

# БЕЗОПАСНОСТЬ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

# ЛИТЕРАТУРА

- Федеральный закон «О безопасности гидротехнических сооружений» № 117-ФЗ
- СП 58.13339.2012. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003. Гид-ротехнические сооружения. Основные положения.
- ГОСТ Р 22.1.11-2002. Безопасность в чрезвычайных ситуациях
- Приказ Ростехнадзора от 25.04.2016 № 159. Об утверждении состава, формы представления сведений о гидротехническом сооружении, необходимых для формирования и ведения российского регистра гидротехнических сооружений, и правил ее заполнения

# АВАРИИ ГТС И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯ

- В мире ежегодно происходит более 3000 аварий ГТС. Наибольшее число разрушений отмечается на земляных плотинах высотой до 15..30 м с водохранилищами объемом до 10 млн. м<sup>3</sup> .

# ПРИМЕРЫ АВАРИЙ

- Примерами являются аварии Киселевской и Тирлянской грунтовых плотин.
- Киселевская плотина разрушилась 14.07.1993 г. вследствие перелива через её гребень воды. Погибло 15 человек, было разрушено 1200 домов.
- Разрушение Тирлянской плотины произошло 8.08.1994 г. также из-за перелива воды. Погибло 22 человека.

# Перелив воды через гребень



# Разрушение плотины Оровилл (США)



# Авария на Саяно-Шушенской ГЭС

- Произошла 17 августа 2009 года. В результате аварии погибло 75 человек, оборудованию и помещениям станции нанесён серьёзный ущерб.
- Причина: отрыв крышки турбины № 2. Отрыв произошёл из-за плохого контроля технического состояния турбины

# АВАРИЯ НА СШГЭС







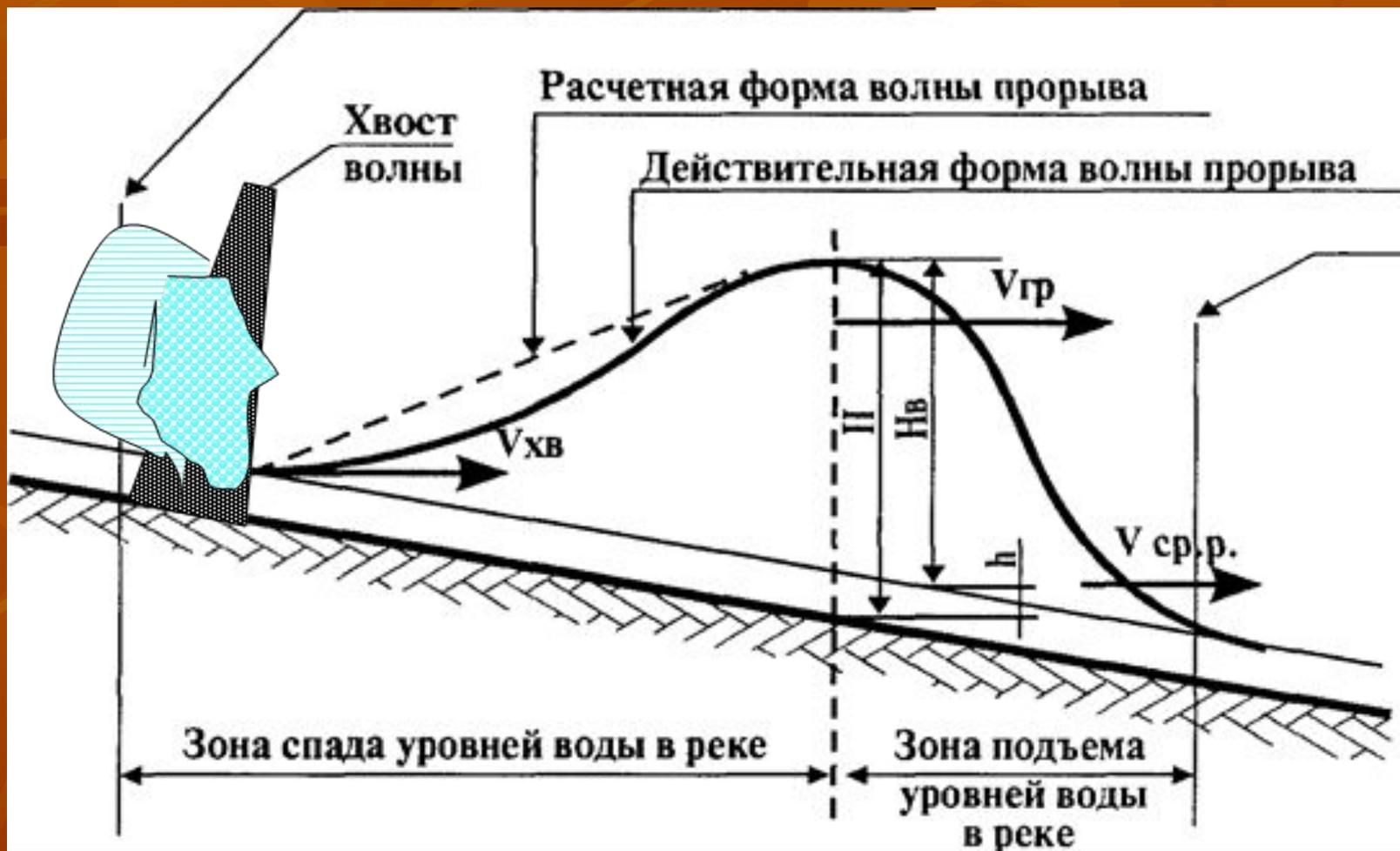
# ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ АВАРИЯ

- ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ АВАРИЯ – это чрезвычайное событие, связанное с выходом из строя (разрушением) гидротехнического сооружения или его части, и неуправляемым перемещением больших масс воды, несущих разрушения и затопления обширных территорий.

# ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ АВАРИЯ (продолжение)

- Последствия гидродинамических аварий:
- - повреждение и разрушение гидроузлов и прекращение выполнения ими своих функций;
- - поражение людей и разрушение сооружений **волной прорыва**, образующейся в результате разрушения гидротехнического сооружения, 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.

# Волна прорыва



# ФАКТОРЫ РИСКА

## ■ **Природные факторы**

1. **Половодья и паводки**
2. **Ледовые явления**
3. **Бури, ураганы, смерчи**
4. **Изменения климата**
5. **Оползни, обвалы**

## ■ **Антропогенные факторы**

1. **Неверная гидрология**
2. **Неправильная геология**
3. **Износ оборудования**
4. **Неправильная эксплуатация**
5. **Некомпетентность**
6. **Халатность**
7. **Военные и террористические действия**
8. **Аварии на соседних объектах**

# Природные факторы

1. Половодья и паводки – образование расходов воды, превышающих расходы, предусмотренные проектом, в результате катастрофических природных явлений.
2. Ледовые явления – образование катастрофических параметров этих явлений (толщины, размеров льдин, заторы, зажоры)

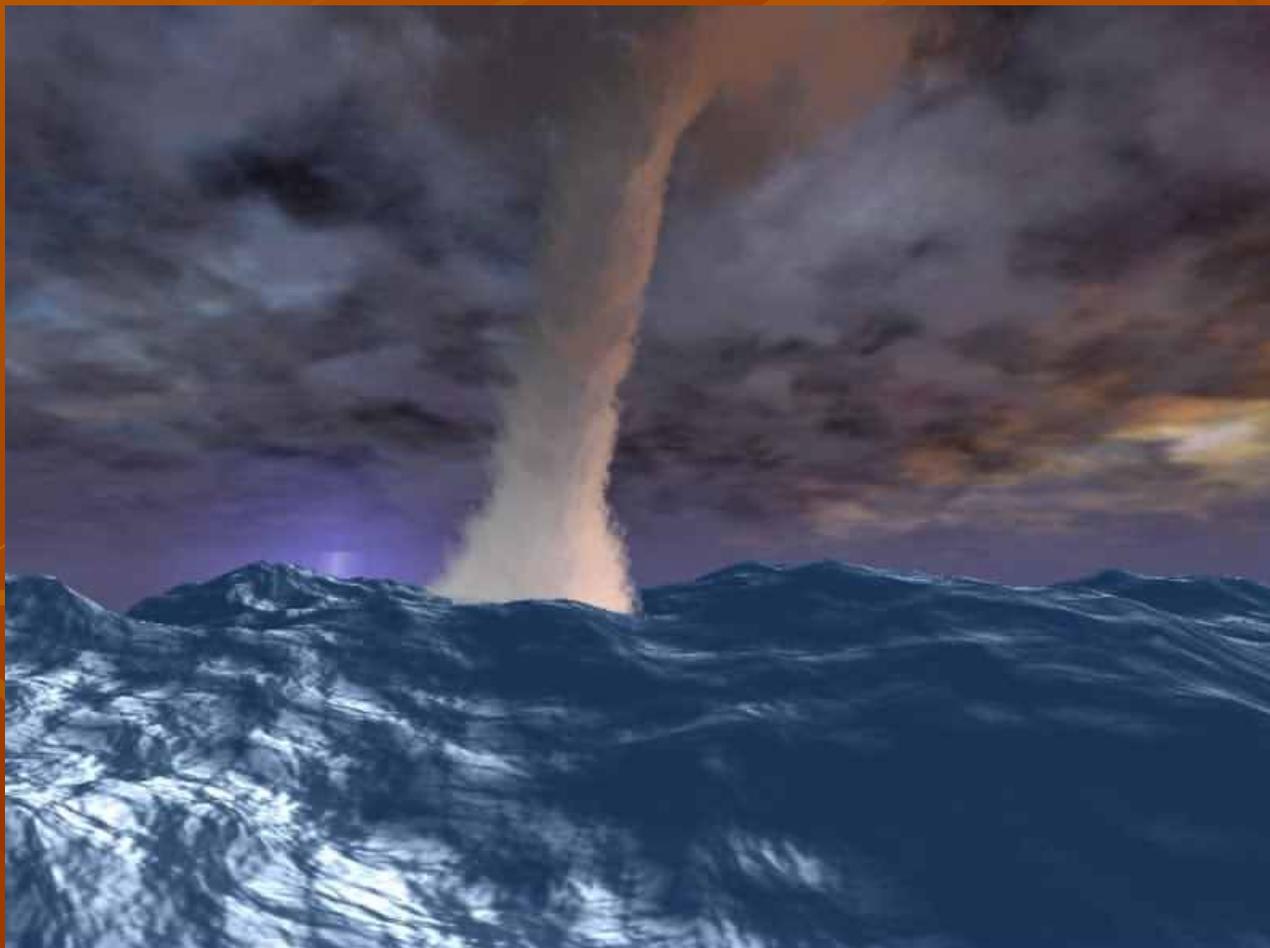
# Зажоры и заторы

- ЗАЖОР – заполнение живого сечения водотока шугой (внутриводным льдом); в результате – подъем уровня воды без увеличения расходы. Обычно в начале зимы, в период осеннего ледохода.
- ЗАТОР – заполнение живого сечения водотока поверхностным льдом из-за какой-либо преграды. Чаще весной, в период весеннего ледохода. Преграда - обычно неподвижный лед

