количество пострадавшего населения, безвозвратные и санитарные потери. Материальный ущерб
5 Время достижения максимальной высоты волны прорыва, ч	То же
6 Температура воды в волне прорыва, °С	Степень воздействия на живые организмы, потери
7 Время существования волны прорыва. Продолжительность затопления, ч, сут	Величина общего ущерба. Санитарно-гигиеническое и эпидемическое состояние территории в зоне затопления
8 Величина падения уровня воды в верхнем бьефе, м	Состояние местности в верхнем бьефе
9 Скорость падения уровня воды в верхнем бьефе, м/ч	То же

При этом определяются объекты промышленности, транспорта, связи, сельхозземли, жилые и общественные здания и сооружения и т. п., попадающие в зону затопления в виде табл. 9.2.

Таблица 9.2 – Примерный перечень основных характеристик возможных последствий гидродинамических аварий

Наименование типовых объектов, попадающих в зону возможного затопления (ЗВЗ), в том числе комплексы объектов, элементы	Количество и размер объекта в ЗВЗ			
	Единиц	Размеры объектов		
		Длина, м, км	Ширина, м, км	Площадь, км ² , га
1. Размер зоны возможного затопления (ЗВЗ) (территорий): протяженность, км ширина (средняя), км				
площадь, км ² высота максимальных уровней воды, м, БС				
2. Продолжительность затопления в ЗВЗ, ч, сут				

<p>3. Населенные пункты: сельские, дачные поселения городского типа поселения деревянные здания кирпичные здания панельные здания административные здания социально-бытовые здания Незастроенные территории (усадыбы, огороды, выгоны, пус- тыри, луга и т. п.), км²</p> <p>4. Города: а) Жилая зона, кварталы: деревянные здания кирпичные здания крупноблочные здания крупнопанельные здания каркасные здания панельные здания административные здания социально-бытовые здания И так далее</p>					
--	--	--	--	--	--

Эти данные используются при расчетах вероятного вреда.

9.2. Методика с использованием программы *hWater*

Методика оценки параметров волны прорыва основана на использовании компьютерной программы *hWater* [32], предназначенной для численного имитационного моделирования гидродинамики разветвлённой речной сети в одномерной постановке с учётом водосбросных сооружений гидроузлов и возможности образования прорана в грунтовых плотинах.

Расчёт образования прорана

Для плотин из грунтовых материалов прогноз раскрытия прорана выполняется методами математического моделирования с использованием полуэмпирических зависимостей, связывающих вынос материала из тела плотины и расход воды через проран. Принимается, что размыву подвержено лишь тело плотины; размыв коренных пород основания не учитывается. За начальное прини-

мается состояние плотины, при котором в ее теле образовался проран с отметкой дна, меньшей уровня воды в водохранилище

Развитие прорана представляется следующим образом. При достижении уровнем воды в водохранилище заданной отметки (например, отметки гребня плотины – для сценария перелива воды через гребень) или в заданный момент времени (для сценария нарушения фильтрационной прочности тела плотины) происходит как бы мгновенное образование прорана прямоугольной формы одинаковой высоты и ширины (расчётах применялся начальный проран размером $0,5 \times 0,5$ м). Далее происходит увеличение размеров прорана из-за выноса грунта, интенсивность которого определяется по формуле:

$$\left(\frac{dW_{\text{вын}}}{dt} \right)_t \cong 0,07 \cdot h_t^{5/2}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (9.11)$$

где h_t – разность уровня верхнего бьефа и подошвы в момент времени t .

Выделяются два этапа роста прорана (рисунок 9.2). На начальном этапе развития прорана (рис.9.2, схема *a*) принято, что проран равномерно увеличивается в ширину и глубину, т. е. в пределах водного потока ширина прорана B_t равна его высоте h_t . Отсюда получаем ширину прорана B на временном слое t

$$B_t = h_t = H_t - (\Gamma p - УВБ_{t-1}); \quad (9.12)$$

$$H_t = \sqrt{\frac{\Delta W_{\text{вын},t} + B_{t-1} \cdot H_{t-1} (B_{zp} + 0,5H_{t-1} (m_e + m_n))}{B_{zp} + 0,5H_t (m_e + m_n)}} + H_t (\Gamma p - УВБ_{t-1}), \quad (9.13)$$

где m_e, m_n – заложение соответственно верхового и низового откоса плотины; B_{zp} – ширина гребня плотины, м; B_{t-1} – ширина основания прорана на временном слое $t-1$, м; Γp – отметка гребня плотины, м; Z_{t-1} – уровень основания прорана на временном слое $t-1$, м.

Расход воды, проходящий через проран, определяется по формуле водослива для средних размеров прорана $B_{t-0,5}$ и $h_{t-0,5}$ на расчётном интервале Δt , с учётом подтопления:

$$Q_t = m\sigma_{\text{п}} B_{t-0,5} \sqrt{2gh_{t-0,5}}^{3/2}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (9.14)$$

где $m=0,31$ – коэффициент расхода водослива; σ – коэффициент подтопления.

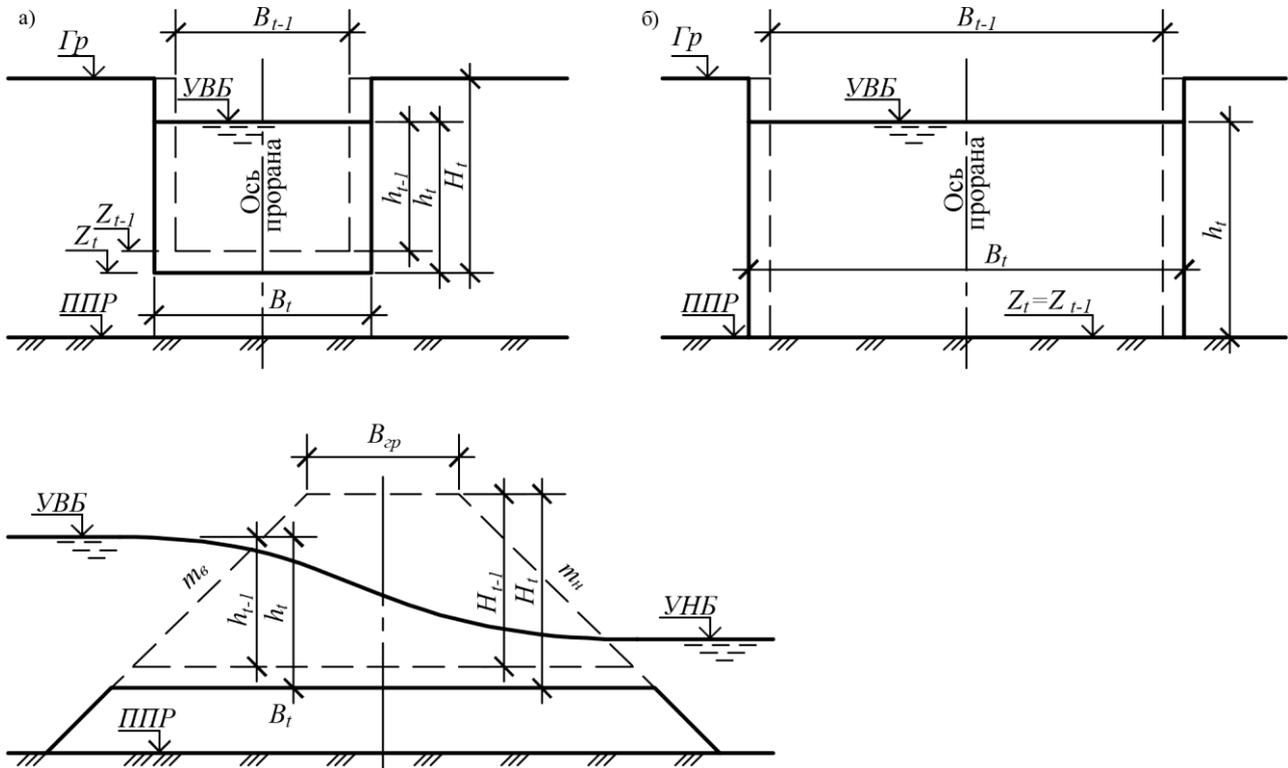


Рисунок 9.2 – Схема развития прорана

Расчет параметров потока по трассе растекания

Этот расчет основан на численном представлении одномерных уравнений Сен-Венана. Численная модель формируется на цифровой картографической основе с использованием географических информационных систем (ГИС).

Результаты расчетов представляются значениями размеров прорана во времени, расходами воды в проране и в нижнем бьефе, динамикой прохождения волны прорыва, а также продольным профилем уровня воды и глубины затопления в нижнем бьефе. Это позволяет оценить размеры зоны затопления и перечень затапливаемых объектов.

Результаты определения последствий гидродинамических аварий представляются в виде табл. 9.1.

На рисунке 9.3 в качестве примера показано изменения параметров прорана при прорыве плотины на реке Валаве (Нижегородская область).

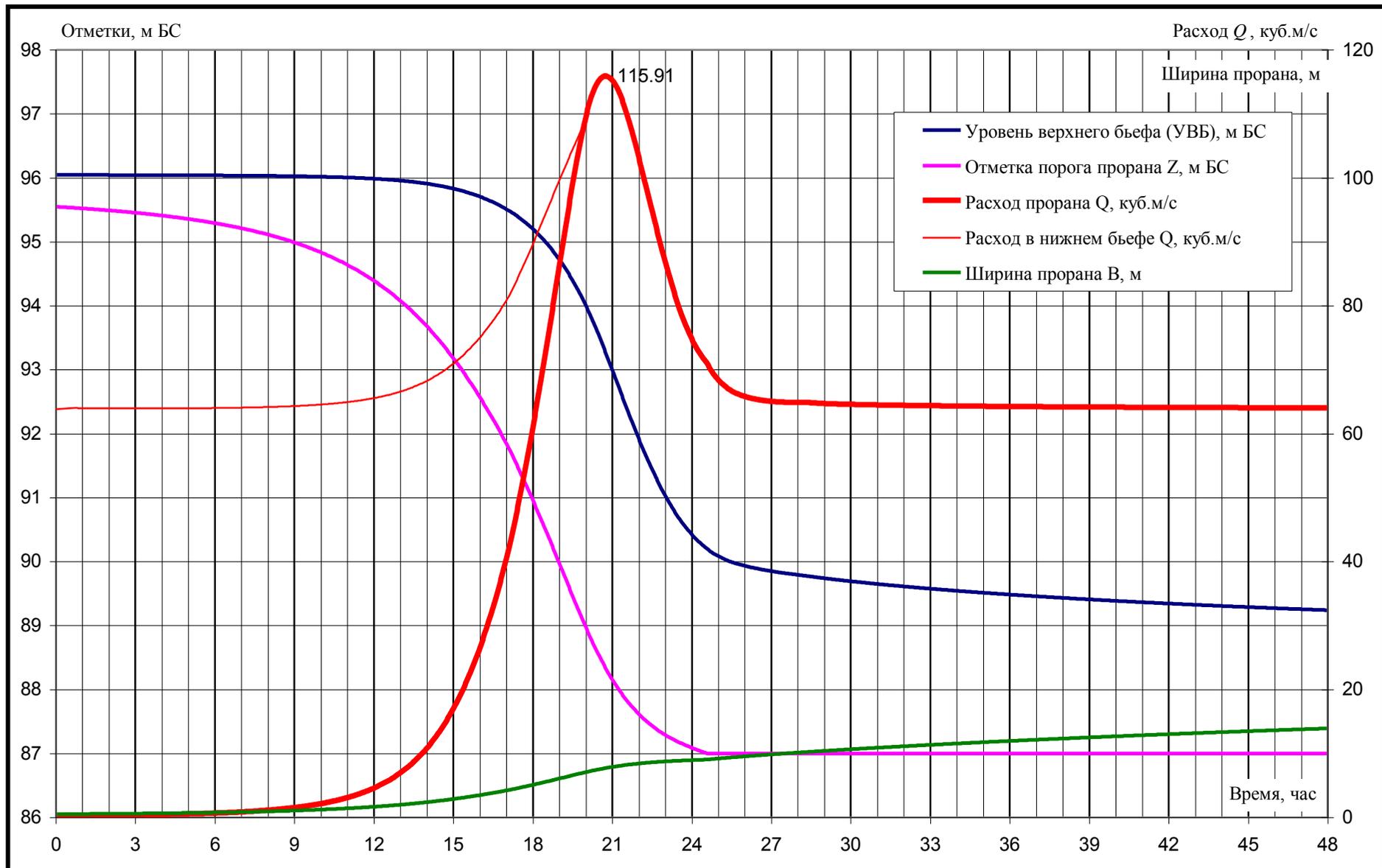


Рисунок 9.3 - Динамика развития прорана в теле земляной плотины

10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ РИСКА АВАРИИ ГТС

10.1. Этапы определения риска

Риск аварии – вероятностная или детерминистическая оценка степени отклонения состояния ГТС и условий эксплуатации от нормативных значений.

Риск аварии определяется в последовательности:

- выявляются возможные источники опасности для ГТС (факторы риска);
- составляются сценарии возможных аварий и повреждений ГТС;
- оцениваются значения степени опасности (вероятности) для сценария наиболее тяжелой и наиболее вероятной аварии и повреждения;
- выделяется максимальное значение вероятности аварии ГТС.

Эта последовательность может быть представлена в виде схемы (рисунок 10.1).

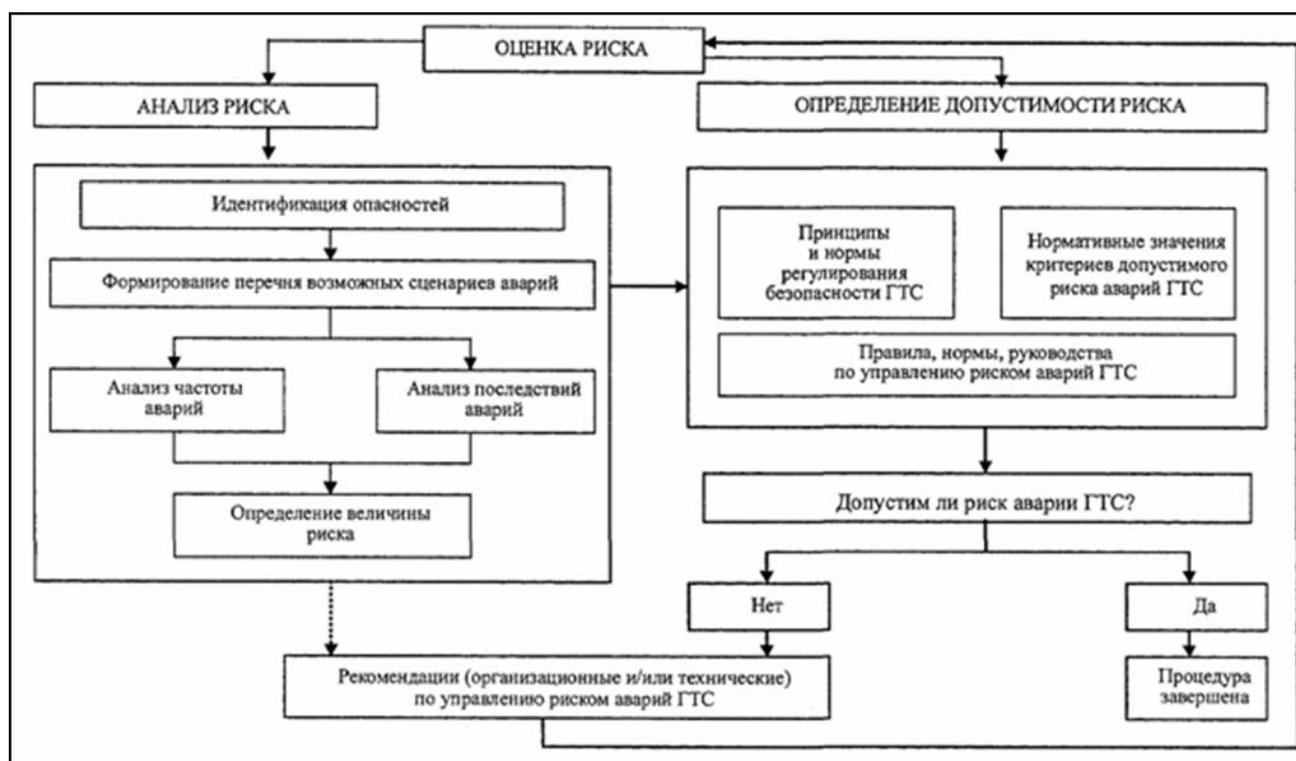


Рисунок 10.1 – Схема оценки риска

10.2. Идентификация опасностей

Идентификация опасностей может выполняться по схеме (рисунок 10.2) и включать следующее [12]:

- предварительный анализ опасностей ГТС;

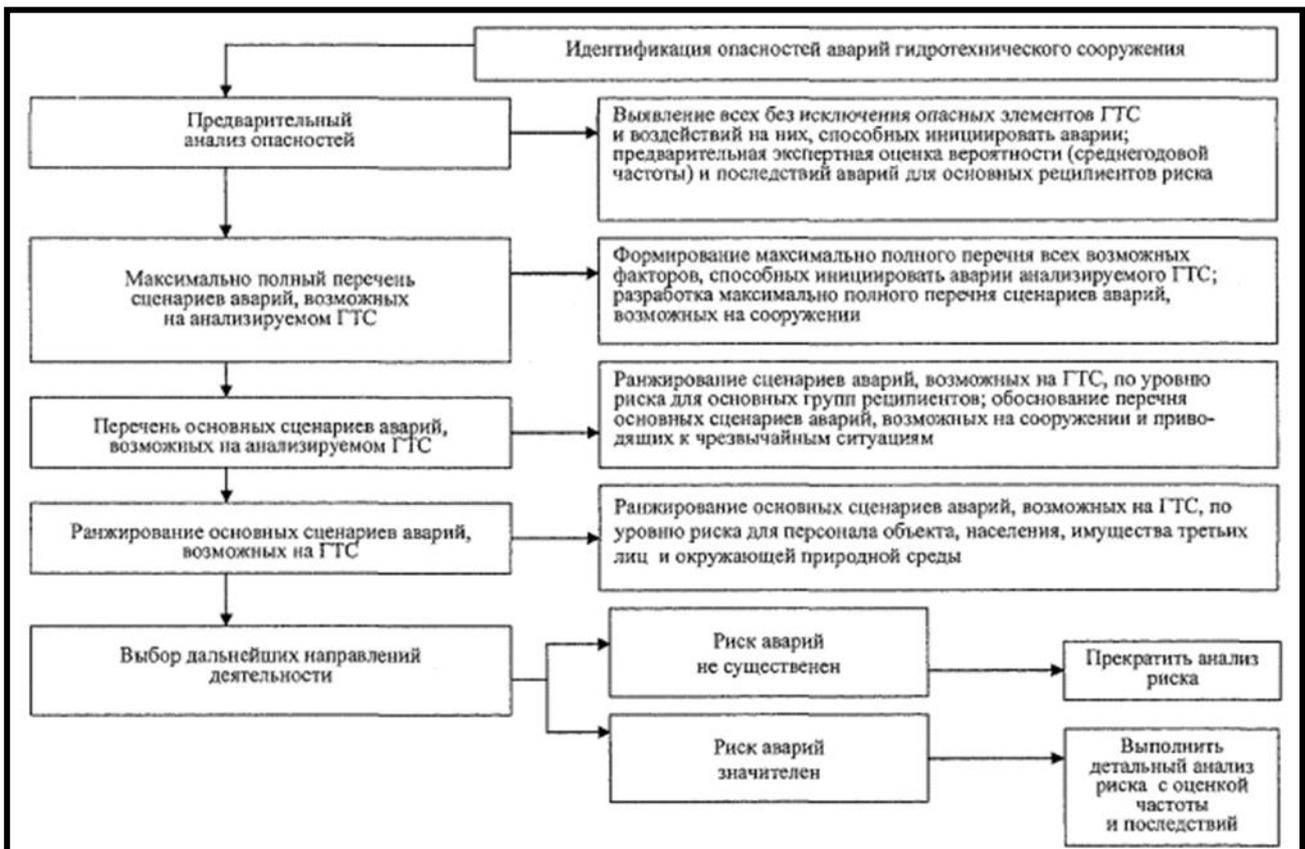


Рисунок 10.2 - Схема идентификации опасностей

- разработка перечня возможных нежелательных процессов и событий, приводящих к аварии ГТС;
- формирование перечня основных сценариев возникновения и развития аварий и ЧС на ГТС;
- ранжирование основных сценариев возникновения и развития аварий и ЧС на ГТС по уровню риска для персонала объекта, населения, имущества и окружающей природной среды.

Предварительный анализ опасностей гидротехнического сооружения - первый обязательный шаг идентификации опасностей выполняется с целью выявления опасных элементов и конструкций ГТС и воздействий на них, способных привести к аварии анализируемого сооружения.

По результатам анализа опасностей разрабатывается перечень возможных нежелательных процессов и событий, приводящих к аварии анализируемого ГТС, - вероятных причин аварий анализируемого гидротехнического сооруже-

ния. При разработке указанного перечня следует учитывать тип и класс сооружения, его назначение, условия размещения и эксплуатации, природно-климатические, социально-экономические и экологические факторы, а также сведения об авариях и ЧС, имевших место на аналогичных сооружениях. Результаты рекомендуется представлять в виде табл. 10.1.

Таблица 10.1 - Примерная форма предварительного анализа опасностей аварий ГТС

№ п/п	Сооружение, элемент	Нежелательные явления, процессы, события, способные инициировать аварию ГТС	Ожидаемые последствия для персонала, населения, имущества и окружающей природной среды	Предварительная оценка вероятности реализации
Левобережная грунтовая плотина				
1.1	Сопряжение грунтовой плотины с бетонным водосбросом	Потеря фильтрационной прочности грунтов тела плотины в зоне сопряжения	Обрушение участка плотины в зоне сопряжения, образование прорана и волны прорыва, затопление территории в нижнем бьефе	Весьма вероятно ввиду низкого качества сопряжения
1.2

На основе анализа вероятных причин аварий ГТС и результатов анализа опасностей разрабатывается перечень основных сценариев возникновения и развития аварий и ЧС на анализируемом ГТС, учитывающий особенности гидротехнического сооружения и территории возможного аварийного воздействия.

Ранжирование основных сценариев возникновения и развития аварий и ЧС на ГТС по уровню опасности для персонала, населения, имущества и окружающей природной среды рекомендуется выполнять с помощью матрицы «частота - тяжесть последствий» [12], приведенной в табл.10.2.

Таблица 10.2 - Матрица «частота - тяжесть последствий» для ранжирования возможных сценариев возникновения и развития аварий ГТС

Вероятность аварии	Среднегодовая частота, 1/год	Последствия аварии ГТС				
		несущественные	малые	средние	значительные	катастрофические
Почти несомненна	> 1	В	В	А	А	А
Весьма возможна	$1 - 10^{-2}$	С	В	В	А	А
Вероятна	$10^{-2} - 10^{-4}$	Д	С	В	А	А
Вряд ли	$10^{-4} - 10^{-6}$	Д	Д	С	В	А
Редко	$< 10^{-6}$	Д	Д	С	В	В

Обозначения уровней риска аварий: А - высокий; В - существенный; С - средний; Д - низкий.

10.3. Определение ожидаемой частоты аварий ГТС

Для оценки (количественной и/или качественной) ожидаемых частот аварий гидротехнических сооружений используются следующие подходы:

- статистический, заключающийся в максимально полном использовании статистики аварий и неполадок, а также данных о надежности объектов-аналогов;

- графоаналитический, заключающийся в использовании логических методов анализа «деревьев отказов» и «деревьев событий» или расчетных моделей сооружения;

- экспертный, заключающийся в выработке оценки путем учета мнений специалистов в данной области.

Для ранжирования сценариев аварий ГТС могут быть использованы статистические данные по отказам и авариям плотин.

Для грунтовых плотин наиболее частыми авариями считаются: фильтрация, перелив воды, обрушение откосов. Частота этих аварий дана в табл. 10.3 [3].

Таблица 10.3 - Среднестатистические частоты аварий плотин из грунтовых материалов, 1/год

Причина	Фильтрация	Переливы воды	Обрушение откосов
Частота	$4,5 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$3,1 \cdot 10^{-4}$

Аварии ГТС возможны не только при длительной эксплуатации, но и в период строительства и в первые годы эксплуатации (табл. 10.4).

Таблица 10.4 - Среднестатистические частоты аварий плотин при строительстве и в первые годы эксплуатации

Период	Разрушения, 1/год	
	Плотины	Другие ГТС
Строительство	$1,9 \cdot 10^{-3}$	
Первые 5 лет эксплуатации	$1,2 \cdot 10^{-3}$	
Первые 10 лет эксплуатации	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$0,8 \cdot 10^{-4}$

Вероятности природных и техногенных опасностей могут быть определены по [2]; вероятности гидрометеорологических опасностей определяются по [26].

10.4. Экспертная оценка уровня безопасности и риска аварий гидротехнических сооружений

Эта оценка может быть выполнена по [7]. Она проводится на основе экспертного анализа всей совокупности факторов, влияющих на надежность и безопасность работы ГТС.

Количественные оценки опасности, уязвимости ГТС, риска аварии ГТС определяются исходя из того, что каждое из этих понятий является сложной функцией многих случайных переменных - факторов. При этом под кодом опасности (уязвимости) подразумевается цифровое выражение степени опасности (уязвимости) по каждому показателю (0 - опасность отсутствует, 1 - малая опасность, 2 - средняя опасность, 3 - большая опасность). Цифровое выражение опасности (a_i) и уязвимости (b_i) представлено в табл. 10.5.

Таблица 10.5 - Диапазоны возможных балльных значений

Степень опасности (уязвимости)	Диапазоны возможных балльных значений	
	Балл (a_i)	Балл (b_i)
0 - опасность отсутствует	$a_i = 0$	$b_i = 0$
1 - малая опасность	$0 < a_i \leq 1$	$0 < b_i \leq 1$
2 - средняя опасность	$1 < a_i \leq 2$	$1 < b_i \leq 2$
3 - большая опасность	$2 < a_i \leq 3$	$2 < b_i \leq 3$

Интегральная оценка опасности ГТС

Опасность аварии на ГТС определяется следующими показателями:

- 1) Превышение принятых при обосновании конструкции сооружения природных нагрузок и воздействий.
- 2) Обоснованность и соответствие проектных решений современным нормативным требованиям.
- 3) Соответствие проекту конструкции сооружения, технологии его возведения и свойств материалов сооружения и основания.

4) Соответствие проекту условий эксплуатации сооружения и условий проведения мониторинга его состояния и безопасности.

Эти показатели устанавливаются по соответствующим таблицам [7].

Интегральная количественная оценка опасности ГТС характеризуется коэффициентом опасности λ , который представляет собой долю от наиболее неблагоприятной обстановки (сочетания показателей опасности) на объекте. При этом коэффициент опасности определяется соотношением:

$$\lambda = \lambda_0 \sum_{i=1}^4 \delta_i \cdot \alpha_i$$

Расчетные значения коэффициента опасности λ для каждого события, определяемого соответствующим кодом, приведены в [7].

Интегральная оценка уязвимости ГТС

Уровень уязвимости ГТС определяется их восприимчивостью, а также восприимчивостью окружающей среды (в зоне влияния сооружения) к воздействию факторов опасности.

Приняты следующие основные показатели уязвимости ГТС.

1. Состояние сооружения (по данным мониторинга).
2. Состояние окружающей среды в зоне влияния ГТС (по данным мониторинга).
3. Организация эксплуатации ГТС (соблюдение требований безопасной эксплуатации).
4. Готовность организации, эксплуатирующей ГТС к предупреждению, локализации и ликвидации ЧС.

Эти показатели устанавливаются по соответствующим таблицам [7].

Интегральная количественная оценка уязвимости ГТС характеризуется коэффициентом уязвимости ν , который, как и коэффициент опасности, пред-

ставляет собой долю от наиболее неблагоприятной обстановки на объекте по сочетанию показателей уязвимости.

Оценка коэффициентов уязвимости v выполнена по формуле:

$$v = v_0 \cdot \sum_{i=1}^4 \varphi_i \cdot b_i$$

Расчетные значения коэффициента опасности v для каждого события, определяемого соответствующим кодом, приведены в [7].

Интегральная оценка уровня безопасности и риска аварий на ГТС

Оценка риска аварии производится на основании экспертного анализа уровня опасности аварии и уровня уязвимости ГТС. Для оценки уровня риска аварии вначале рассчитывается коэффициент риска D_a на основе принципа пересечения этих событий, т. е. [7]:

$$D_a = \lambda \cdot v.$$

Уровень безопасности ГТС оценивается по величине этого коэффициента D_a , характеризующего суммарную дозу вредных воздействий в соответствии с данными, приведенными в табл. 10.6 [7].

Таблица 10.6 - Классификация уровня безопасности ГТС по значению D_a ,

Уровень безопасности ГТС	Доза вредного воздействия D_a
Нормальный уровень безопасности	Не более 0,15
Пониженный уровень безопасности	Свыше 0,15, но не более 0,3
Неудовлетворительный уровень безопасности	Свыше 0,3, но не более 0,5
Опасный	Более 0,5

Методика позволяет не только определять уровень безопасности ГТС, но и оценивать вероятность возникновения аварии $P_a(\text{ГТС})$ по формуле [7]

$$P_a(\text{ГТС}) = 0,5 \operatorname{erfc} \left[\frac{\beta \ln(D_a / D_k)}{\ln(D_{\text{доп}} / D_k)} \right],$$

где D_k - критическое (опасное) значение дозы вредного воздействия, $D_k=1$; $D_{\text{доп}}$ - допустимое значение дозы вредного воздействия, выше которого не обеспечивается нормальный уровень безопасности ГТС, $D_{\text{доп}}=0,15$; $erfc$ – дополнительная функция ошибок, табулированная в [7]; β - коэффициент вероятности, зависящий от класса ГТС (см. табл. 10.7).

Таблица 10.7 - Коэффициент вероятности β

Класс сооружения	Значение коэффициента вероятности β
I	2,75
II	2,25
III	2,00
IV	1,80

10.5. Оценка безопасности ГТС

Оценка безопасности ГТС – определение соответствия состояния ГТС и квалификации работников нормам и правилам, утвержденным в порядке, определенным законом [43].

Уровень безопасности оценивается согласно [7]:

– **нормальный уровень безопасности:** ГТС удовлетворяет всем проектным требованиям по назначению и конструктивной надежности, а также современным нормативным требованиям; эксплуатация осуществляется в соответствии с действующими законодательными актами, нормами и правилами. Дальнейшая эксплуатация сооружений и оборудования возможна без проведения каких-либо технических или организационных мероприятий по повышению безопасности при обеспечении мониторинга безопасности и своевременном выполнении плановых ремонтно-профилактических работ;

– **пониженный уровень безопасности:** имеются те или иные отклонения от правил безопасной эксплуатации, не устраненные своевременно в ходе плановых мероприятий по обеспечению нормального уровня безопасности, которые, однако, не препятствуют возможности выполнения сооружением заданных эксплуатационных функций. Дальнейшая безопасная эксплуатация сооружения в проектном режиме возможна при обязательном выполнении в согласо-

ванные (установленные) органами государственного надзора сроки мероприятий по повышению уровня безопасности, конкретный перечень которых вытекает из анализа факторов, обуславливающих максимальные значения показателей опасности и уязвимости;

– **неудовлетворительный уровень безопасности:** имеются отклонения от проектного состояния и нарушения правил безопасной эксплуатации, которые могут привести к возникновению аварийной ситуации. Дальнейшая эксплуатация сооружения в проектом режиме недопустима без проведения в установленные органами государственного надзора сроки тех или иных технических (вплоть до капитального ремонта, замены оборудования и др.) и организационных мероприятий по снижению риска аварий и восстановлению нормального уровня безопасности на основе анализа факторов, обуславливающих максимальные значения показателей опасности и уязвимости. К проведению такого анализа и разработке мероприятий по повышению уровня безопасности, как правило, должны привлекаться специализированные научно-исследовательские и проектные организации; в случае необходимости по специальным программам предусматриваются полевые исследования физико-механических характеристик грунтовых материалов, бетонных конструкций, проводятся дополнительные расчеты обоснования прочности и устойчивости сооружений и конструкций, корректируются перечень контролируемых параметров состояния и пр.;

– **опасный уровень безопасности:** в этом случае дальнейшая эксплуатация сооружения в проектом режиме по условиям риска аварии недопустима и должна осуществляться в соответствии с требованиями нормативных документов: необходимо незамедлительно информировать органы государственного надзора, и, в соответствии с полученным предписанием, ввести ограничения на режим эксплуатации (снижение уровня верхнего бьефа и др.), разработать и утвердить временные правила эксплуатации. Мероприятия по восстановлению нормального уровня безопасности должны выполняться на основании анализа факторов, обуславливающих возникновение аварийной ситуации, с обязатель-

ным привлечением специализированных организаций. После проведения необходимых мероприятий перевод сооружений вновь в проектный режим эксплуатации должен быть согласован с органами государственного надзора за безопасностью ГТС.

Кроме того, **безопасность ГТС** оценивается сравнением риска аварии с допустимым уровне.

Допустимый риск – значение риска аварии гидротехнического сооружения, установленное нормативными документами [43].

Допустимый риск установлен документом [41]. Значения риска представлены в табл. 10.8.

Таблица 10.8 – Допускаемые значения вероятностей возникновения аварий на напорных гидротехнических сооружениях

Класс сооружения	Уровень риска аварии, 1/год
I	$5 \cdot 10^{-5}$
II	$5 \cdot 10^{-4}$
III	$2,5 \cdot 10^{-3}$
IV	$5 \cdot 10^{-3}$

Для обеспечения безопасности ГТС значение риска аварии **должно быть не более допустимого риска.**

10.6. Выбор уровня приемлемого риска

Приемлемый риск – это риск, уровень которого безусловно оправдан с социальной, экономической и экологической точек зрения.

Конкретная часть территории в зависимости от степени риска может быть отнесена к одному из четырех типов зон риска.

Зона неприемлемого риска – территория, на которой не допускается нахождение людей, за исключением лиц, обеспечивающих проведение соответствующего комплекса организационных мероприятий, направленного на снижение риска до допустимого уровня.