# 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.

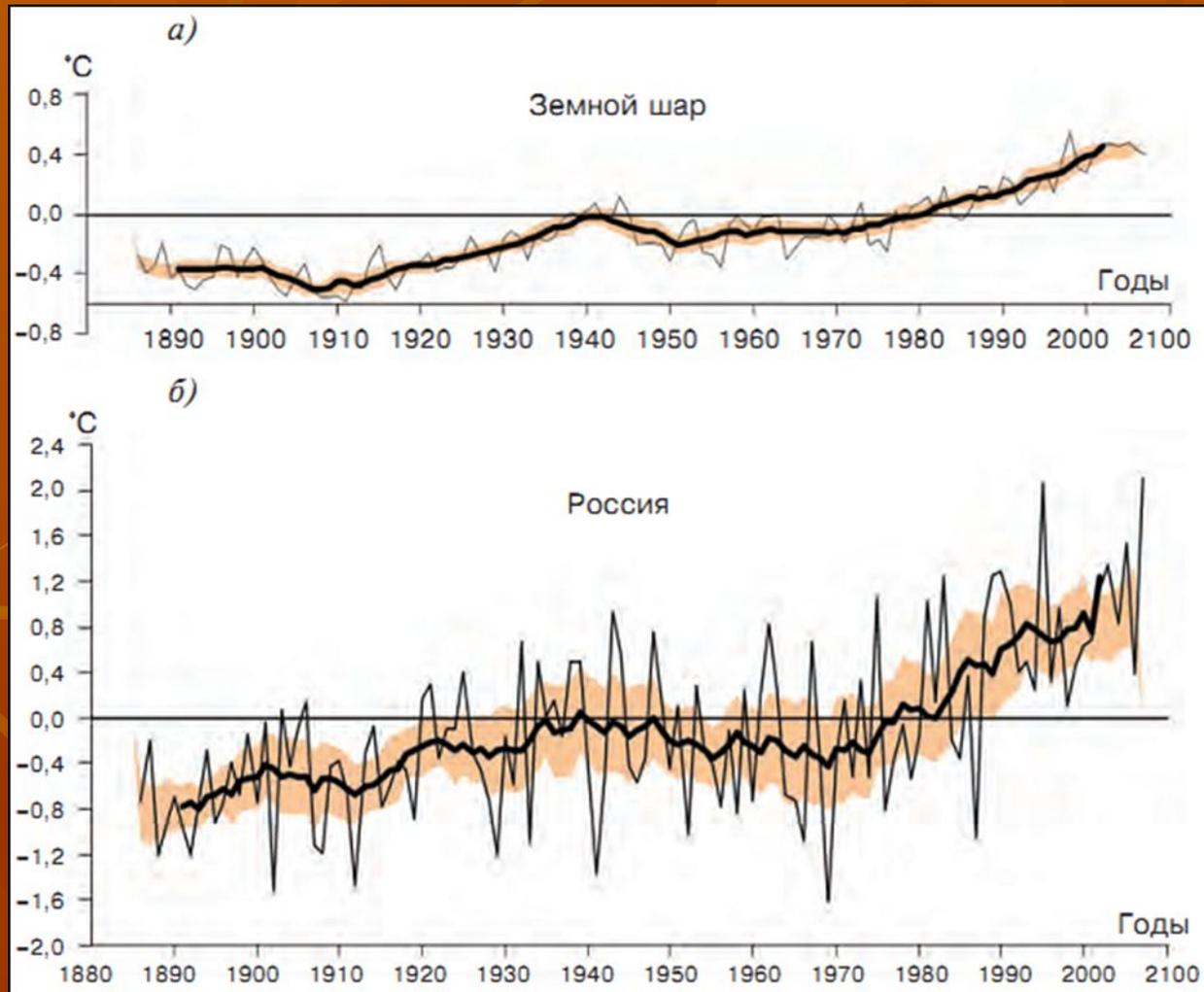
# Торнадо



# Изменения климата

- 1. Изменение температуры воздуха вне пределов многолетних наблюдений.
- 2. Изменение количества осадков
- 3. Изменение ветрового режима
- 4. Изменение количества испарений

# Изменение среднегодовой температуры воздуха



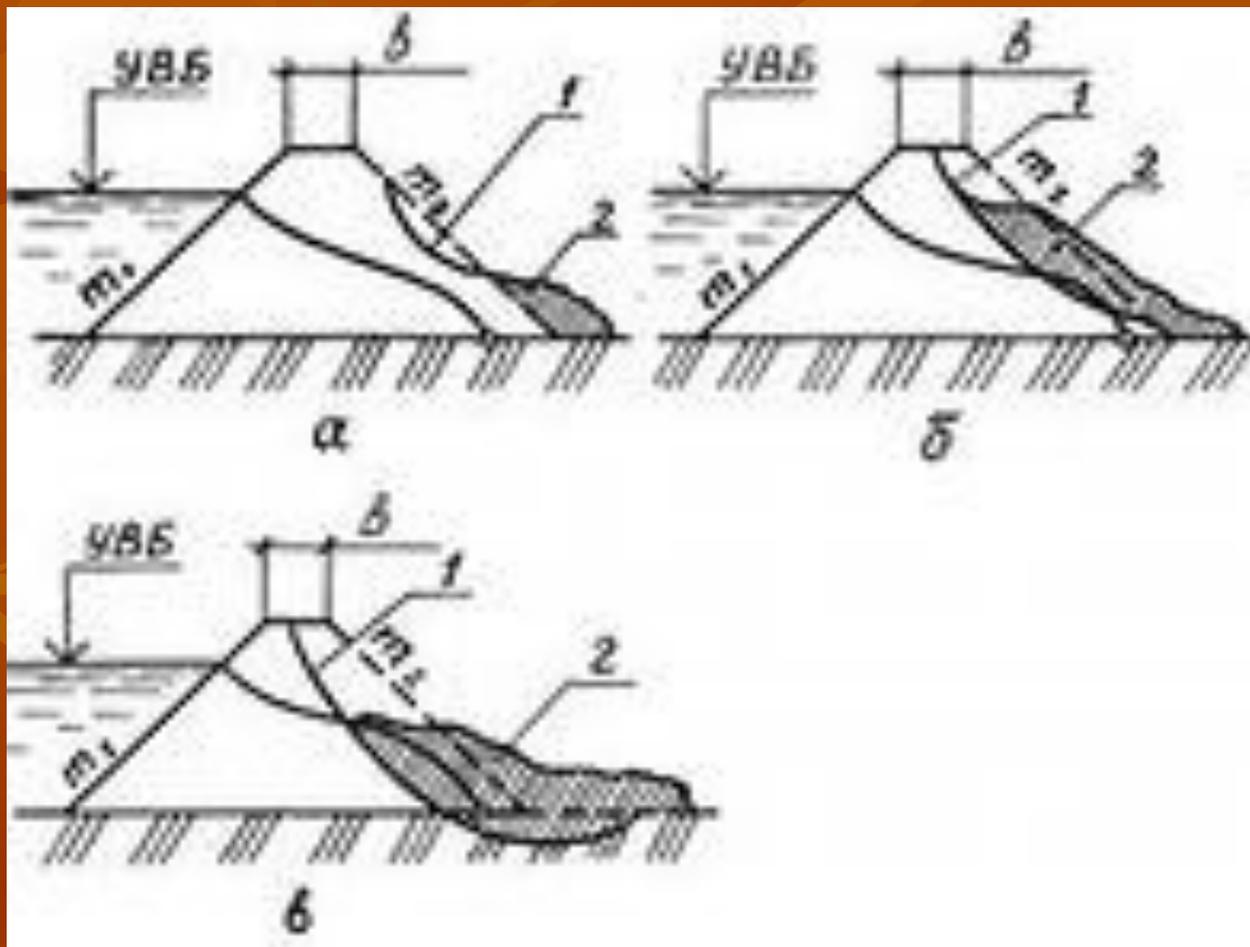
# Обвалы, оползни

- ОБВАЛ – отрыв и падение масс горных пород вниз под действием силы тяжести. Обвалы возникают на склонах речных берегов возникают на склонах речных берегов и долин, в горах, на берегах морей.
- ОПОЛЗЕНЬ – отделившаяся масса рыхлых пород, медленно и постепенно оползающая по наклонной плоскости отрыва, например, обрушение откосов ПЛОТИН

# Обвал



# Обрушение откосов плотин



# АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ

- Неверная гидрология – как правило, занижение при изысканиях и проектировании максимальных расходов.
- Неправильная геология – неправильное определение при изысканиях состава грунтов и их физико-механических характеристик

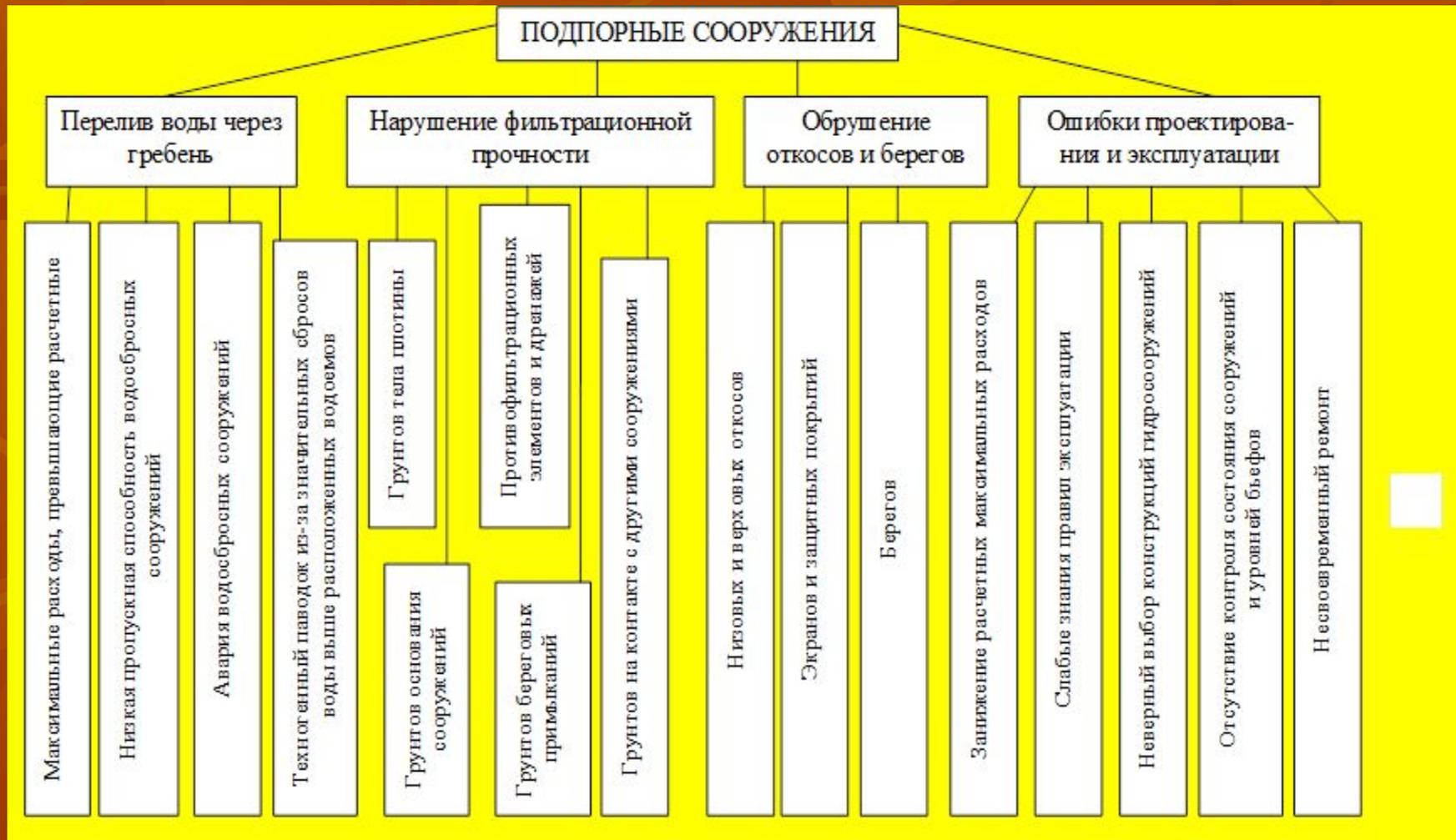
# Антропогенные факторы (продолжение)

- Износ оборудования – исчерпание технического ресурса оборудования без капитального ремонта или замены.
- Неправильная эксплуатация – эксплуатация, выполняемая не по утвержденным правилам или вообще без правил

# Антропогенные факторы (продолжение)

- Некомпетентность – эксплуатация необученным персоналом.
- Халатность – игнорирование эксплуатационным персоналом выполнения необходимых действий.
- Военные и террористические действия – действия, направленные на разрушение ГТС.
- Аварии на соседних объектах – аварии ГТС, наведенные другими авариями

# Аварии подпорных ГТС



# Параметры последствий при прорыве ПЛОТИН

| Градация последствий | Характеристика последствий  | Высота волны прорыва, % высоты в створе плотины | Время добегания гребня волны прорыва, час. |
|----------------------|---|---|--|
| Катастрофические     | Затопления больших территорий (в том числе вне границ долин), паралич хозяйственной деятельности, полное изменение уклада жизни, огромный материальный ущерб, гибель людей  | ~100  | < 1  |
| Значительные         | Частичное или полное затопление долины реки, существенные нарушения производственной деятельности и резкие изменения уклада жизни, массовая эвакуация населения и материальных ценностей, значительный материальный ущерб | < 100...75                                      | 1...4                                      |
| Ощутимые             | Затопление сравнительно больших участков долин, отдельные нарушения уклада жизни и производственной деятельности людей, частичная эвакуация населения, ощутимый материальный ущерб  | < 75...50                                       | 4...24                                     |
| Незначительные       | Небольшие подъемы уровней воды и площади затоплений, сохранение режима жизни и производственной деятельности, незначительный материальный ущерб   | < 50  | > 24                                       |

# ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКОН «О БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ» № 117-ФЗ от 21 июля 1997 г.

Гидротехнические сооружения вносятся в  
Российский регистр гидротехнических  
сооружений (далее - Регистр).

Регистр формируется и ведется в порядке,  
установленном Правительством  
Российской Федерации.