Зона повышенного риска – территория, на которой допускается временное пребывание ограниченного количества людей, связанных с выполнением служебных обязанностей.

Зона условно приемлемого риска – территория, где допускается строительство и размещение новых объектов при выполнении дополнительных мероприятий по снижению риска. **Зона приемлемого риска** – территория, на которой допускается любое строительство и размещение населения.

Границы зон рисков представлены в табл. 10.9 и 10.10.

Таблица 10.9 - Определение границ зон рисков в координатах «частота ЧС – число пострадавших»

Частота ЧС, 1/год	Число пострадавших, чел.			
	Менее 10	От 10 до 50	от 50 до 500	Свыше 500
Более 1	Зона			
$1-10^{-1}$				
$10^{-1}-10^{-2}$	Зона		недопустимого	
$10^{-2}-10^{-3}$	повышенного			
$10^{-3}-10^{-4}$	Зона	условно		риска
$10^{-4}-10^{-5}$	Зона		приемлемого	риска
$10^{-5}-10^{-6}$	приемлемого			
Менее 10^{-6}	риска			

Таблица 10.10 - Определение границ зон рисков в координатах «частота ЧС – материальный ущерб»

Частота ЧС, 1/год	Размер материального ущерба, руб.			
	Менее 100 тыс.	От 100 тыс. до 50 млн.	От 50 млн. до 500 млн.	свыше 500 млн.
более 1	Зона			
$1-10^{-1}$				
$10^{-1}-10^{-2}$	Зона		недопустимого	
$10^{-2}-10^{-3}$	повышенного			
$10^{-3}-10^{-4}$	Зона	условно		риска
$10^{-4}-10^{-5}$	Зона		приемлемого	риска
$10^{-5}-10^{-6}$	приемлемого			
менее 10^{-6}	риска			

10.7. Пример экспертной оценки уровня безопасности и риска аварий ГТС на р. Вьюнице

Река Вьюница протекает у г. Нижнего Новгорода. На ней расположен гидроузел с ГТС IV класса в составе грунтовой плотины и башенного водосброса.

Интегральная оценка опасности ГТС

Интегральная оценка опасности аварии ГТС представлена в табл. 10.11.

Таблица 10.11 – Экспертная оценка опасности аварии ГТС

Показатель опасности	Уровень опасности	Код	Отличительные признаки, по которым экспертом установлен уровень опасности по рассматриваемому показателю опасности
1	Опасность отсутствует	0	Показатели возможных нагрузок и воздействий на ГТС не отличаются от расчётных значений, принятых при проектировании
2	Малая опасность	1	В проекте имеются незначительные отклонения от современных нормативных требований: использованы отменные ныне СНиП.
3	Малая опасность	1	Отсутствуют правила эксплуатации
4	Большая опасность	3	Возможный материальный ущерб составляет 26,945 млн. руб.

Интегральный код показателей опасности в соответствии с данными табл. ... составляет 0113.

Значение коэффициента опасности λ определяется согласно установленному коду по [7, табл. 1А]. Получаем: $\lambda = 0,3438$.

Интегральная оценка уязвимости ГТС

Интегральная оценка уязвимости ГТС производится аналогично оценке опасности в табличной форме (табл. 10.12).

Таблица 10.12 – Экспертная оценка уязвимости ГТС

Показатель уязвимости	Уровень уязвимости	Код	Отличительные признаки, по которым экспертом установлен уровень уязвимости по рассматриваемому показателю уязвимости
-----------------------	--------------------	-----	--

1	Малая уязвимость	1	Имеются локальные нарушения тела плотины, которые предусмотрено устранить в ходе плановых ремонтных работ.
2	Средняя уязвимость	2	Наблюдается сплошное покрытие водохранилища плавающей травяной растительностью
3	Малая уязвимость	1	Отсутствие правил эксплуатации, планов локализации и ликвидации аварийных ситуаций
4	Большая уязвимость	3	На объекте отсутствуют локальная система оповещения и достаточный объем аварийного запаса строительных материалов.

В соответствии с данными табл. 10.13 интегральный код показателей уязвимости 1213. Значение коэффициента уязвимости определяется по [7, табл. 1Б]. В результате коэффициент уязвимости $\nu = 0,5167$.

Интегральная оценка риска аварий на ГТС

Согласно [6] коэффициент риска аварии определяется в виде

$$D_a = \lambda \cdot \nu = 0,3438 \cdot 0,5167 \approx 0,180.$$

Согласно табл. 10.6 уровень безопасности ГТС оценивается как «**пониженный**».

Вероятность возникновения аварии $P_a(\text{ГТС})$ определяется по формуле

$$P_a(\text{ГТС}) = 0,5 \operatorname{erfc} \left[\frac{\beta \ln(D_a / D_k)}{\ln(D_{\text{доп}} / D_k)} \right],$$

Подстановка в эту формулу известных значений дает

$$P_a(\text{ГТС}) = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ 1/год.}$$

Согласно [7, табл. 15] уровень риска аварии оценивается как **условно приемлемый**.

В соответствие с нормами (табл. 10.8) допустимый риск для ГТС IV класса составляет $5 \cdot 10^{-3}$ 1/год.

Экспертная оценка уровня риска аварии дает значение больше допустимого, что говорит о необходимости проведения мероприятий по снижению риска аварии.

11. МОНИТОРИНГ БЕЗОПАСНОСТИ ГТС

11.1. Общие положения

Мониторинг осуществляется на основании положений [6]. Мониторинг состояния водоподпорных ГТС сооружений (плотин) и прогнозирование чрезвычайных ситуаций, вызванных гидродинамическими авариями на ГТС, является составной частью системы государственного мониторинга и прогнозирования ЧС. В приложении приведены схемы систем мониторинга (с. 155).

Мониторинг состояния водоподпорных ГТС осуществляет собственник ГТС или эксплуатирующая организация.

Все требования по вопросам мониторинга следует учитывать в составе проектов ГТС, включая технические решения для их реализации и финансовое обеспечение.

Прогнозирование возможных последствий гидродинамических аварий осуществляют проектная организация на стадии разработки проекта ГТС и органы, специально уполномоченные на решение задач в области защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций на реках и водоемах.

Мониторинг состояния водоподпорных ГТС осуществляют в целях обеспечения безопасной эксплуатации ГТС, безопасности населения и территорий, прилегающих к нижним и верхним бьефам плотин.

Мониторинг состояния водоподпорных ГТС осуществляют постоянно с установленной периодичностью по основным контролируемым показателям в соответствии с программой наблюдений.

Для ГТС I, II и III классов, как правило, используют автоматизированные системы контроля их состояния (АСК). ГТС IV класса оснащают КИА при специальном обосновании. В случае невозможности создания АСК на сооруже-

ях этих классов применяют информационно-диагностические системы контроля с ручным вводом данных наблюдений.

11.2. Состав мониторинга состояния

Мониторинг состояния водоподпорных ГТС должен включать:

- регулярные взаимоувязанные контрольные наблюдения за состоянием ГТС, их оснований, береговых сопряжений в нижнем и верхнем бьефах;
- сбор, накопление и хранение данных наблюдений;
- создание и ведение базы данных наблюдений;
- сопоставление измеренных значений диагностических показателей состояния ГТС с их критериальными значениями;
- оперативную оценку состояния ГТС, их оснований и береговых сопряжений;
- информирование органов, заинтересованных в безаварийном состоянии ГТС на местном (локальном), региональном (территориальном) и федеральном уровнях.

Перечень основных показателей нагрузок и воздействий на ГТС включает в себя:

- гидростатическое давление со стороны верхнего и нижнего бьефов;
- температуру сооружений и грунтового массива в основании, примыкания сооружений поверхностных и подземных вод и воздуха в верхнем и нижнем бьефах ГТС (среднесуточную);
- давление наносов (уровень, физико-механические характеристики);
- давление льда на сооружение и механическое оборудование;
- показатели сейсмического воздействия на сооружения.

Перечень основных показателей состояния водоподпорных гидротехнических сооружений и развития опасных процессов в грунтовых массивах, контролируемых в процессе мониторинга, включает в себя:

- вертикальные (осадки) и горизонтальные перемещения сооружений и их оснований;

- напряжения в сооружениях и их основаниях;
- контактные напряжения в подошвах, на вертикальных и наклонных поверхностях бетонных ГТС;
- раскрытие межсекционных швов бетонных и железобетонных ГТС;
- взаимные смещения по межсекционным швам бетонных и железобетонных ГТС;
- величину раскрытия трещин, межблочных швов в бетонных и железобетонных ГТС и в грунтовом массиве;
- величину раскрытия трещин по контакту бетонной плотины со скальным основанием;
- поровое давление и интенсивность его рассеивания в водоупорных элементах грунтовых плотин и оснований;
- фильтрационные расходы, поступающие в дренажные устройства или выходящие на дневную поверхность;
- отметки депрессионной поверхности фильтрационного потока в теле грунтовых сооружений и береговых примыканиях;
- пьезометрические напоры в теле сооружения, основании и береговых примыканиях;
- пьезометрические градиенты;
- характеристики размыва русла в нижнем бьефе ГТС;
- характеристики отложения наносов в водохранилище перед ГТС;
- вертикальные и горизонтальные смещения оползневых и потенциально неустойчивых массивов в примыканиях, верхнем и нижнем бьефах ГТС.

Состав, наименование и способы измерения показателей состояния ГТС, контролируемых в процессе мониторинга, приведен в табл. 11.1.

11.3. Состав, объем и функции системы мониторинга безопасности ГТС

Этот раздел может состоять из: перечня основных функций и контролируемых параметров системы мониторинга; обоснования состава и объема ведения натуральных наблюдений; описания службы мониторинга безопасности ГТС и

ее функций; критериев безопасной эксплуатации и предельно допустимые значения контролируемых параметров состояния ГТС [28].

Пример ведения мониторинга безопасности ГТС приведен в табл. 11.2.

Таблица 11.1 - Состав, наименование и способы измерения показателей состояния ГТС, контролируемых в процессе мониторинга

Тип ГТС	Основные контролируемые показатели состояния ГТС	Способ измерения контролируемого показателя	Технические средства измерения контролируемого показателя	Ориентировочная периодичность измерения*	Результат мониторинга	
					Значение измеренного показателя К	Критериальное значение показателя К ₁ , К ₂ **
1. Бетонные ГТС (гравитационные, контрфорсные, арочные плотины)	Вертикальные перемещения (осадки) сооружения и его основания, мм	Нивелирование поверхностных марок	Поверхностные марки, рабочие и фундаментальные реперы	2 раза в год	мм	мм
	Горизонтальные перемещения сооружения и его основания, мм	Триангуляция, визирование по створам, светодальномерные наблюдения	Рабочие реперы, визирные марки, марки для светодальномерных наблюдений	То же	мм	мм
	Напряжения в сооружении и его основании, кг/см ² , МПа	Дистанционные измерения деформаций, напряжений в сооружении и его основании	Измерительные преобразователи линейных деформаций, силы струнного типа	1 раз в месяц	кг/см ² , МПа	кг/см ² , МПа
	Контактные напряжения в подошвах бетонного сооружения, кг/см ² , МПа	Дистанционные измерения силы на контролируемую площадь	Измерительные преобразователи силы струнного типа	То же	кг/см ² , МПа	кг/см ² , МПа
	Раскрытие межсекционных швов сооружения, мм	Дистанционные измерения раскрытия шва	Измерительные преобразователи линейных перемещений струнного типа	3 раза в месяц	мм	мм
	Взаимные смещения секций по межсекционным швам сооружения, мм	Прямые измерения взаимного смещения секций плотины	Модернизированный щелемер, штангенщелемер	То же	мм	мм
	Величина простираения трещины по контакту сооружения со скалой, мм	Дистанционные измерения раскрытия шва по контакту сооружения со скалой	Измерительные преобразователи линейных перемещений струнного типа	»	мм	мм
	Раскрытие трещин и межблочных швов в сооружении, мм	Дистанционные измерения раскрытия трещин, межблочных швов	Измерительные преобразователи линейных деформаций, перемещений струнного типа	»	мм	мм
	Температура бетона сооружения и его основания, °С	Дистанционные измерения температуры бетона	Измерительные преобразователи температуры струнного типа	»	°С	°С
	Фильтрационные расходы, поступающие в дренажные устройства или выходящие на поверхность, л/с	Дистанционные измерения расхода или прямые Измерения отметки уровня воды на мерном водосливе	Измерительные преобразователи уровня жидкости, мерная рейка	»	л/с	л/с
Пьезометрические напоры в основании сооружения и береговых примыканиях, м	Прямые или дистанционные измерения пьезометрических уровней в основании сооружения	Измерительные преобразователи давления струнного типа, образцовые манометры	»	м	м	
Пьезометрические градиенты в основании соору-	Вычисляются по измеренным напорам в основании	-	3 раза в месяц	Безразмерная величина	Безразмерная величина	

	<p>жения, безразмерно</p> <p>Параметры сейсмических колебаний сооружения и его основания (частота, Гц; период собственных колебаний, с)</p> <p>Характеристики размыва русла в нижнем бьефе (глубина, м; площадь воронки размыва, м²)</p> <p>Разрушение бетона в зоне переменного уровня, мм</p> <p>Разрушение бетона вследствие реакционных свойств крупного заполнителя бетона, мм</p>	<p>сооружения</p> <p>Измерения в ждущем автоматическом режиме ускорений, амплитуды колебаний</p> <p>Прямые измерения воронки размыва с помощью эхолота или водолазов</p> <p>Прямые измерения глубины разрушения бетона</p> <p>Прямые измерения глубины разрушения бетона</p>	<p>Сейсмометрическая аппаратура</p> <p>Эхолоты, мерные ленты</p> <p>Деформометр на базе индикатора часового типа</p> <p>То же</p>	<p>Постоянно</p> <p>1 раз в год</p> <p>2 раза в год</p> <p>То же</p>	<p>Гц, с</p> <p>м, м²</p> <p>мм</p> <p>мм</p>	<p>Гц, с</p> <p>м, м²</p> <p>мм</p> <p>мм</p>
2. Сооружения из грунтовых материалов (плотины, дамбы и т. п.)	<p>Вертикальные перемещения (осадки) гребня сооружения и его основания, мм</p> <p>Горизонтальные смещения гребня сооружения, мм</p> <p>Поровое давление в водопорных элементах сооружения и его основания, МПа</p> <p>Фильтрационные расходы, отстающие в дренажные устройства или выходящие на поверхность, л/с</p> <p>Отметки депрессионной поверхности фильтрационного потока в теле сооружения, береговых примыканиях, м</p> <p>Градиенты напора в водопорных элементах сооружения основания, безразмерно</p> <p>Температура сооружения и его основания, °С</p>	<p>Нивелирование поверхностных марок, глубинных марок</p> <p>Триангуляция, визирование по створам, светодальномерные наблюдения</p> <p>Дистанционные измерения порового давления в водопорных элементах сооружения</p> <p>Дистанционные измерения расходов или прямые измерения отметок уровня воды на мерном водосливе</p> <p>Дистанционные измерения пьезометрических уровней или прямые измерения отметок пьезометрических уровней</p> <p>Вычисляются по измеренным пьезометрическим напорам в сооружении и его основании</p> <p>Дистанционные измерения температуры сооружения и его основания</p>	<p>Поверхностные, глубинные марки, рабочие и фундаментальные реперы</p> <p>Рабочие и фундаментальные реперы, визирные марки, марки для светодальномерных измерений</p> <p>Измерительные преобразователи давления струнного типа</p> <p>Измерительные преобразователи уровня жидкости, ультразвуковые расходомеры, мерные рейки</p> <p>Измерительные преобразователи давления струнного типа, напорные и безнапорные пьезометры, образцовые манометры, хлопущки, уровнемеры</p> <p>-</p> <p>Измерительные преобразователи температуры струнного типа</p>	<p>2 раза в год</p> <p>То же</p> <p>3 раза в месяц</p> <p>То же</p> <p>»</p> <p>3 раза в месяц</p> <p>То же</p>	<p>мм</p> <p>мм</p> <p>МПа</p> <p>л/с</p> <p>м</p> <p>Безразмерно</p> <p>°С</p>	<p>мм</p> <p>мм</p> <p>МПа</p> <p>л/с</p> <p>м</p> <p>Безразмерно</p> <p>°С</p>

	<p>Параметры сейсмических колебаний сооружения и его основания (частота, Гц, период собственных колебаний, с)</p> <p>Наличие грифонов в нижнем бьефе за сооружением, л/с</p> <p>Наличие зон на низовом откосе с ярко-зеленым травяным покровом, м²</p> <p>Появление просадочных воронок на гребне и откосах плотины, см, м³</p> <p>Появление продольных и поперечных трещин на гребне плотины, м, мм</p>	<p>Измерения в ждущем автоматическом режиме ускорений, амплитуды колебаний</p> <p>Измерения фильтрационного расхода</p> <p>Измерения площади зон</p> <p>Измерение диаметра, площади и глубины воронки</p> <p>Измерение протяженности и раскрытия трещин</p>	<p>Сейсмометрическая аппаратура</p> <p>Мерный водослив с рейкой для измерения уровня воды над водосливом</p> <p>Рулетка</p> <p>»</p> <p>»</p>	<p>Постоянно</p> <p>3 раза в месяц</p> <p>То же</p> <p>»</p> <p>»</p>	<p>Гц, с</p> <p>л/с</p> <p>м²</p> <p>см, м²</p> <p>м, мм</p>	<p>Гц, с</p> <p>л/с</p> <p>м²</p> <p>см, м²</p> <p>м, мм</p>
3. Грунтовые примыкания, в верхнем и нижнем бьефе)	<p>Вертикальные смещения в оползневых и потенциально неустойчивых массивах, мм</p> <p>Горизонтальные смещения оползневых и потенциально неустойчивых массивов, мм</p> <p>Уровень грунтовых вод в оползневых и потенциально неустойчивых массивах, м</p> <p>Появление оползневых и просадочных трещин, м, см</p> <p>Наличие зон избыточного увлажнения, м²</p> <p>Наличие сосредоточенных выходов подземных вод в нижнем бьефе, л/с</p> <p>Наличие суффозионного выноса грунта, г/л</p> <p>Наличие просадочных и суффозионных воронок, м</p> <p>Наличие криогенных деформаций, м</p>	<p>Нивелирование поверхностных и глубинных марок</p> <p>Триангуляция, светодальномерные наблюдения</p> <p>Измерения пьезометрических уровней</p> <p>Зарисовка, измерение протяженности, ширины, глубины</p> <p>Измерение площади водопроявлений</p> <p>Измерение фильтрационного расхода</p> <p>Измерение количества взвеси</p> <p>Зарисовка, измерение количества и размеров воронок</p> <p>Характер деформации, размеры, площадь распространения</p>	<p>Поверхностные и глубинные марки</p> <p>Реперы, марки</p> <p>Пьезометры, уровнемеры, хлопущки</p> <p>Рулетка</p> <p>Рулетка</p> <p>Мерный водослив</p> <p>Мерный сосуд</p> <p>Рулетка</p> <p>*</p>	<p>4 раза в год</p> <p>То же</p> <p>1 раз в месяц</p> <p>3 раза в месяц</p> <p>То же</p> <p>Раз в сутки</p> <p>3 раза в месяц</p> <p>То же</p> <p>Раз в год</p>	<p>мм</p> <p>мм</p> <p>м</p> <p>м, см</p> <p>м²</p> <p>л/с</p> <p>г/л</p> <p>м</p> <p>м</p>	<p>мм</p> <p>мм</p> <p>м</p> <p>м, см</p> <p>м²</p> <p>л/с</p> <p>г/л</p> <p>м</p> <p>м</p>

Таблица 11.2 – Пример ведения мониторинга безопасности ГТС

Объект мониторинга	Функция системы мониторинга по объекту	Содержание (объем) наблюдений	Определяемые параметры на объектах	Периодичность (сроки) наблюдений	Показатели состояния сооружения (критерии безопасности)	Лицо, ответственное за выполнение наблюдений (структура)	Документация, где фиксируются результаты наблюдений	Аппаратура, инструменты, методика выполнения наблюдений	Цель проведения данного наблюдения (исследования)	Нормативный документ, предписывающий необходимость проведения наблюдений	Лицо, которому представляются данные по ведению мониторинга (структура)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ограждающая и разделительные дамбы	Наблюдения за состоянием откосов, гребня	Обход и визуальные наблюдения и замеры	Просадки, трещины, оползни, промоины, механическая суффозия	Не реже одного раза в неделю	Проектное положение, отсутствие разрушений, механической суффозии	Мастер участка ГТС	Журнал визуальных наблюдений за сооружением	Метр, замеры вручную, визуально	Предотвращение возникновения аварийной ситуации и разрушения дамбы	ПБ 06-123—96, местные инструкции по эксплуатации шламозащитных сооружений, инструкция по ведению мониторинга	Начальник участка ГТС
Ограждающая дамба	Наблюдения за фильтративным режимом	Наблюдения за уровнем фильтративных вод в теле и основании дамб и их береговых	Положение депрессионной поверхности	Не реже одного раза в неделю	Положение расчетной кривой депрессии	Мастер участка ГТС	Журнал наблюдений за уровнем воды в пьезометрах	Метр, замеры вручную	Предотвращение возникновения аварийной ситуации и разрушения дамбы	ПБ 06-123—96, местные инструкции по эксплуатации шламозащитных сооружений, инструкция по ведению мониторинга	Начальник участка ГТС

Ограждающая дамба	Наблюдения за фильтрационным режимом	примыканиях Замерь) фильтрационных расходов, наблюдения за мутностью, взятие проб профильтрованной воды	Расход, мутность, химический состав профильтрованной воды	Не реже одного раза в квартал	Расчетный максимально допустимый расход при расчетном положении кривой депрессии, содержание твердого и химический состав воды в прудке-отстойнике	Мастер участка ГТС	Журнал замеров расходов фильтрационной воды	Расходомер, пробоотборники, визуально	Предотвращение возникновения аварийной ситуации и разрушения дамбы	ПБ 06-123—96, местные инструкции по эксплуатации шламового хозяйства, инструкция по ведению мониторинга	Начальник участка ГТС
Ограждающая дамба	Геодетические наблюдения за осадками тела и основания, за горизонтальными смещениями гребня, берм и противофильтра-	Нивелирование дамб	Отметки и горизонтальные смещения	Не реже одного раза в год	Предельно допустимые осадки и смещения, определенные в проекте	Маркшейдерская служба	Журнал контроля за осадками и горизонтальными смещениями	Нивелирование и определение отметок и положения реперов, марок относительно опорного репера	Предотвращение возникновения аварийной ситуации и разрушения дамбы	ПБ 06-123—96, местные инструкции по эксплуатации шламового хозяйства, инструкция по ведению мониторинга	Начальник участка ГТС

Ограждающая дамба	ционных устройств Наблюдения за качеством работы дренажа и противofильтрационных устройств	Визуальные наблюдения	Заиление, подпор, механическая суффозия	Не реже одного раза в месяц	Разрушения, заиление, подпор, выход фильтратонной воды на низовой откос	Мастер участка ГТС	Журнал визуальных наблюдений за сооружением	Визуально	Предотвращение возникновения аварийной ситуации и разрушения дамбы	ПБ 06-123—96, местные инструкции по эксплуатации шламового хозяйства, инструкция по ведению мониторинга	Начальник участка ГТС
Естественный склон	Наблюдения за состоянием склона	Обход и визуальные наблюдения, замеры разрушений	Промоины, оползни, абразия	Не реже одного раза в неделю	Соответствие проекту, разрушения, абразия	Мастер участка ГТС	Журнал визуальных наблюдений за сооружением	Метр, замеры вручную, визуально	Предотвращение разрушения склона	ПБ 06-123—96, местные инструкции по эксплуатации шламового хозяйства, инструкция по ведению мониторинга	Начальник участка ГТС
Прудок-отстойник шламо-накопителя	Наблюдения за уровнем и объемом воды	Замер уровня воды по водомерной рейке, промер глубин и др.	Объем и отметки воды	Один раз в сутки, один раз в квартал	Проектное положение (кривые объемов)	Мастер участка ГТС	Журнал визуальных наблюдений за сооружением	Водомерная рейка, рулетка, гидрометрическая штанга, замеры вручную	Предотвращение возникновения аварийной ситуации из-за переполнения шламо-накопителя	ПБ 06-123—96, местные инструкции по эксплуатации шламового хозяйства, инструкция по ведению мониторинга	Начальник участка ГТС
Шламопроводы	Наблюдения за це-	Обход и осмотр	Повреждения, де-	Не реже одного	Проектное положение,	Мастер участка	Журнал визуальных	Метр, замеры	Предотвраще-	ПБ 06-123—96, местные	Начальник уча-

	лостностью, исправностью	трубопроводов и арматуры	формация, течь сточной воды	раза в день	отсутствие повреждений, течи	ГТС	наблюдений за сооружением	вручную, визуальное	ние аварийной остановки и прекращения подачи стоков	инструкции по эксплуатации шламового хозяйства, инструкция по ведению мониторинга	стка ГТС
Технология складирования шлама	Наблюдения за объемом и динамикой складирования шлама	Определение отметок поверхности шламов	Отметки поверхности воды и шламов, равномерность заполнения емкости	Не реже одного раза в неделю (отметки воды), один раз в квартал (шламов)	Проектное положение и соответствие регламенту	Мастер участка ГТС	Журнал квартального контроля намыва дамбы	Водомерная рейка, визуальное, промеры метром	Исключение переполнения накопителей, учет объемов складирования шламов	ПБ 06-123—96, местные инструкции по эксплуатации шламового хозяйства, инструкция по ведению мониторинга	Начальник участка ГТС
Технология осветления воды	Наблюдения за качеством осветления и очистки воды	Отбор проб воды и их исследования	Химический состав: взвешенные вещества, рН, щелочность, БПК, нитриты, нитраты, хлориды, сульфаты и др.	Не реже одного раза в месяц	ПДС, ПДК	Работники химической лаборатории	Журнал записи химического анализа проб воды по объекту	Аналитическая аппаратура и приборы для химического анализа воды	Определение качества очистки стоков	ПБ 06-123—96, местные инструкции по эксплуатации шламового хозяйства, инструкция по ведению мониторинга	Начальник лаборатории охраны водоемов ЦЛООС
Насосные станции	Наблюдения за исправностью	Визуальный осмотр оборудования	Отсутствие течи в соединении труб, де-	Не реже одного раза в час	Паспортные данные, проектное положение	Машинист насосной станции	Журнал учета работы оборудования на-	Термометр, на ощупь, визуальное,	Предотвращение аварийной останов-	ПБ 06-123—96, местные инструкции по эксплуа-	Начальник участка по техноло-

	оборудования, наличием течи в соединениях труб и арматуры и целостностью здания	ния, здания	формаций и трещин стен здания, напор в трубопроводах				сосной станции	манометр и др.	ки НС	тации шламового хозяйства, инструкция по ведению мониторинга	гическому оборудованию
Водоводы оборотной воды	Наблюдения за целостностью, исправностью	Обход, осмотр трубопроводов и арматуры, трассы трубопроводов в земле	Наличие трещин, повреждений, течи в стыках и другие неисправности	Не реже одного раза в квартал	Проектное положение, отсутствие повреждений, течи, осадок	Мастер технического обслуживания	Журнал визуальных наблюдений за сооружением	Метр, замеры вручную, визуально	Предотвращение аварийной остановки НС и прекращение подачи воды на предприятие	ПБ 06-123—96, местные инструкции по эксплуатации шламового хозяйства, инструкция по ведению мониторинга	Начальник участка по технологии гическому оборудованию
Водосбросы	Наблюдения за состоянием и правильной эксплуатацией	Визуальный осмотр, замеры	Наличие деформации, трещин, фильтрации по контакту с водосбросной трубой, соросудерживающих реше-	Не реже одного раза в неделю	Проектное положение, отсутствие сора и посторонних предметов, контактной фильтрации	Мастер участка ГТС	Журнал визуальных наблюдений за сооружением	Метр, замеры вручную, визуально	Предотвращение возникновения аварийной ситуации	ПБ 06-123—96, местные инструкции по эксплуатации шламового хозяйства, инструкция по ведению мониторинга	Начальник участка ГТС

Подземные и поверхностные воды вблизи накопителей	Наблюдение за химическим составом (загрязнением)	Отбор проб воды из режимных скважин и водоемов и их химический анализ	Общий химический анализ: фториды, сульфаты, нитраты, нефтепродукты и др.	Не реже одного раза в квартал	ПДС, ПДК	Работники химической лаборатории	Журнал учета результатов химического анализа воды	Химико-аналитическая аппаратура	Определение степени влияния шламо-накопителя на подземные и поверхностные воды	ПБ 06-123—96, местные инструкции по эксплуатации шламового хозяйства, инструкция по ведению мониторинга	Начальник лаборатории охраны водоемов ЦЛООС
Состояние процесса подготовки и порядка обучения эксплуатационного персонала	Контроль за обучением персонала	Участие в комиссиях по проверке инструкций по эксплуатации ГТС	Знания рабочих по соответствующим профессиям	Инструктаж — через 6 мес, проверка знаний — ежегодно	В соответствии с программой	Мастер участка ГТС	Протоколы, журнал, личная карточка рабочего	Личная беседа, ответы на вопросы, квалификационные экзамены	Обеспечение квалифицированного обслуживания ГТС	ПБ 06-123—96, местные инструкции по эксплуатации шламового хозяйства, инструкция по ведению мониторинга	Инженер по технике безопасности
Проектная и эксплуатационная документация	Наблюдение за комплектностью, учетом и хранением	Обеспечение комплектности, сохранности	Поступление, регистрация, выдача, хранение	Постоянно	Сохранность, комплектность	Специальное должностное лицо	Журнал учета за поступлением и выдачей или компьютер	Архив ПКО кабината, архив ТБ цеха, специальное помещение участка ГТС	Обеспечение качественного выполнения работ и эксплуатации ГТС	ПБ 06-123—96, местные инструкции по эксплуатации шламового хозяйства, инструкция по ведению мониторинга	Начальник технического бюро (технологического отдела) цеха

11.4. Общие требования к системе прогнозирования последствий гидродинамических аварий

Прогнозирование развития, масштабов возможных последствий гидродинамических аварий на водоподпорных ГТС включает:

- прогнозирование степени разрушения ГТС;
- прогнозирование параметров волны прорыва, образующейся при разрушении ГТС;

прогнозирование поставарийного состояния русла и поймы в возможной зоне затопления;

- сбор, хранение и обработку исходных данных для уточнения прогноза вследствие изменения условий жизнедеятельности в нижнем бьефе;
- прогнозирование последствий аварий для населения и территории в зоне возможного затопления.

Перечень основных прогнозируемых параметров аварии (волны прорыва) на водоподпорных гидротехнических сооружениях, определяющих размеры бедствия и ущерб в зоне возможного затопления, приведен в табл. 11.3.

Таблица 11.3 - Перечень основных прогнозируемых параметров гидродинамической аварии (волны прорыва) на водоподпорных ГТС

Наименование параметров волны прорыва	Характер воздействий волны прорыва
Ширина прорыва в ГТС, м	Степень затопления и разрушений, потерь
Максимальная глубина затопления от волны прорыва в нижнем бьефе гидроузла, м	То же
Максимальная скорость течения воды в волне прорыва в нижнем бьефе гидроузла, м/с	Степень разрушений
Время добегания фронта волны прорыва до створа объекта воздействия (время начала затопления объекта), ч	Количество пострадавшего населения, безвозвратные и санитарные потери. Материальный ущерб
Время достижения максимальной высоты волны прорыва, ч	То же
Температура воды в волне прорыва, °С	Степень воздействия на живые организмы, потери
Время существования волны прорыва. Продолжительность затопления, ч, сут	Величина общего ущерба. Санитарно-гигиеническое и эпидемическое состояние территории в зоне затопления
Величина падения уровня воды в верхнем бьефе, м	Состояние местности в верхнем бьефе
Скорость падения уровня воды в ВБ, м/ч	То же

12. РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКА

Основой для составления рекомендаций является систематизация, представленная на рисунке 12.1 [12].

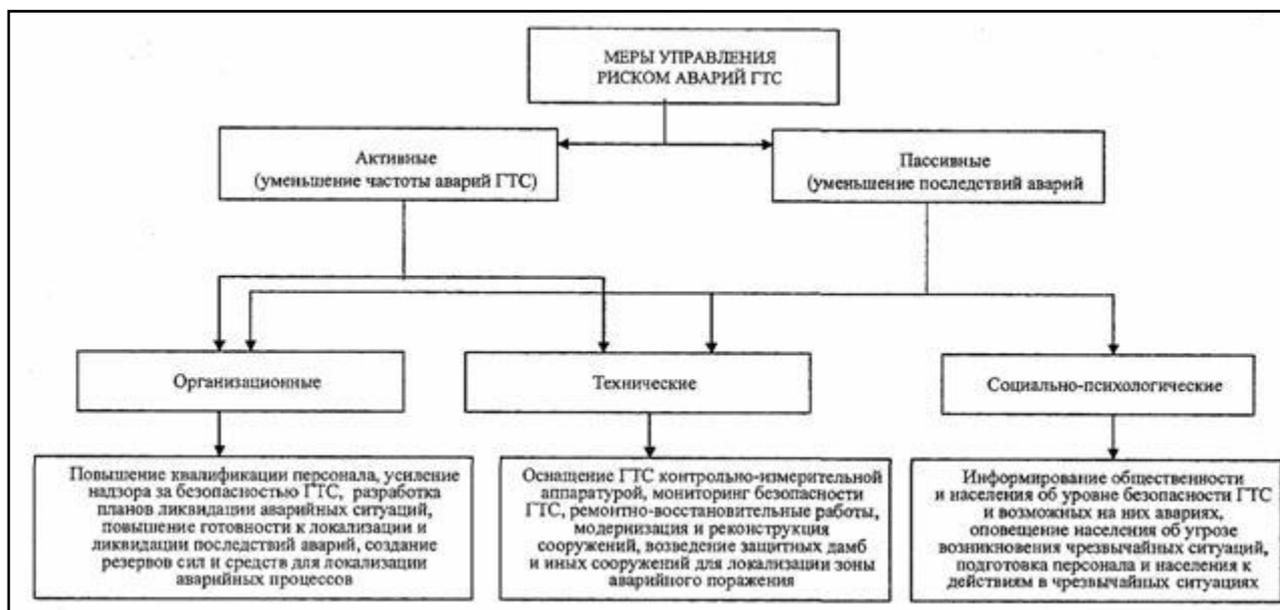


Рисунок 12.1 - Меры управления риском аварий

При разработке мероприятий по снижению риска необходимо учитывать следующие требования:

разработка распорядительных и организационных документов по вопросам предупреждения чрезвычайных ситуаций;

разработка и реализация объектовых планов мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций;

прогнозирование чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера;

обеспечение готовности объектовых органов управления, сил и средств к действиям по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций;

подготовка персонала к действиям при чрезвычайных ситуациях;

сбор, обработка и выдача информации в области предупреждения чрезвычайных ситуаций, защиты населения и территорий от их опасных воздействий;

лицензирование и страхование ответственности за причинение вреда при эксплуатации опасного производственного объекта;

создание объектовых резервов материальных и финансовых ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Для уменьшения потерь сил и средств и в целях обеспечения повышенной готовности к действиям по обеспечению мероприятий ГО и ЧС, проводимых на предприятии при угрозе и возникновении производственных аварий, катастроф и стихийных бедствий, кроме того, необходимо предусмотреть:

заблаговременное планирование мероприятий ГО, направленных на предупреждение и ликвидацию последствий возможных аварий и катастроф;

проведение своевременных проверок годности средств индивидуальной защиты;

организацию специальной подготовки личного состава формирований ГО к действиям по ликвидации возможных аварий;

проведение учений и тренировок с персоналом предприятия;

обучение персонала практическим действиям в ЧС.

Основными мероприятиями по обеспечению и повышению готовности персонала ГТС к действиям по локализации и ликвидации последствий аварий и предотвращению чрезвычайных ситуаций могут являться:

наличие специальных служб и гражданских формирований по локализации и ликвидации последствий аварий и ЧС или заключение договоров со специализированными штатными формированиями;

оснащение всех подразделений и формирований противоаварийных сил предприятия, материально-техническими средствами (спецтехника, транспорт, приборы и инструменты, средства индивидуальной защиты, средства противопожарной защиты и т. д.);

наличие и выполнение графика проведения учебно-тренировочных занятий, учебных тревог и тактико-специальных занятий для отработки вопросов взаимодействия персонала и спецформирований службы эксплуатации ГТС с

региональными спецформированиями ГОЧС, ВПЧ, ВГСО, УВД, Ростехнадзора, Роспотребнадзора и т. п.

В качестве реализации перспективных мероприятий по уменьшению риска аварий и повышению системы безопасности на ГТС планируется решать следующие вопросы:

повысить профессиональную подготовку производственного персонала;

соблюдать меры пожарной безопасности;

поддерживать в высокой готовности силы и средства для предупреждения, локализации и ликвидации последствий аварий;

поддерживать в исправном состоянии и в дальнейшем совершенствовать инженерно-технические системы по своевременной локализации возможной аварии;

совершенствовать системы и способы предупреждения о ЧС.

Для уменьшения масштаба ущерба от аварий также необходимо:

систематическое обучение обслуживающего персонала чётким действиям по ликвидации возможных аварий, проведение учебных тренировок;

проведение периодических проверок (с составлением актов) наличия и исправности средств индивидуальной защиты, технических средств для ликвидации возможных аварий с их обновлением по мере необходимости;

проведение периодических проверок систем оповещения и аварийной связи, с составлением акта об их исправности.

Основными направлениями осуществления комплекса мероприятий по смягчению последствий чрезвычайных ситуаций являются:

защита персонала (обеспечение средствами защиты, подготовка к эвакуации) и его первоочередное жизнеобеспечение в условиях чрезвычайных ситуаций;

подготовка к проведению аварийно-спасательных и других неотложных работ;

создание фонда страховой документации;

информирование населения о возможных чрезвычайных ситуациях и подготовка его к действиям в условиях чрезвычайных ситуаций.

Предложения по внедрению мер, направленных на уменьшение риска аварий:

поддержание всей системы на заданном уровне путем проведения комплексных обследований состояния безопасности в подразделениях;

разработка декларации безопасности ГТС;

меры по обеспечению готовности эксплуатирующей организации к локализации и ликвидации аварий, а также по предупреждению и ликвидации ЧС;

создание необходимого количества резервов строительных материалов и оборудования для ликвидации последствий аварии;

создание необходимого количества резервов машин, механизмов, транспортных средств для ликвидации последствий аварии;

обучение персонала ГТС в области ГО и ЧС;

создание аварийно-спасательных формирований;

проведение противоаварийных тренировок;

разработка правил эксплуатации ГТС.

Во всех случаях, где это возможно, меры уменьшения ожидаемой частоты аварий ГТС (активные меры управления риском) должны иметь приоритет над мерами уменьшения возможных последствий аварий (пассивные меры управления риском). Это означает, что при выборе технических и организационных мер для уменьшения риска аварий обязательно должны рассматриваться:

активные меры управления риском, включающие меры уменьшения частоты (вероятности) возникновения опасных событий и процессов, ведущих к аварии ГТС;

меры уменьшения частоты (вероятности) перерастания неполадки на ГТС в аварию;

пассивные меры управления риском, имеющие, в свою очередь, свои приоритеты:

меры, предусматриваемые уже на стадии проектирования гидротехнического сооружения;

меры, относящиеся к системам противоаварийной защиты и контроля за состоянием ГТС;

меры в части организации, оснащенности и готовности к действиям противоаварийных служб на объекте.

При обосновании и оценке эффективности предлагаемых мер по уменьшению риска рекомендуется придерживаться одной из двух альтернативных целей их оптимизации:

при заданных средствах обеспечить максимальное снижение риска аварии гидротехнического сооружения;

при минимальных затратах обеспечить снижение риска аварии гидротехнического сооружения до допустимого уровня.

Установление приоритетности мер по уменьшению риска аварий ГТС в условиях заданных объемов средств или ограниченных ресурсов выполняется следующим образом:

определяется совокупность мер, которые могут быть реализованы при заданных объемах финансирования;

выполняется ранжирование этих мер по показателю «эффективность - затраты»;

выполняется обоснование и оценка эффективности предлагаемых мер.

При долговременной эксплуатации ГТС возможно появление так называемых побочных эффектов, могущих увеличить риск возникновения аварий.

Для предотвращения развития побочных эффектов рекомендуются следующие мероприятия [3]:

минимизация проектных изменений гидрологического режима водотока;

оптимизация компоновки гидроузла, параметров и конструкций ГТС и режимов их эксплуатации:

строительство специальных сооружений и устройств (рыбоходов, дамб ограждения, противотрационных и дренажных завес и т. п.);

проведение социально-экологического мониторинга с целью учета общественного мнения и разрешения спорных вопросов.

13. РОССИЙСКИЙ РЕГИСТР ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

13.1. Общие положения

Регистр представляет собой единую систему учета, регистрации, хранения и предоставления информации о гидротехнических сооружениях Российской Федерации.

Ведение Регистра осуществляет Федеральное агентство водных ресурсов (далее – Росводресурсы).

Регистр формируется и ведется в целях:

1) государственной регистрации и учета гидротехнических сооружений различного назначения, независимо от форм собственности и ведомственной принадлежности;

2) сбора, обработки, хранения, предоставления и распространения информации о количественных и качественных показателях состояния гидротехнических сооружений, условиях их эксплуатации и соответствии этих показателей и условий критериям безопасности гидротехнических сооружений;

3) создания информационной основы для разработки и осуществления мероприятий по обеспечению безопасности гидротехнических сооружений и предупреждению чрезвычайных ситуаций;

4) информационного обеспечения государственного управления, надзора в области безопасности гидротехнических сооружений.

13.2. Состав сведений Регистра

Сведения о гидротехнических сооружениях (далее - ГТС) представляются по каждому ГТС или комплексу ГТС в составе общих характеристик ГТС и технических характеристик ГТС [34].

Таблица 13.1 - Общие характеристики ГТС (комплексов ГТС)

N п/п	Наименование информационных сведений	Содержание информа-
-------	--------------------------------------	---------------------

		ционных сведений
1.	Наименование сооружения	
1.1.	Регистрационный код в Российском регистре гидротехнических сооружений (при наличии; для обновления уже внесенных данных)	
2.	Назначение сооружения	
3.	Код водного объекта	
4.	Название водного объекта	
5.	Код водохозяйственного участка	
6.	Местоположение сооружения	
6.1.	Широта основной точки (градусы, минуты, секунды)	
6.2.	Долгота основной точки (градусы, минуты, секунды)	
6.3.	Широта вспомогательной точки (градусы, минуты, секунды)	
6.4.	Долгота вспомогательной точки (градусы, минуты, секунды)	
6.5.	Код административно-территориального образования (указывается в соответствии с общероссийским классификатором территорий муниципальных образований)	
6.6.	Кадастровый номер земельного участка	
7.	Собственник	
7.1.	Форма собственности (указывается в соответствии с общероссийским классификатором форм собственности)	
7.2.	Организационно-правовая форма (указывается в соответствии с общероссийским классификатором организационно-правовых форм хозяйствующих субъектов)	
7.3.	Наименование	
7.4.	Идентификационный номер налогоплательщика	
7.4.1.	Код причины постановки на учет	
7.5.	Код по общероссийскому классификатору территорий муниципальных образований	
7.6.	Адрес местонахождения	
7.7.	Телефон	

7.8.	Адрес электронной почты	
8.	Эксплуатирующая организация	
8.1.	Наименование ведомства, к которому относится эксплуатирующая организация (если эксплуатирующая организация - государственная организация или организация с государственным участием)	
8.2.	Организационно-правовая форма (указывается в соответствии с общероссийским классификатором организационно-правовых форм хозяйствующих субъектов)	
8.3.	Наименование	
8.4.	Идентификационный номер налогоплательщика	
8.4.1.	Код причины постановки на учет	
8.5.	Код по общероссийскому классификатору видов экономической деятельности	
8.6.	Код по общероссийскому классификатору предприятий и организаций	
8.7.	Код по общероссийскому классификатору территорий муниципальных образований	
8.8.	Адрес местонахождения	
8.9.	Телефон	
8.10.	Адрес электронной почты	
8.11.	Численность службы эксплуатации ГТС:	
8.11.1.	Всего	
8.11.2.	В том числе лиц, имеющих специальное образование в области эксплуатации ГТС	
8.12.	Условия и правовое основание передачи сооружения в распоряжение эксплуатирующей организации	
8.12.1.	Условие (аренда, передача в хозяйственное ведение или оперативное управление):	
8.12.2.	Основание (договор или иной правовой документ):	
8.12.2.1.	Номер документа	
8.12.2.2.	Дата документа (день, месяц, год - дд.мм.гггг)	
8.12.2.	Наименование организации, утвердившей данный доку-	

3.	мент	
9.	Балансовая стоимость ГТС (комплекса ГТС) на год представления сведений в Российский регистр гидротехнических сооружений, млн. руб.	
10.	Остаточная стоимость ГТС (комплекса ГТС) по балансу на год представления сведений в Российский регистр гидротехнических сооружений, млн. руб.	
11.	Жизненный цикл сооружения на момент регистрации	
11.1.	Начало строительства (год - гггг)	
11.2.	Завершение строительства (последней завершенной очереди: день, месяц, год - дд.мм.гггг)	
11.3.	Консервация/ликвидация (день, месяц, год - дд.мм.гггг)	
11.4.	Ввод в постоянную эксплуатацию (день, месяц, год - дд.мм.гггг)	
12.	Организация-генпроектировщик или ее правопреемник	
12.1.	Наименование	
12.2.	Идентификационный номер налогоплательщика	
12.2.1.	Код причины постановки на учет	
12.3.	Код по общероссийскому классификатору территорий муниципальных образований	
12.4.	Адрес местонахождения	
12.5.	Телефон	
13.	Строительная организация - генподрядчик или ее правопреемник	
13.1.	Наименование	
13.2.	Идентификационный номер налогоплательщика	
13.2.1.	Код причины постановки на учет	
13.3.	Код по общероссийскому классификатору территорий муниципальных образований	
13.4.	Адрес местонахождения	
13.5.	Телефон	
14.	Преддекларационное обследование ГТС	
15.	Реквизиты заключения Министерства Российской Феде-	

	рации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий или его территориального органа о готовности эксплуатирующей организации к локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций и защите населения и территорий в случае аварии гидротехнического сооружения	
16.	Правила эксплуатации ГТС, согласованные с федеральными органами исполнительной власти, уполномоченными на осуществление федерального государственного надзора в области безопасности ГТС	
17.	Максимальный возможный размер территории, на которой могут иметь место последствия аварии ГТС, км ²	
18.	Наличие на указанной в пункте 17 территории населенных пунктов, промышленных, сельскохозяйственных и иных предприятий и организаций, исторических и культурных памятников и иных объектов, которым может быть нанесен вред (численность населения, количество организаций и иных объектов с указанием особо крупных и имеющих опасные виды производственной деятельности)	
18.1.	Общая численность населения	
18.2.	Предприятия, организации и иные объекты, которым может быть нанесен вред	
19.	Наличие действующей системы оповещения населения об угрозе чрезвычайной ситуации в результате аварии ГТС	
20.	Финансовое обеспечение гражданской ответственности за вред, причиненный аварией гидротехнического сооружения:	
20.1.	Величина финансового обеспечения гражданской ответственности за вред, причиненный аварией гидротехнического сооружения, тыс. руб.	
20.2.	Страховщик (организационно-правовая форма, наименование, идентификационный номер налогоплательщика, код причины постановки на учет, адрес местонахождения, факс, телефон, электронная почта)	
20.3.	Размер страховой суммы	
20.4.	Размер страхового тарифа	
20.5.	Дата начала действия договора обязательного страхования	
20.6.	Дата окончания действия договора обязательного стра-	

	хования	
21.	Расчетные сейсмические нагрузки	
22.	Аварии или аварийные ситуации, имевшие место за период эксплуатации, потребовавшие срочного выполнения работ по их предотвращению и локализации, а также работ по восстановлению ГТС (наименование ГТС, даты и причины событий)	
23.	Уровень безопасности ГТС	
24.	Декларация безопасности	
24.1.	Регистрационный номер декларации безопасности	
24.2.	Должность лица, утвердившего декларацию безопасности	
24.3.	Ф.И.О. лица, утвердившего декларацию безопасности	
24.4.	Дата утверждения декларации безопасности (день, месяц, год - дд.мм.гггг)	
24.5.	Срок действия декларации (лет)	
25.	Заявление о регистрации	
25.1.	Наименование организации-заявителя/индивидуального предпринимателя - заявителя (Ф.И.О. физического лица - заявителя)	
25.2.	Регистрационный номер заявления	
25.3.	Ф.И.О. лица, принявшего заявление	
25.4.	Должность лица, принявшего заявление	
25.5.	Дата регистрации в органе надзора (день, месяц, год - дд.мм.гггг)	

Технические характеристики ГТС

Для каждого ГТС заполняется отдельная таблица в зависимости от вида и типа ГТС (например, в виде табл. 13.2).

Таблица 13.2 - Плотины водохранилищ

№ п/п	Наименование технических характеристик и сведений по ГТС	Ед. изм.	Значение
1.	Наименование ГТС		

2.	Код классификации ГТС по материалу строительства		
	Габариты		
3.	Максимальная высота	м	
4.	Длина по гребню	м	
5.	Ширина по гребню	м	
6.	Максимальная ширина по основанию	м	
7.	Проектная отметка гребня	м	
8.	Нормальный уровень верхнего бьефа (НПУ)	м	
9.	Форсированный уровень верхнего бьефа (ФПУ)	м	
	Мощность		
10.	Класс ГТС		
11.	Код типа основания		
12.	Максимальный напор на ГТС	м	
13.	Длина напорного фронта ГТС	м	
14.	Среднегодовое количество стока в створе ГТС	млн. м ³ /год	
15.	Площадь водохранилища	млн. м ²	
16.	Полный объем водохранилища	млн. м ³	
17.	Полезный объем водохранилища	млн. м ³	
18.	Количество используемых технических средств контроля состояния ГТС, в том числе:	шт.	
18.1.	Марок, реперов и других устройств для наблюдений за деформациями ГТС и оснований геодезическими методами	шт.	
18.2.	Пьезометров, расходомеров и иных устройств для наблюдений за фильтрацией	шт.	
18.3.	Дистанционной контрольно-измерительной аппаратуры	шт.	
18.4.	Специальных средств измерения для обследований ГТС	шт.	
18.5.	Компьютерных систем мониторинга ГТС	шт.	

14. ИНФОРМИРОВАНИЕ ОБЩЕСТВЕННОСТИ ОБ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

14.1. Общие положения

Порядок размещения технических средств информации включает в себя рекомендации по основным видам технических средств информации, местам их размещения, установке и использованию [17, 23].

Для подготовки населения в области гражданской обороны, защиты от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и охраны общественного порядка, а также оперативного информирования и своевременного оповещения граждан о чрезвычайных ситуациях и угрозе террористических акций рекомендуются к использованию следующие технические средства информации:

наружные (располагаемые вне помещений) наземные отдельно стоящие светодиодные панели на собственной опоре (Г-образной или П-образной формы) размером экрана от 12 до 60 кв. м и энергопотреблением до 30 кВт;

наружные (располагаемые вне помещений), размещаемые на зданиях и сооружениях светодиодные панели размером экрана до 12 кв. м;

внутренние (располагаемые внутри помещений) навесные телевизионные плазменные панели (далее - плазменные панели);

внутренние (располагаемые внутри помещений) телевизионные проекционные экраны (далее - проекционные экраны);

радиотрансляционные сети пассажирского транспорта;

информационные плакаты на ограждениях объектов строительства, транспортных средствах наземного пассажирского транспорта и остановочных павильонах;

уличные информационные таблички, стенды, вывески, плакаты, перетяжки, щитовые и крышные установки и др.;

иные современные технические средства.

Для размещения технических средств информации рекомендуются следующие места (участки):

основные выезды, въезды в город, пересечение основных городских магистралей;

аэропорты - два участка под светодиодные панели на площади (подъезде к ним) перед каждым аэровокзалом и четыре и более мест под проекционные экраны (плазменные панели) внутри каждого аэровокзала;

железнодорожные вокзалы - два участка под светодиодные панели на площади перед каждым вокзалом (или внутривокзальной площади) и четыре и более мест под проекционные экраны (плазменные панели) внутри каждого вокзала;

гипермаркеты (торговые центры) с общей площадью помещений более 10 тыс. кв. м. - два участка под светодиодные панели на прилегающей к каждому гипермаркету территории, шесть и более мест под проекционные экраны (плазменные панели) внутри гипермаркета;

станции метрополитена - два места под плазменные панели или проекционные экраны для каждой станции метрополитена в зависимости от типа, размеров станции метрополитена и количества выходов;

центральные площади городов - два участка для размещения наружных наземных отдельно стоящих светодиодных панелей или два места для наружных, размещаемых на зданиях и сооружениях светодиодных панелей;

городские стадионы - два участка перед стадионом для размещения наружных наземных отдельно стоящих светодиодных панелей или два места для наружных, размещаемых на зданиях и сооружениях светодиодных панелей;

городские рынки - два участка для размещения наружных наземных отдельно стоящих светодиодных панелей или два места для наружных, размещаемых на зданиях и сооружениях светодиодных панелей;

городские автовокзалы - два участка для размещения наружных наземных отдельно стоящих светодиодных панелей или два места для наружных, разме-

щаемых на зданиях и сооружениях светодиодных панелей, четыре и более мест под проекционные экраны (плазменные панели) внутри каждого автовокзала;

городские пляжи - два участка для размещения наружных наземных отдельно стоящих светодиодных панелей;

городские парки - два участка для размещения наружных наземных отдельно стоящих светодиодных панелей или два места для наружных, размещаемых на зданиях и сооружениях светодиодных панелей;

пассажирский транспорт - одно и более мест, по возможности, "бегущей строкой" в вагоне (салоне);

ограждения объектов строительства, транспортные средства наземного пассажирского транспорта и остановочные павильоны;

иные места массового пребывания людей.

14.2. Системы оповещения населения

Система оповещения представляет собой организационно-техническое объединение сил, средств связи и оповещения, сетей вещания, каналов сети связи общего пользования, обеспечивающих доведение информации и сигналов оповещения до органов управления, сил единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее - РСЧС) и населения.

Системы оповещения создаются:

на федеральном уровне - федеральная система оповещения (на территории Российской Федерации);

на межрегиональном уровне - межрегиональная система оповещения (на территории федерального округа);

на региональном уровне - региональная система оповещения (на территории субъекта Российской Федерации);

на муниципальном уровне - местная система оповещения (на территории муниципального образования);

на объектовом уровне - локальная система оповещения (в районе размещения потенциально опасного объекта).

Системы оповещения всех уровней должны технически и программно сопрягаться.

Основной задачей локальной системы оповещения является обеспечение доведения информации и сигналов оповещения до:

руководящего состава гражданской обороны организации, эксплуатирующей потенциально опасный объект и объектового звена РСЧС;

объектовых аварийно-спасательных формирований, в том числе специализированных;

персонала организации, эксплуатирующей опасный производственный объект;

руководителей и дежурно-диспетчерских служб организаций, расположенных в зоне действия локальной системы оповещения;

населения, проживающего в зоне действия локальной системы оповещения.

В качестве примера на рисунке 14.1 приведена схема оповещения населения и органов управления г. Дзержинска при аварии гидротехнических сооружений, расположенных на территории городского округа.

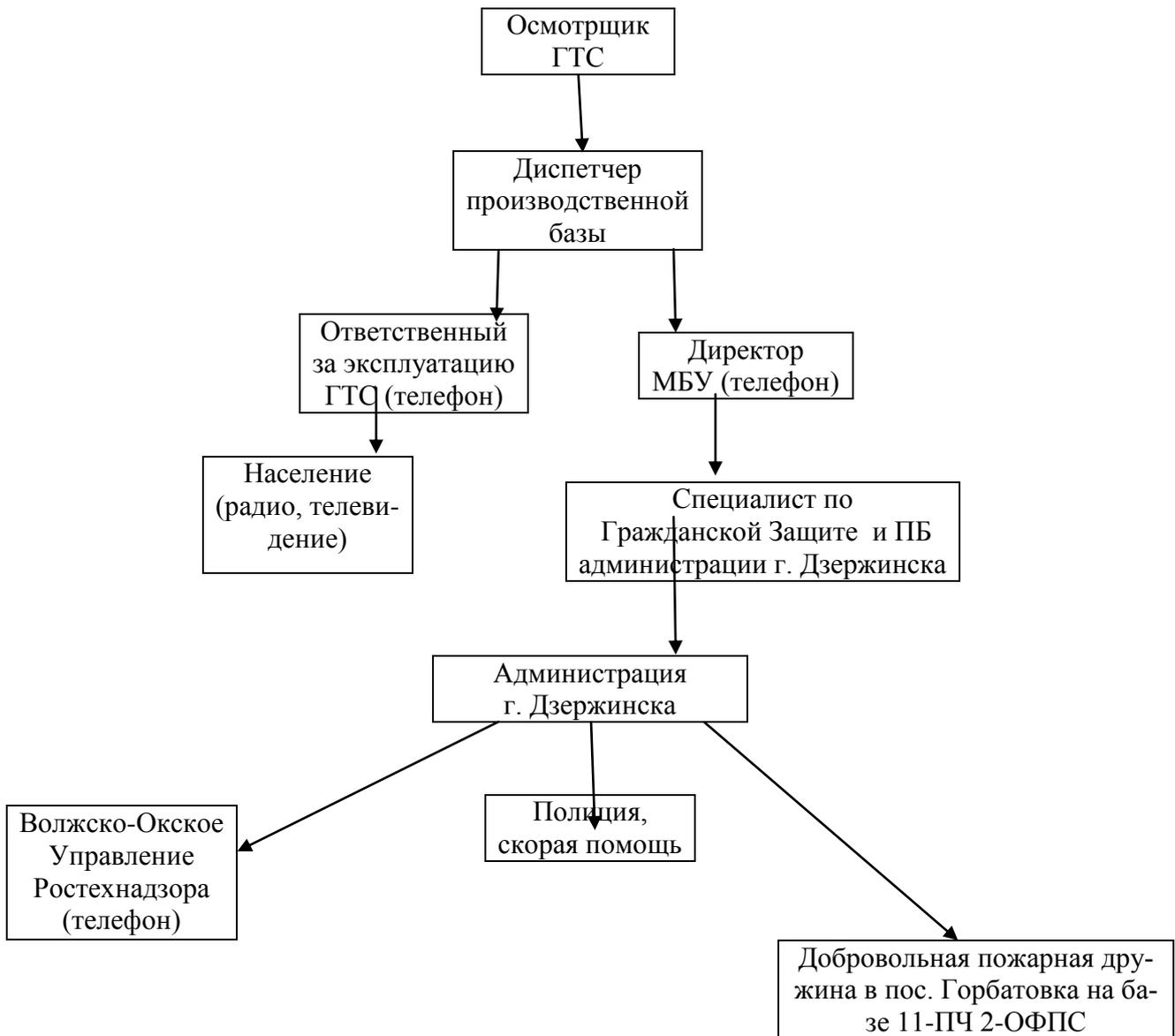


Рисунок 14.1 – Схема оповещения г. Дзержинска при аварии ГТС

15. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГТС

15.1. Нормативные документы по эксплуатации ГТС

Эксплуатация ГТС должна осуществляться по утвержденным правилам. Разработка правил эксплуатации регламентируется следующими основными документами:

- Приказ Ростехнадзора от 27 сентября 2012 г. № 546 «Об утверждении рекомендаций к содержанию правил эксплуатации гидротехнических сооружений (за исключением судоходных гидротехнических сооружений)»;
- Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. – М.: Минэнерго, 2003;
- Правила эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений», утв. Минсельхозпрод РФ от 26 мая 1998 года;
- Приказ Минприроды РФ от 24.08.2010 № 330 "Об утверждении типовых правил использования водохранилищ";
- Методические указания по разработке правил использования водохранилищ. – Утв. Приказом Минприроды РФ от 26.01.2011 № 17.

15.2. Основные положения правил эксплуатации ГТС

Согласно [19] содержание правил эксплуатации зависит от отрасли объектов ГТС. В связи с этим содержание правил разделено на:

- 1) Рекомендации к содержанию правил эксплуатации гидротехнических сооружений объектов энергетики;
- 2) Рекомендации к содержанию правил эксплуатации гидротехнических сооружений водохозяйственного комплекса;
- 3) Рекомендации к содержанию правил эксплуатации гидротехнических сооружений накопителей жидких отходов промышленности.

В качестве примера приводится содержание правил эксплуатации **ГТС водохозяйственного комплекса.**

Правила эксплуатации ГТС водохозяйственного комплекса могут содержать следующие разделы:

1. Общие положения;
2. Информация о службе эксплуатации;
3. Документация, необходимая для нормальной эксплуатации;
4. Техническое обслуживание ГТС;

5. Основные правила технической эксплуатации ГТС,
6. Обеспечение безопасности ГТС.

В разделе "Общие положения" приводится следующая информация:

1. Описание конструкции ГТС;
2. Состав, характеристики и назначение ГТС;
3. Технология эксплуатации ГТС;
4. Текущее состояние ГТС.

Раздел "Информация о службе эксплуатации" может содержать следующую информацию:

1. Укомплектованность персоналом согласно штатному расписанию;
2. Квалификационный уровень персонала, в т. ч. аттестация в органе надзора;
3. Основные задачи службы эксплуатации;
4. Техническая вооруженность;
5. Выполнение предписаний органов контроля и надзора;

Раздел "Документация, необходимая для нормальной эксплуатации" может содержать информацию о наличии:

1. Проектной и строительной документации;
2. Документации, составляемой собственником или эксплуатирующей организацией;
3. Разработанных и уточненных критериях безопасности ГТС;
4. Утвержденной декларации безопасности ГТС;
5. Утвержденного экспертного заключения декларации безопасности ГТС;
6. Разрешения на эксплуатацию ГТС;
7. Регистрации в Российском регистре гидротехнических сооружений;
8. Договора обязательного страхования гражданской ответственности за причинение вреда в результате аварии ГТС и страхового полиса.

Раздел "Техническое обслуживание ГТС" может содержать следующую информацию:

1. Эксплуатационный контроль за состоянием ГТС;
2. Организация натуральных наблюдений;
3. Методики инструментального контролирования параметров ГТС, их измерения и описание;
4. Графики осмотров ГТС;
5. Предпаводковые и послепаводковые обследования ГТС;
6. Должностные лица, производящие наблюдения и измерения;
7. Обработка и анализ результатов наблюдений и измерений;
8. Выполнение ремонтных работ согласно графику планово-предупредительных ремонтов.

Раздел "Основные правила технической эксплуатации ГТС" может содержать следующую информацию:

1. Требования техники безопасности при эксплуатации ГТС;
2. Основные показатели технической исправности и работоспособности ГТС;
3. Мероприятия, проводимые в случае возникновения аварийных ситуаций, при катастрофических паводках, превышающих пропускную способность водосбросных сооружений;
4. Наличие в организации финансовых и материальных резервов для ликвидации аварий ГТС;
5. Порядок эксплуатации ГТС в нормальных условиях, в экстремальных ситуациях при пропуске паводков, половодий и при отрицательных температурах.

Раздел "Обеспечение безопасности ГТС" может содержать следующую информацию:

1. Наличие системы охраны ГТС;
2. Наличие и поддержание локальной системы оповещения о чрезвычайных ситуациях на ГТС;
3. Наличие аварийно-спасательных формирований;
4. Наличие противопожарной защиты;

5. Наличие систем охранного освещения;

6. Экологическая безопасность при эксплуатации ГТС

Раздел «Экологическая безопасность при эксплуатации ГТС» содержит следующие сведения: мероприятия по соблюдению водного баланса, рациональному использованию земель, экономному использованию вод, охране земель, лесов и иной растительности от истощения, затопления, подтопления и предупреждению других вредных последствий для окружающей природной среды, а также мероприятия, обеспечивающие охрану водных объектов, рыбных ресурсов, водных и околоводных животных и растений.

15.3. Работы по ремонту гидротехнических сооружений

Различают текущий и капитальный ремонты.

К текущему ремонту производственных зданий и сооружений относятся работы по систематическому и своевременному предохранению частей зданий и сооружений, инженерного оборудования от преждевременного износа путем проведения профилактических мероприятий и устранения мелких повреждений и неисправностей.

К капитальному ремонту относится комплекс работ, в процессе которых производится восстановление, переустройство производственных зданий и сооружений без изменения технологического или служебного их назначения (за исключением случаев, разрешенных Правительством), реставрация, замена поврежденных- или изношенных- конструкций, их отдельных элементов- и деталей на более прочные, одновременно позволяющие улучшать эксплуатационные характеристики ремонтируемых объектов.

Аварийный ремонт, возникший в связи с резким ухудшением технического состояния под воздействием стихийных сил или по другим причинам, относится к категории текущего или капитального в зависимости от характера повреждений, состава и объема работ.

Текущий ремонт гидротехнических сооружений

Виды текущего ремонта можно классифицировать по схеме рисунка 15.1.



Рисунок 15.1 - Схема классификации видов текущего ремонта

В качестве примера приводится **состав текущего ремонта** по плотинам, дамбам, водоспускам, каналам:

1. Заделка трещин в бетонных водосбросах и в теле плотины.
2. Исправление повреждений в берегоукрепительных одеждах и в креплениях откосов (до 2 % общей площади крепления).
3. Замена отдельных элементов деревянных конструкций.
4. Укрепление закладных частей металлических конструкций.
5. Покраска металлических конструкций.

6. Возобновление защитного слоя в надводных частях железобетонных сооружений.
7. Очистка коллекторов от наносов и засорений вручную.
8. Очистка дренажных канав от мусора.
9. Очистка дренажных колодцев от ила и мусора.
10. Очистка вертикальных дренажей глубиной до 2-х м.
11. Очистка бетонных придамбовых кюветов.
12. Очистка откосов от поросли и мусора.

Капитальный ремонт гидротехнических сооружений

Капитальный ремонт производственных зданий и сооружений может быть *комплексный*, охватывающий ремонт здания или сооружения в целом, и *выборочный*, состоящий из ремонта отдельных конструкций здания, сооружения или отдельного вида инженерного оборудования.

Выборочный капитальный ремонт производится в случаях:

- а) когда комплексный ремонт здания может вызвать серьезные помехи в работе предприятия в целом или отдельного цеха;
- б) при большом износе отдельных конструкций, угрожающем сохранности остальных частей зданий; при экономической нецелесообразности проведения комплексного ремонта здания.

Комплексный капитальный ремонт производственных зданий и сооружений в зависимости от их капитальности и условий эксплуатации рекомендуется осуществлять с соблюдением нормируемой периодичностью.

Состав работ по капитальному ремонту плотин, дамб, водоспусков, каналов

1. Смена или замена крепления берегов или откосов в объеме до 50%.
2. Досыпка оплывших откосов земляных сооружений.
3. Смена ряжей.

4. Возобновление защитного слоя в подводных частях железобетонных сооружений.
5. Смена решеток и сеток.
6. Ремонт и смена щитовых затворов.
7. Крепление откосов каналов и дамб монолитным бетоном.
8. Крепление откосов каналов и дамб железобетонными плитами.
9. Крепление откосов плитами, омоноличенными по контуру.
10. Крепление откосов каналов и дамб ПГС, щебнем, гравием или песком.
11. Заделка температурно-осадочных швов.
12. Ремонт верховых откосов земляной платины.
13. Ремонт облицовок откосов канала.
14. Ремонт необлицованных откосов канала.
15. Ремонт одернованных поверхностей откосов канала.
16. Ремонт повреждений бетонных покрытий откосов плотин.
17. Ремонт горизонтальных трубчатых дренажей с заменой фильтровых обсыпок.
18. Ремонт смотровых колодцев.
19. Ремонт оголовков смотровых и дренажных колодцев.
20. Заделка трещин в проходных и полупроходных коллекторах и смотровых колодцах.
21. Прочистка гидротехнических сооружений от наносов.