# Безопасность ГТС (по закону 117-ФЗ)

Безопасность ГТС – свойство гидротехнических сооружений, позволяющее обеспечивать защиту жизни, здоровья и законных интересов людей, окружающей среды и хозяйственных объектов

# Общие требования к обеспечению безопасности ГТС

Требования Закона № 117-ФЗ:

- обеспечение допустимого уровня риска аварий гидротехнических сооружений;
- представление деклараций безопасности гидротехнических сооружений;
- государственный надзор за безопасностью гидротехнических сооружений;
- непрерывность эксплуатации гидротехнических сооружений;

## Требования Закона № 117-ФЗ: (продолжение)

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

## Требования Закона № 117-ФЗ: (продолжение)

- 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.

# Требования МЧС

- разработка распорядительных и организационных документов по предупреждению чрезвычайных ситуаций (ЧС);
- разработка и реализация планов мероприятий по предупреждению ЧС; прогнозирование ЧС техногенного и природного характера, определение и периодическое уточнение показателей риска ЧС для персонала и населения;

## Требования МЧС (продолжение)

- обеспечение готовности объектовых органов управления, сил и средств к действиям по предупреждению и ликвидации ЧС;
- подготовка персонала к действиям при ЧС;
- сбор, обработка и выдача информации в области предупреждения ЧС, защиты населения и территорий от их опасных воздействий

## Требования МЧС (продолжение)

- создание объектовых резервов материальных и финансовых ресурсов для ликвидации ЧС.
- разработка плана действий по предупреждению и ликвидации ЧС и документация, регламентирующая деятельность объекта;
- создание системы оповещения.

## Требования СНиП (СП 58.13339.2012)

- разрабатывать специальный проект натуральных наблюдений за работой ГТС и состоянием, как в процессе строительства, так и при эксплуатации;
- ГТС, повреждения которых могут привести к возникновению чрезвычайных ситуаций, на всех стадиях их создания и эксплуатации подлежат декларированию безопасности.

# ДЕКЛАРАЦИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

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

# Форма декларации безопасности

- Форма утверждена приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 02.07.2012 N 377 «Форма декларации безопасности гидротехнических сооружений (за исключением судоходных гидротехнических сооружений)»

# Состав декларации безопасности

- I. Общая информация
- II. Анализ и оценка безопасности ГТС
- III. Сведения об обеспечении готовности эксплуатирующей организации к локализации и ликвидации опасных повреждений и аварийных ситуаций
- IV. Порядок информирования общественности

# Состав декларации безопасности (продолжение)

V. Заключение, включающее оценку уровня безопасности отдельных ГТС и комплекса ГТС объекта, а также перечень необходимых мероприятий по обеспечению безопасности.

Приложения

# I. Общая информация

- Наименование ГТС. Дата строительства.
- Эксплуатирующая организация.
- Собственник ГТС.
- Разработчик проекта.
- Строительные организации.
- Природные характеристики, в т. ч. реки.
- Характеристики ГТС, водохранилища

## II. Анализ и оценка безопасности ГТС

- Основные сведения, характеризующие безопасность ГТС: общие меры, критерии безопасности, организация контроля, запасы средств и оборудования; сведения об обследовании ГТС; соответствие ГТС критериям безопасности, проекту, требованиям безопасности.

## II. Анализ и оценка безопасности ГТС (продолжение)

- Определение значения риска аварии ГТС; возможные источники опасности для ГТС; сценарии возможных аварий и повреждений; значение степени опасности (вероятности) для сценария наиболее тяжелой и наиболее вероятной аварии и повреждения); максимальное значение вероятности аварии; расчет параметров волны прорыва при гидродинамической аварии;

## II. Анализ и оценка безопасности ГТС (продолжение)

- величина размера вероятного вреда;
- Выводы о соответствии значения риска (вероятности) аварии ГТС допустимому уровню.

### III. Готовность эксплуатирующей организации к локализации и ликвидации аварий

- меры по обеспечению эксплуатационной надежности, а также по предотвращению и ликвидации аварийных ситуаций;
- соответствие системы организации контроля состояния ГТС требованиям безопасности ГТС;
- сведения о проводимых тренировках работников эксплуатирующей организации;

### III. Готовность эксплуатирующей организации к локализации и ликвидации аварий (продолжение)

- Оценка готовности эксплуатирующей организации к предупреждению, локализации и ликвидации чрезвычайных (аварийных) ситуаций на ГТС.

# IV. Порядок информирования общественности

- порядок информирования населения, органов надзора, органов исполнительной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления и территориальных органов МЧС о возможных и возникших на ГТС аварийных ситуациях

## V. Заключение

- итоговая оценка уровня безопасности;
- перечень мер по обеспечению технически исправного состояния ГТС и его безопасности, а также по предотвращению аварии ГТС.

# Приложения к декларации безопасности

- Сведения о ГТС, необходимые для формирования и ведения Российского регистра гидротехнических сооружений;
- Акт преддекларационного обследования ГТС;
- Расчет вероятного вреда;
- Заключение МЧС или его территориального органа о готовности эксплуатирующей организации к локализации и ликвидации ЧС.

# Дополнительные требования к декларации безопасности

- Согласно приказу Ростехнадзора от 3.11.2011 № 625 дополнительные требования к содержанию декларации безопасности вводятся для:
  - - ГТС объектов энергетики;
  - - ГТС ТЭС при наличии золоотвалов;
  - - ГТС объектов промышленности;
  - - ГТС водохозяйственных комплексов;
  - - проектируемого ГТС; строящегося ГТС; вводимого в эксплуатацию ГТС; ГТС после реконструкции или капитального ремонта; ГТС при выводе из эксплуатации или консервации.

# Критерии безопасности

- Критерии безопасности – это предельные значения показателей состояния ГТС:
  - *K1 – предупреждающий уровень, соответствующей нормальной эксплуатации.*
  - *K2 – предельный уровень, при котором эксплуатация не допускается.*

# КОНТРОЛИРУЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

- Отметки депрессионной поверхности
- Пьезометрические напоры
- Градиенты напора
- Фильтрационные расходы
- Вертикальные перемещения (осадки) ГТС и их оснований
- Горизонтальные перемещения ГТС и их оснований
- Раскрытие трещин
- Глубина размыва дна рисбермы

# Определение критериев безопасности

- Уровни верхнего бьефа (УВБ)
  - $K1(\text{УВБ}) = \text{НПУ};$
  - $K2(\text{УВБ}) = \text{ФПУ}.$
- Критерии безопасности для гребня плотины
  - $K1(\text{Гр}) = \text{Гр}_{\text{проект}} - 0,50 \text{ м};$
  - $K2(\text{Гр}) = \text{Гр}_{\text{проект}} - 0,05 \text{ м}.$

Гр – измеренная отметка гребня

(минимальное значение);  $\text{Гр}_{\text{проект}}$  – проектная  
отметка гребня

# Критерии безопасности для положения поверхности депрессии плотины

- В качестве диагностических показателей  $K1$ ,  $K2$  принимаются измеряемые уровни воды в пьезометрах  $P_{\text{изм.}}$ 
  - $P_{\text{осн}}(x_i) = K1(x_i)$ ;
  - $P_{\text{особ}}(x_i) = K2(x_i)$ ,
- где  $x_i$  – координата и номер пьезометра,
- $P_{\text{осн}}(x_i)$  (при УВБ=НПУ);
- $P_{\text{особ}}(x_i)$  (при УВБ=ФПУ).

# Критерии безопасности для фильтрационной прочности

- $K1 = I_{\text{доп}}$ ;
- $K2 = 0,9 I_{\text{доп}}$
- $I_{\text{доп}}$  – 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.

# 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 осадок плотины;  $\Delta S$  — погрешность определения осадки.
  - $K1(t) = S_{\text{расч}}(t) - \Delta S.$

## Критериальные значения качественных показателей состояния грунтовой плотины

- *K1*-появление протяжённых фронтальных трещин на гребне;
  - - отрыв полотна плит от основания парапета;
  - - локальная просадка гребня
- *K2*-вертикальные трещины в направлении уреза воды и заметные деформации профиля откоса;
  - - смещения участка крепления с отрывом плит от основания;
  - - просадка гребня с разрушением дорожного покрытия и др.

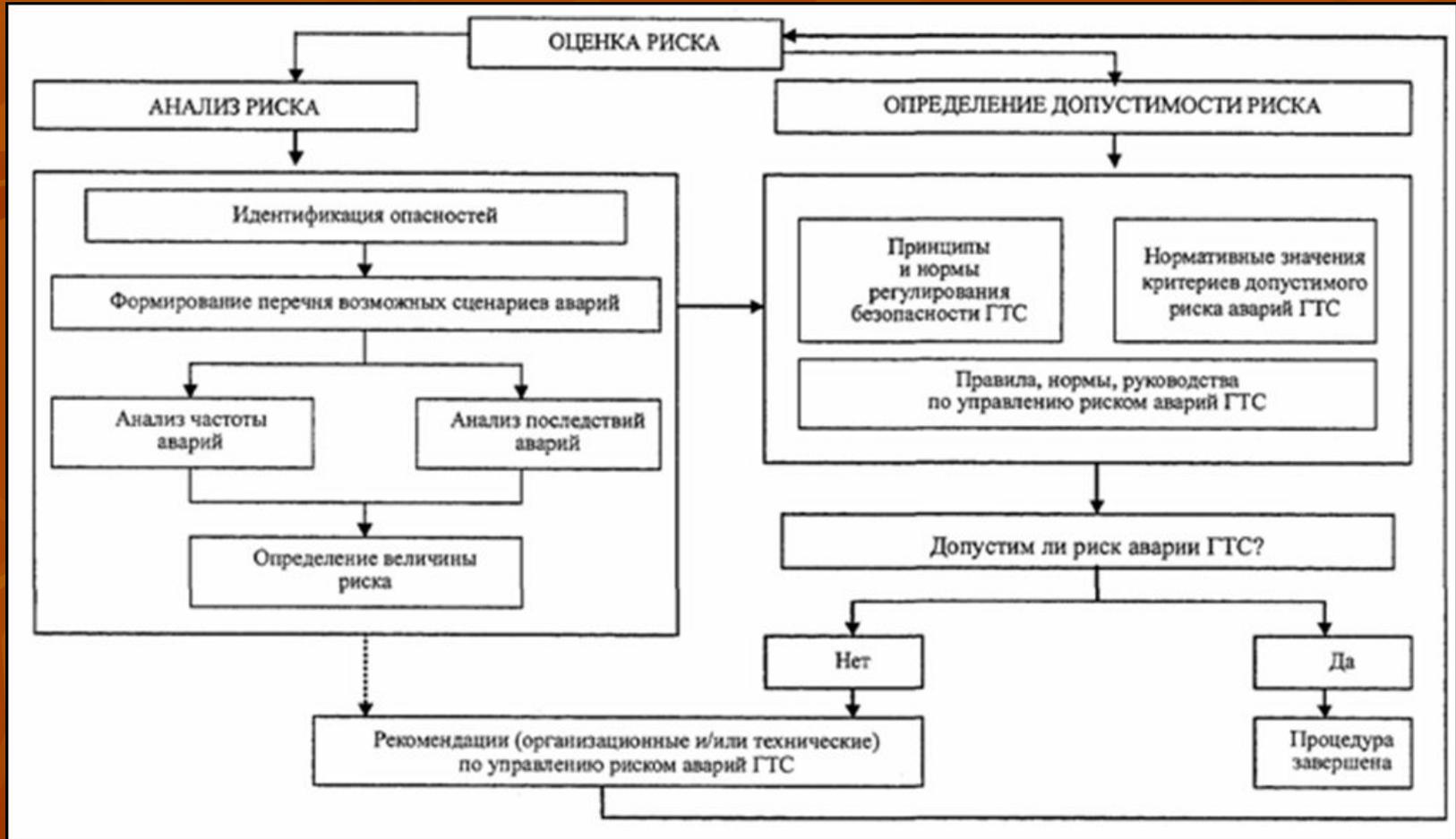
# Определение значения риска аварии ГТС

- **Риск аварии** – вероятностная или детерминистическая оценка степени отклонения состояния ГТС и условий эксплуатации от нормативных значений
- **Риск возникновения чрезвычайной ситуации** - вероятность или частота возникновения источника чрезвычайной ситуации, определяемая соответствующими показателями риска (по ГОСТ Р 22.0.02-2002)