15.4. Основные положения правил эксплуатации водохранилищ

Правила использования водохранилищ включают в себя правила использования водных ресурсов и правила технической эксплуатации и благоустройства водохранилища (нескольких водохранилищ, каскада водохранилищ или водохозяйственной системы в случае, если режимы их использования исключают раздельное функционирование) [13].

Правила использования регламентируют режимы работы гидроузлов водохранилищ и использования их водных ресурсов в условиях нормальной эксплуатации.

Проект Правил использования водных ресурсов содержит следующие разделы:

- 1) характеристики гидроузла, водохранилища либо нескольких водохранилищ или каскада водохранилищ и их возможностей;
- 2) основные характеристики водотока;
- 3) состав и описание гидротехнических сооружений водохранилища;
- 4) основные параметры водохранилища;
- 5) требования о безопасности в верхнем и нижнем бьефах;
- 6) водопользование и объемы водопотребления;
- 7) порядок регулирования режима функционирования водохранилища;
- 8) порядок проведения работ и предоставления информации в области гидрометеорологии;
- 9) порядок оповещения органов исполнительной власти, водопользователей, жителей об изменениях водного режима водохранилища, в том числе о режиме функционирования водохранилища при возникновении аварий и иных чрезвычайных ситуаций;

Правила технической эксплуатации и благоустройства водохранилищ определяют порядок использования их дна и берегов.

Правила технической эксплуатации и благоустройства водохранилищ включают в себя водохозяйственные, инженерные, экологические и организационные мероприятия, осуществляемые с целью обеспечения надлежащего технического и экологического состояния водохранилища и нижнего бьефа его гидроузла, оптимизации взаимодействия водохранилища с окружающей средой.

Проект Правил эксплуатации содержит следующие основные разделы:

- 1) описание водохранилища и гидротехнических сооружений;
- 2) сведения о зонах воздействия водохранилища;

- 3) перечень мероприятий, осуществляемых при эксплуатации водохранилища в зимний период и в период пропуска паводков;
- 4) перечень мероприятий, осуществляемых при эксплуатации водохранилища в случае возникновения аварий и чрезвычайных ситуаций;
- 5) ограничения эксплуатации водохранилища и перечень мероприятий по поддержанию его надлежащего санитарного и технического состояния;
- 6) порядок организации ремонтно-эксплуатационных работ;
- 7) наблюдения за состоянием водохранилища, входящих в его состав сооружений и учет использования его водных ресурсов;
- 8) перечень способов наблюдений за техническим состоянием водохранилища и входящих в его состав сооружений, порядок осуществления таких наблюдений;
- 9) приложения.

15.5. Типовые правила использования водохранилищ

Типовые правила разработаны в соответствии с [42].

В соответствии с настоящими типовыми правилами осуществляется использование водохранилищ, не включенных в перечень водохранилищ (в том числе водохранилищ с емкостью более 20 млн м³), в отношении которых разработка правил использования водохранилищ осуществляется для каждого водохранилища.

Правила использования водных ресурсов

Водохранилища могут использоваться для одной или нескольких целей, предусмотренных Водным кодексом [4].

Использование водных ресурсов водохранилищ для целей питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения приоритетно перед иными целями их использования.

Использование водохранилищ водопользователями, образованных для целей питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, в качестве источни-

ков питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения осуществляется на основании договоров, заключенных между уполномоченными органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и водопользователями, и санитарно-эпидемиологических заключений, определяющих их соответствие санитарным правилам и условиям безопасного для здоровья населения использования в соответствии с законодательством о санитарно-эпидемиологическом благополучии населения.

Сброс сточных вод и (или) дренажных вод в границах зон санитарной охраны источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения запрещается.

Сброс сточных и (или) дренажных вод в границах второго и третьего поясов зон санитарной охраны источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения хозяйственными и иными объектами, которые введены в эксплуатацию или разрешение на строительство которых выдано до введения в действие Водного кодекса Российской Федерации, допускается с соблюдением санитарных правил и норм в соответствии с Федеральным законом от 30 марта 1999 года № 52-ФЗ "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения".

Водохранилища, образованные для целей технического водоснабжения промышленных и сельскохозяйственных организаций, водообеспечения объектов теплоэнергетики и производства электрической энергии, орошения земель сельскохозяйственного назначения, используются на основании договоров, заключенных между уполномоченными органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и водопользователями с учетом интересов иных водопользователей с соблюдением требований рационального использования и охраны водных объектов.

Использование водохранилищ для обеспечения технологических нужд теплоэнергетики и атомной энергетики осуществляется с соблюдением температурных режимов водных объектов.

Использование водохранилищ для целей производства электрической энергии гидроэнергетическими объектами осуществляется с учетом интересов

других водопользователей, соблюдения требований к использованию и охране водных объектов, требований к сохранению водных биологических ресурсов и других объектов животного и растительного мира, требований о предотвращении негативного воздействия вод и ликвидации его последствий.

Использование водохранилищ, образованных в рыбохозяйственных целях и являющихся водными объектами рыбохозяйственного значения, для товарного рыбоводства, организации спортивного и любительского рыболовства, воспроизводства водных биологических ресурсов, осуществляется в соответствии с водным законодательством, законодательством о рыболовстве и охране водных биологических ресурсов, законодательством о животном мире.

Сброс в водохранилища, являющиеся водными объектами рыбохозяйственного значения, вредных веществ, предельно допустимые концентрации которых в водах водных объектов рыбохозяйственного значения не установлены, запрещается.

В границах рыбоохранных зон и рыбохозяйственных заповедных зон, установленных в соответствии с законодательством, сброс сточных вод и (или) дренажных вод запрещается.

Использование водохранилищ для рекреационных целей (отдыха, туризма, спорта) осуществляется при наличии санитарно-эпидемиологического заключения о соответствии водного объекта санитарным правилам и условиям безопасного для здоровья населения использования водного объекта с учетом правил использования водных объектов, устанавливаемых органами местного самоуправления в соответствии с Водным кодексом Российской Федерации.

Использование водохранилищ рекреационного назначения в иных целях, предусмотренных Водным кодексом Российской Федерации, допускается с соблюдением санитарных правил и норм в соответствии с законодательством о санитарно-эпидемиологическом благополучии населения.

Использование водных ресурсов водохранилищ, образованных для обеспечения пожарной безопасности, в иных целях, предусмотренных Водным кодексом Российской Федерации, не допускается.

Забор (изъятие) водных ресурсов для тушения пожаров допускается из любых водохранилищ без какого-либо разрешения, бесплатно и в необходимом для ликвидации пожаров количестве.

Водный режим водохранилищ, являющихся водными объектами рыбохозяйственного значения (ограничение объема безвозвратного изъятия поверхностных вод, обеспечение оптимального уровня воды и сбросов вод в рыбохозяйственных целях), устанавливается с учетом требований по обеспечению сохранения водных биоресурсов.

Водопользователи при использовании водохранилищ обязаны:

не допускать нарушение прав других водопользователей, а также причинение вреда окружающей среде;

содержать в исправном состоянии эксплуатируемые ими очистные сооружения и расположенные в акватории водохранилища гидротехнические и иные сооружения;

информировать уполномоченные исполнительные органы государственной власти субъектов Российской Федерации в области водных отношений об авариях и иных чрезвычайных ситуациях на водохранилищах;

своевременно осуществлять мероприятия по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций на водохранилищах;

вести в установленном порядке учет объема забора (изъятия) водных ресурсов из водохранилищ и объема сброса сточных вод и (или) дренажных вод, их качества, регулярные наблюдения за водохранилищами и их водоохранными зонами, а также бесплатно и в установленные сроки представлять результаты учета и регулярных наблюдений в соответствии с требованиями водного законодательства.

Собственники и эксплуатирующие ГТС организации оповещают органы исполнительной власти, органы местного самоуправления и водопользователей об изменениях водного режима водохранилища, в том числе при возникновении аварий на гидротехнических сооружениях и иных чрезвычайных ситуаци-

ях, в порядке, определенном законодательством о защите населения от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Правила технической эксплуатации и благоустройства водохранилища

Мероприятия по технической эксплуатации и благоустройству водохранилища осуществляются постоянно, в течение всего года.

При эксплуатации водохранилищ в зимний период времени собственники ГТС, образующих водохранилища, и (или) эксплуатирующие ГТС организации осуществляют мероприятия по предотвращению повреждений гидротехнических сооружений и берегов водохранилищ в результате ледовых воздействий. В период установления ледяного покрова на акватории водохранилища, в целях быстрого образования сплошного ледяного покрова, предотвращения образования навалов льда перед гидротехническими сооружениями и на откосах водохранилищ, а также возникновением зажоров в нижнем бьефе, сброс воды из водохранилища уменьшается. При образовании ледяного покрова значительной толщины уровень воды в водохранилище необходимо держать постоянным, сбрасывая всю поступающую воду в нижний бьеф.

Минимально возможный уровень воды в водохранилище для зимних условий устанавливается с учетом обеспечения зимовки водных биологических ресурсов, обитающих в водохранилище. В случае, если предшествующий летний период эксплуатации водохранилища сопровождался интенсивным развитием водной растительности, необходимо:

ограничивать зимнюю сработку водохранилища;

проводить мероприятия, направленные на увеличение концентрации растворенного кислорода в воде.

Ежегодно, за один месяц до прогнозируемого срока наступления весеннего половодья собственники ГТС, образующих водохранилища, и (или) эксплуатирующие ГТС организации осуществляют следующие мероприятия:

проверяют состояние гидротехнических сооружений напорного фронта и береговой зоны водохранилища;

проводят необходимый ремонт сооружений, конструкций и механизмов, обеспечивающих пропуск половодья;

проверяют работу контрольно-измерительной аппаратуры (при наличии такой аппаратуры);

апробируют работу затворов, подъемных механизмов и устройств автоматического управления;

проверяют надежность электропитания подъемных механизмов затворов.

В случае выявления на гидротехнических сооружениях неисправностей, которые к началу периода половодья (летних паводков) устранить не представляется возможным, при этом они могут привести к возникновению чрезвычайной ситуации, принимаются меры по незаполнению водоема в период половодья или паводков.

При выпадении сильного дождя ливневого характера в период максимальных уровней воды в водохранилище водосбросные и водозаборные сооружения открываются для пропуска поступающей воды с учетом пропускной способности отводящего тракта.

С целью предупреждения зарастания акватории водохранилища и цветения воды уполномоченными органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации реализуются следующие мероприятия:

высадка тростника;

заселение водохранилища гидрофитами с обязательной уборкой (осенью) образующейся растительной массы;

локальное изъятие иловых отложений;

механическое изъятие избыточной биомассы водорослей из водохранилищ в местах их массовых скоплений;

санитарная обработка после сработки водохранилища до отметки уровня мертвого объема.

В период сработки водохранилища перед началом половодья, а также в процессе пропуска половодья и паводков, при наличии благоприятного прогноза по водности года, собственники ГТС, образующих водохранилища, и (или)

эксплуатирующие ГТС организации осуществляют мероприятия по очистке дна водохранилища от наносов (промыв водохранилища от наносов). Данные мероприятия проводятся при возможности создания в верхнем бьефе скорости течения, обеспечивающей размыв и транспортировку отложений наносов (не ниже 0,8 - 1,0 м/с).

При проведении промыва водохранилища от наносов:

максимально сокращаются перерывы в подаче воды по согласованию с иными водопользователями;

скорости сработки и наполнения водохранилища обеспечиваются с учетом требований безопасности гидротехнических сооружений (обеспечения устойчивости откосов гидротехнических сооружений, а также берегов водохранилища);

в случае работы гидротехнического сооружения в каскаде попуски в нижний бьеф осуществлять при условии обеспечения безопасности нижерасположенных гидротехнических сооружений.

В случае значительного заиления водохранилища удаление наносов осуществляется механическим способом (земснарядами, землечерпалками).

Защита берегов водохранилища от размыва и разрушений при сезонных колебаниях уровня воды и волновых воздействиях, а также предотвращений эрозии почв и развития овражной системы на территории, прилегающей к водохранилищу, осуществляется уполномоченными органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации следующими методами:

уполаживание откосов, засев откосов специальными травами или одерновка поверхности естественным дерном;

укрепление склонов вяжущими материалами с пропиткой грунта битумной эмульсией с применением цемента, битумов, латексов, различных битумных эмульсий;

покрытие берега хворостяной выстилкой или плетнями, фашинами, деревянными креплениями;

отсыпка каменной наброски без подготовки ее основания и возведения дополнительных креплений на стыке ее с прибрежной отмелью;

отсыпка песчано-гравийной смеси с уклоном от 1,5 до 2` в сочетании с поперечными бунами из негабаритного камня;

намыв пологих песчаных пляжей;

планировка откосов высокого абразивного берега и укладка бетонных плит без подготовки основания;

укрепление откосов габионной кладкой;

облицовка разрушаемого места бетоном или железобетоном;

устройство специальных подпорных стенок;

систематический надзор, уход и ликвидация рытвин и промоин, образовавшихся после ливней и снеготаяния;

содержания и охраны существующих лесных насаждений и кустарников на склонах и прилегающих к водохранилищу территориях;

посадки специальных пород деревьев и кустарников;

засев разрушаемой территории укрепляющими травами;

систематический надзор, уход и ликвидация рытвин и промоин, образовавшихся после ливней и снеготаяния;

устройство на склонах специальных водоперехватывающих нагорных валов и каналов;

устройство в оврагах специальных сооружений (запруд, ступенчатых перепадов, быстротоков и т.д.).

Границы водоохраной зоны и прибрежной защитной полосы водохранилища устанавливаются посредством специальных информационных знаков в порядке, установленном Постановлением Правительства Российской Федерации от 10 января 2009 г. № 17 "Об утверждении Правил установления на местности границ водоохраных зон и границ прибрежных защитных полос".

Защита дна и берегов в нижнем бьефе от размывов обеспечивается собственниками гидротехнических сооружений или эксплуатирующими ГТС органи-

зациями подъемом затворов водосбросных отверстий с интервалом, не допускающим образования в нижнем бьефе высоких волн.

Собственник гидротехнического сооружения или эксплуатирующая организация обеспечивает наличие документов, содержащих сведения о водохранилище, гидроузле и мерах по обеспечению безопасности гидротехнического сооружения, а также осуществляет ведение и хранение документации, в которую заносится информация о результатах наблюдений за режимом работы и состоянием водохранилища и гидротехнических сооружений, расположенных на водохранилище, и о работах, проводимых при эксплуатации водохранилища..

В Журнале наблюдений уровней воды водохранилища фиксируются результаты наблюдений за уровнями воды в водохранилище. Положение уровня воды измеряется ежедневно по состоянию на 8 часов утра с точностью до 0,5 см. К журналу прикладываются графики колебаний уровней воды в водохранилище, построенные на основе данных наблюдений.

В Журнал наблюдений за состоянием гидротехнических сооружений водохранилища заносятся данные об обнаруженных при проведении осмотров дефектов и нарушений, а также сведения о принятых мерах по устранению указанных нарушений.

16. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ГТС

16.1. Понятие об экологической безопасности

Само понятие «экологическая безопасность» трактуется различным образом. Основываясь на общем определении понятия «безопасность», установленном Федеральным законом РФ «О безопасности» [45], предлагается следующее определение: «экологическая безопасность - состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства в процессе взаимодействия общества и природы от реальных или потенциальных угроз, создаваемых антропогенным или естественным воздействием на окружающую среду». Оно может быть сведено к формуле: «состояние защищенности от опасности» [1].

Экологическая безопасность строительства означает защищенность природной среды от неустраняемых отрицательных последствий.

Экологическая безопасность ГТС по [36]: состояние природной среды, обеспечивающее экологический баланс в природе и защиту окружающей среды и человека от вредного воздействия неблагоприятных факторов, вызванных естественными процессами и антропогенным воздействием, включая техногенное (промышленность, строительство) и сельскохозяйственное.

16.2. Вредные воздействия ГТС на окружающую среду

На гидросферу:

- механическое, химическое, биологическое и др. загрязнения водохранилища;
- накопление тепловой энергии водохранилищем;
- изменение гидрологического режима реки;
- изменения русла реки в НБ;
- изменение стока наносов;
- воздействие волны прорыва;

На атмосферу:

- изменения температуры, испарения, осадков;
- изменения ветрового режима;
- акустическое загрязнение при строительстве.

Итого – изменение микроклимата над водохранилищем и прилегающей территорией.

На литосферу:

- затопление и подтопление территории;
- изымание земель под ГТС;
- загрязнение при строительстве;
- переработка берегов водохранилища;
- изменение сейсмичности;
- активизация оползней и обвалов;

- нарушение ландшафтов.

На биосферу:

- изменение животного мира;
- изменение ихтиофауны;
- изменение растительности;
- утрата биологического разнообразия.

16.3. ГТС и природно-технические системы

Создание ГТС приводит к преобразованиям в социальной, экономической, экологической и даже в правовой среде. При этом ведущую роль начинает играть антропогенный (воздействие человека на окружающую среду) фактор. Такое состояние ГТС и окружающей среды, когда происходит их взаимное влияние, называют **природно-технической системой**.

Под природно-технической системой (ПТС) понимают совокупность природных и искусственных объектов, сформировавшуюся на какой-то территории в результате строительства и эксплуатации промышленных комплексов, инженерных сооружений и технических средств, взаимодействующих с компонентами природной и социальной среды.

Примером ПТС может служить гидроузел (ГЭС), в котором искусственные объекты — гидротехнические сооружения и водохранилище — взаимодействуют между собой и с окружающими их областями литосферы, гидросферы, атмосферы, биосферы (рисунок 16.1).

Основным свойством ПТС, характеризующим ее безопасность, является устойчивость.

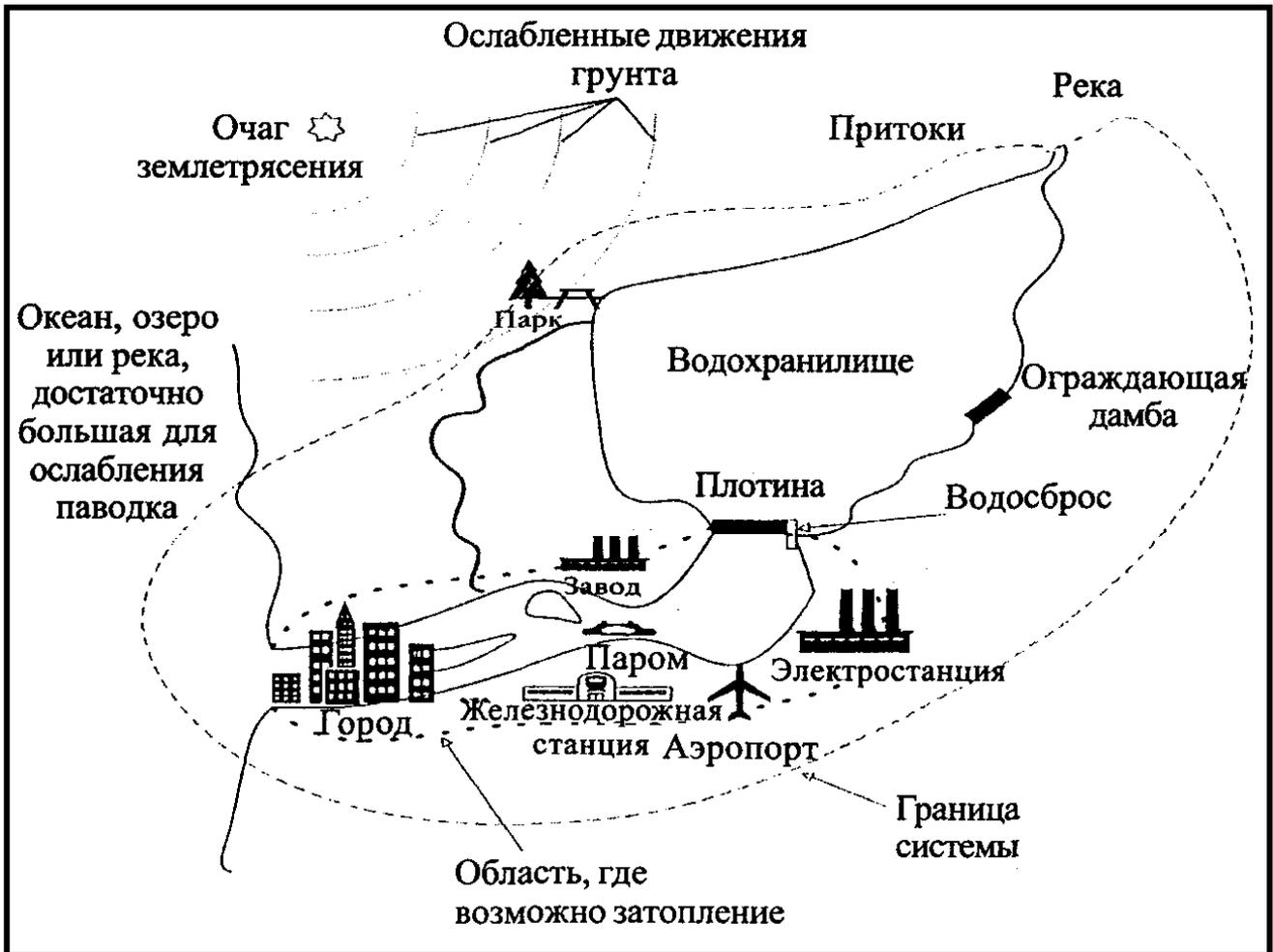


Рисунок 16.1 - Природно-техническая система на базе ГТС

16.4. Категории и виды ПТС

Различают следующие категории природно-технических систем.

Элементарная – состоит из отдельного сооружения и сферы взаимодействия с природой в пределах зоны влияния.

Локальная – состоит из элементарных ПТС, сферы взаимодействия с природой граничат или пересекаются.

Региональная – состоит из группы локальных ПТС и природной среды, в которую вкраплены локальные ПТС.

Несмотря на бесконечное разнообразие ПТС, среди них можно выделить три основных вида: стихийные, регулируемые и управляемые. В большинстве случаев развитие **стихийных** ПТС идет путем деградации окружающей среды.

Состояние **регулируемых** ПТС контролируется с помощью специальных инженерно-технических систем. К ним можно отнести благоустроенные водные объекты вместе с комплексом функционирующих на них гидротехнических сооружений.

Управляемая ПТС – это система, состоянием которой можно манипулировать, создавая в ней условия благоприятные для жизни человека. К подобным ПТС можно отнести системы, формирующиеся на основе крупных гидроэлектростанций, которые в результате экологической оптимизации превращаются в регуляторы условий окружающей среды регионального масштаба. Они способны поддерживать экологически оптимальные параметры стока реки и уровня грунтовых вод, защищают прилегающие территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (наводнений, засух, аварийных разливов токсичных загрязнителей).

Границы природно-технической системы

Границы существования природно-технической системы, как в пространстве, так и во времени, несколько шире границ входящей в нее технической системы. Пространственные границы ПТС проходят по границам области влияния ТС (техническая система) на взаимодействующую с ней природную среду. Техническая система может оказывать влияние различных видов: механическое (связанное с уплотнением грунта), химическое (загрязнение выбросами), вызывать нарушение термовлажностного режима грунта и т. д. По этой причине граница ПТС будет проходить по максимальным границам областей влияния. Временные границы ПТС также отличаются от ТС. Природно-техническая система начинает свою жизнь с момента первых подготовительных работ на месте будущего строительства (когда на природную среду начинают оказываться первые техногенные воздействия). После ввода в эксплуатацию к воздействию на окружающую среду кроме самой технической системы как таковой (давление строения на грунт, преобразование ландшафта и т. д.) добавляются продукты ее функционирования (выбросы в атмосферу, гидросферу, за-

грязнение литосферы отходами производства). После остановки эксплуатации ТС ее влияние на окружающую природную среду ослабевает, но не прекращается. Влияние заканчивается после ликвидации технической системы и прекращения действия последствий ее функционирования. Таким образом, прекращение существования ТС совсем не означает, что заканчивает существовать природно-техническая система. Ее «время жизни» может быть существенно больше, чем существование ТС.

16.5. Обеспечение устойчивости ПТС

Основным свойством ПТС, характеризующим ее **безопасность**, является устойчивость [3].

Устойчивость природно-технических систем – это свойство сохранять структуру и выполнять социально-экономические функции под влиянием внешних (природных и антропогенных) воздействий.

Поскольку экологический аспект входит в состав ПТС, то и его безопасность обеспечивается устойчивостью экологического аспекта.

Различают первичную и вторичную устойчивость.

Первичная устойчивость определяется способностью ПТС к саморегулированию, т. е. когда изменения определяющих факторов находятся в диапазоне естественных колебаний условий внешней среды.

Устойчивость искусственно созданных ПТС в начале их функционирования приходится поддерживать принудительно. Таким образом формируется вторичная устойчивость.

Главную роль в обеспечении устойчивости ПТС следует отвести управляемости.

Управляемость – это способность ПТС подчиняться внешним управляющим воздействиям, направленным на реализацию требований по социальной и экологической безопасности.

Важнейшими элементами управления являются:

– натурный контроль и диагностика действительного состояния ГТС;

- прогнозирование ресурса объекта, обеспечение профилактики и ремонта ГТС;
- экологический мониторинг ПТС;
- соблюдение правил безопасной эксплуатации;
- применение природоохранных мероприятий.

Методологическая основа обеспечения устойчивого развития ПТС представлена на рисунке 16.2 [3].



Рисунок 16.2 - Блок-схема обеспечения устойчивости ПТС

16.6. Обеспечение экономической безопасности ПТС

Для устойчивого развития ПТС необходимо обеспечить экономическую безопасность системы, т. е. такое состояние, при котором общие выгоды по ПТС в полной мере оправдывает все возможные затраты на ее функционирование и осуществление требований по безопасности [3].

Критерий, определяющий экономическую безопасность (эффективность), можно представить в виде:

$$\Phi_{\text{общ}} - Z_{\text{общ}} - Z_{\text{упр}} > 0, \quad (16.1)$$

где $\Phi_{\text{общ}}$ – общие выгоды (экономические эффекты) от функционирования ПТС; $Z_{\text{общ}}$ – общие затраты, потери и ущербы, образующиеся при получении выгод; $Z_{\text{упр}}$ – затраты на управление ПТС с учетом требований технической, социальной и экологической безопасности ГТС.

В общие затраты $Z_{\text{общ}}$ включаются капитальные вложения $K_{\text{общ}}$, прямые издержки (затраты на эксплуатацию) $I_{\text{общ}}$, косвенные издержки, состоящие из прямых ущербов $Y_{\text{общ}}$ и вероятных потерь $R_{\text{общ}}$:

$$Z_{\text{общ}} = K_{\text{общ}} + I_{\text{общ}} + Y_{\text{общ}} + R_{\text{общ}}. \quad (16.2)$$

Затраты на управление ПТС складываются из затрат на поддержание работоспособности (диагностика, ремонты, контроль, техобслуживание и т. д.) $Z_{\text{рс}}$, затрат на мониторинг $Z_{\text{мон}}$, затрат на природоохранные мероприятия $Z_{\text{пм}}$, вероятных затрат на ликвидацию последствий аварий $R_{\text{на}}$:

$$Z_{\text{у}} = Z_{\text{рс}} + Z_{\text{мон}} + Z_{\text{пм}} + R_{\text{на}}. \quad (16.3)$$

При решении задачи по экономической безопасности целесообразно рассматривать как бассейн изучаемой реки, так и примыкающие к нему зоны экономического влияния.

17. НАТУРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА ГТС

17.1. Состав наблюдений

Состав наблюдений регламентируется [6].

Различают контрольные наблюдения и специальные наблюдения [31].

Контрольные натурные наблюдения - систематические инструментальные и визуальные наблюдения, проводимые на сооружении в целях изучения

основных параметров работы, комплексного анализа его состояния и оценки эксплуатационной надежности.

Специальные натурные наблюдения (исследования) - наблюдения (исследования), проводимые на сооружении при соответствующем обосновании в целях изучения различных процессов, уточнения методов и результатов расчета и модельных исследований, обоснования конструктивных решений, методов производства работ и улучшения условий эксплуатации сооружения.

Контрольно-измерительная аппаратура (КИА) - совокупность средств измерений (измерительных приборов, датчиков и др.) и вспомогательных устройств, предназначенных для контрольных натурных наблюдений и исследований состояния сооружения и основания.

Измерительный створ (сечение) - условная горизонтальная или вертикальная плоскость в сооружении, в которой устанавливается контрольно-измерительная аппаратура.

Измерительная точка - местоположение одного или компактной группы измерительных устройств в измерительном створе.

Наблюдения осуществляются с помощью специальных средств. Их размещение представлено ниже.

17.2. Размещение средств наблюдений

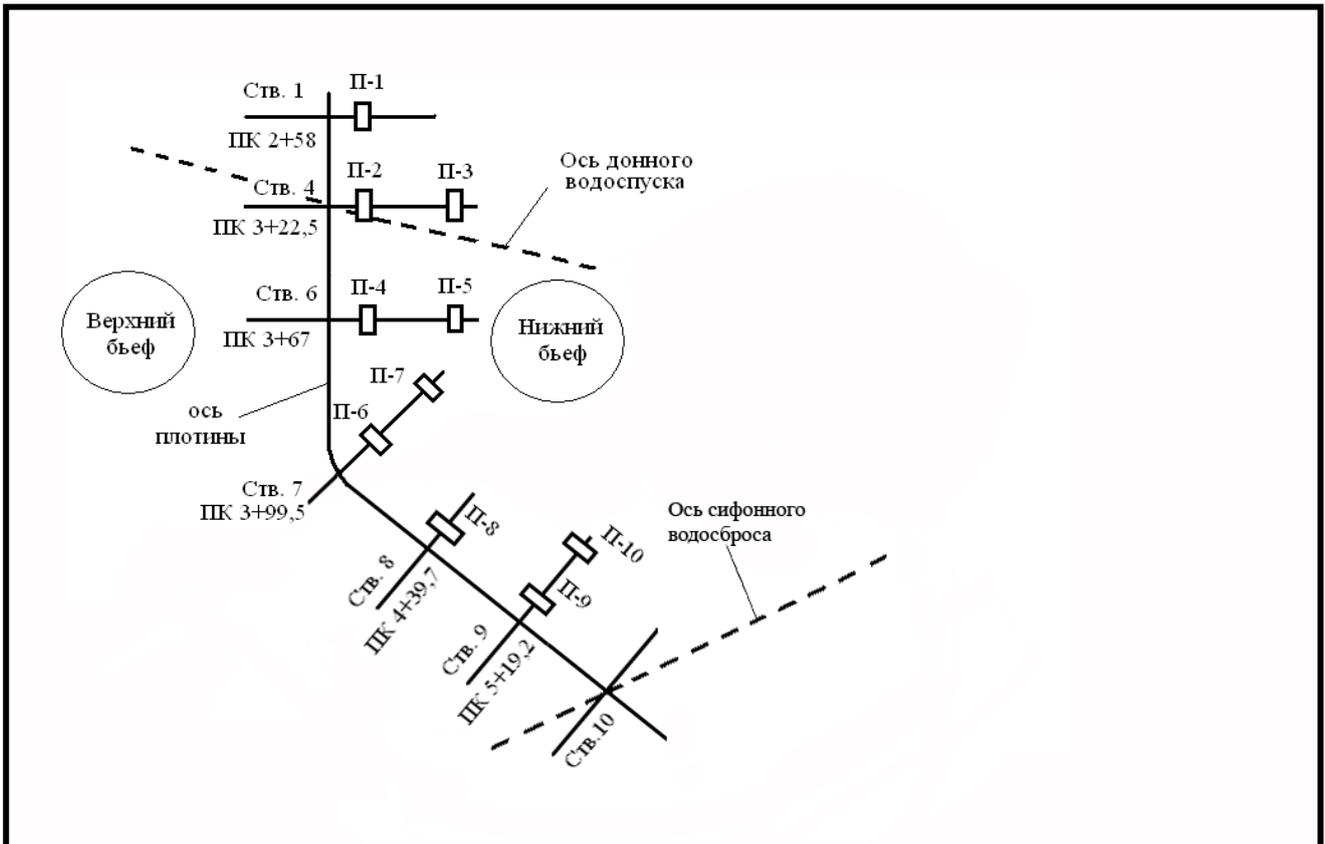


Рисунок 17.1 - Пример размещения пьезометров на плотине

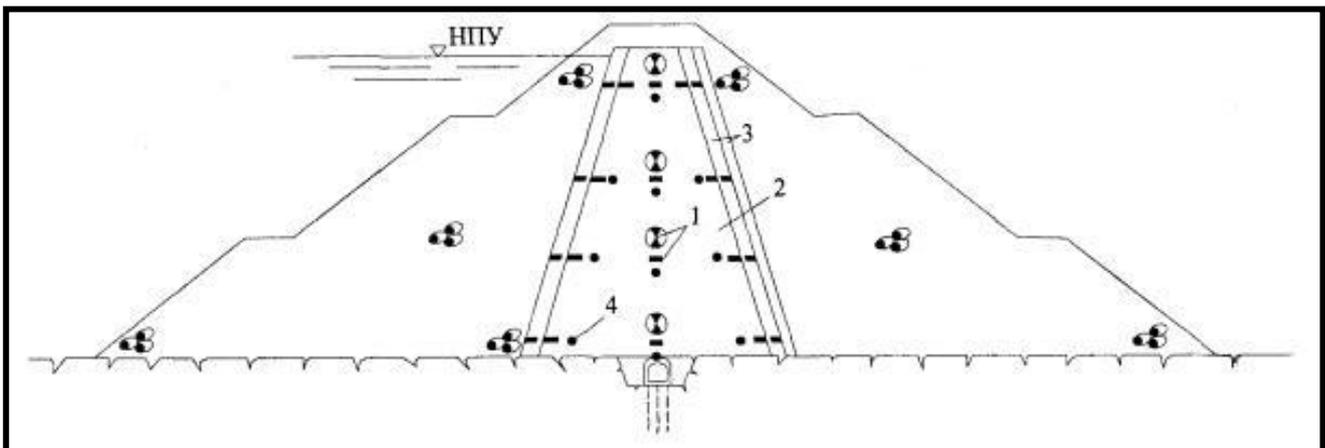


Рисунок 17.2 - Схема размещения датчиков нормальных напряжений в ядре и переходных слоях плотины:

1 - датчик напряжений; 2 - ядро; 3 - переходные слои; 4 - датчик порового давления

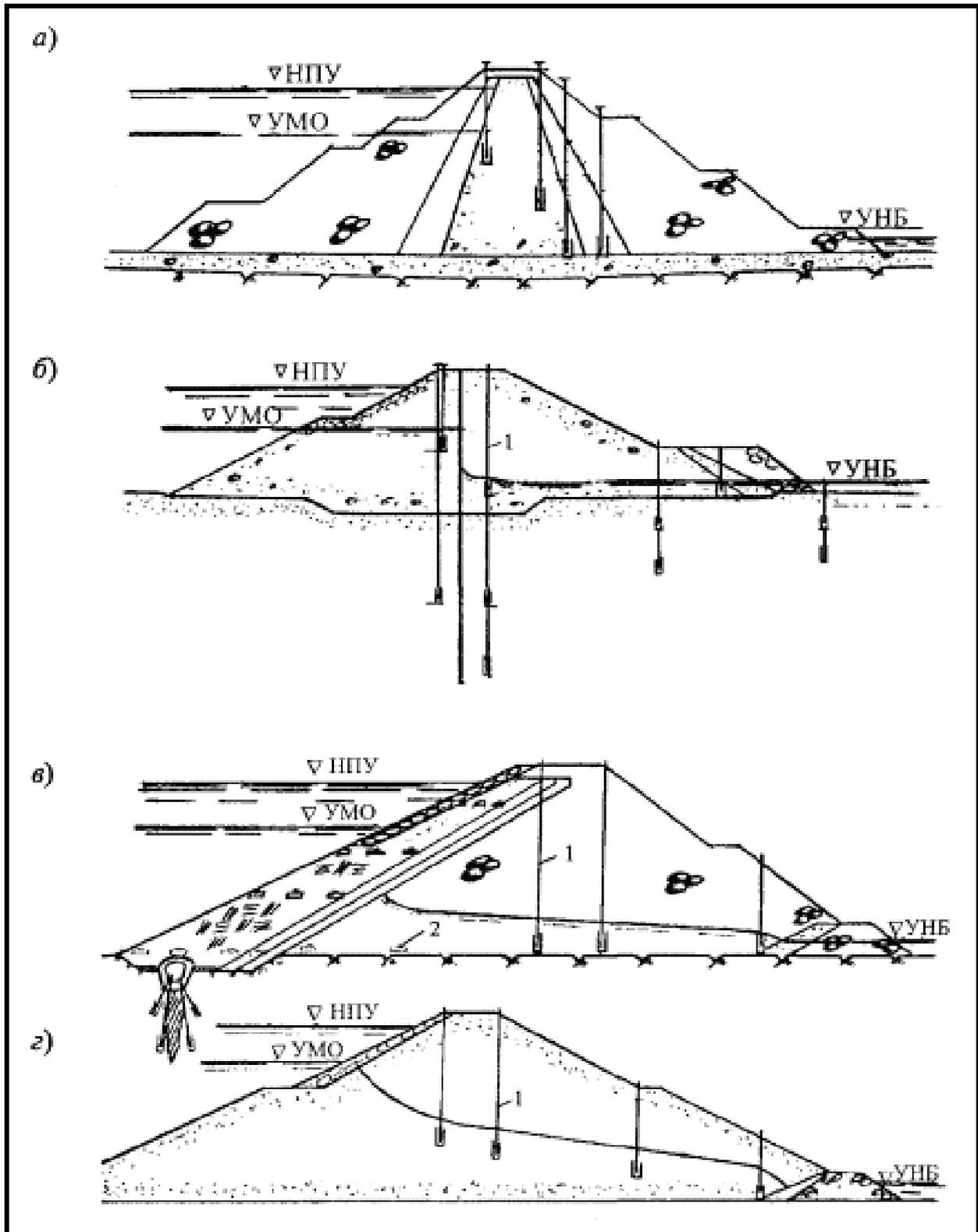


Рисунок 17.3 - Принципиальные схемы размещения пьезометров в грунтовых плотинах:

- a* - каменно-набросная плотина с ядром; *б* - однородная плотина с диафрагмой и с дренажной призмой; *в* - каменно-набросная плотина с экраном; *г* - однородная плотина с дренажной призмой; 1 - пьезометр; 2 - датчик давления воды (ПДС)

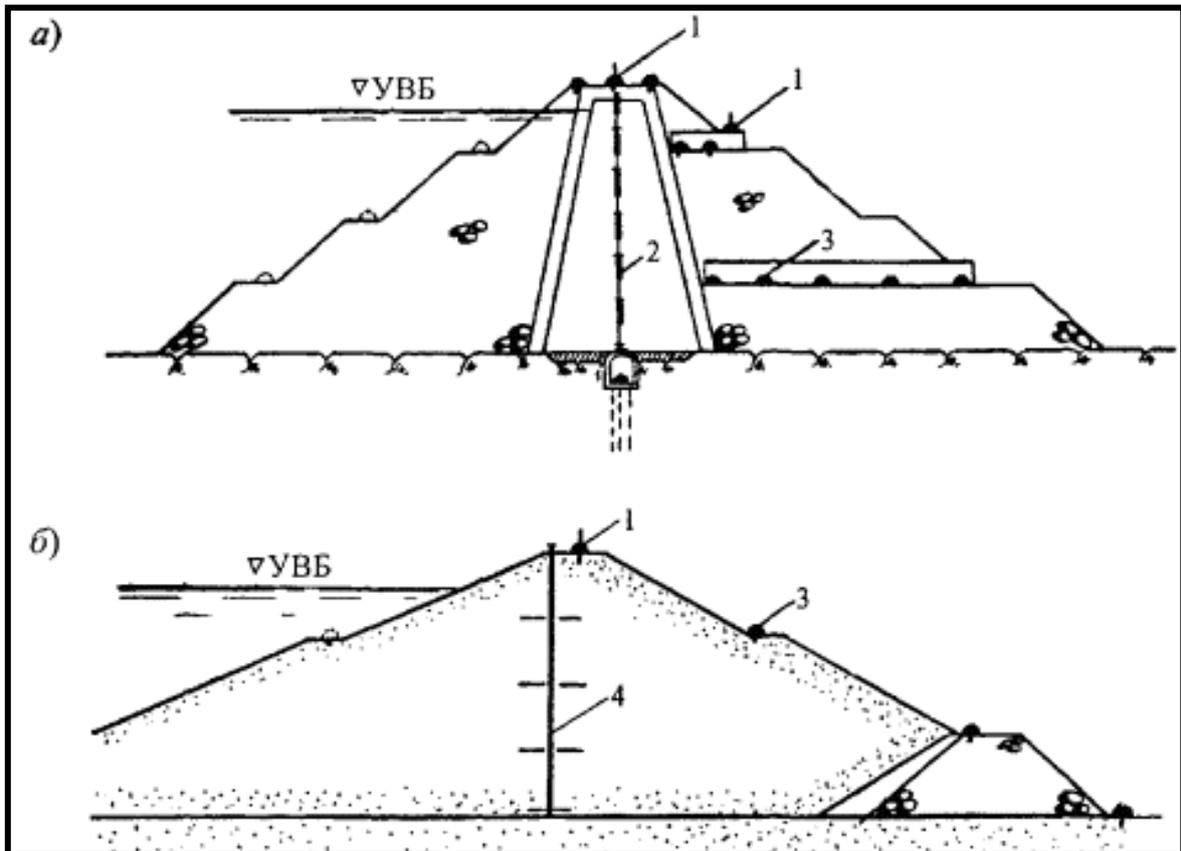


Рисунок 17.4 - Схемы размещения геодезических марок на грунтовых плотинах:

а - каменно-набросная плотина с ядром; б - однородная плотина; 1 - плано-высотная марка; 2 - система деформометров; 3 - поверхностная марка; 4 - глубинная многоярусная марка

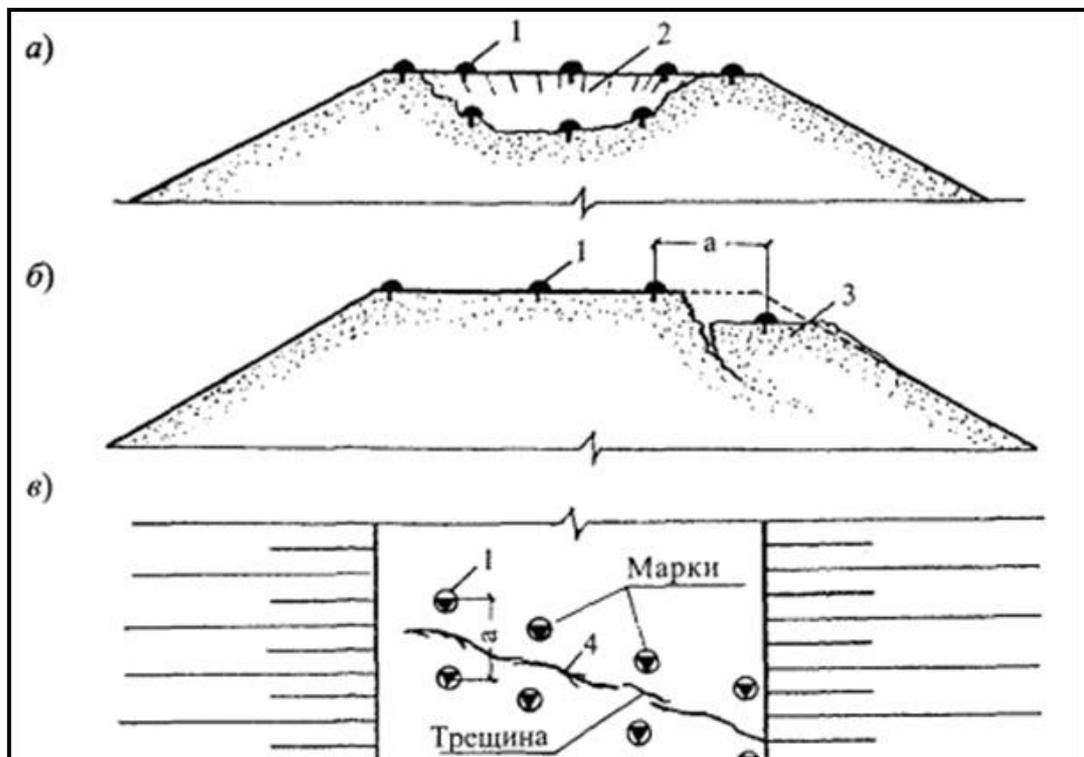


Рисунок 17.5 - Схема размещения временных высотных марок для контроля просадки (а), оползня (б) и трещины (в): 1 - поверхностная марка; 2 - воронка проседания; 3 - массив оползня; 4 - трещина

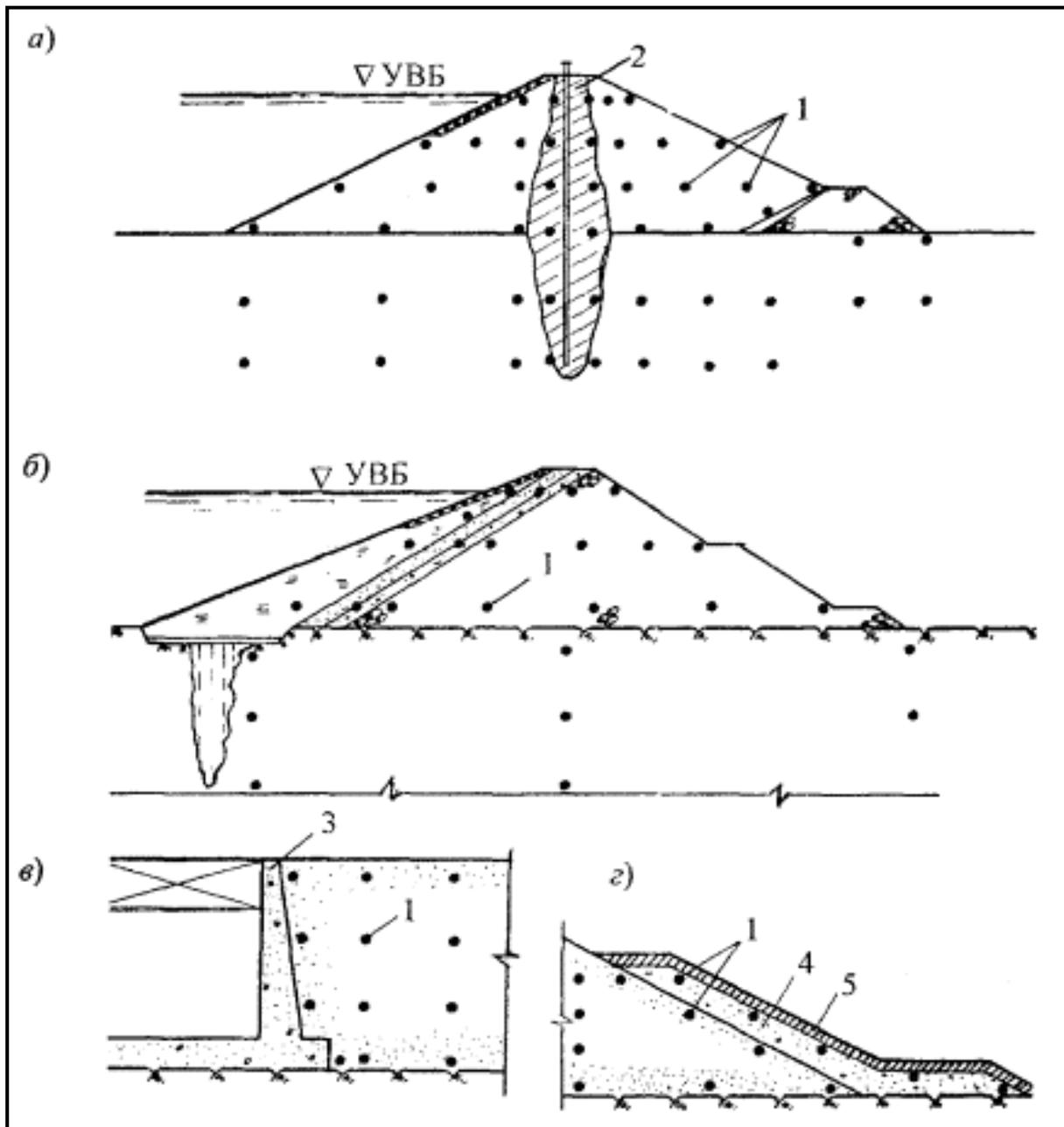


Рисунок 17.6 - Принципиальные схемы размещения телетермометров в плотинах:

а - с мерзлотной завесой; *б* - с суглинистым экраном; *в* - в примыкании плотины к водосбросу; *г* - в области дренажа;

17.3. Приборы инструментальных наблюдений

В настоящее время основные средства измерений (закладные измерительные преобразователи и датчики), используемые при натурных наблюдениях за напряженным и деформированным состоянием плотин и их оснований,

разрабатывает и изготавливает ОАО "НИИЭС", ОАО "ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева" и др.

Наименования средств измерений номенклатуры указанных предприятий соответствуют следующим общепринятым терминам:

преобразователь линейных деформаций струнный (ПЛДС) - тензомер струнный;

преобразователь силы арматурный струнный (ПСАС) - динамометр арматурный;

преобразователь линейных перемещений струнный (ПЛПС) - щелемер струнный;

преобразователь температуры струнный (ПТС) - термометр струнный;

преобразователь температуры терморезисторный (ПТТ) - термометр сопротивления;

преобразователь давления струнный (ПДС) - пьезодинамометр струнный.

Преобразователь давления струнный (ПДС)

Преобразователь предназначен для телеизмерения давления воды в напорных пьезометрах и норового давления в бетонной кладке гидротехнических сооружений и в груше их оснований.

Преобразователь содержит чувствительный элемент, выполненный в виде цилиндра, внутри которого установлен струнный преобразовательный элемент.

Измеряемое давление передается через диафрагму на чувствительный элемент, сжимает его и, снижая натяжение струны, изменяет частоту ее собственных колебаний.

Преобразователь температуры струнный (ПТС-60)

Преобразователь предназначен для телеизмерения температуры в теле и основании гидротехнических сооружений и окружающей их среды (воды, фунда, бетона, воздуха) в течение длительного времени.

Преобразователь содержит в герметичном корпусе трубчатый чувствительный элемент и закрепленный в нем соосно струнный виброчастотный преобразовательный элемент. Чувствительный элемент и струна выполнены из материалов (алюминия и стали) с различными коэффициентами линейного расширения. При изменении температуры в струне возникает дополнительное усилие, вызывающее изменение частоты ее собственных колебаний.

Преобразователь линейных перемещений струнный (ПЛПС)

Преобразователь предназначен для телеизмерения раскрытий швов, трещин и деформаций массивов мягких и скальных грунтов.

Преобразователь содержит струнный виброчастотный преобразовательный элемент, присоединенный с одной стороны к корпусу, а с другой - к масштабной пружине, свободный конец которой прикреплен к перемещаемому относительно корпуса штоку. Перемещение вызывает изменение растягивающего усилия в струне и частоты ее собственных колебаний.

Преобразователь уровня жидкости (ПУЖС)

Преобразователь предназначен для телеизмерения осадки сооружений и оснований, прогибов железобетонных конструкций и уровня воды на мерных водосливах. Он является базовым прибором для построения основы гидростатического нивелирования (ОГН).

Опускной пьезометр

Опускной пьезометр предназначен для наблюдений за фильтрационным режимом гидротехнических сооружений (положением депрессионной поверхности фильтрационного потока, фильтрационным противодавлением по подошве, работой противofильтрационных и дренажных устройств и др.).

Конструкция пьезометра определяется его назначением, порядком установки, условиями эксплуатации и другими факторами.

Измерение уровня воды

Уровни воды определяются на водомерных постах.

Существуют различные водомерные посты: свайные, речные, смешанные, передаточные и автоматические.

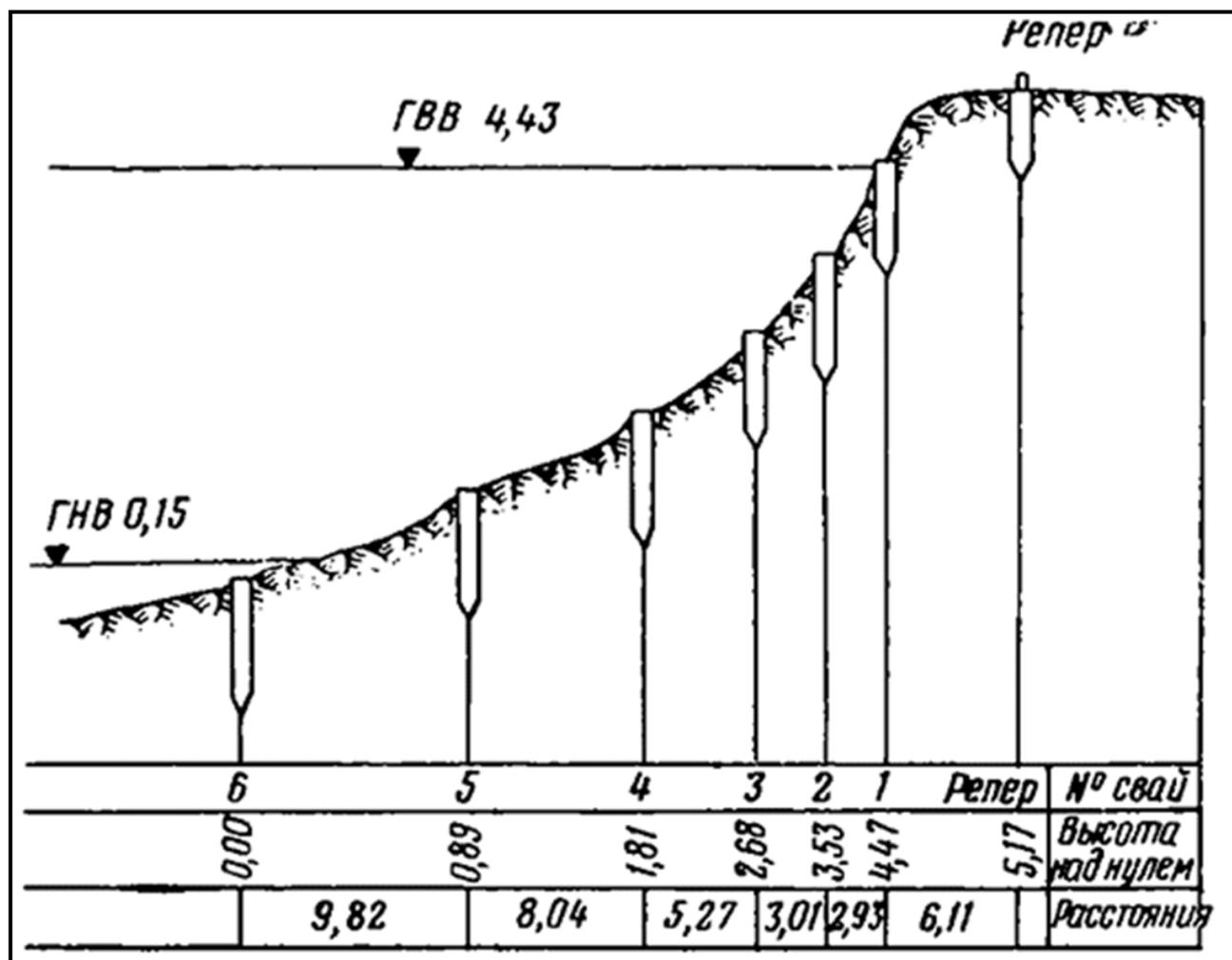


Рисунок 17.7 – Схема свайного водомерного поста

В створе, перпендикулярном направлению русла реки, забивают на глубину ниже уровня промерзания грунта ряд свай диаметром 20-30 см (рисунок 17.7).

Сваи срезают горизонтально на 5-10 см выше земли. В центр среза забивают барочные гвозди длиной 15-20 см с широкими шляпками.

Эти сваи ставят на таком расстоянии друг от друга в зависимости от крутизны берега, чтобы разность отметок по высоте их составляла 0,80-0,95 м.

Срез нижней сваи должен быть примерно на 0,3 м ниже низшего горизонта вод, а верхней сваи — на столько же выше наивысшего горизонта вод.

На берегу вблизи створа ставят 1-2 постоянных репера (забетонированный рельс или марка в стене постоянного сооружения), которые привязывают к реперам государственной высотной основы и к реперам, в отметках которых составлен гидроузел.



Рисунок 17.8 – Уровнемер с самописцем

На автоматических водомерных постах (рисунок 17.8) устанавливается лимниграф (самописец) - барабан, обернутый бумагой, на которую нанесена сетка. Барабан вращается часовым механизмом. Перо лимниграфа перемещается с помощью системы тросов в зависимости от колебаний поплавка, находящегося в специально устроенном колодце, сообщающемся с рекой горизонтальной трубой.

Определение расхода воды в трубопроводе

Для определения расхода воды в трубопроводах широко применяется расходомер Вентури как наиболее простой и надежный прибор.

Расход определяется по формуле:

$$Q = \frac{CF_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2}} \sqrt{2 \frac{P_1 - P_2}{\rho}},$$

где Q — расход жидкости; C — экспериментальный коэффициент, отражающий потери внутри расходомера; F_1 и F_2 — площади сечения трубопровода и горловины соответственно; ρ — плотность жидкости; P_1 и P_2 — статические давления на входе трубы и в горловине.

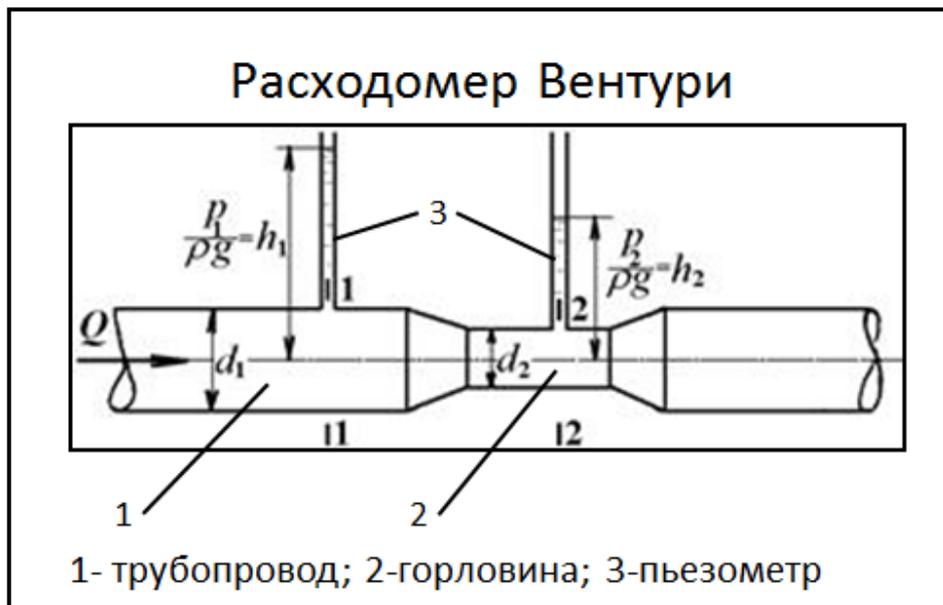


Рисунок 17.9 – Схема расходомера Вентури

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Акимова, Т. А. Экология. Природа – Человек – Техника / Т. А. Акимова, А. П. Кузьмин, В. В. Хаскин. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 343 с.
2. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации /Под общ. ред. С. К. Шойгу. – М.: ИПЦ "Дизайн".
3. Векслер, А. Б. Надежность, социальная и экологическая безопасность гидротехнических объектов: оценка риска принятия решений / А. Б. Векслер, Д. А. Ивашинцов, Д. В. Стефанишин. - СПб.: ВНИИГ, 2002.
4. Водный кодекс Российской Федерации. Федеральный закон от 03.06.2006 № 74 (ред. от 03.08.2018) // Российская газета. – 2006. – № 23.
5. ГОСТ 22.0.05-97. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения (аутентичен ГОСТ Р 22.0.05-94).
6. ГОСТ Р 22.1.11-2002. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг состояния водоподпорных гидротехнических сооружений (плотин) и прогнозирование возможных последствий гидродинамических аварий на них. Общие требования.
7. ГОСТ Р 22.2.09-2015. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Экспертная оценка уровня безопасности и риска аварий гидротехнических сооружений. Общие положения.
8. Градостроительный кодекс Российской Федерации. Федеральный закон от 29.12.2004 № 190 (с изм. на 03.08.2018) (ред., действующая с 01.01.2019) // Росс. газета – 2004 – № 290.
9. Дополнительные требования к содержанию деклараций безопасности гидротехнических сооружений и методики их составления, учитывающих особенности декларирования безопасности гидротехнических сооружений различных видов в зависимости от их назначения, класса, конструкции, условий экс-

плуатации и специальных требований к безопасности. - Приказ Ростехнадзора от 03.11.2011 г. № 625.

10. Малик, Л. К. Факторы риска повреждения гидротехнических сооружений. Проблемы безопасности / Л. К. Малик. – М.: Наука, 2005. – 354 с.

11. Методика определения размера вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии гидротехнического сооружения (за исключением судоходных и портовых гидротехнических сооружений) [Электронный ресурс]. – Приказ Ростехнадзора от 29.03.2016 г. № 120.

12. Методические указания по проведению анализа риска аварий гидротехнических сооружений. 2-е издание / под ред. Е.Н. Беллендира, Н.Я. Никитиной. – СПб.: ВНИИГ, 2005. – 100 с.

13. Методические указания по разработке правил использования водохранилищ: утв. Приказом Минприроды от 26.01.2011 г. № 17 // СЗ РФ. – 2011. – №26 – с. 12–50.

14. Методическое пособие по разработке решений по экологической безопасности строительства в составе ПОС и ППР / С.Ю. Едличка [и др.] // под ред. С.Ю. Едличка – М.: ОАО ПКТИпромстрой, 2007. – 39 с.

15. О классификации гидротехнических сооружений: Постановление Правительства РФ от 2.11.2013 г. № 986 // СЗ РФ. – 2013. – № 45 – ст. 5820.

16. О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (с изменениями на 17 мая 2011 г.): Постановление Правительства РФ от 21.05.2007 г. № 304 // СЗ РФ. – 2007. – №22 – ст. 2640.

17. О порядке представления информации о происшествиях на поднадзорных объектах и нарушениях режимов их работы: распоряжение Ростехнадзора РФ от 22.09.2008 г. № 67-рп // Нормирование в стро-ве и ЖКХ. – 2008. – №6 – 7 с.

18. Об утверждении правил определения величины финансового обеспечения гражданской ответственности за вред, причиненный в результате аварии

гидротехнического сооружения: Постановление Правительства РФ от 18.12.2001 г. № 876 // СЗ РФ. – 2001. – №52 – 6 с.

19. Об утверждении рекомендаций к содержанию правил эксплуатации гидротехнических сооружений (за исключением судоходных гидротехнических сооружений) [Электронный ресурс]: приказ Ростехнадзора от 27.09.2012 г. № 546. – Режим доступа: ТехЭксперт.

20. Об утверждении требований по предупреждению чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах и объектах жизнеобеспечения: приказ МЧС РФ от 28.02.2003 г. № 105 // Росс. газета. – 2003. – №71 – 21 с.

21. Об утверждении формы акта преддекларационного обследования гидротехнических сооружений (за исключением судоходных и портовых гидротехнических сооружений): приказ Ростехнадзора от 30 октября 2013 г. № 506 // СЗ РФ. – 2014. – №15 – 26 с.

22. Положение о декларировании безопасности гидротехнических сооружений: утв. Постановлением Правительства РФ от 06.11.1998 г. № 1303 (в ред. от 09.11.2016 г.) // СЗ РФ. – 1998. – №46 – ст. 5698.

23. Положение о системах оповещения населения: утв. приказом МЧС РФ, Минсвязи РФ и Минкультуры РФ от 25.07.2006 г. № 422/90/376 // СЗ РФ. – 2006. – № 38 – с. 12.

24. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. – М.: Минэнерго, 2003.

25. Правила эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений: утв. Минсельхозпрод РФ от 26 мая 1998 года // М.: ГП СНЦ "Госэкомелиовод". 1998.

26. Природные опасности России. Том 5. Гидрометеорологические опасности / под. ред. Г. С. Голицина, А. А. Васильева. – М.: Изд-во «КРУК», 2001. – 295 с.

27. РД 03-259-98. Инструкция о порядке ведения мониторинга безопасности гидротехнических сооружений предприятий, организаций, подкон-

трольных органам Госгортехнадзора России. Утв. постановлением Госгортехнадзора РФ от 12.01.1998 г. № 2 // Росс. вести. – 1998. – № 39 – с. 6.

28. РД 03-417-01. Методические рекомендации по составлению проекта мониторинга безопасности гидротехнических сооружений на поднадзорных Госгортехнадзору России производствах, объектах и в организациях. – Введ. 2001-07-04. // Безопасность труда в промышленности, 2001. – 10 с.

29. РД 03-443-02. Инструкция о порядке определения критериев безопасности и оценки состояния гидротехнических сооружений накопителей жидких промышленных отходов на поднадзорных Госгортехнадзору России производствах, объектах и в организациях. Введ. 2002-02-04. // Росс. газета, 2002. – 26 с.

30. РД 03-607-03. Методические рекомендации по расчету развития гидродинамических аварий на накопителях жидких промышленных отходов. Введ. 2003-06-05. – М.: Промышленная безопасность, 2003. – 42 с.

31. РД 153-34.2-21.546-2003. Правила организации и проведения натуральных наблюдений и исследований на плотинах из грунтовых материалов.

32. Сидоров, Н. П. Математическое моделирование гидродинамической аварии в каскаде грунтовых плотин / Н. П. Сидоров // Приволжский научн. журнал. – 2008, № 4(8). - С. 87 – 93.

33. Слива, И. В. Авария на водосбросных сооружениях гидроузла Оровилл/И. В. Слива, Г. Г. Лапин//Гидротехн. стр-тво, 2017, № 11. - С. 44-51.

34. Состав, форма представления сведений о гидротехническом сооружении, необходимых для формирования и ведения Российского Регистра гидротехнических сооружений, и правила ее заполнения. – Утв. приказом Ростехнадзора от 25.04.2016 № 159.

35. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003. Введ. 2012-06-30. – М.: Минрегион России, 2012. – 65 с.

36. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. Введ. 1997-07-10. – М.: ПНИИИС Госстроя России, 1997. – 35 с.

37. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализир. редакция СНиП 2.01.07-85*. Введ. 2010.12.27. – М.: Минрегион России, 2011. – 85 с.
38. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. Введ. 2003-12-26. – М.: Госстрой России, 2004. – 54 с.
39. СП 38.13330.2012. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82*. Введ. 2013-01-01. – М.: Минрегион России, 2014. – 116 с.
40. СП 39.13330.2012. Плотины из грунтовых материалов. Актуализированная редакция СНиП 2.06.05-84* (с Изменением №1). Введ. 2013-01-01. – М.: Минрегион России, 2012. – 71 с.
41. СП 58.13330.2012. Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003 (с Изменением № 1). Введ. 2013-01-01. – М.: Минрегион России, 2012. – 33 с.
42. Типовые правила использования водохранилищ. – Утв. приказом Минприроды РФ от 24.08.2010 № 330// Росс. газета. – 2010. – № 219 – с. 28..
43. Федеральный закон от 03 июля 2016 года № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений» // СЗ РФ. – 1997. – №30 – ст. 3589.
44. Федеральный закон от 14 октября 2014 года № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (с изменениями на 23.06.2016 г.)» // СЗ РФ. – 1994. – № 35 – Ст. 3648.
45. Федеральный закон от 28 декабря 2010 г. № 390-ФЗ "О безопасности (с изменениями на 5.10.2015 г.)" // СЗ РФ. – 2011. – № 1 – ст. 2.
46. Федеральный закон от 30.12.2009 г. № 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" // СЗ РФ. – 2010. – № 1 – ст. 5.
47. Форма декларации безопасности гидротехнических сооружений (за исключением судоходных гидротехнических сооружений): утв. приказом Ростехнадзора от 02.07.2012 № 377 // Росс. газета. – 2012. – № 177 – С. 5.
48. Янченко, А. В. О гидротехнических сооружениях повышенной ответственности и гидротехнических сооружениях повышенного уровня ответственности / А. В. Янченко // Приволжский научн. журнал. – 2018. - № 3. С. 78 – 84.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Иллюстрация систем мониторинга, аварийных ситуаций, аварий гидротехнических сооружений и их воздействий на окружающую среду

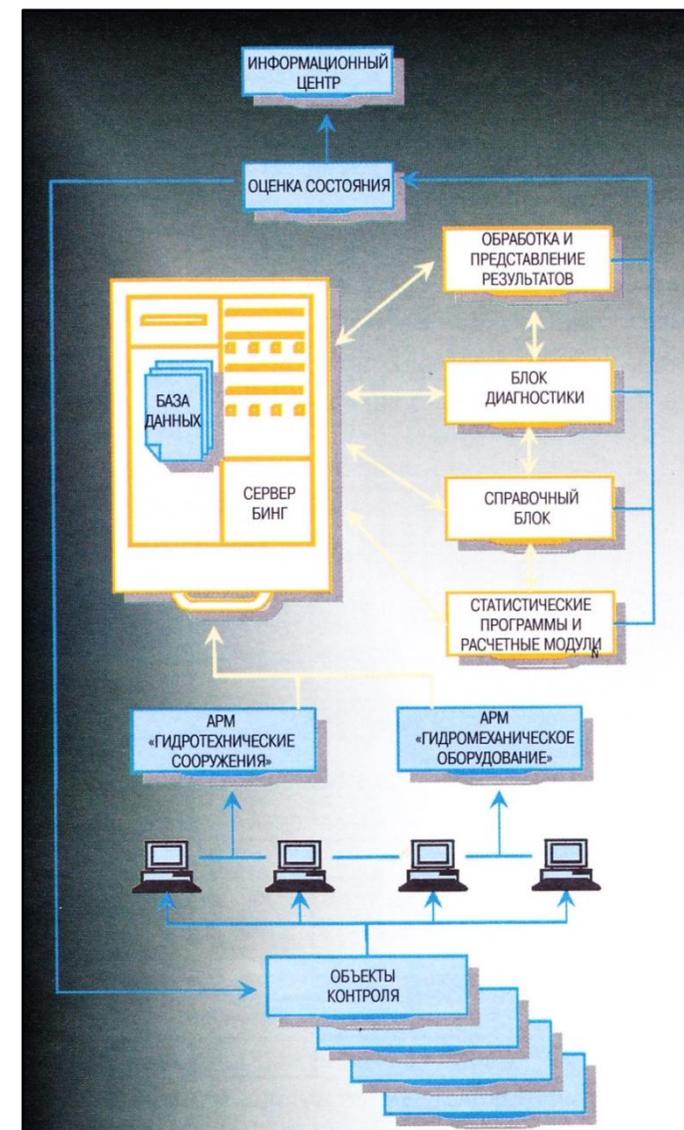
Грунтовые плотины
Бетонные плотины
Водобросные сооружения
Судоходные сооружения
Портовые причальные сооружения
Берегоукрепительные сооружения
Сооружения континентального шельфа
Воздействия на окружающую среду

КОНТРОЛЬ БЕЗОПАСНОСТИ ГТС Грунтовые плотины

Наблюдения технического состояния

Соответствие эксплуатируемого сооружения нормативно-техническим требованиям прочности, устойчивости, фильтрационной прочности и др. устанавливается путем контрольных натурных наблюдений и анализа контролируемых показателей.

В соответствии со СП 39.13330.2012 плотины I, II, III классов должны оснащаться контрольно-измерительной аппаратурой (КИА) для систематического проведения контрольных натурных наблюдений, проект размещения которой является неотъемлемой частью проекта сооружения.



Принципиальная схема информационно-диагностической системы контроля безопасности гидротехнических сооружений

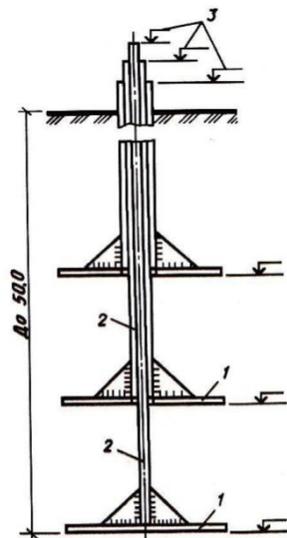
Примеры КИА в грунтовых

плотинах



Схема расположения пьезометров и конструкция однострунного пьезометра для контроля кривой депрессии:

1 – пьезометр; 2 – кривая депрессии; 3 – эквипотенциали; 4 – стояк; 5 – стеклоткань; 6 – отстойник; 7 – латунная сетка с отверстиями диаметром 1 мм



Многоярусная марка для контроля осадок внутренних зон плотины:
1 – плита; 2 – труба (стояк); 3 – марка



Автоматизированная система дистанционного контроля температурного режима мерзлой грунтовой плотины (гидроузел Ойуур – Юреге в Якутии, 2000-е гг.)

Статистика аварий грунтовых плотин

В мире около 45 тыс. гидроузлов:

- 33 % с бетонными плотинами, из них 3,5 % разрушилось;
- 67 % с грунтовыми плотинами, из них 6,9 % разрушилось.

Информация Международной комиссии по большим плотинам

Частота разрушения грунтовых плотин высотой более 15 м по типам плотин (1/год):

- земляные $1,2 \cdot 10^{-4}$;
- каменно-земляные $1,9 \cdot 10^{-4}$;
- каменнонабросные $2,0 \cdot 10^{-4}$.

Частота разрушения грунтовых плотин по причинам разрушения (1/год):

- обрушение откосов $0,1 \cdot 10^{-4}$;
- фильтрация (внутренняя эрозия) $0,5 \cdot 10^{-4}$;
- перелив воды через гребень $0,6 \cdot 10^{-4}$;
- террористический акт (предположительно) $1,0 \cdot 10^{-2}$.

Строительная практика СССР и России не дает примеров разрушения плотин крупных гидроузлов, хотя ава случались. Чаще разрушались плотины малых гидроузлов.

РАЗРУШЕНИЕ ПЛОТИН ПЕРЕЛИВОМ ВОДЫ ЧЕРЕЗ ГРЕБНИ

Плотина энергетического гидроузла Байньцао на р. Жухэ в Китае

Высота плотины 24,5 м, длина 118 м, объем водохранилища 375 млн м³, год постройки 1952.

Катастрофа произошла 7 августа 1975 г. из-за переполнения водохранилища в результате катастрофического ливня произошел прорыв плотины с возникновением волны прорыва высотой 3 – 7 м и шириной 10 км. Ниже по течению снесло еще несколько плотин.

Было разрушено 5960000 домов, погибло 26000, пострадало 11 млн человек.



В

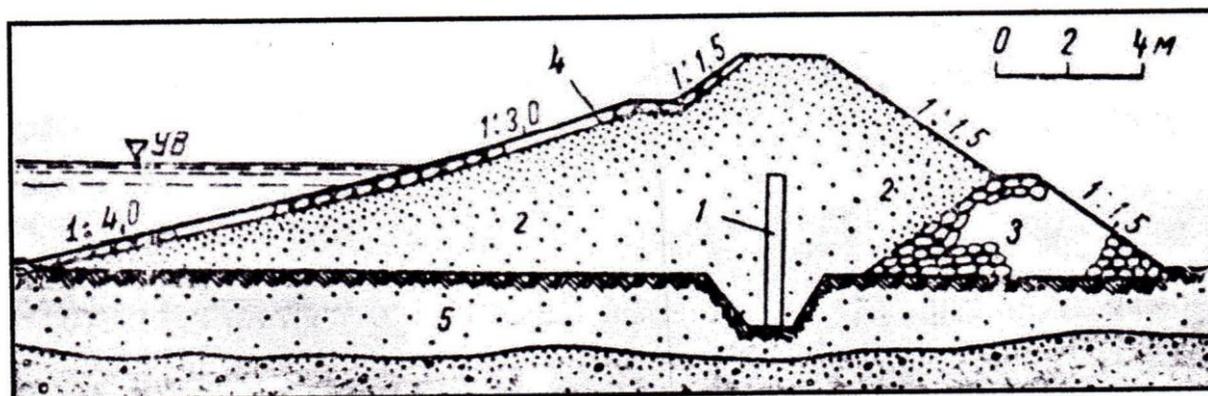
ВВид разрушенной плотины Байньцао

Плотина Киселевского гидроузла на р. Какве в Свердловской области



Построена в 1977 г., длина 1920 м, высота до 18 м. Прорыв плотины произошел 14 июня 1993 г. во время паводка в результате перелива воды через гребень. Погибли 15 человек, были разрушены железнодорожный и 5 автомобильных мостов, затоплено 1200 домов.

Верхне-Кумахская земляная плотина на р. Кумах в Якутии



1 – деревянная диафрагма; 2 – призма из супесчаного грунта; 3 – банкет;
4 – отмостка; 5 – супесь

Построена в 1942 г. Высота плотины 7 м. В 1956 г. разрушена половодьем. На снимке (второй план) виден лоток водосброса, справа видны две жилы льда в береговом примыкании плотины.



ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ДЕФОРМАЦИИ ПЛОТИН

Фильтрационный прорыв русловой каменно-земляной плотины Курейского гидроузла

Плотина возведена в 1984-1990 гг. Ее длина 1576 м, высота 81,5 м. Ядро выполнено из суглинисто-гравелистых грунтов с переходными зонами в виде двухслойного фильтра.

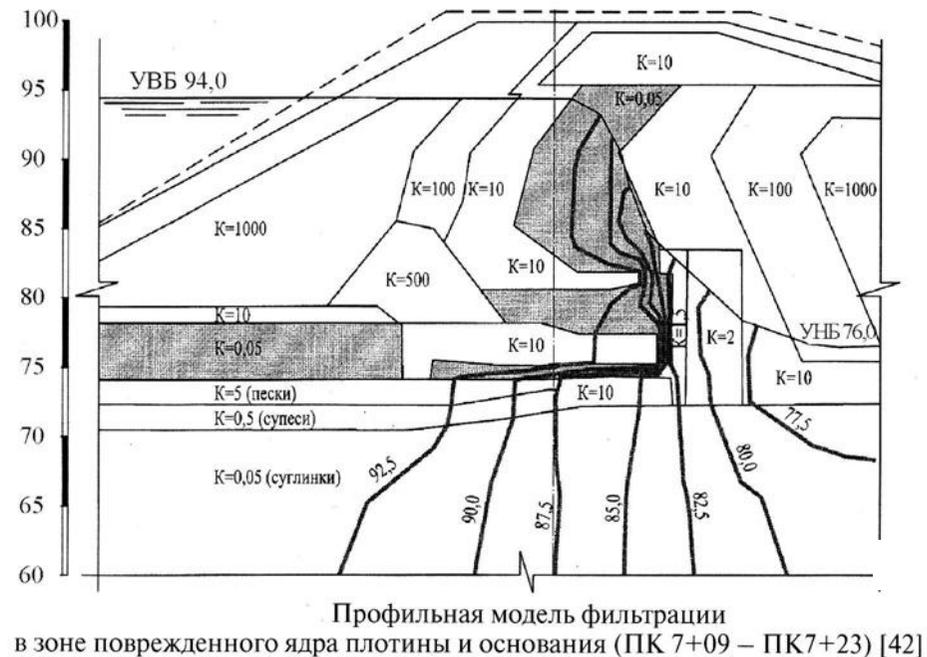
В июле 1992 г. на ПК 7,00-7,32 произошел фильтрационный прорыв ядра плотины с проседанием верхового откоса, выносом в нижний бьеф значительного объема грунта, провальнoй воронкой на низовом откосе.

Прорыв произошел по водопроницаемому слою в сопряжении ядра с понуром, где суглинок при строительстве был замещен материалом первого слоя фильтра.

К половодью 1993 г. срочно были сделаны пригрузки верхового и низового откосов, дренажная призма в нижнем бьефе, уплотнение ядра инъекцией цементно-глинистого раствора.

В дальнейшем нарушений в работе плотины отмечено не было.

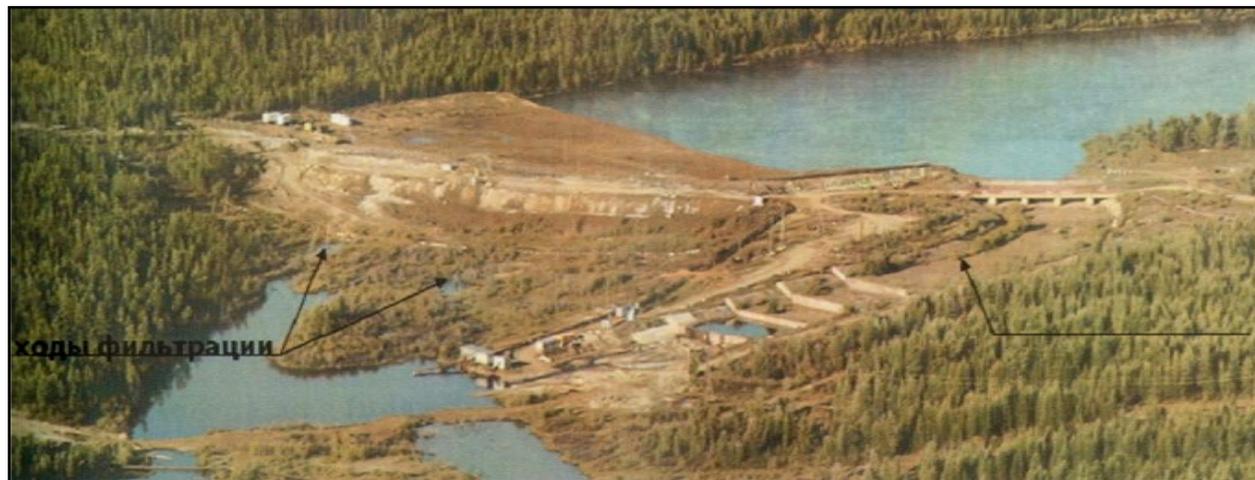
Дополнительно для повышения надежности Курейской плотины в 1998 г. был выполнен новый противофильтрационный элемент в виде «стены в грунте» из глиноцементобетона с диаметром свай 1200 мм на участке длиной 94 м.



Фильтрационные деформации в грунтовой плотине мерзлого типа Иреляхского гидроузла

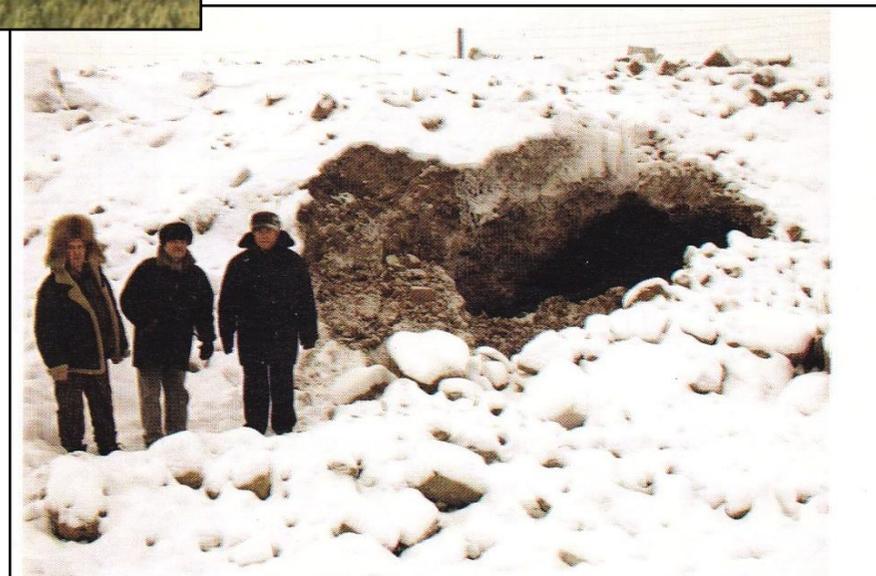
Плотина построена в 1960 - 1964 гг.

Из-за ненадлежащей работы мерзлотной завесы в основании и теле плотины неоднократно возникали очаги сосредоточенной фильтрации с выносом грунта.



Места выходов сосредоточенной фильтрации у подошвы плотины.

Аварийная ситуация в плотине, связанная с отказом мерзлотной завесы и возникшей фильтрацией, 2000-е гг.



БЕТОННЫЕ ПЛОТИНЫ

Программно-аппаратный комплекс мониторинга технического состояния плотины Красноярской ГЭС

Функционирует с 2010 г. Регистрирует колебания плотины в режиме реального времени от сейсмических событий и работающих агрегатов ГЭС.

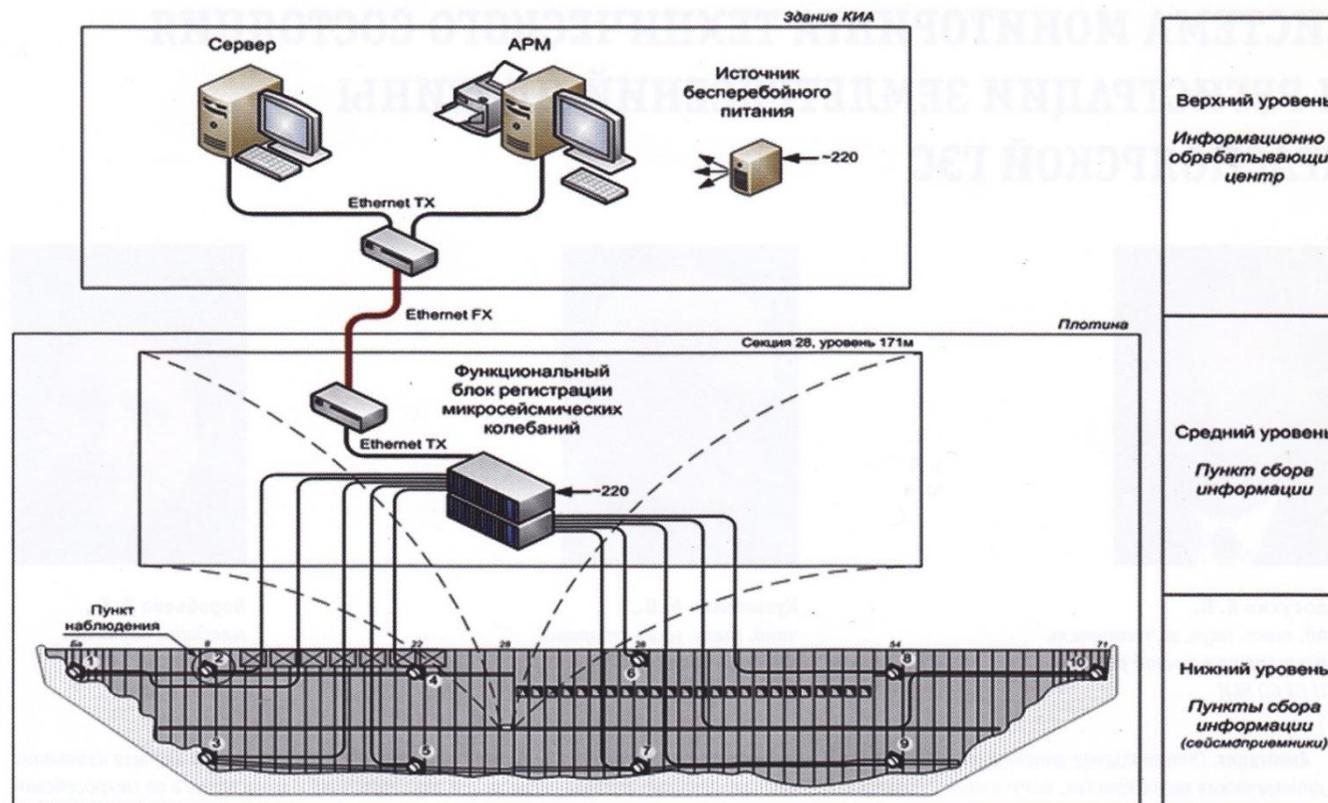
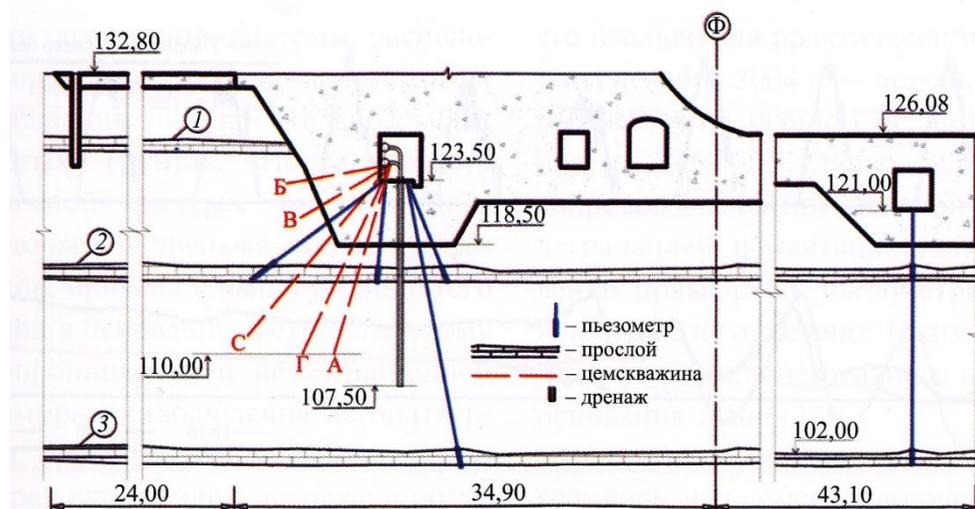


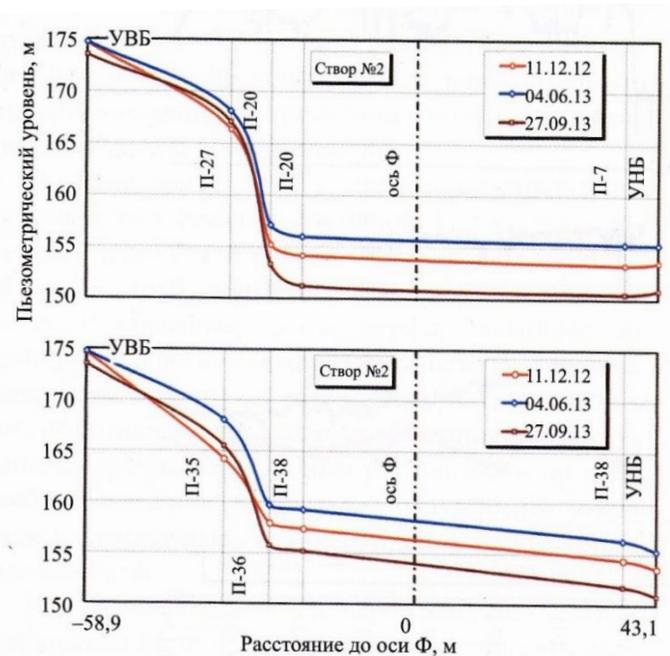
Схема размещения функциональных блоков ПАК и расположения пунктов наблюдения на плотине

Мониторинг эффективности противотрифильтрационных устройств

в основании совмещенного здания Светлинской ГЭС



Пьезометрическая сеть в основании здания ГЭС. Створ №2



Падение напора и депрессионные кривые в основании здания ГЭС в 2013 г.

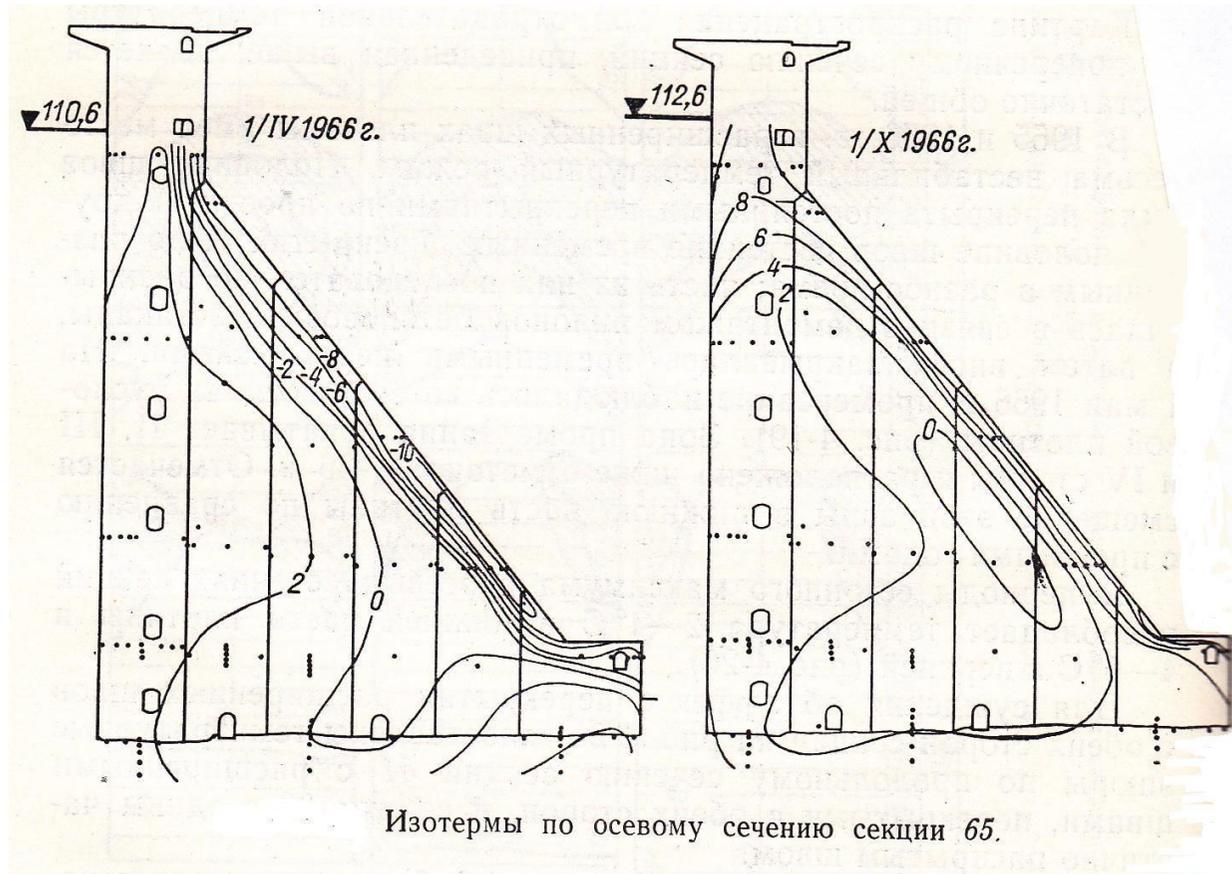
Проектный напор на сооружение 31,6 м. В основании талые полускальные грунты с прослоями сильнотрещиноватых известняков.

Бетонные работы производились в 1987–2002 гг., цемязавеса выполнена в 2000 г., дренаж в 2001 г. (включается эпизодически), водохранилище начали наполнять в 2004 г.

По данным наблюдений уровней воды в пьезометрах видно, что понур и противофильтрационная завеса эффективно снижают фильтрационное давление на подошву сооружения.

Наблюдение за температурным режимом бетонной гравитационной плотины

с расширенными швами Братской ГЭС

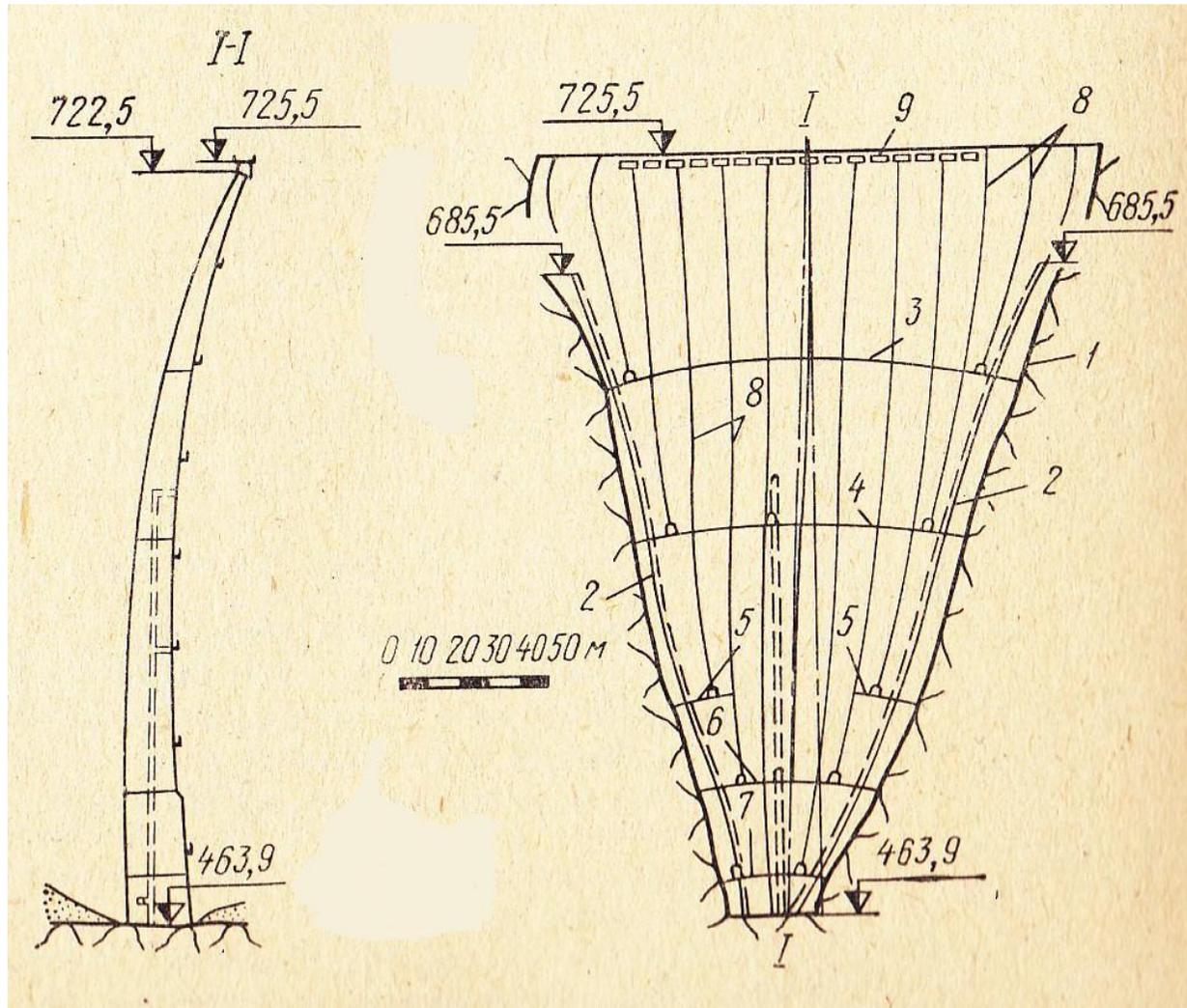


Характерной особенностью в период эксплуатации считают явление промерзания тела плотины, обусловленное распространением отрицательной температуры со стороны низовой грани.

Авария на гидроузле Вайонт

Купольная плотина Вайонт на р. Пьяве (Италия), 266 м, 1960 г. – наиболее высокая из когда-либо построенных арочных плотин мира

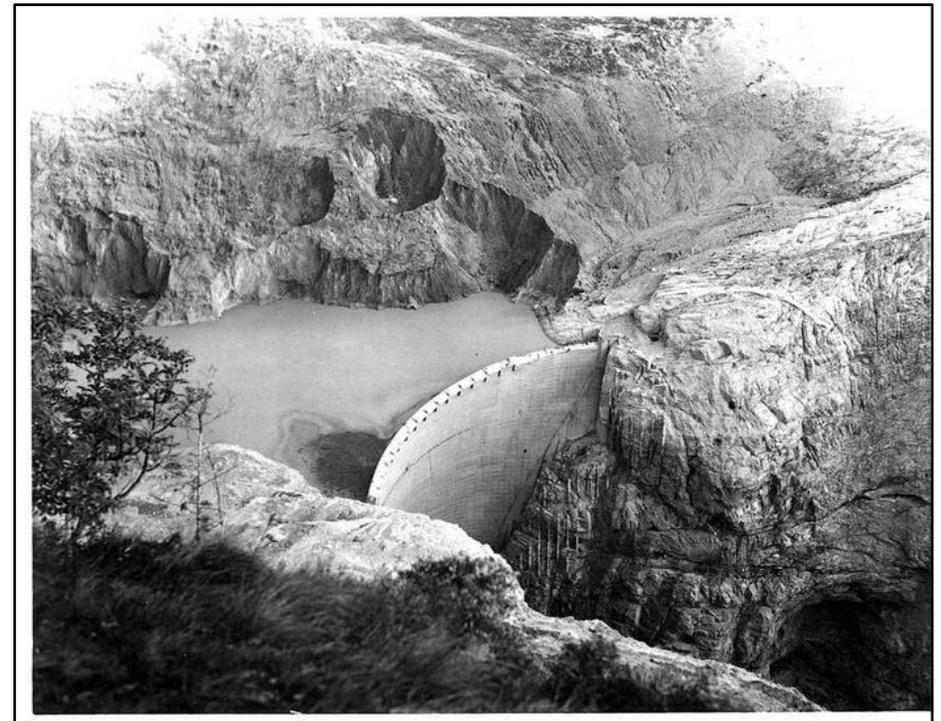
Профиль и вид с верховой стороны купольной плотины Вайонт



1 – поверхность скалы; *2* – контурный шов; *3–7* – криволинейные швы (примерно горизонтальные); *8* – временные усадочные швы (цементируемые); *9* – водослив

Катастрофа на водохранилище Вайонт в долине р. Пьяве

9 октября 1963 г. в 22 час. 35 мин. на левом берегу несколько выше плотины произошел оползень скальных пород площадью 2 км^2 и объемом 260 млн м^3 , за 45 секунд погрузившихся в водохранилище. Образовавшаяся волна вытеснения высотой около 90 м переклестнула через плотину и двинулась по долине реки со скоростью до 40 км/час. Наводнением, продолжавшимся несколько минут, было уничтожено 5 деревень, погибло до 2500 человек. Плотина волну выдержала с небольшими повреждениями.