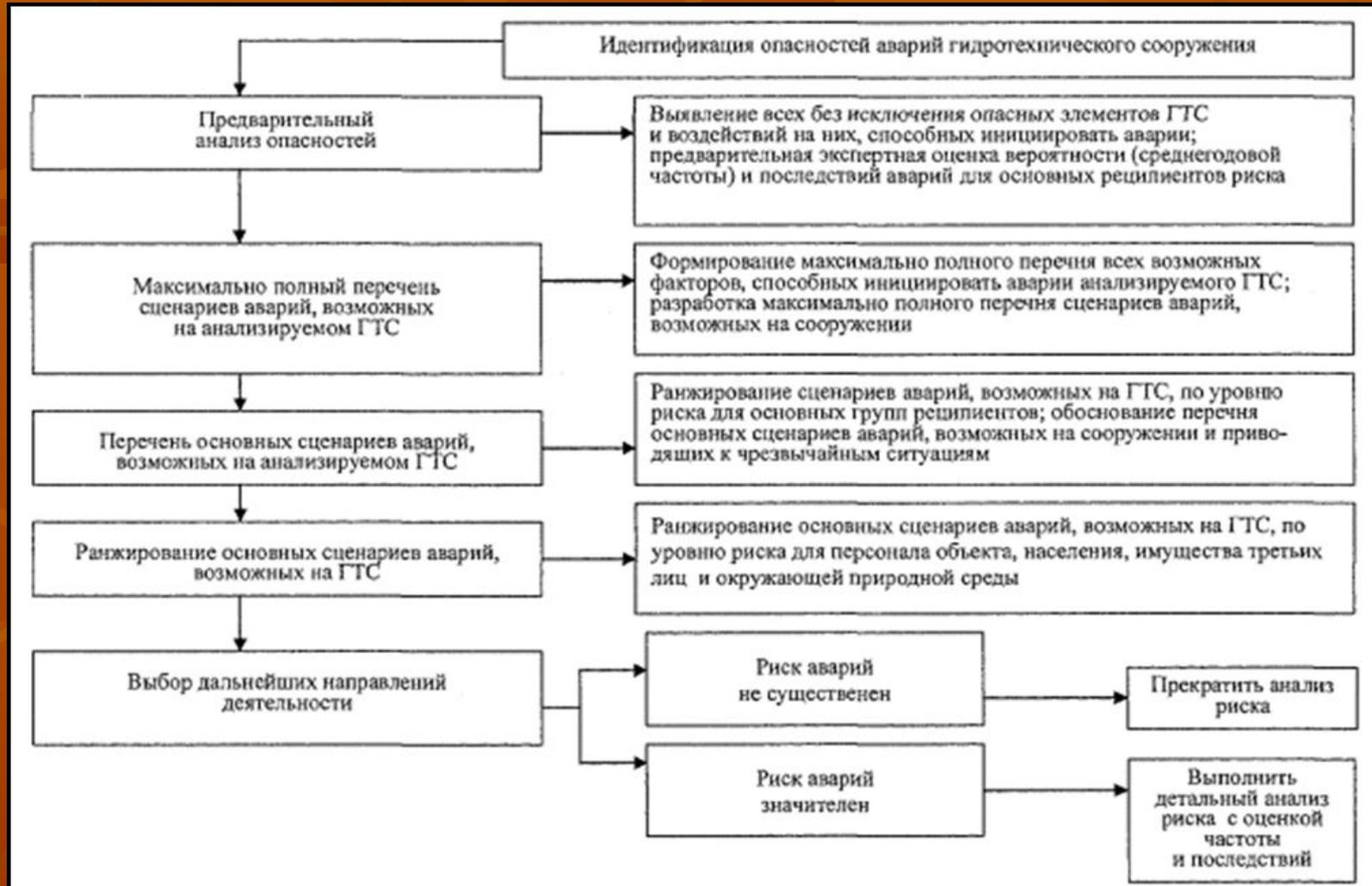
# Методология оценки риска аварии ГТС

- идентификация опасностей;
- определение частот возникновения инициирующих и всех нежелательных событий;
- оценка последствий возникновения нежелательных событий;
- обобщение оценок риска.

# Схема оценки риска



# Идентификация опасностей (факторов риска)



# Примеры сценариев аварий для грунтовой плотины

| Обозначение сценария | Описание сценария   |
|----------------------|---|
| А1                   | <b>Перелив через гребень</b> → образование прорана → возникновение волны прорыва → затопление территории НБ → гидродинамическая авария  |
| А2                   | <b>Обрушение откоса</b> → образование прорана → возникновение волны прорыва → затопление территории НБ → гидродинамическая авария   |
| А3                   | <b>Нарушение фильтрационной прочности грунтов</b> → фильтрационный размыв → образование прорана → возникновение волны прорыва → затопление территории НБ → гидродинамическая авария |

# Методы определения риска аварии

- Статистические.
- Вероятностные.
- Детерминистические.
- Экспертные.

# Статистические оценки риска

- Для грунтовых плотин:
- Риск перелива через гребень  $2,6 \cdot 10^{-4}$  1/год.
- Риск обрушения откоса  $3,1 \cdot 10^{-4}$  1/год .
- Риск нарушения фильтрационной прочности грунта  $4,5 \cdot 10^{-4}$  1/год .

# Расчеты вероятного вреда при аварии

- **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.

# Расчеты вероятного вреда при аварии (продолжение)

- Вероятный вред от аварии на ГТС:

$$I_{\text{общ}} = I_{\text{л}} + I_{\text{о}} + I_{\text{2}} + I_{\text{тжэ}} + I_{\text{5}}$$

$I_{\text{л}}$  – затраты, понесенные в результате гибели, пропажи без вести и травматизма людей;

$I_{\text{о}}$  – ущерб основным и оборотным фондам предприятий, кроме основных и оборотных фондов владельца ГТС;

# Расчеты вероятного вреда при аварии (продолжение)

$I_2$  – ущерб готовой продукции предприятий, кроме продукции владельца ГТС;

$I_{\text{тжэ}}$  – ущерб элементам транспорта и связи, жилому фонду, имуществу граждан, сельскохозяйственному производству, лесному фонду от потери леса, от затопления и гибели лесов, от сброса опасных веществ (отходов) в окружающую среду, а также ущерба вызванного нарушением водоснабжения;

$I_5$  - расходы на ликвидацию последствий аварии.

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

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

# Выводы о соответствии риска аварии ГТС допустимому уровню

- Допустимый риск – значение риска аварии гидротехнического сооружения, установленное нормативными документами (Закон № 117-ФЗ).
  - По СП 58.13330.2012 (СНиП 33-01-2003)
    - Для I класса допустимый риск  $5 \cdot 10^{-5}$  1/год.
    - Для II класса допустимый риск  $5 \cdot 10^{-4}$  1/год.
    - Для III класса допустимый риск  $2,5 \cdot 10^{-3}$  1/год.
    - Для IV класса допустимый риск  $5 \cdot 10^{-3}$  1/год.

# ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ГТС

- Оценка безопасности ГТС – определение соответствия состояния ГТС и квалификации работников нормам и правилам, утвержденным в порядке, определенным законом № 117-ФЗ

# Характеристика состояния ГТС

- *Надежное (работоспособное) эксплуатационное состояние ГТС (при  $K \leq K_1$ )*
- *Удовлетворительное (частично неработоспособное) эксплуатационное состояние ГТС (при  $K_1 < K \leq K_2$ )*
- *Предаварийное (предельное) эксплуатационное состояние ГТС ( $K > K_2$ )*
- *$K$  – контролируемый показатель состояния ГТС*

# Уровень безопасности

- Согласно Приказу Ростехнадзора от 25.04.2016 № 159 уровень безопасности может быть:
- нормальный уровень безопасности: ГТС соответствуют проекту, действующим нормам и правилам, критерии безопасности не превышают предельно допустимых, эксплуатация осуществляется без нарушений действующих норм и правил, предписания органов государственного надзора выполняются;

# Уровень безопасности (продолжение)

- пониженный уровень безопасности:  
невыполнение первоочередных мероприятий или неполное выполнение предписаний органов государственного надзора по обеспечению безопасности ГТС и другие нарушения правил эксплуатации при прочих условиях, приведенных в предыдущем пункте;

# Уровень безопасности (продолжение)

- неудовлетворительный уровень безопасности: снижение механической или фильтрационной прочности, превышение предельно допустимых значений критериев безопасности для работоспособного состояния, другие отклонения от проектного состояния, способные привести к развитию аварии;

# Уровень безопасности (продолжение)

- опасный уровень безопасности: наступает вследствие развивающихся процессов снижения прочности и устойчивости элементов ГТС и их оснований, превышения предельно допустимых значений критериев безопасности, характеризующих переход от частично неработоспособного к неработоспособному состоянию сооружений и оснований

# МОНИТОРИНГ БЕЗОПАСНОСТИ ГТС

- Мониторинг безопасности ГТС - это совокупность постоянных (непрерывных) наблюдений за состоянием безопасности ГТС и характером воздействия опасных факторов на окружающую среду.
- Осуществляется на основании положений ГОСТ Р 22.1.11-2002 «Мониторинг состояния водоподпорных гидротехнических сооружений (плотин) и прогнозирование возможных последствий гидродинамических аварий на них»

# Требования ГОСТ Р 22.1.11-2002

- **Основные положения**
- 1. Мониторинг состояния водоподпорных ГТС сооружений (плотин) и прогнозирование чрезвычайных ситуаций, вызванных гидродинамическими авариями на ГТС, является составной частью системы государственного мониторинга и прогнозирования ЧС (по ГОСТ 22.1.01 и ГОСТ 22.1.02).

2. Мониторинг состояния водоподпорных ГТС осуществляет собственник ГТС или эксплуатирующая организация

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

4. 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

## Общие требования к системе мониторинга состояния водоподпорных гидротехнических сооружений (плотин)

- 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 контрольно-измерительной аппаратурой при специальном обосновании. В случае невозможности создания АСК на сооружениях этих классов применяют информационно-диагностические системы контроля с ручным вводом данных наблюдений.

# Состав мониторинга состояния

- - 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.

# Общие требования к системе прогнозирования последствий гидродинамических аварий

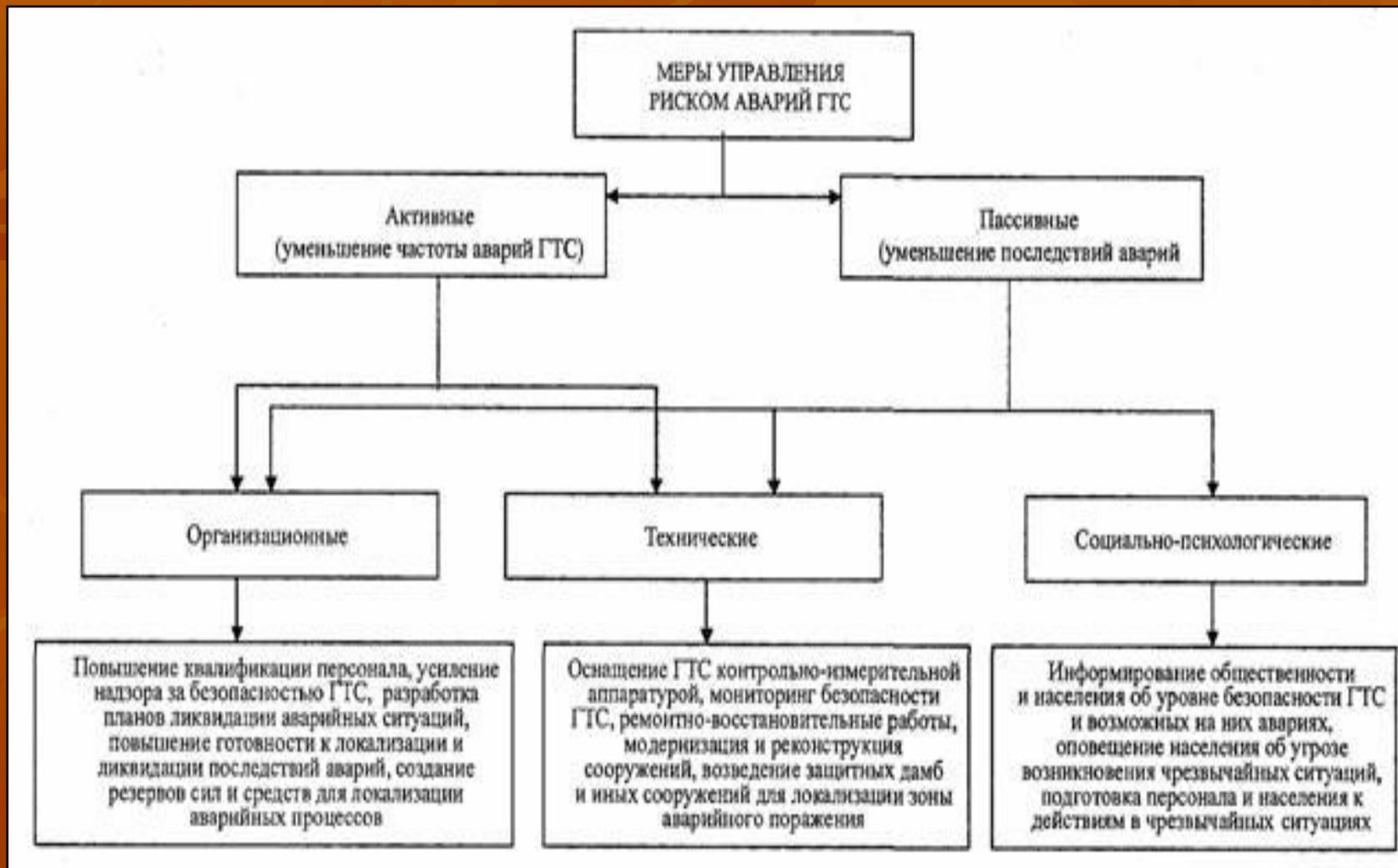
- - прогнозирование степени разрушения ГТС;
- - прогнозирование параметров волны прорыва, образующейся при разрушении ГТС;
- прогнозирование поставарийного состояния русла и поймы в возможной зоне затопления;

- 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 гидродинамической аварии (волны прорыва) на водоподпорных ГТС

| Наименование параметров волны прорыва   | Характер воздействий волны прорыва   |
|---|--|
| 1 Ширина прорыва в ГТС, м   | Степень затопления и разрушений, потерь  |
| 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  |

# Мероприятия по снижению риска



# РОССИЙСКИЙ РЕГИСТР ГТС

- Регистр - единая система учета, регистрации, хранения и предоставления информации о ГТС РФ.
- Цели Регистра: государственная регистрация и учет ГТС; сбор, обработка, хранения, предоставления и распространения информации о количественных и качественных показателях состояния ГТС;

# Российский регистр ГТС (продолжение)

- создания информационной основы для разработки и осуществления мероприятий по обеспечению безопасности ГТС и предупреждению ЧС;
- информационного обеспечения государственного управления, надзора в области безопасности ГТС.