На фото: оползневая масса, заполнившая приплотинную часть водохранилища Вайонт, и состояние плотины после катастрофы

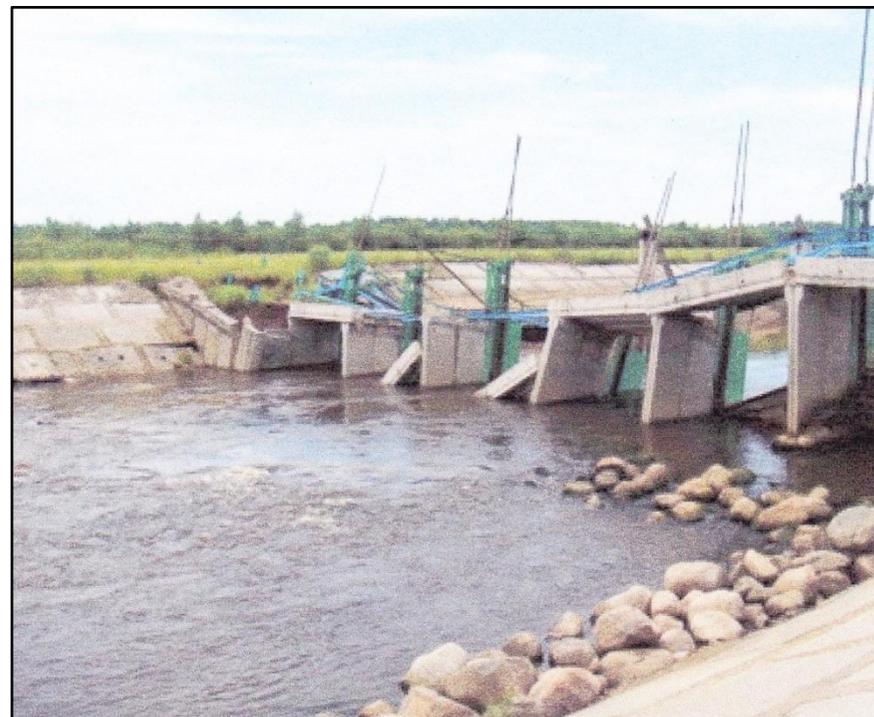
ВОДОСБРОСНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

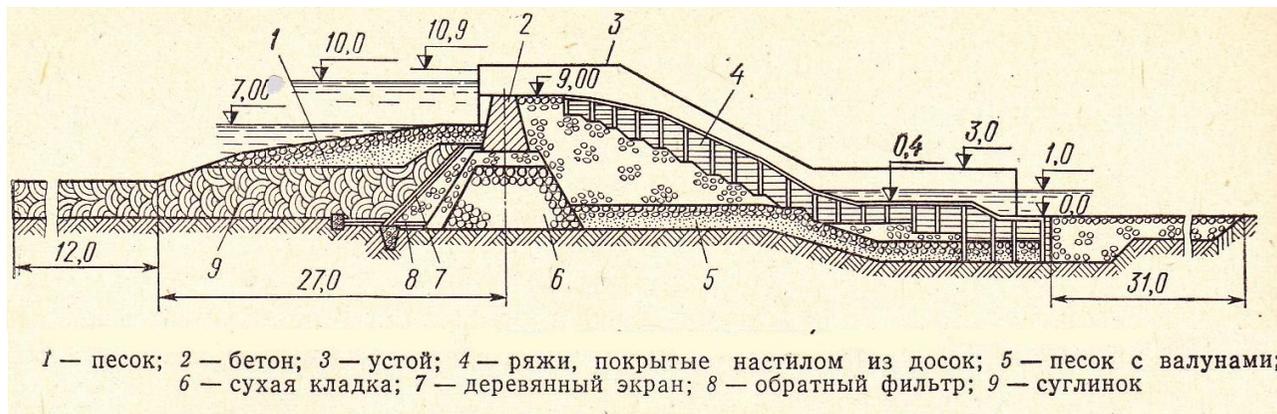
**Разрушение водосбросов малых гидроузлов
из-за некачественного строительства и ненадлежащей эксплуатации**

Водосливная плотина гидроузла № 3 на р. Тезе в Ивановской области

Низконапорная водосливная плотина с широким порогом была построена в 2008 г. из сборного железобетона взамен деревянной.

В июне 2009 г. из-за просадки плиты флютбета, вызвавшей смещение плоских рабочих затворов, разрушилась.



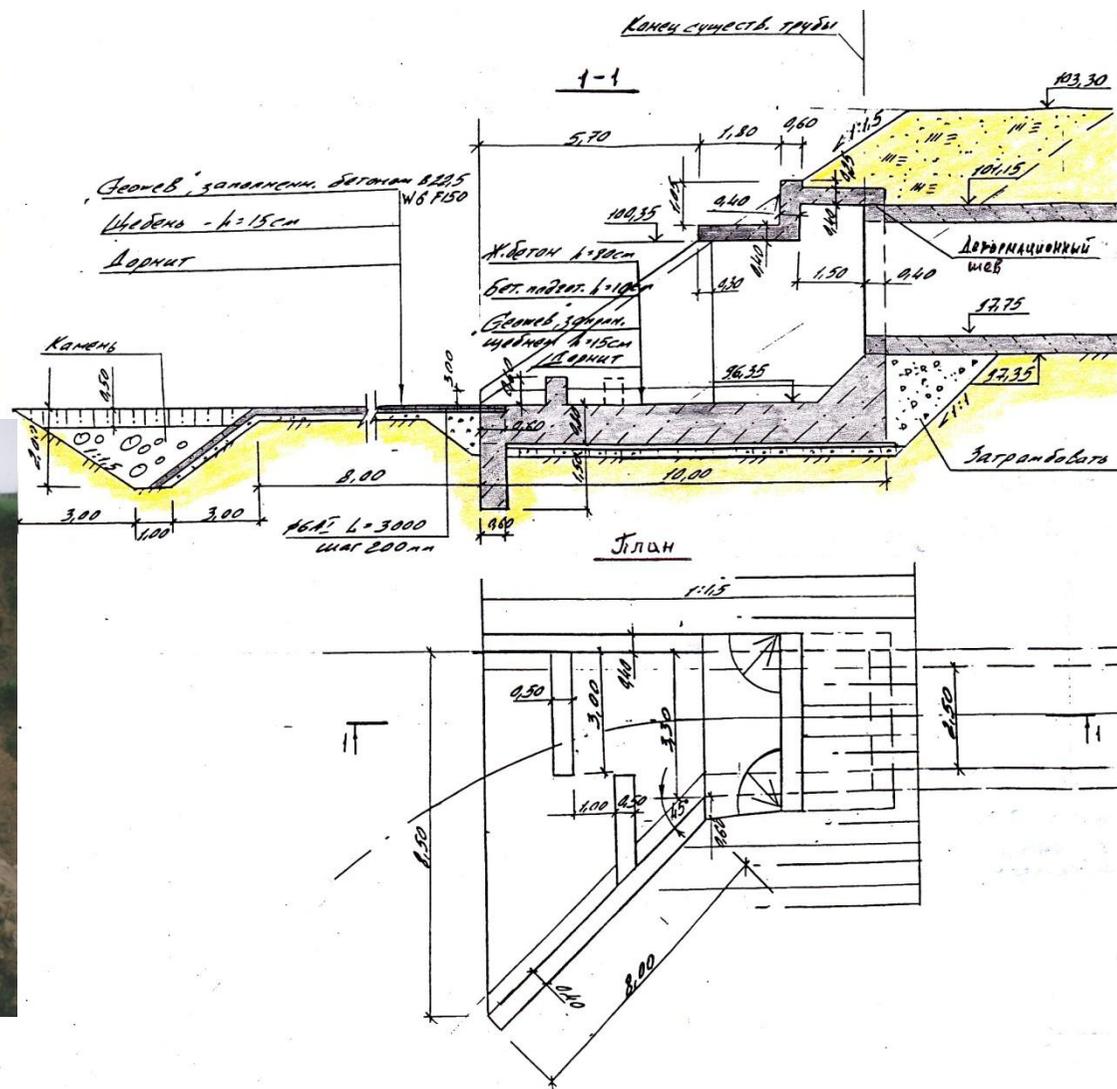


Водосливная Тишинская плотина на р. Тихой на Алтае (Казахстан)

В представленном виде плотина была сооружена в 1939–1940 гг.: высота 10 м, удельный расход $4 \text{ м}^2/\text{с}$. В половодье 1979 г. разрушена. На фото — ее современное состояние.

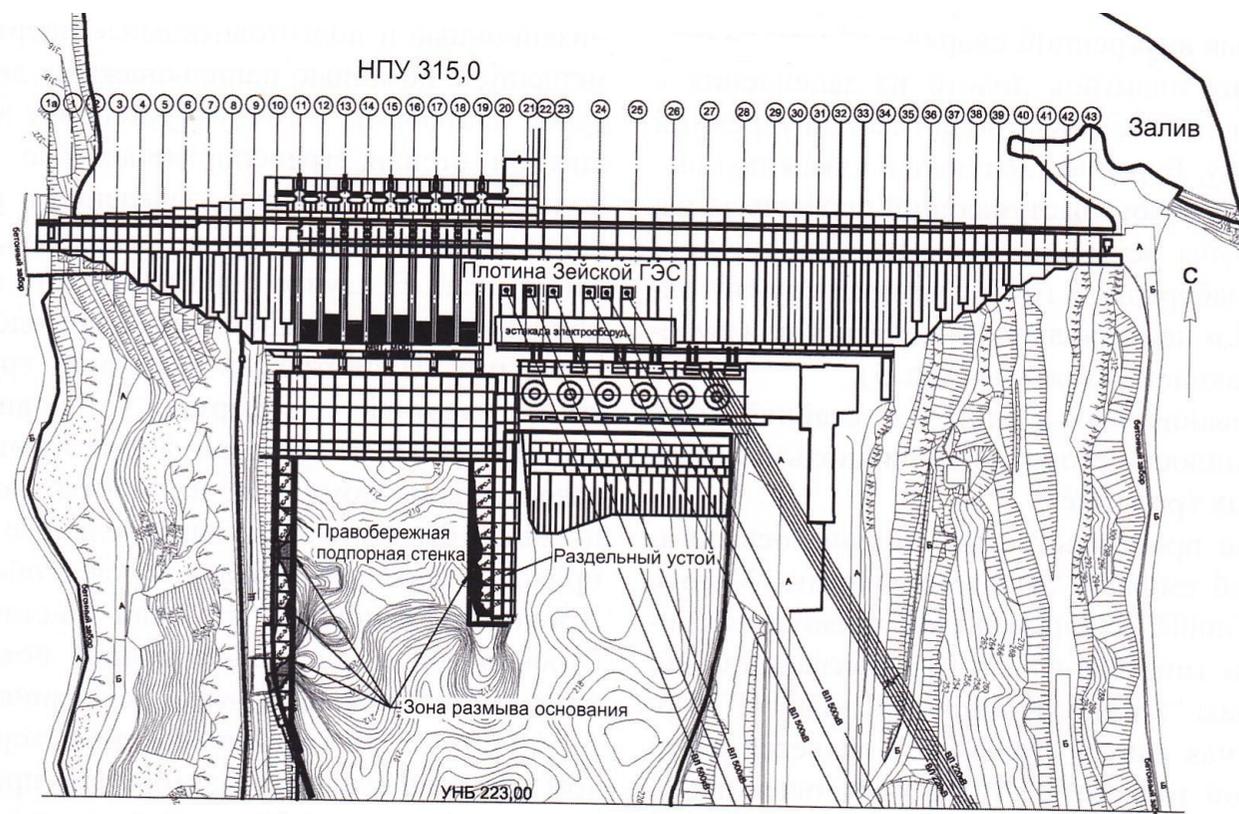
Трубчатый водосброс гидроузла на р. Жужла в Балахнинском районе Нижегородской области

Водосброс с трубой сечением 2,5×3 м пропускной способностью 14 м³/с построен в 1970-е гг. К 1999 г. низовой оголовок был разрушен. Восстановлен по проекту ННГАСУ.



Непрогнозируемые размывы в нижних бьефах гидроузлов

Размыв основания водораздельной и подпорной стенок водосливной плотины Зейского гидроузла



За годы эксплуатации в местах расположения тектонических зон под водораздельной и подпорной стенками правого берега образовались обширные подмывы. За правобережной подпорной стенкой под секциями ПС-3-2, ПС-3-3, ПС-3-4 полностью вымыло обратную засыпку.

Вид размытой обратной засыпки правобережной подпорной стенки водосливной плотины Зейского гидроузла и схема ремонта.



Размыв обратной засыпки в секциях

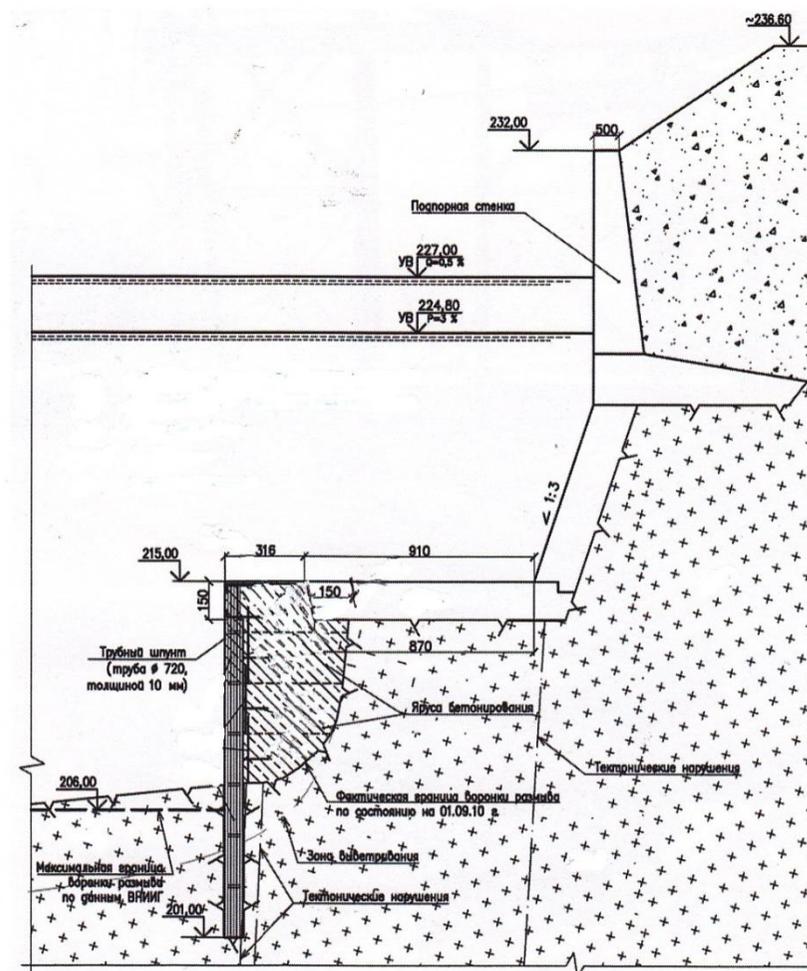
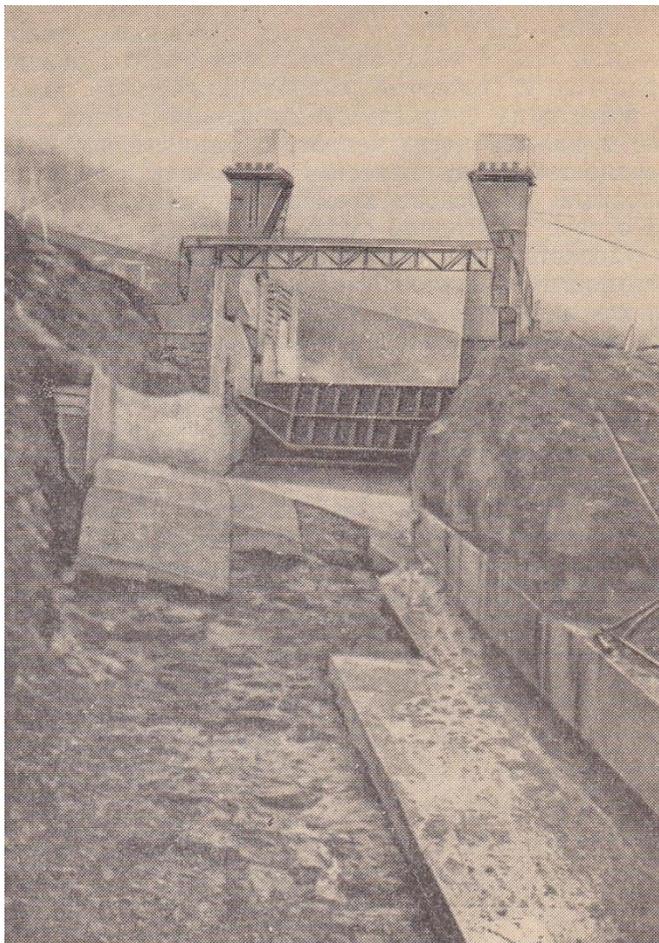


Схема ремонта подпорной стенки ПС-3-2....ПС-3-4. 2010-е гг.

Повреждения водосбросов водными потоками

а)

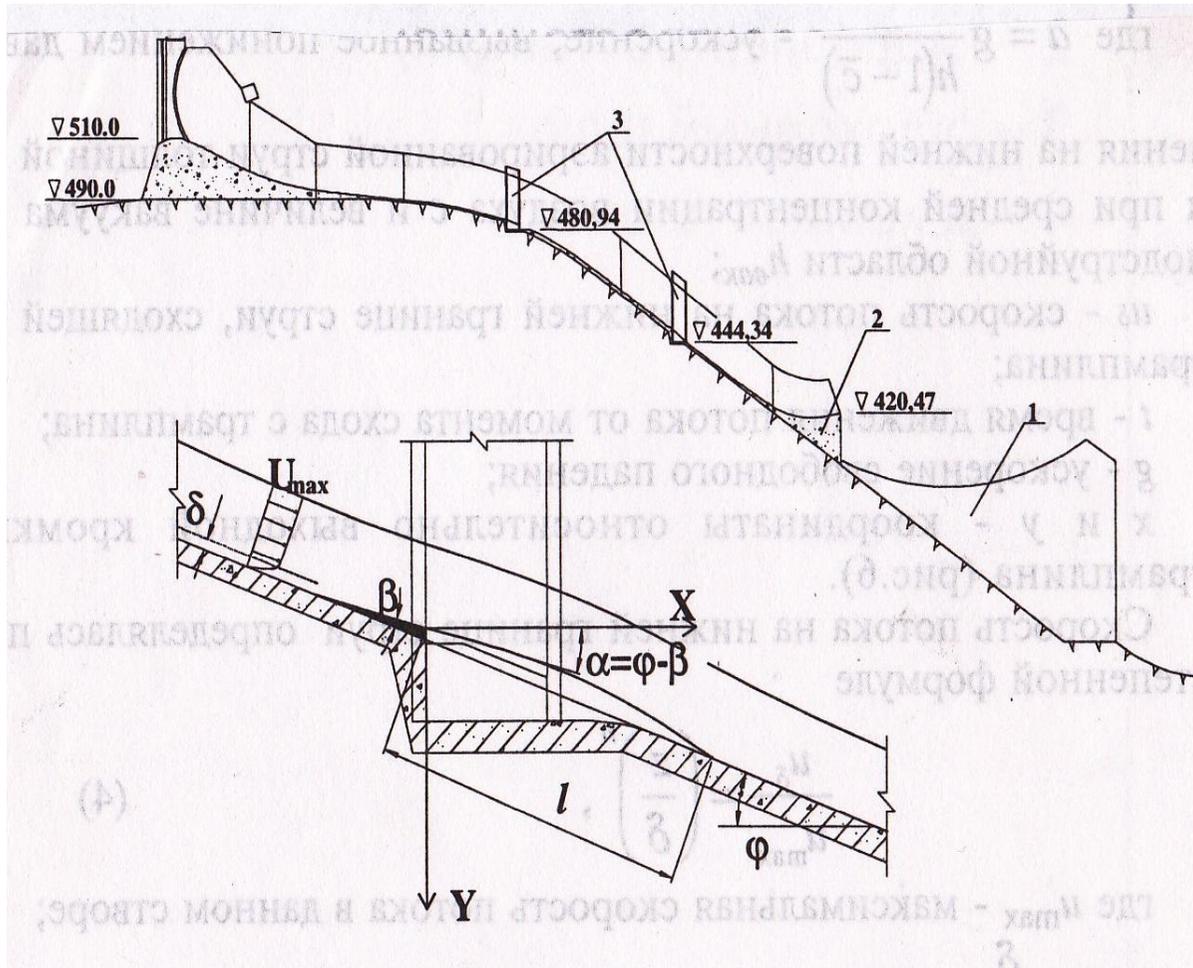


б)



Повреждение бетонной облицовки эксплуатационного водосброса (быстротока) Вилуйского гидроузла при пропуске расходов половодий: а) – в 1967 г.; б) – в 2000–е гг.

Разрушение носка-трамплина водосброса гидроузла Карун – I на р. Карун в Иране



ГЭС Карун I построена по проекту американской компании HARZA и введена в эксплуатацию в 1977 г. В состав сооружений гидроузла входит арочная плотина высотой 200 м, приплотинная ГЭС мощностью 1000 МВт и поверхностный водосброс на правом берегу реки

Водосброс представляет собой быстроток переменного уклона, разделенный продольными стенками на три пролета шириной 19 м каждый.

При пропуске паводка 1993 г. вследствие кавитационной эрозии и гидродинамических нагрузок носок-трамплин водосброса был разрушен.

1 – разрушенный носок-трамплин, 2 и 3 – вновь созданные носок трамплин и трамплины аэраторы с воздухоподводящими трактами

СУДОХОДНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Частота и причины аварий и транспортных происшествий в судоходных шлюзах за 1985–2014 гг.

Наименование судоходного канала (бассейна водных путей)	Среднее число аварий и транспортных происшествий в навигацию
Канал им. Москвы	17
Волго-Балтийский	12
Волго-Донской	15
Волжский	10
Камский	4
Беломорско-Онежский	9

Наименование судоходного канала (бассейна водных путей)	Количество аварий и транспортных происшествий, % от максимального количества		
	В виду технической неисправности судов	В виду просчетов судоводителей	В виду прочих причин, в т.ч. по вине шлюза
Канал им. Москвы	2,1	29,0	0,7
Волго-Балтийский	1,1	20,1	0,3
Волго-Донской	1,23	21,7	0,5
Волжский	1,1	14,2	0,3
Камский	1,0	4,5	0,7
Беломорско-Онежский	1,0	10,3	0,4

Авария на Воткинском шлюзе (10.05.1962 г.)



В межкамерном пространстве двухниточного шлюза оставалась не замытая песком полость. При наполненной камере в период временной эксплуатации стена обломилась на протяжении трех секций и упала в межкамерное пространство, в проран перелилась часть воды из камеры. В камере стоял пассажирский теплоход. Капитан успел отдать швартовы и отвести его от прорана в другой конец камеры.

Погибло 22 человека из работавших на шлюзе.



Авария на шлюзе Камского гидроузла (04.11.1994 г.)



Шлюз двухниточный шестиступенчатый. В верхнюю камеру шлюза из верхнего бьефа через ворота №1 вошел теплоход с двумя баржами и готовился к швартовке. Расстояние от передней баржи до ворот № 2 составляло 60 м. В этот момент ворота № 2 разломались на две части. Баржи сорвались с автосцепа. Потокм воды и ударами барж были разрушены ворота №№ 3, 4, 5, 6, 7. Теплоход дал задний ход и устоял в верхней камере. Авария сопровождалась изливом воды в нижний бьеф.

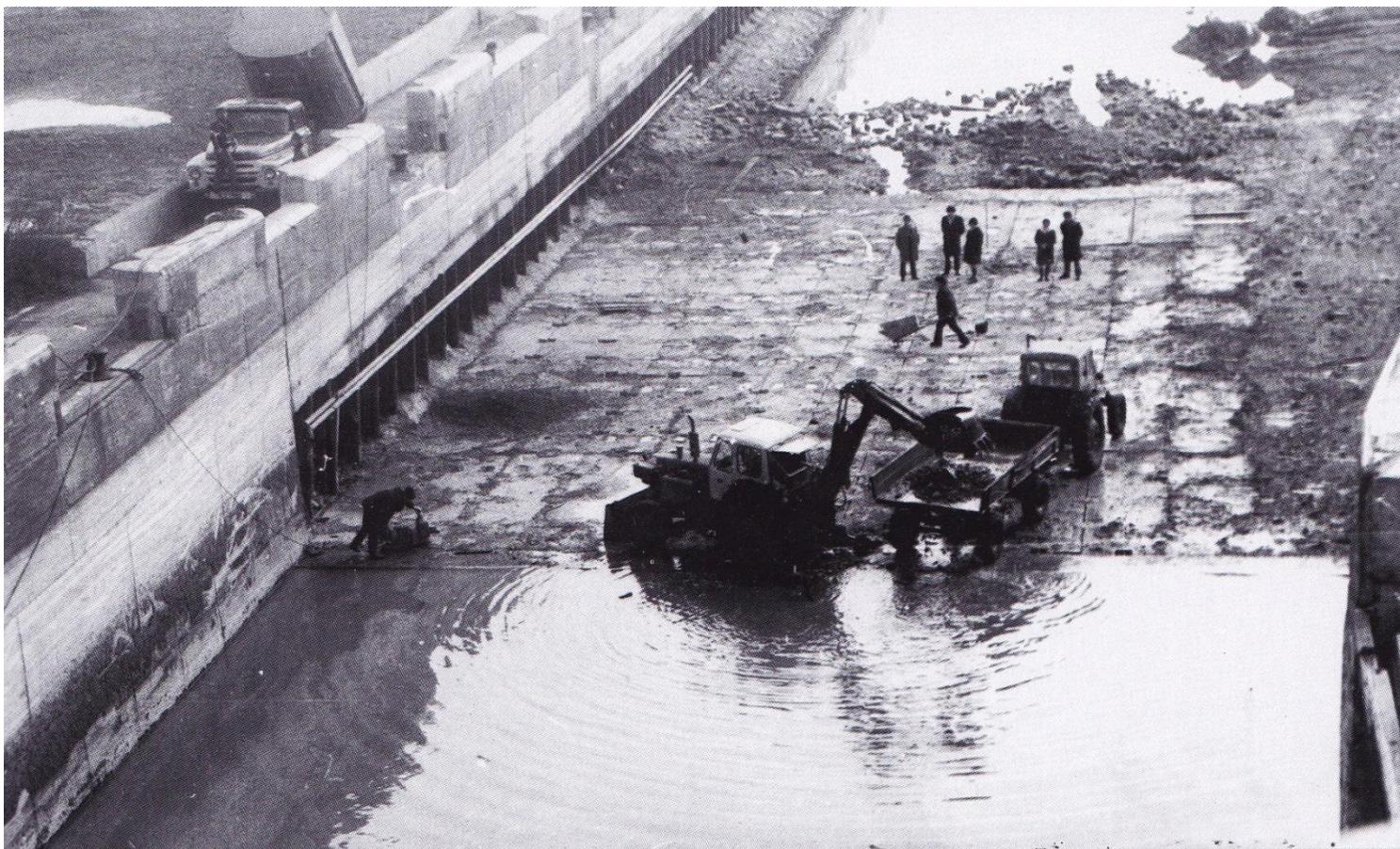
Причинами разрушения ворот № 2 были усталостные явления и коррозионный износ металла, неудачные конструктивно-технологические решения, многочисленные ремонты в период эксплуатации.

Авария на шлюзе Константиновского гидроузла на р. Дону (01.11.2004 г.)

Грузовой теплоход не остановился при подходе к причальной пале нижнего бьефа и ударил в нижние ворота шлюза. В результате был нарушен створ ворот, они приоткрылись, поток воды сорвал ворота и вывернул их в сторону нижнего бьефа. Были повреждены металлоконструкции, гидроприводы, электрооборудование ворот, разрушено крепление из монолитных железобетонных плит на площади 850 м², размывто основание направляющей палы вглубь на 8 – 12 м. Авария привела к сработке водохранилища, парализовала движение 134 сухогрузных и нефтеналивных судов.

Повреждения рисберм за шлюзами

Начиная с 1978 г. проведена реконструкция рисберм за нижними головами шлюзов №№ 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, также реконструкция понуров шлюзов №№ 3, 9, 13 на Волго-Донском судоходном канале, поврежденных водными потоками.



Реконструкция рисбермы шлюза на Волго-Донском судоходном канале

Коррозия металлоконструкций ворот и затворов судоводных шлюзов

Сроки эксплуатации ворот

На судоводных шлюзах России эксплуатируется примерно 700 ворот и затворов. Установленный срок их службы 25 – 45 лет, фактический 25 – 60 лет.

Коррозия металлоконструкций вызывает необходимость замены ворот и затворов.

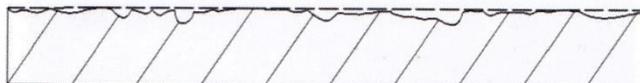
Этапы процесса коррозии



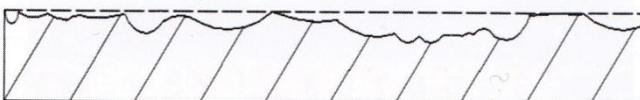
Первый этап коррозионного повреждения



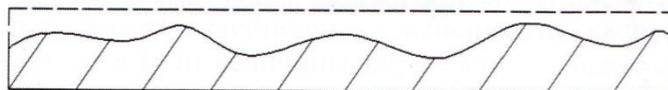
Второй этап коррозионного повреждения



Третий этап коррозионного повреждения



Четвертый этап коррозионного повреждения



Пятый этап коррозионного повреждения

Скорость коррозии, мм/год

0,01 – 0,05

0,03 – 0,08

0,05 – 0,12

0,10 – 0,30

0,10 – 0,20

Глубина язв, мм

-

до 1,5

от 1,5

более 1,5

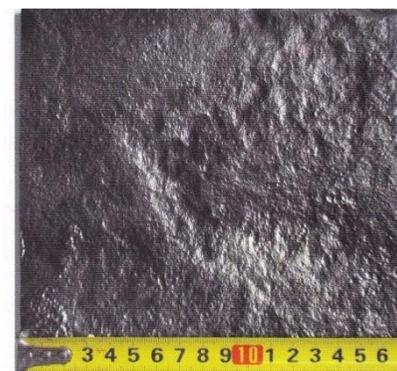
сплошная коррозия



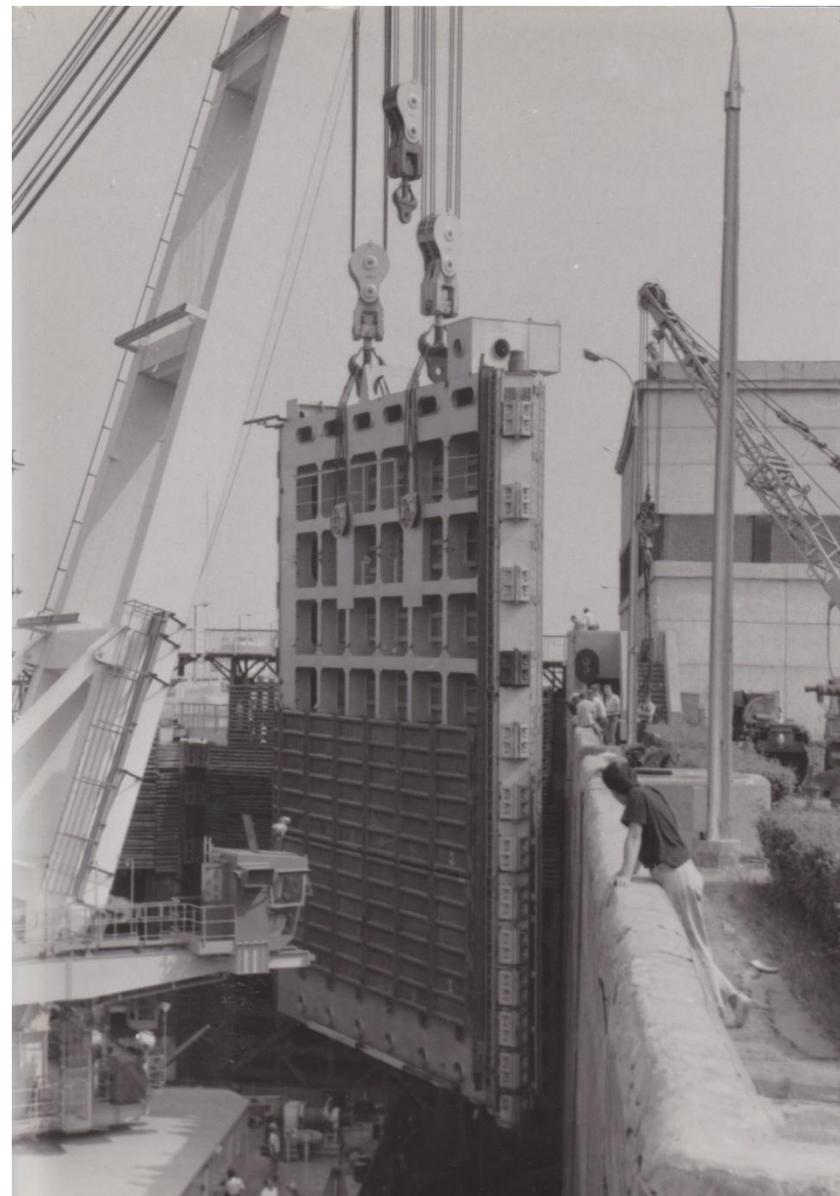
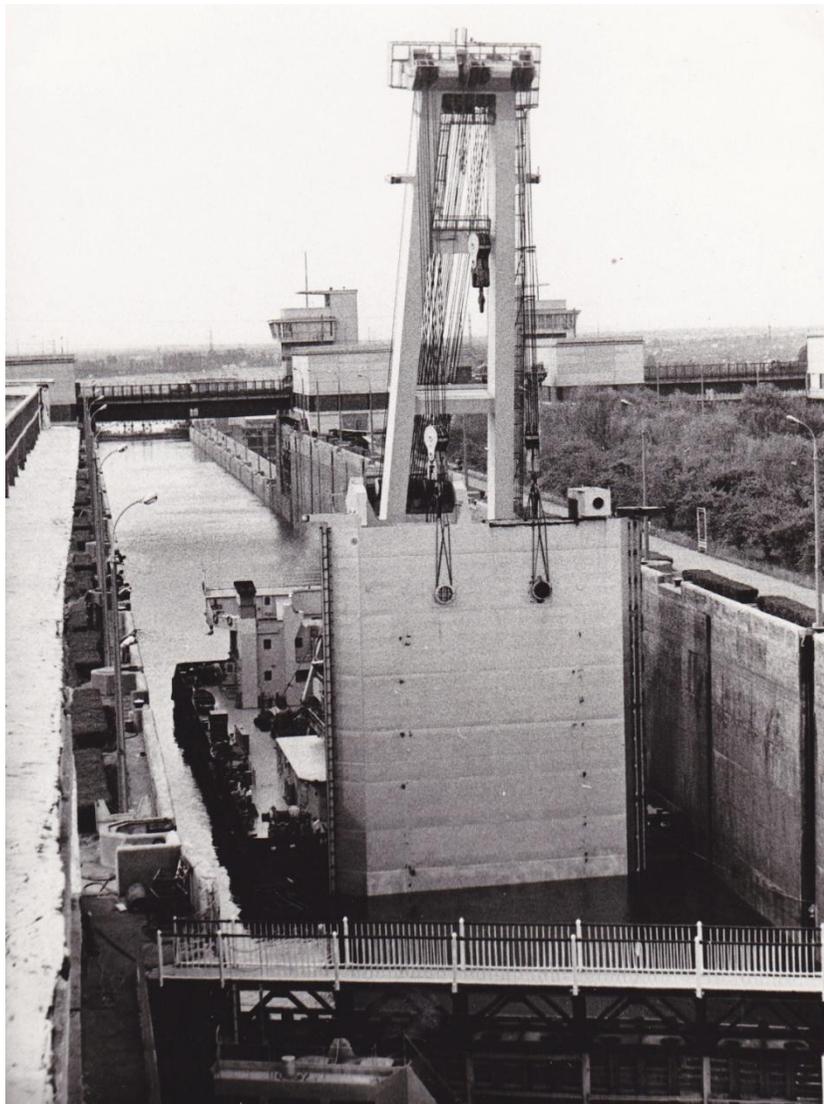
Четвертый этап коррозионного повреждения



Третий этап коррозионного повреждения



Пятый этап коррозионного повреждения



Волгоградский гидроузел. Замена двустворчатых рабочих ворот весом 700 т на шлюзе № 31. 1996 г.