# Состав сведений Регистра

- Общие характеристики ГТС (комплексов ГТС);
- Технические характеристики ГТС – для каждого ГТС составляется таблица технических характеристик.

# ИНФОРМИРОВАНИЕ ОБЩЕСТВЕННОСТИ

- Для подготовки населения в области ГО, защиты от ЧС, обеспечения пожарной безопасности и охраны общественного порядка, а также оперативного информирования и своевременного оповещения граждан о ЧС и угрозе террористических акций используются технические средства информации: наружные, внутренние, радио, ТВ и др.

# Системы оповещения

- федеральная система оповещения;
- межрегиональная система;
- региональная система (субъекта);
- местная система (муниципальная);
- локальная система (в районе ГТС) для органов МЧС, персонала эксплуатации, руководства ГТС, населения вблизи ГТС.

# ПАСПОРТ ОПАСНОГО ОБЪЕКТА

- ПАСПОРТ составляется согласно Приказа МЧС РФ от 4 ноября 2004 г. N 506 «Об утверждении типового паспорта безопасности опасного объекта».

# Состав паспорта

- Паспорт безопасности опасного объекта включает в себя:
  - титульный лист;
  - разделы:
    - "Общая характеристика опасного объекта";
    - "Показатели степени риска чрезвычайных ситуаций";
    -

# Состав паспорта (продолжение)

- "Характеристика аварийности и травматизма";
- "Характеристика организационно-технических мероприятий, обеспечивающих безопасность объекта и готовность к ликвидации чрезвычайных ситуаций";
- последний лист, содержащий подписи разработчиков.

# Состав паспорта (продолжение)

- К паспорту безопасности опасного объекта прилагаются ситуационный план с нанесенными на него зонами последствий от возможных чрезвычайных ситуаций на объекте, диаграммы социального риска (F/N-диаграмма и F/G-диаграмма), расчетно-пояснительная записка.

# Состав паспорта – расчетно- пояснительная записка

- Расчетно-пояснительная записка должна иметь следующую структуру:
  - титульный лист;
  - список исполнителей с указанием должностей, научных званий,
  - названием организации;
  - аннотация;
  - содержание (оглавление);
  - задачи и цели оценки риска;

# Расчетно-пояснительная записка (продолжение)

- результаты оценки риска чрезвычайных ситуаций, включая чрезвычайные
- ситуации, источниками которых могут явиться аварии или чрезвычайные
- ситуации на рядом расположенных объектах, транспортных коммуникациях,
- опасные природные явления;
- анализ результатов оценки риска;

# Расчетно-пояснительная записка (продолжение)

- выводы с показателями степени риска для наиболее опасного и наиболее
- вероятные сценария развития чрезвычайных ситуаций;
- рекомендации для разработки мероприятий по снижению риска на опасном объекте.

# КЛАССИФИКАЦИЯ ЧС

- Классификация ЧС производится по:  
Правительство Российской Федерации.  
Постановление от 21 мая 2007 г. № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

# Классификация ЧС (продолжение)

- Чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера подразделяются на:
  - а) чрезвычайную ситуацию локального характера, в результате которой территория, на которой сложилась чрезвычайная ситуация 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;

# Классификация ЧС (продолжение)

- б) чрезвычайную ситуацию муниципального характера, в результате которой зона чрезвычайной ситуации 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 чрезвычайной ситуации локального характера;

# Классификация ЧС (продолжение)

- в) чрезвычайную ситуацию межмуниципального характера, в результате которой зона чрезвычайной ситуации 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;

# Классификация ЧС (продолжение)

- г) чрезвычайную ситуацию регионального характера, в результате которой зона чрезвычайной ситуации 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;

# Классификация ЧС (продолжение)

- д) чрезвычайную ситуацию межрегионального характера, в результате которой зона чрезвычайной ситуации 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;

# Классификация ЧС (продолжение)

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

# КЛАСС ОПАСНОСТИ ГТС

- В соответствии с Приказом МЧС РФ от 28 февраля 2003 г. N 105 потенциально опасные объекты подразделяются по степени опасности в зависимости от масштабов возникающих чрезвычайных ситуаций на пять классов:

# КЛАСС ОПАСНОСТИ ГТС (продолжение)

- 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;

# КЛАСС ОПАСНОСТИ ГТС (продолжение)

- 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.

# ОЦЕНКА КЛАССА ОПАСНОСТИ ГТС И ХАРАКТЕРА ЧС

- **Класс опасности ГТС** назначается соответственно характеру возможной ЧС.
- **Характер ЧС** назначается в соответствии с величиной материального ущерба и количества пострадавших людей.

# 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:

# Выбор уровня приемлемого риска (продолжение)

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

# Выбор уровня приемлемого риска (продолжение)

- Зона повышенного риска – это 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.

# Выбор уровня приемлемого риска (продолжение)

- • Зона приемлемого риска – территория, на которой допускается любое строительство и размещение населения.

# 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                            | <b>Зона недопустимого риска</b>       |                               |              |           |
| 1-10 <sup>-1</sup>                 |                                       |                               |              |           |
| 10 <sup>-1</sup> -10 <sup>-2</sup> | <b>Зона повышенного риска</b>         |                               |              |           |
| 10 <sup>-2</sup> -10 <sup>-3</sup> | <b>Зона условно приемлемого риска</b> |                               |              |           |
| 10 <sup>-3</sup> -10 <sup>-4</sup> |                                       | <b>Зона приемлемого риска</b> |              |           |
| 10 <sup>-4</sup> -10 <sup>-5</sup> |                                       |                               |              |           |
| 10 <sup>-5</sup> -10 <sup>-6</sup> | <b>Зона приемлемого риска</b>         |                               |              |           |
| Менее 10 <sup>-6</sup>             |                                       |                               |              |           |

# 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                            | <b>Зона недопустимого риска</b>       |                        |                               |                |
| 1-10 <sup>-1</sup>                 |                                       |                        |                               |                |
| 10 <sup>-1</sup> -10 <sup>-2</sup> | <b>Зона повышенного риска</b>         |                        | <b>Зона приемлемого риска</b> |                |
| 10 <sup>-2</sup> -10 <sup>-3</sup> | <b>Зона условно приемлемого риска</b> |                        |                               |                |
| 10 <sup>-3</sup> -10 <sup>-4</sup> | <b>Зона приемлемого риска</b>         |                        | <b>Зона приемлемого риска</b> |                |
| 10 <sup>-4</sup> -10 <sup>-5</sup> |                                       |                        |                               |                |
| 10 <sup>-5</sup> -10 <sup>-6</sup> | <b>Зона приемлемого риска</b>         |                        | <b>Зона приемлемого риска</b> |                |
| менее 10 <sup>-6</sup>             |                                       |                        |                               |                |

## РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКА

- - 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;

## РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКА

- - обеспечение готовности объектов 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;

# РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКА

- - лицензирование и страхование ответственности за причинение вреда при эксплуатации опасного производственного объекта;
- - создание объектовых резервов материальных и финансовых ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций;

## РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКА

- заблаговременное планирование мероприятий ГО, направленных на предупреждение и ликвидацию последствий возможных ЧС;
- проведение своевременных проверок годности средств индивидуальной защиты;
- организацию специальной подготовки личного состава ГО к действиям по ликвидации возможных аварий;

# РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКА

- проведение учений и тренировок с персоналом предприятия;
- обучение персонала практическим действиям в ЧС.
- наличие специальных служб и гражданских формирований по локализации и ликвидации последствий ЧС или заключение договоров со специализированными формированиями;

## РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКА

- оснащение всех подразделений и формирований противоаварийных сил предприятия материально-техническими средствами;
- наличие и выполнение графика проведения учебно-тренировочных занятий, учебных тревог и тактико-специальных занятий для отработки вопросов взаимодействия персонала и спецформирований службы эксплуатации ГТС со спецформированиями

## РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКА

- 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.

# ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ГТС

- Экологическая безопасность – это совокупность всех действий, явлений и состояний на Земле, обеспечивающих экологическое равновесие в геосистемах и не приводящих к жизненно важным ущербам природе.
- Экологическая безопасность строительства означает защищенность природной среды от неустраняемых отрицательных последствий

# Экологическая безопасность ГТС по СП 11-102-97

- 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.



## Вредные воздействия ГТС на окружающую среду

### ■ На гидросферу:

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

# Вредные воздействия ГТС на окружающую среду (продолжение)

## ■ На атмосферу:

- изменения температуры, испарения, осадков;

- изменения ветрового режима;

-  акустическое загрязнение при строительстве.

Итого – изменение микроклимата над водохранилищем и прилегающей территорией. Превышение ПДК.

## Вредные воздействия ГТС на окружающую среду (продолжение)

- На литосферу:
  - затопление и подтопление территории;
  - изымание земель под ГТС;
  - загрязнение при строительстве;
  - переработка берегов водохранилища;
  - изменение сейсмичности;
  - активизация оползней и обвалов;
  - нарушение ландшафтов.

## Вредные воздействия ГТС на окружающую среду (продолжение)

### ■ На биосферу:

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

# ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГТС. Нормативные документы

- Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. – М.: Минэнерго, 2003.
- Приказ Ростехнадзора от 27 сентября 2012 г. N 546 «Об утверждении рекомендаций к содержанию правил эксплуатации гидротехнических сооружений (за исключением судоходных гидротехнических сооружений)».

# Эксплуатация ГТС.

## Нормативные документы (продолжение)

- Правила эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений», утв. Минсельхозпрод РФ от 26 мая 1998 года.
- Приказ Минприроды РФ от 24.08.2010 N 330 «Об утверждении типовых правил использования водохранилищ».
- Методические указания по разработке правил использования водохранилищ. – Утв. Приказом Минприроды от 26.01.2011, № 17

# Основные положения правил эксплуатации ГТС

- 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.

# Основные положения правил эксплуатации ГТС (продолжение)

- Раздел «Обеспечение безопасности ГТС» может содержать следующую информацию:
  - Наличие и исправность системы охраны ГТС;
  - Планирование ремонтных работ согласно графику планово-предупредительных ремонтов, порядок подготовки и проведения;
  - Наличие и поддержание в исправном состоянии локальной системы оповещения о чрезвычайных ситуациях на ГТС;
  - Наличие аварийно-спасательных формирований;
  - Наличие противопожарной защиты;
  - Наличие систем рабочего и охранного освещения;
  - Экологическая безопасность при эксплуатации ГТС.

# Экологическая безопасность при эксплуатации ГТС

- Раздел 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.

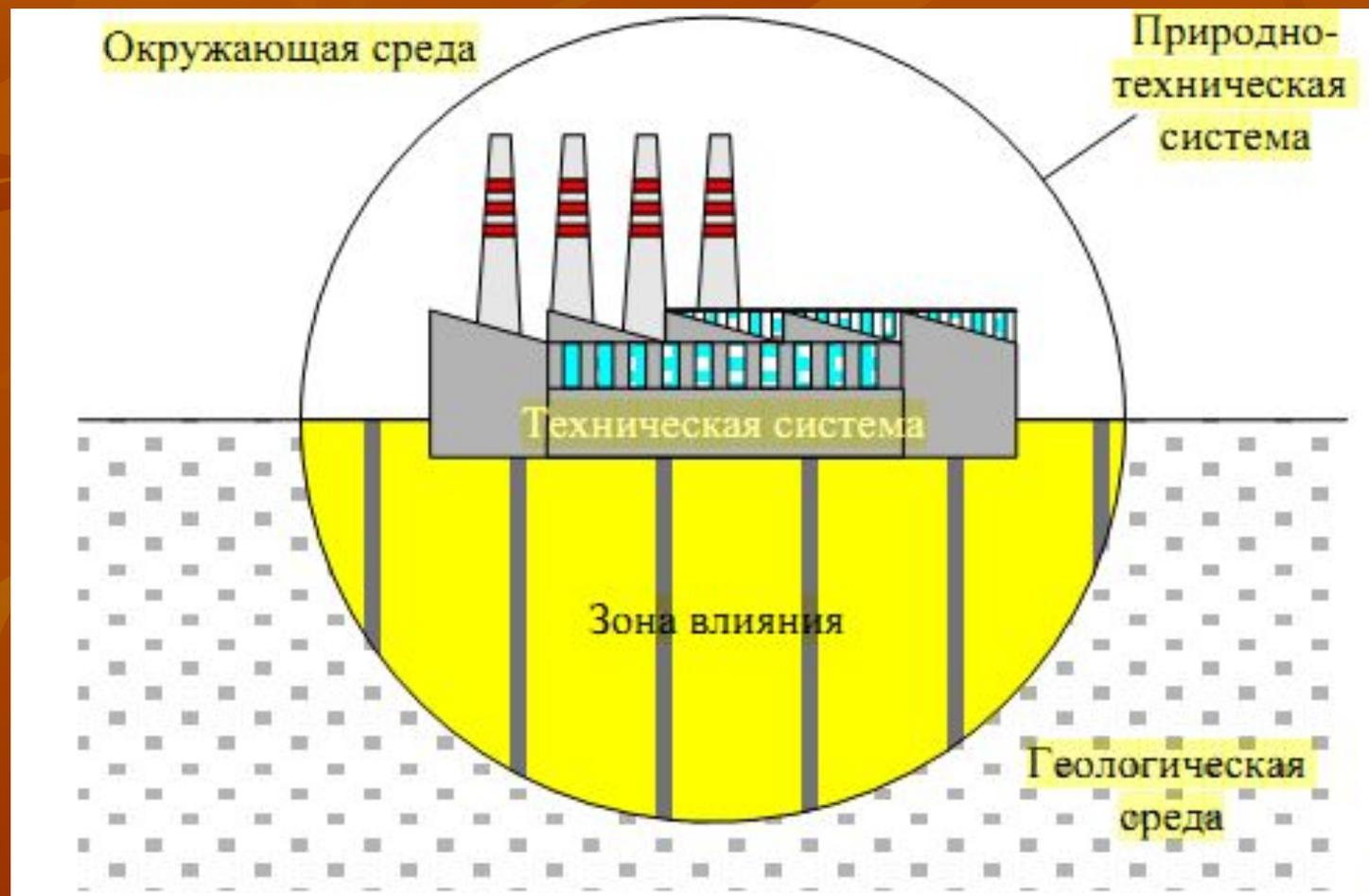
# Основные положения правил эксплуатации водохранилищ

- Правила использования водохранилищ включают в себя правила использования водных ресурсов и правила технической эксплуатации и благоустройства водохранилища.
- Правила использования водных ресурсов водохранилищ определяют режим их использования, в том числе режим наполнения и сработки.
- Правила технической эксплуатации и благоустройства водохранилищ определяют порядок использования их дна и берегов.

# ГТС И ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

- 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.

# Схема природно-технической системы



# Категории ПТС

- 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.

# ГТС и природно-технические системы (продолжение)

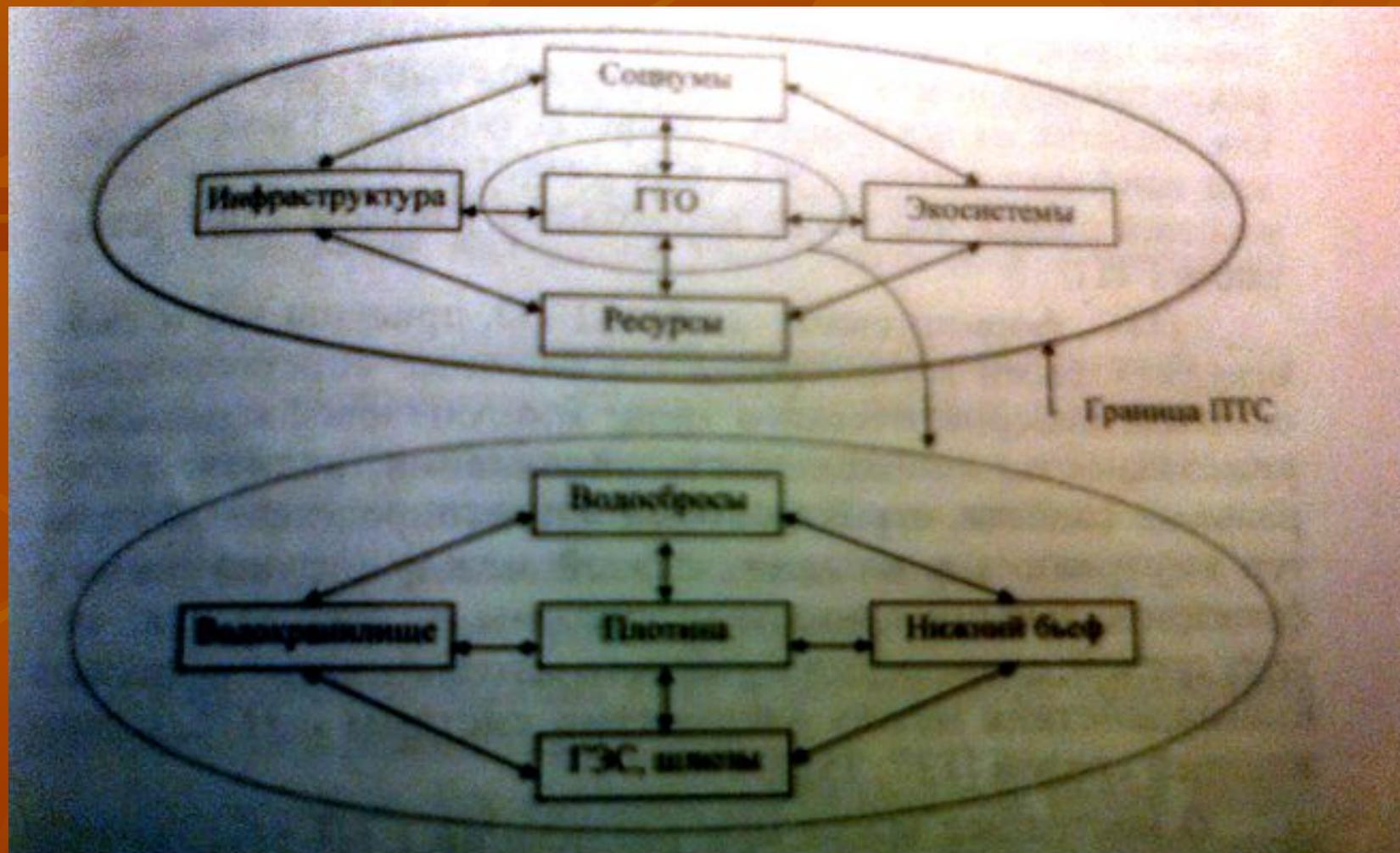
- Примером ПТС может служить гидроузел (ГЭС), в котором искусственные объекты — гидротехнические сооружения и водохранилище — взаимодействуют между собой и с окружающими их областями литосферы, гидросферы, атмосферы, биосферы.

■

# Схема природно-технической системы на базе ГТС



# Общая структура ПТС на базе ГТС



# Устойчивость природно-технических систем

- Наиболее полно безопасность ПТС характеризуется устойчивостью.
- Устойчивость природно-технических систем — это свойство сохранять структуру и выполнять необходимые функции под влиянием внешних воздействий.
- Экологический аспект входит в состав ПТС, и его безопасность обеспечивается устойчивостью экологического аспекта.

## Обеспечение безопасности ПТС на базе ГТС

- Обеспечение устойчивости развития ПТС осуществляется реализацией следующих принципов (рис. ...).
- Первичная устойчивость определяется способностью ПТС к саморегулированию, т. е. когда изменения определяющих факторов находятся в диапазоне естественных колебаний условий внешней среды.

■

## Обеспечение безопасности ПТС на базе ГТС (продолжение)

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

■

# Обеспечение безопасности ПТС на базе ГТС (продолжение)

82



# Управляемость ПТС

- 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.

# Управляемость ПТС (продолжение)

- 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.

# НАТУРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА ГТС. Виды наблюдений

- Различают контрольные наблюдения и специальные наблюдения.
- 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.

# Виды наблюдений (продолжение)

- 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.

# Виды наблюдений (продолжение)

- 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.

# НАТУРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА ГТС. Состав наблюдений

| 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 $K_1$ , $K_2^{**}$ |
| Бетонные ГТС (всплывающие, гидротурбинные, арочные плотины) | Вертикальные перемещения 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 <sup>2</sup> , МПа | Дистанционные измерения деформаций, напряжений в сооружении и его основании | Измерительные преобразователи линейных деформаций, силы струнного типа | 1 раз в месяц                            | кг/см <sup>2</sup> , МПа          | кг/см <sup>2</sup> , МПа                             |

# Состав наблюдений (продолжение)

|  |   |  |   |                |                          |                          |
|--|---|--|---|----------------|--------------------------|--------------------------|
|  | Контактные напряжения в подошвах бетонного сооружения, кг/см <sup>2</sup> , МПа | Дистанционные измерения силы на контролируемую площадь | Измерительные преобразователи силы струнного типа                 | То же          | кг/см <sup>2</sup> , МПа | кг/см <sup>2</sup> , 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                       |

# Состав наблюдений (продолжение)

|  |   |   |  |   |    |    |
|--|---|---|--|---|----|----|
|  | <p>Величина<br/>простираения<br/>трещины по<br/>контакту<br/>сооружения со<br/>скалой, мм</p> | <p>Дистанционные<br/>измерения<br/>раскрытия шва по<br/>контакту<br/>сооружения со<br/>скалой</p> | <p>Измерительные<br/>преобразователи<br/>линейных<br/>перемещений<br/>струнного типа</p>                 | » | мм | мм |
|  | <p>Раскрытие<br/>трещин и<br/>межблочных<br/>швов в<br/>сооружении, мм</p>                    | <p>Дистанционные<br/>измерения<br/>раскрытия<br/>трещин,<br/>межблочных<br/>швов</p>              | <p>Измерительные<br/>преобразователи<br/>линейных<br/>деформаций,<br/>перемещений<br/>струнного типа</p> | » | мм | мм |
|  | <p>Температура<br/>бетона<br/>сооружения и<br/>его основания, °<br/>С</p>                     | <p>Дистанционные<br/>измерения<br/>температуры<br/>бетона</p>                                     | <p>Измерительные<br/>преобразователи<br/>температуры<br/>струнного типа</p>                              | » | °С | °С |

# Состав наблюдений (продолжение)

|  |   |   |  |   |     |     |
|--|---|---|--|---|-----|-----|
|  | <p>Фильтрационные расходы, поступающие в дренажные устройства или выходящие на поверхность, л/с</p> | <p>Дистанционные измерения расхода или прямые измерения отметки уровня воды на мерном водосливе</p> | <p>Измерительные преобразователи уровня жидкости, мерная рейка</p>                 | » | л/с | л/с |
|  | <p>Пьезометрические напоры в основании сооружения и береговых примыканиях, м</p>                    | <p>Прямые или дистанционные измерения пьезометрических уровней в основании сооружения</p>           | <p>Измерительные преобразователи давления струнного типа, образцовые манометры</p> | » | м   | м   |

# Состав наблюдений (продолжение)

|  |   |  |                              |                |                       |                       |
|--|---|--|------------------------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
|  | <p>Пьезометрические градиенты в основании сооружения, безразмерно</p>   | <p>Вычисляются по измеренным напорам в основании сооружения</p>                | -                            | 3 раза в месяц | Безразмерная величина | Безразмерная величина |
|  | <p>Параметры сейсмических колебаний сооружения и его основания (частота, Гц; период собственных колебаний, с)</p> | <p>Измерения в ждущем автоматическом режиме ускорений, амплитуды колебаний</p> | Сейсмометрическая аппаратура | Постоянно      | Гц, с                 | Гц, с                 |
|  | <p>Характеристики размыва русла в нижнем бьефе (глубина, м; площадь воронки размыва, м<sup>2</sup>)</p>           | <p>Прямые измерения воронки размыва с помощью эхолота или водолазов</p>        | Эхолоты, мерные ленты        | 1 раз в год    | м, м <sup>2</sup>     | м, м <sup>2</sup>     |