ПОРТОВЫЕ ПРИЧАЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Аварийные ситуации вследствие выноса грунта из-за шпунтовых стен



Провалы грунта на причале
Усть-Луга в Финском заливе
Балтийского моря (2010-е гг.)

Тип причала: больверк с заанкерванной лицевой стенкой из стального шпунта «Ларсен». Высота шпунта 28 м, из них 10,5 м погружено в грунт.

Вынос грунта произошел во время дноуглубления перед причалом в процессе завершения строительства.

Причина аварии: расхождение шпунта в нижней части (верность), образовавшееся при его погружении.



Аварийные ситуации вследствие коррозии стальных конструкций причалов

Скорость коррозии стали в зоне периодического смачивания 0,2 – 0,5 мм/год.



Коррозионные повреждения стальных опор пирсового причала в зоне переменного уровня воды после 40 лет эксплуатации в Балтийском море (2000-е гг.)



Начальная стадия аварии при загрузке причала чугунными чушками



мирован



Измеренная толщина полки шпунта, изъеденной коррозией. Остаточная толщина 9 мм, износ более 50%

Авария причала из стального шпунта в порту Санкт-Петербург из-за коррозионного износа лицевой шпунтовой стенки (2010-е гг.)

БЕРЕГОУКРЕПИТЕЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

На реках и водохранилищах наиболее надежными и долговечными являются капитальные берегозащитные сооружения из монолитного бетона и железобетона.



Разрушенное после 30 лет эксплуатации берегоукрепление из сборного железобетона и новая набережная Воткинского водохранилища в с. Усть-Качка. 2009 г.





Берегоукрепление р. Оки в г. Нижнем Новгороде полуоткосного типа с упорным поясом из железобетонного шпунта. Аварийная ситуация, связанная с выносом грунта из-за шпунтовой стенки. 1996 г.

В отечественную практику с подачи итальянской компании «Маккаферри» с 1990–х гг. внедряются **берегозащитные сооружения из габионов**. Долговечность сооружений из габионов в условиях волновых и ледовых воздействий вызывает большие сомнения.



Берегозащитная стенка из габионов на Камском водохранилище в г. Добрянке. 2007 г.



Состояние укрепления из габионов на побережье Балтийского моря в Калининградской области у г. Светлогорска после четырех лет эксплуатации. 2013 г.

СООРУЖЕНИЯ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ШЕЛЬФА

Причины аварий

Морские объекты нефтегазовой индустрии имеют высокий риск наступления аварийных ситуаций.

Причинами возникновения аварий являются: неконтролируемый выброс нефти и/или газа из скважин; нарушение целостности несущих (или опорных) конструкций, а также отказы (или неполадки) оборудования; ошибки персонала; внешние воздействия техногенного характера (столкновения с морскими судами, падение вертолета, диверсии); независящие от человеческой деятельности обстоятельства (стихийные бедствия, природные явления).

Степень рисков повышают специфические условия арктических морей – движущиеся льды, низкие температуры воды и воздуха, экстремальные шторма.

Повреждение конструкций истирающим действием льда

Бетонные основания морских платформ на шельфе ледовитых морей в условиях дрейфа ледяного покрова испытывают его динамические воздействия и подвержены истиранию.



Разрушение ледового пояса
гравитационной металлической



Сорванные листы металлической
облицовки с железобетонной опоры

платформы «Моликпак» в Охотском море.

платформы ЛУН-А в Охотском море. 2010-е гг.

Аварии, связанные с выбросом и воспламенением углеводородов

Особенностью аварий на морских площадочных объектах является скоротечность развития аварийных процессов, связанных с выбросом углеводородов и их горением в условиях плотного размещения оборудования.



Взрыв нефтяной платформы Deepwater Horizon 20 апреля 2010 г. в Мексиканском заливе в 80 км от побережья США. Через поврежденную скважину с глубины 1500 м за 152 дня инцидента в акваторию попало 5 млн баррелей нефти, образовавшей пятно площадью 75 тыс. км². В момент взрыва погибли 11 человек.

ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Человечество существует за счет природы, ресурсы которой оно потребляет.

Природа – это совокупность естественных условий существования человеческого общества.

Окружающая среда – естественная и искусственная среда обитания и производственной деятельности человечества.

Совокупная деятельность общества оказывает все более заметное влияние на природу, и уже давно требуется не борьба, а рационализация и регулирование их взаимодействия.



Скульптура коня с железнодорожным рельсом в зубах, символизирующая победу природы над цивилизацией в г. Воронеже

Размеры антропогенного воздействия на природную среду

России присуща относительно невысокая по сравнению со многими странами мира степень антропогенной (несвойственной природе) трансформации природной среды:

- 65% территории страны квалифицируются как не подвергшиеся существенным хозяйственным воздействиям и сохранившие ненарушенные экосистемы;
- 20% территории испытали влияние экономики, но экосистемы во многих местах сохранили жизнеспособность и ассимиляционный потенциал, необходимый для компенсации современного уровня антропогенных воздействий;
- 15 % российской территории характеризуются как экологически неблагоприятные, со значительной степенью разрушения естественных экосистем.

Гидроэлектростанции – наиболее экологически чистый производитель электроэнергии по сравнению с ТЭС и АЭС. Они не потребляют атмосферного кислорода, не делают никаких выбросов в атмосферу, ничего не выделяют в воду и в грунт, не дают никаких отходов, требующих захоронения.



Панорама Павловской ГЭС на р. Уфе с нижнего бьефа
**Изменение природных условий долин рек в результате
 создания водохранилищ**



Схема изменений в природной среде, вызываемых созданием и эксплуатацией водохранилища
 (*касается водохранилищ, расположенных в области вечной мерзлоты)

Образованное на месте участка реки водохранилище получает существенно иные **морфометрические параметры** – ширину и площадь водного зеркала, глубину и объем и пр. Прямым следствием изменения морфометрии является **затопление земель**, которое рассматривают как наиболее существенное воздействие водохранилищ на природную среду.

Данные о затоплении земель водохранилищами в России:

- общий земельный фонд страны на 1 января 1999 г. – 1709,8 млн га;
- площади затопления земель водохранилищами ГЭС на 1990 г. – 4,72 млн га (0,28 % площади страны);
- для сравнения: доля площади водохранилищ к площади страны в США – 0,8%, в Канаде – 0,6%, в Испании – 0,42%;
- водохранилищами ГЭС в России затоплено около 0,4% сельхозугодий, 0,3% лесных площадей.

Значительные затопления были сделаны водохранилищами Волжско-Камского каскада в европейской части страны.

Площади земель, затопленных водохранилищами Волжско-Камского каскада

Водохранилище	Площадь зеркала воды при НПУ, км ²	Площадь затопления земель, тыс. га				
		всего	в том числе			
			пашни	сенокосы, пастбища	леса, кустарники	прочие земли
Иваньковское	327	29,2	9,8	7,8	7,0	4,6
Угличское	249	13,7	5,6	5,4	1,5	1,2
Рыбинское	4 550	434,0	58,2	116,3	241,2	18,3
Горьковское	1 591	129,2	21,0	47,0	41,0	20,2
Чебоксарское (НПУ=68,0 м)	2 270	167,5	7,7	46,5	97,8	16,5
Куйбышевское	6 450	503,9	69,5	208,3	163,3	62,8
Саратовское	1 831	116,9	7,5	45,6	47,3	15,6
Волгоградское	3 120	269,3	30,4	107,0	70,2	61,7
Камское	1 915	175,5	9,9	58,2	83,4	24,0

Воткинское	1 120	92,2	23,9	7,2	42,2	18,9
Нижекамское	2 650	198,3	21,0	83,3	50,3	43,7
Всего	26 073	2 128,8	264,5	732,6	845,2	286,5

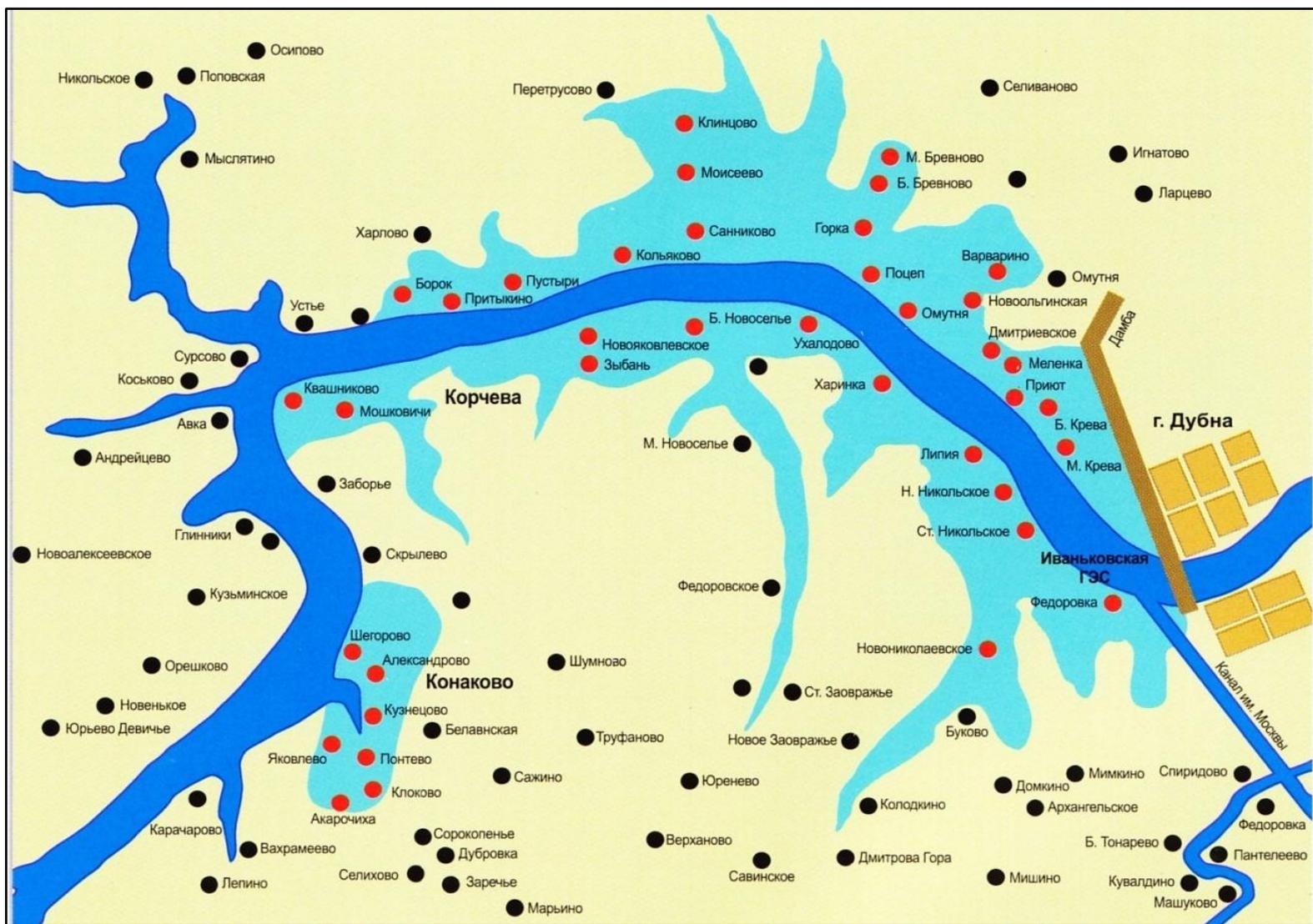


Схема зоны затопления Иваньковского водохранилища на р. Волге:

Крупные водохранилища воздействуют на **социальную обстановку** в долинах рек в связи с необходимостью переноса поселений и переселения людей из зон затопления.



Строительство водохранилищ к 2000 г. вызвало переселение от 40 до 80 млн человек по всему миру. Китай и Индия построили 57% всех больших плотин мира, при этом переселению из зон водохранилищ подверглись в Китае 10,2 млн человек, в Индии – около 16 млн человек.

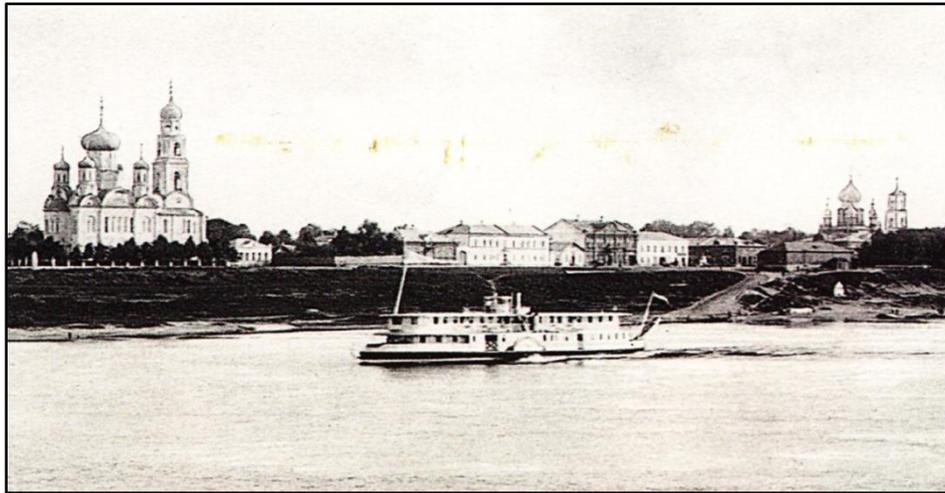


В России за весь период гидротехнического строительства переселено 880 тыс. человек.



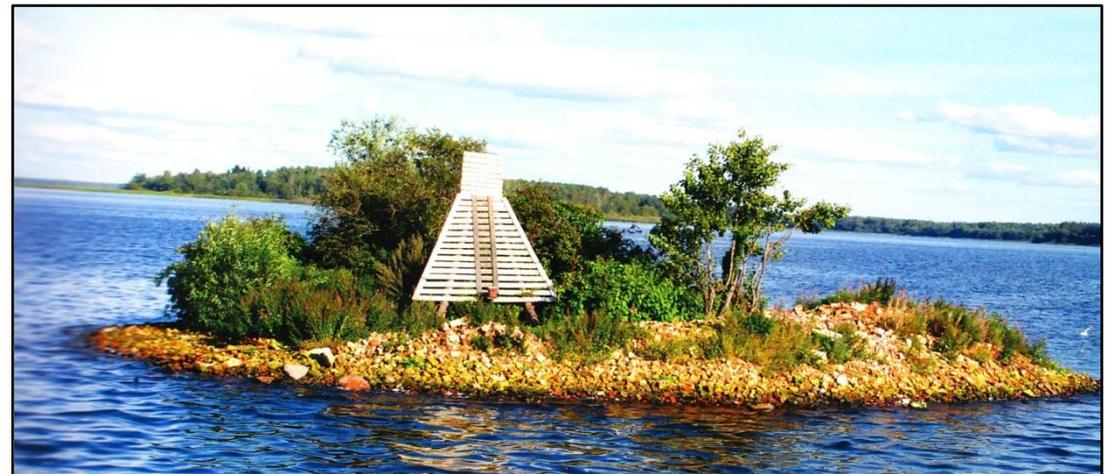
Наиболее массовое переселение произошло при сооружении Волжско-Камского каскада ГЭС: было переселено 643,3 тыс. человек, затоплено и перенесено более 2500 деревень и сел, в которых насчитывалось 126 тыс. дворов, и 96 городов, слобод, поселков с почти 30-ю тысячами строений.

Иваньковским водохранилищем было затоплено около 100 сел и деревень и г. Корчева. В городе проживало 4 тыс. человек, было 600 домов, из них 30 каменных, 3 храма.



План г. Корчева с зоной затопления Иваньковским водохранилищем: 1– Воскресенский собор; 2 – Спасо-Преображенский собор; 3 – церковь Казанской иконы Божьей Матери; 4 – городская больница
Город Корчева в начале XX века

Створный знак на месте Спасо-Преображенского собора в урочище Корчева на Иваньковском водохранилище



ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ НАВОДНЕНИЙ В ДОЛИНАХ РЕК

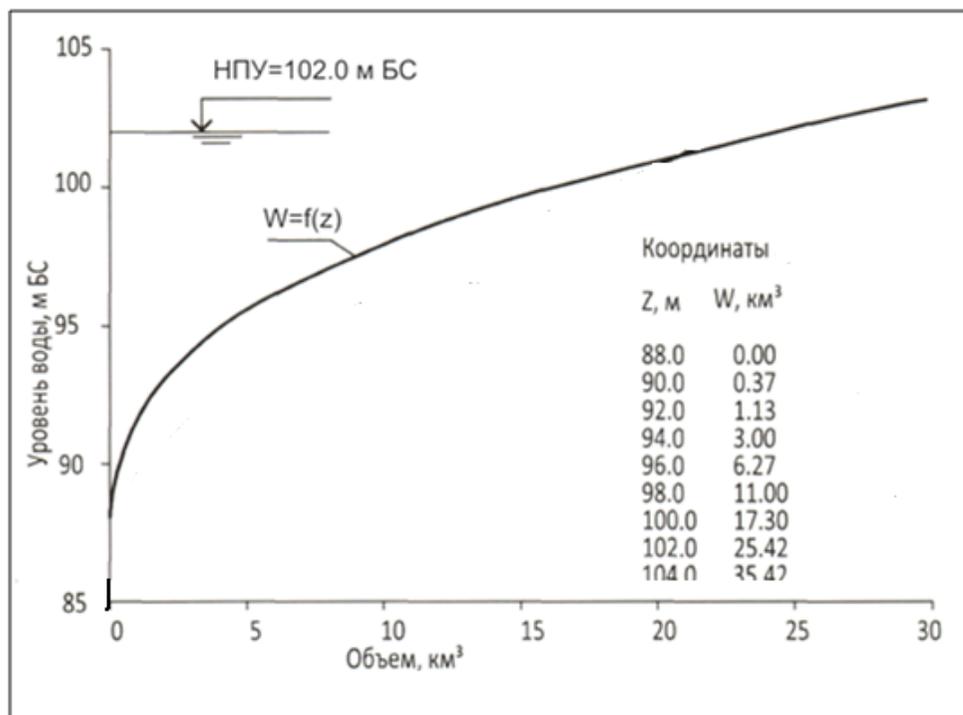
- ◆ Наводнения, вызванные снеготаянием – типичны для большинства равнинных рек.
 - ◆ Наводнения, вызванные дождями большой интенсивности – им подвержены Дальний Восток, юг Восточной Сибири, Северный Кавказ.
 - ◆ Наводнения, вызванные заторами льда – характерны для северных рек, вскрытие которых происходит сверху вниз (р. Северная Двина, р. Лена).
 - ◆ Наводнения вследствие нагонного повышения уровня воды – происходят в морских устьях крупных рек (в Финском заливе Балтийского моря; в устьевой области р. Енисей).
 - ◆ Наводнения техногенного характера – могут быть в верхних и нижних бьефах речных гидроузлов, в стесненных застройкой поймах рек и т.п.
-

На территории Российской Федерации в зонах затопления при формировании максимальных уровней воды находится порядка 400 тыс. км², из которых ежегодно затопляется около 50 тыс. км².

При формировании наводнений вероятностью 1–5 % в зонах затопления оказываются 746 городов и тысячи других населенных пунктов с числом жителей 4,6 млн.

Радикальным направлением деятельности по предотвращению речных наводнений является создание регулирующих водохранилищ.

Так, Рыбинское водохранилище многолетнего регулирования, заполненное в 1940 – 1947 гг., выровняло сток верхней Волги: подъем уровней воды в половодье у г. Ярославля не превышает 2 – 3 м, избавлены от затоплений лежащие ниже города.



Кривая объемов Рыбинского водохранилища



Главный плес Рыбинского водохранилища

Объемы водохранилища:

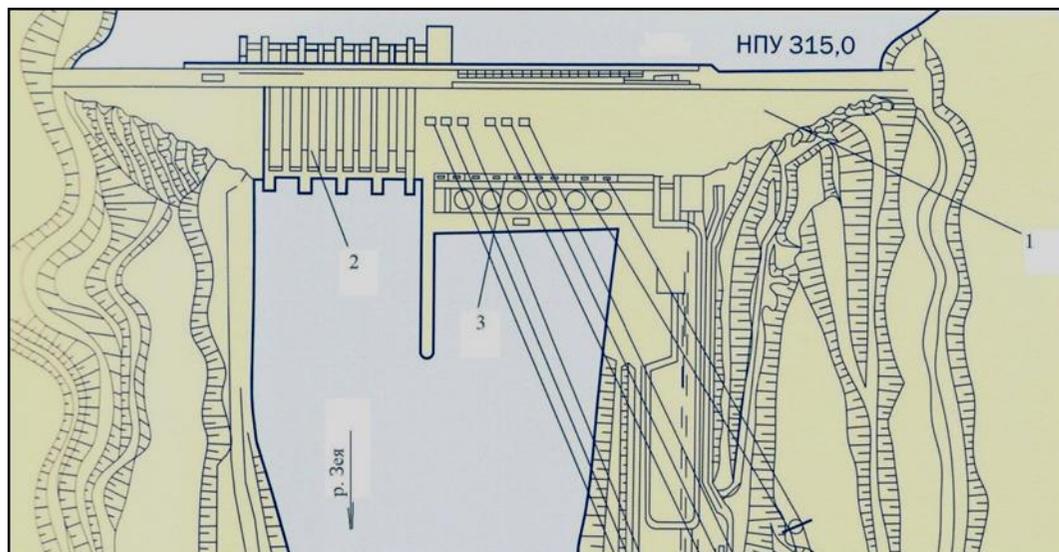
полный – 25,42 км³;

полезный – 16,67 км³ (35% среднего годового стока р. Волги в створе гидроузла);

резервный – 10,0 км³ (между ФПУ и НПУ).

Уровни водохранилища: ФПУ = 104,0 м БС;
НПУ = 102,0 м; УМО = 97,1 м.

Предотвращение наводнений является специальной функцией энергетического Зейского гидроузла на р. Зее (1978 г.)



План сооружений гидроузла:

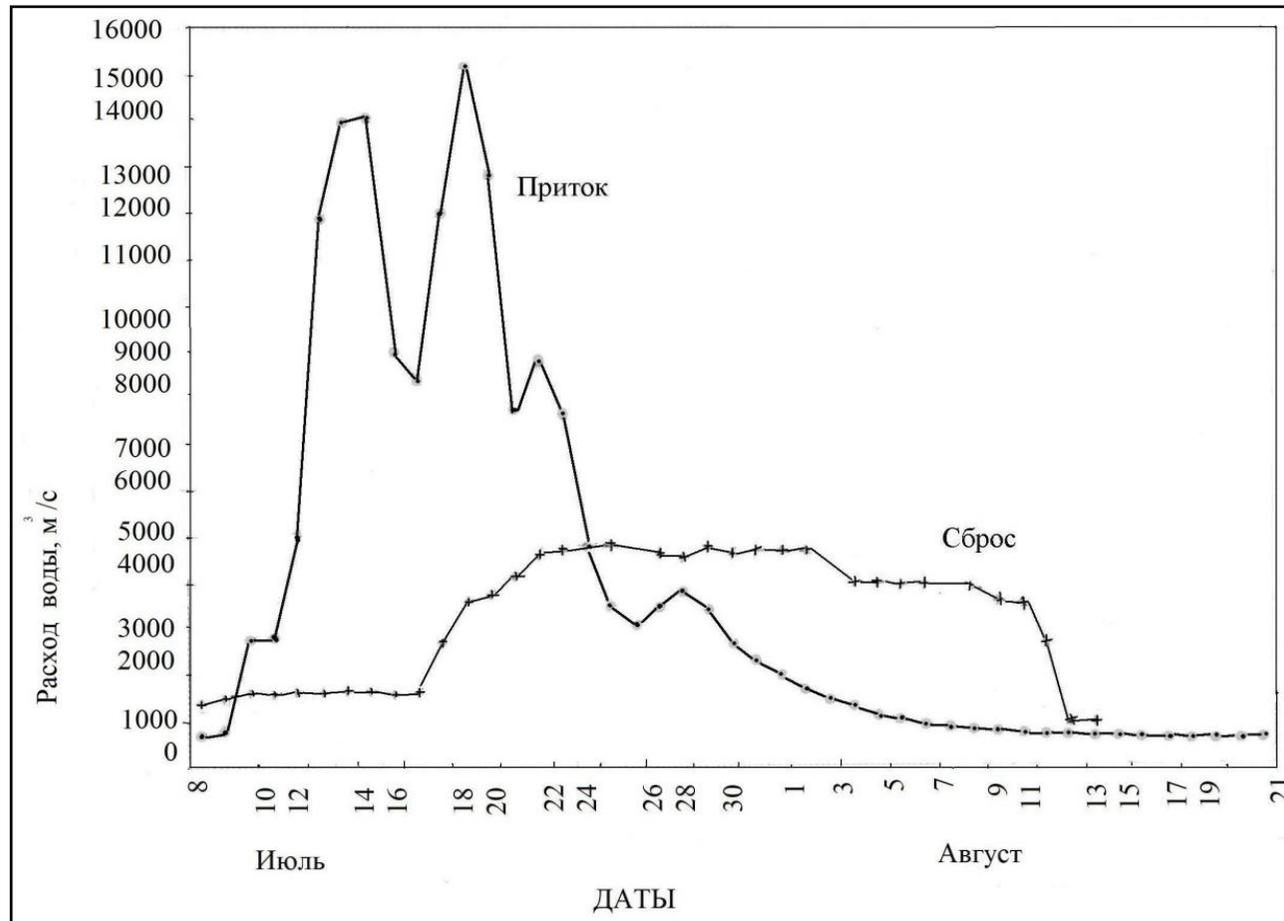
- 1 – бетонная контрфорсная плотина;
- 2 – водосбросная часть плотины;
- 3 – приплотинное здание ГЭС

Общий вид гидроузла



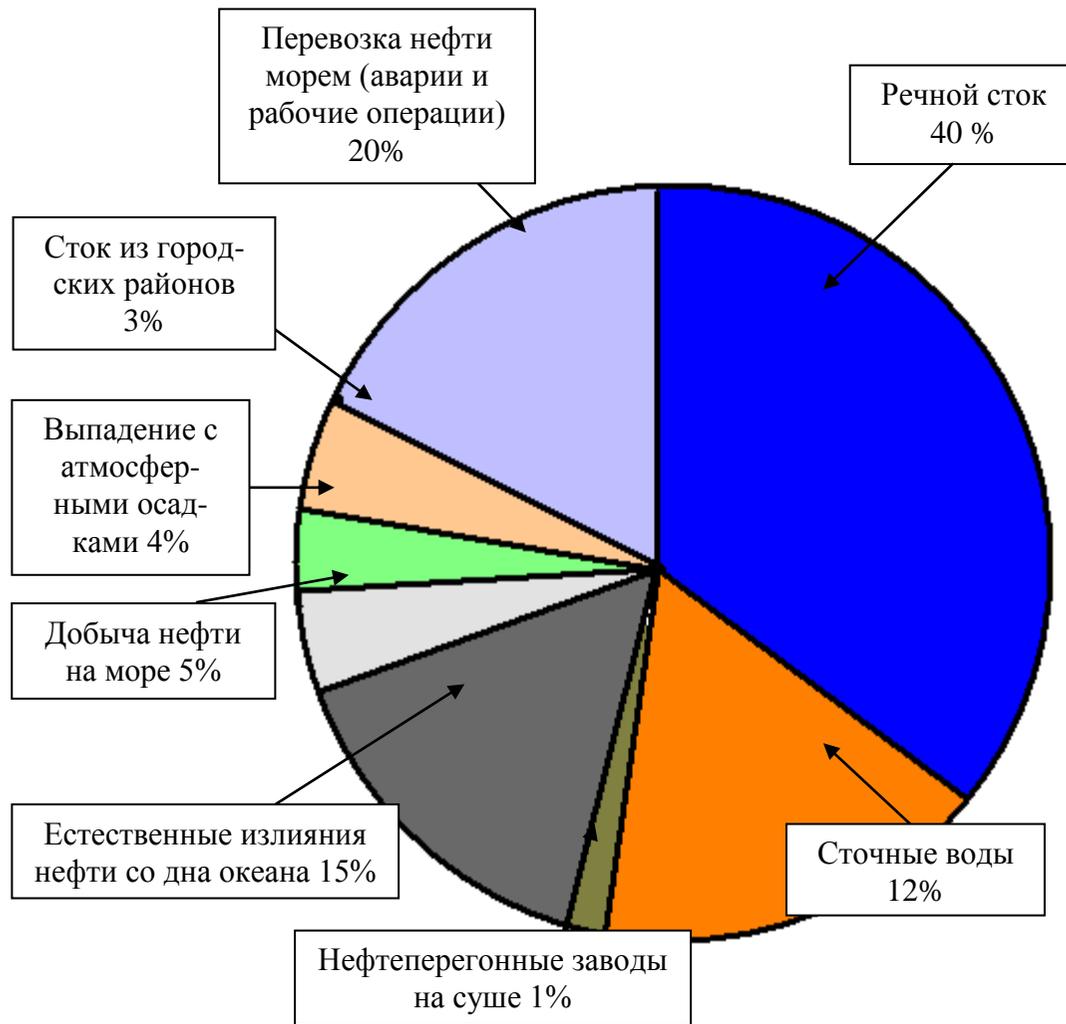
Водохранилище полным объемом 68,4 км³ и полезным объемом 32,2 км³ имеет резервный объем 18,9 км³, что позволяет в нижнем течении р. Зеи расход обеспеченностью 1% уменьшить с 8320 м³/с до 3500 м³/с.

После введения в эксплуатацию Зейского водохранилища (1978 г.) сбросы из него производились всего 3 раза – в 1982, 2006, 2007 гг. Летний паводок 2007 г. был самым большим за 106 лет наблюдений с максимумом 15200 м³/с. При этом максимум сбросного расхода через гидроузел составил 4844 м³/с. Было предотвращено затопление городов Зея, Свободный, Благовещенск, большого количества сельских поселений.



Расходы воды в створе Зейского гидроузла в паводок 2007 г.

Загрязнение морской среды нефтью при разведке и эксплуатации подводных месторождений



Загрязнение мирового океана нефтью: 2–5 млн.т в год – благоприятный сценарий, 5–10 млн.т в год – неблагоприятный сценарий.

От общего количества загрязнений мирового океана нефтью 5% поступает при ее разведке и добыче на шельфе и до 20 % при транспортировке морем.

Большую опасность представляют аварийные разливы нефти в результате фонтанирования скважин в процессе разбуривания и эксплуатации морских нефтегазовых месторождений.

Так, по расчетам Геологического управления США, вероятность крупных аварийных разливов нефти за 20–летний период эксплуатации месторождений в Северном море составляет 91 %, при этом вероятность загрязнения береговой полосы 2 – 23%

Соболь Станислав Владимирович
Февралев Аркадий Валентинович.

БЕЗОПАСНОСТЬ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Учебное пособие

Подписано в печать Формат 60x90 1/16 Бумага газетная. Печать трафаретная.
Уч. изд. л. 12,4. Усл. печ. л. 12,8. Тираж 300 экз. Заказ №

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
603950, Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65.
Полиграфический центр ННГАСУ, 603950, Н.Новгород, Ильинская, 65
<http://www.nngasu.ru>, srec@nngasu.ru