# Состав наблюдений (продолжение)

|  |  |  |  |              |    |    |
|--|--|--|--|--------------|----|----|
|  | Разрушение бетона в зоне переменного уровня, мм                                  | Прямые измерения глубины разрушения бетона | Деформометр на базе индикатора часового типа | 2 раза в год | мм | мм |
|  | Разрушение бетона вследствие реакционных свойств крупного заполнителя бетона, мм | Прямые измерения глубины разрушения бетона | То же  | То же        | мм | мм |

# Состав наблюдений (продолжение)

|   |  |   |  |                       |            |            |
|---|--|---|--|-----------------------|------------|------------|
| <p>2.<br/>Сооружения из грунтовых материалов (плотины, дамбы и т. п.)</p> | <p>Вертикальные перемещения (осадки) гребня сооружения и его основания, мм<br/>Горизонтальные смещения гребня сооружения, мм</p> | <p>Нивелирование поверхностных марок, глубинных марок</p>                           | <p>Поверхностные, глубинные марки, рабочие и фундаментальные реперы</p>                        | <p>2 раза в год</p>   | <p>мм</p>  | <p>мм</p>  |
|   |  | <p>Триангуляция, визирование по створам, светодальномерные наблюдения</p>           | <p>Рабочие и фундаментальные реперы, визирные марки, марки для светодальномерных измерений</p> | <p>То же</p>          | <p>мм</p>  | <p>мм</p>  |
|   | <p>Поровое давление в водоупорных элементах сооружения и его основания, МПа</p>  | <p>Дистанционные измерения порового давления в водоупорных элементах сооружения</p> | <p>Измерительные преобразователи давления струнного типа</p>                                   | <p>3 раза в месяц</p> | <p>МПа</p> | <p>МПа</p> |

# Состав наблюдений (продолжение)

|  |  |  |  |                |             |             |
|--|--|--|--|----------------|-------------|-------------|
|  | Фильтрационные расходы, оступающие в дренажные устройства или выходящие на поверхность, л/с          | Дистанционные измерения расходов или прямые измерения отметок уровня воды на мерном водосливе          | Измерительные преобразователи уровня жидкости, ультразвуковые расходомеры, мерные рейки  | То же          | л/с         | л/с         |
|  | Отметки депрессионной поверхности фильтрационного потока в теле сооружения, береговых примыканиях, м | Дистанционные измерения пьезометрических уровней или прямые измерения отметок пьезометрических уровней | Измерительные преобразователи давления струнного типа, напорные и безнапорные пьезометры, образцовые манометры, хлопушки, уровнемеры | »              | м           | м           |
|  | Градиенты напора в водоупорных элементах сооружения основания, безразмерно                           | Вычисляются по измеренным пьезометрическим напорам в сооружении и его основании                        | -  | 3 раза в месяц | Безразмерно | Безразмерно |

# Состав наблюдений (продолжение)

|  |  |   |   |                |       |       |
|--|--|---|---|----------------|-------|-------|
|  | Температура сооружения и его основания, °С   | Дистанционные измерения температуры сооружения и его основания          | Измерительные преобразователи температуры струнного типа          | То же          | °С    | °С    |
|  | Параметры сейсмических колебаний сооружения и его основания (частота, Гц, период собственных колебаний, с) | Измерения в ждущем автоматическом режиме ускорений, амплитуды колебаний | Сейсмометрическая аппаратура                                      | Постоянно      | Гц, с | Гц, с |
|  | Наличие грифонов в нижнем бьефе за сооружением, л/с  | Измерения фильтрационного расхода                                       | Мерный водослив с рейкой для измерения уровня воды над водосливом | 3 раза в месяц | л/с   | л/с   |

# Состав наблюдений (продолжение)

|  |  |   |         |       |                    |                    |
|--|--|---|---------|-------|--------------------|--------------------|
|  | Наличие зон на низовом откосе с ярко-зеленым травяным покровом, м <sup>2</sup> | Измерения площади зон                         | Рулетка | То же | м <sup>2</sup>     | м <sup>2</sup>     |
|  | Появление просадочных воронок на гребне и откосах плотины, см, м <sup>3</sup>  | Измерение диаметра, площади и глубины воронки | »       | »     | см, м <sup>2</sup> | см, м <sup>2</sup> |
|  | Появление продольных и поперечных трещин на гребне плотины, м, мм              | Измерение протяженности и раскрытия трещин    | »       | »     | м, мм              | м, мм              |

# Состав наблюдений (продолжение)

|  |   |   |                                  |               |    |    |
|--|---|---|----------------------------------|---------------|----|----|
| 3. Грунтовые примыкания, в верхнем и нижнем бьефах | Вертикальные смещения в оползневых и потенциально неустойчивых массивах, мм | Нивелирование поверхностных и глубинных марок | Поверхностные и глубинные марки  | 4 раза в год  | мм | мм |
|  | Горизонтальные смещения оползневых и потенциально неустойчивых массивов, мм | Триангуляция, светодальномерные наблюдения    | Реперы, марки                    | То же         | мм | мм |
|  | Уровень грунтовых вод в оползневых и потенциально неустойчивых массивах, м  | Измерения пьезометрических уровней            | Пьезометры, уровнемеры, хлопушки | 1 раз в месяц | м  | м  |

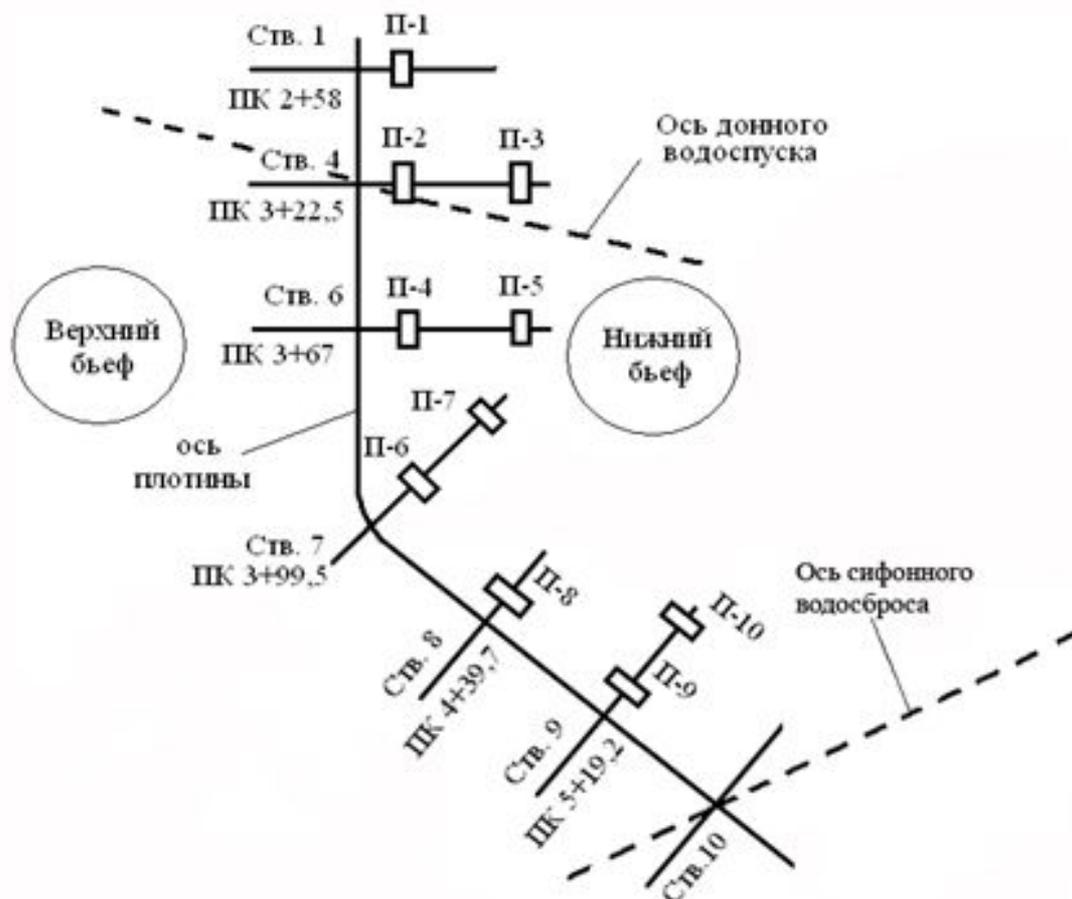
# Состав наблюдений (продолжение)

|  |   |   |                 |                |                |                |
|--|---|---|-----------------|----------------|----------------|----------------|
|  | Появление оползневых и просадочных трещин, м, см                  | Зарисовка, измерение протяженности, ширины, глубины | Рулетка         | 3 раза в месяц | м, см          | м, см          |
|  | Наличие зон избыточного увлажнения, м <sup>2</sup>                | Измерение площади водопроявлений                    | Рулетка         | То же          | м <sup>2</sup> | м <sup>2</sup> |
|  | Наличие сосредоточенных выходов подземных вод в нижнем бьефе, л/с | Измерение фильтрационного расхода                   | Мерный водослив | Раз в сутки    | л/с            | л/с            |
|  | Наличие суффозионного выноса грунта, г/л                          | Измерение количества взвеси                         | Мерный сосуд    | 3 раза в месяц | г/л            | г/л            |

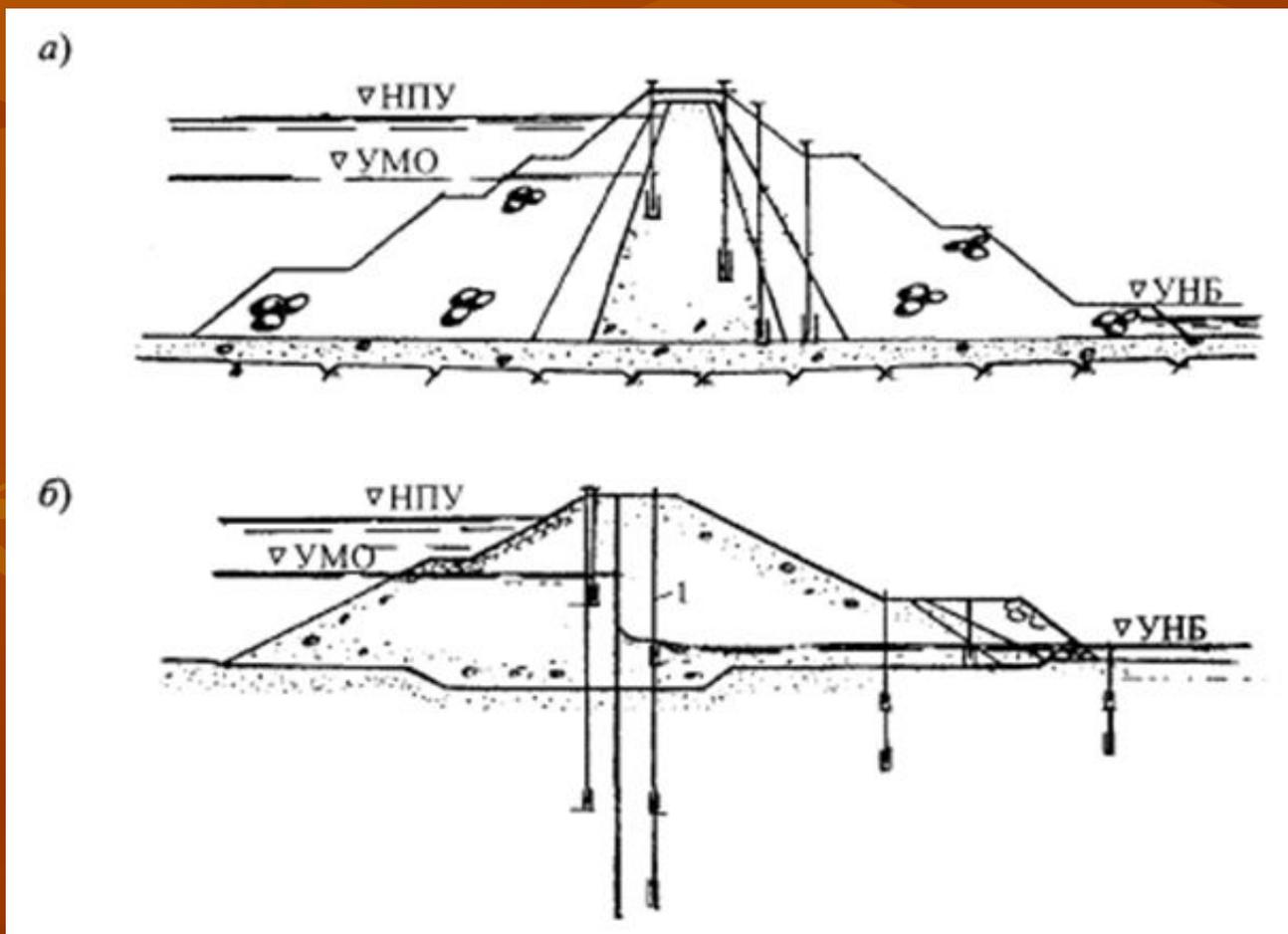
# Состав наблюдений (продолжение)

|  |  |  |         |           |   |   |
|--|--|--|---------|-----------|---|---|
|  | Наличие<br>просадочных и<br>суффозионных<br>воронок, м | Зарисовка,<br>измерение<br>количества и<br>размеров воронок    | Рулетка | То же     | м | м |
|  | Наличие<br>криогенных<br>деформаций, м                 | Характер<br>деформации,<br>размеры, площадь<br>распространения | *       | Раз в год | м | м |

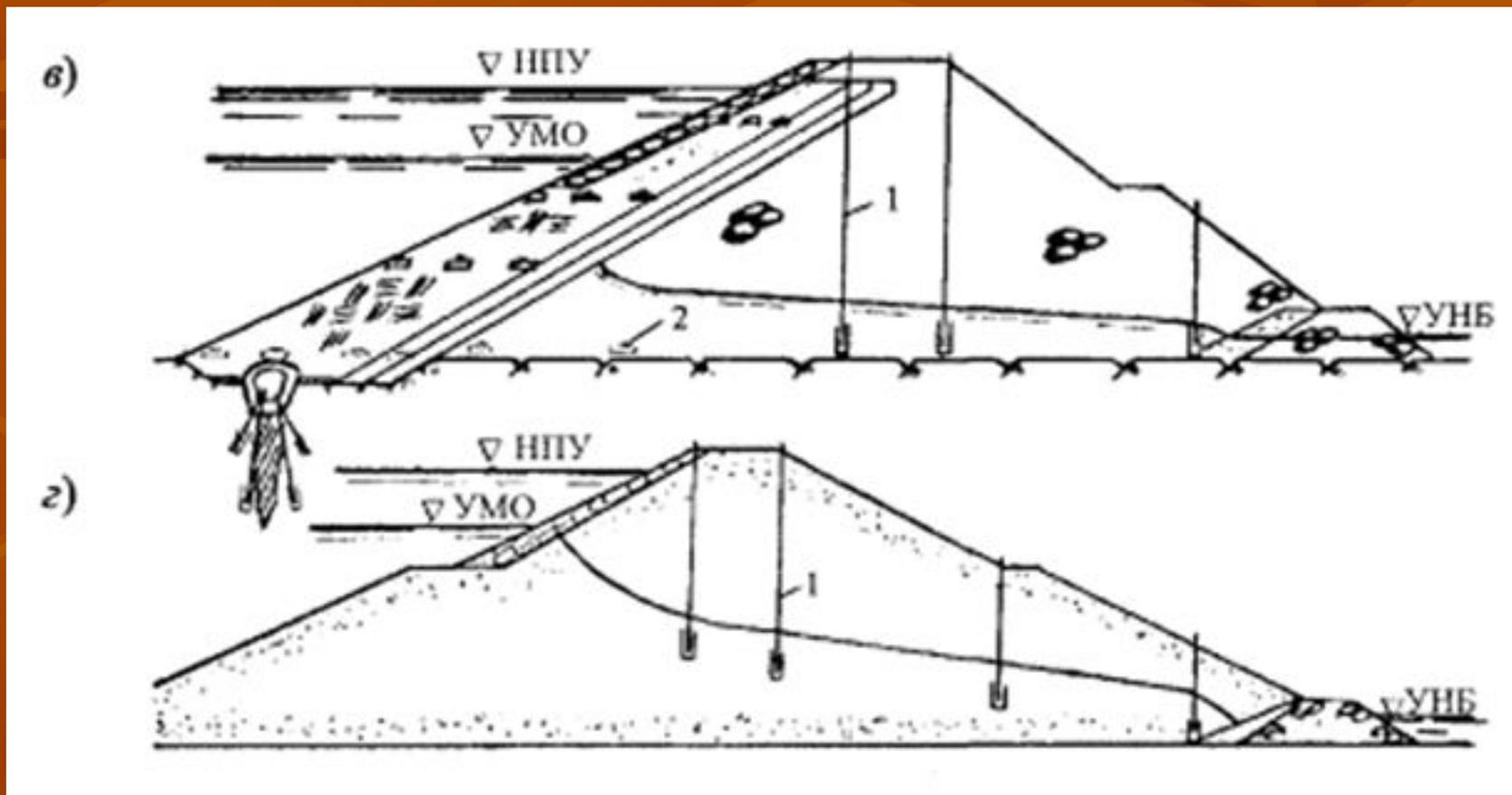
# Установка КИА для контроля фильтрации



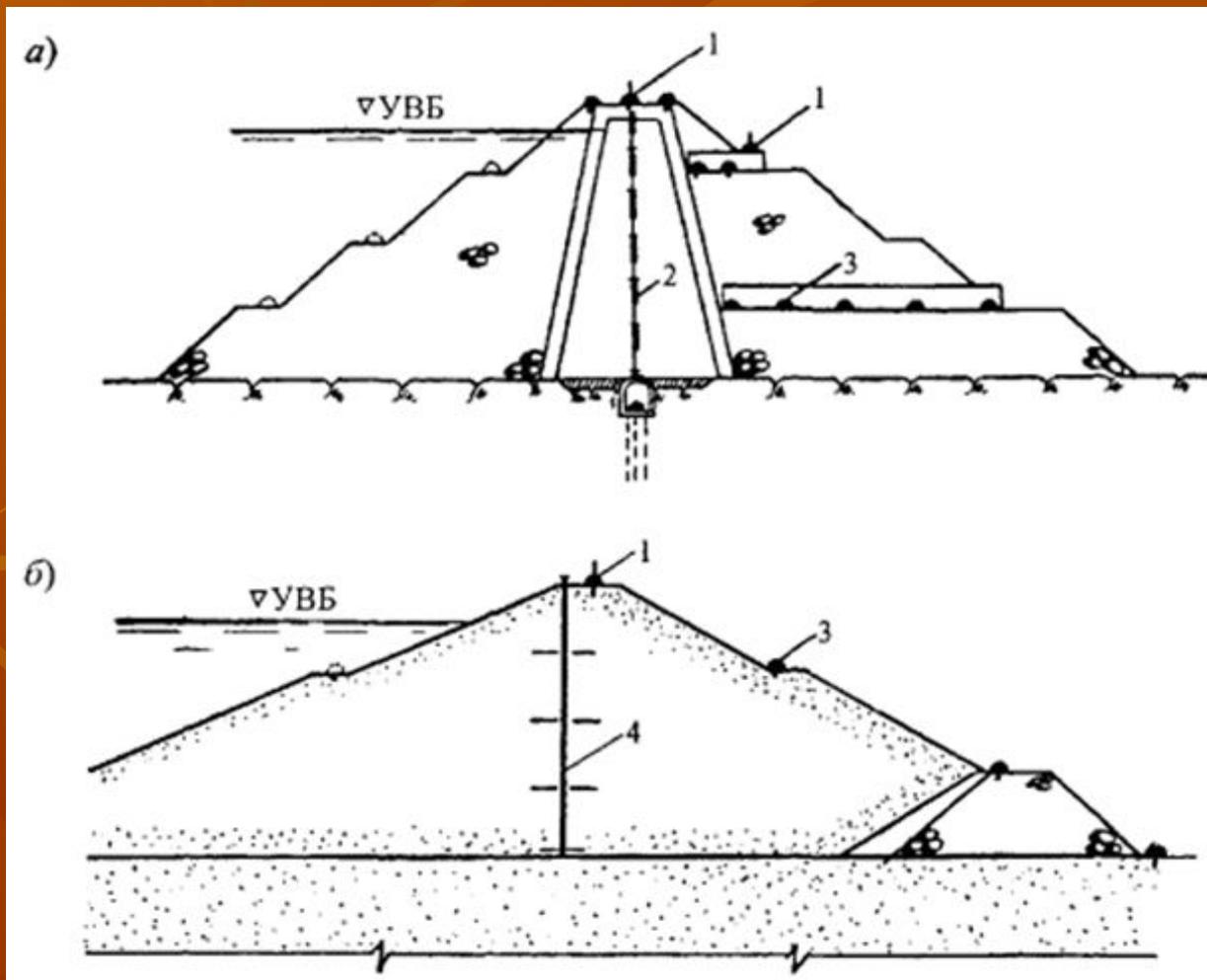
**Схемы размещения пьезометров в грунтовых плотинах:**  
***а*** - каменно-набросная плотина с ядром; ***б*** - однородная плотина с диафрагмой и с дренажной призмой;



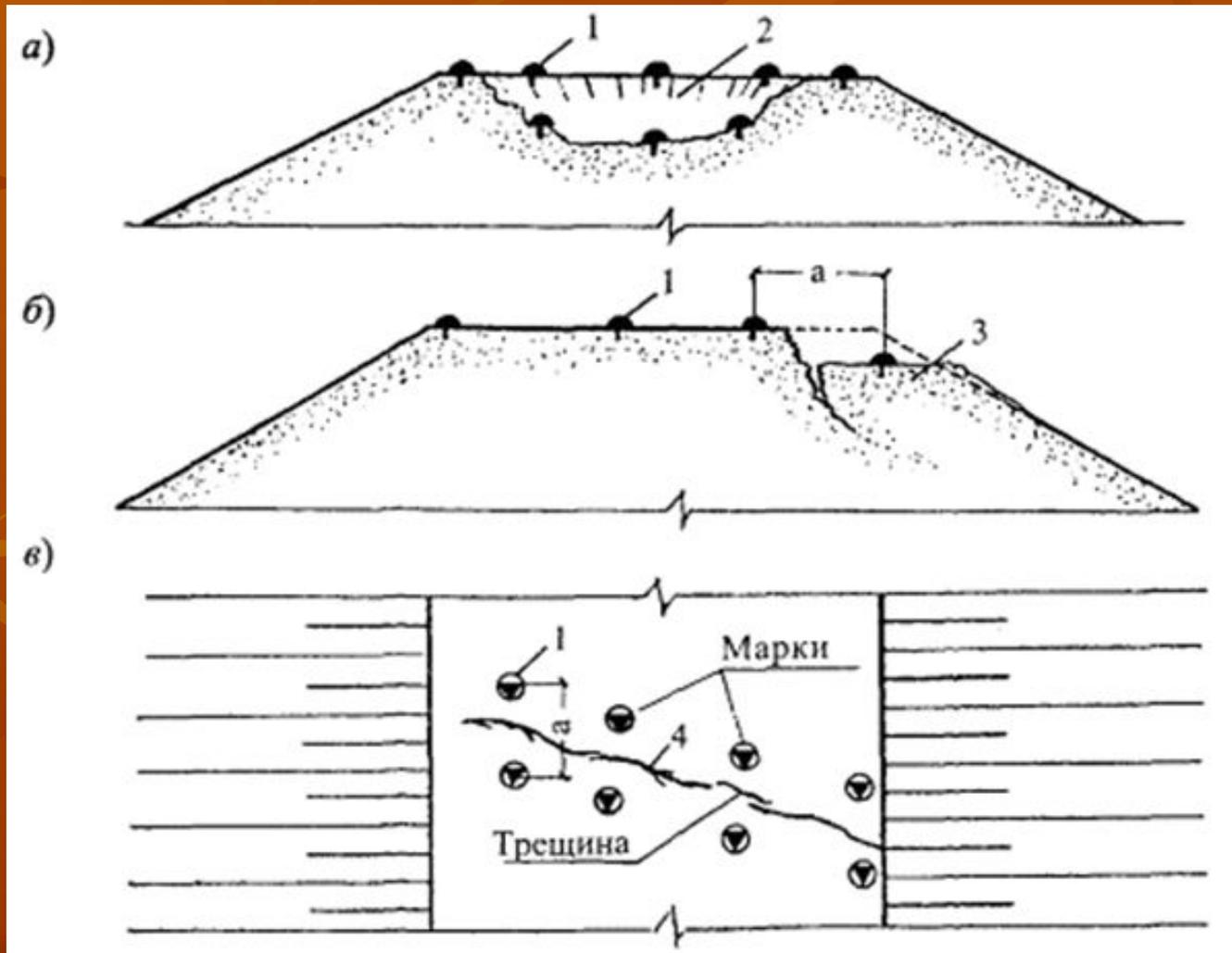
Схемы размещения пьезометров в грунтовых плотинах: *в* - каменно-набросная плотина с экраном; *г* - однородная плотина с дренажной призмой; 1 - пьезометр; 2 - датчик давления воды (ПДС)



Схемы размещения геодезических марок на грунтовых плотинах: а - каменно-набросная плотина с ядром; б - однородная плотина; 1 - плано-во-высотная марка; 2 - система деформометров; 3 - поверхностная марка; 4 - глубинная многоярусная марка

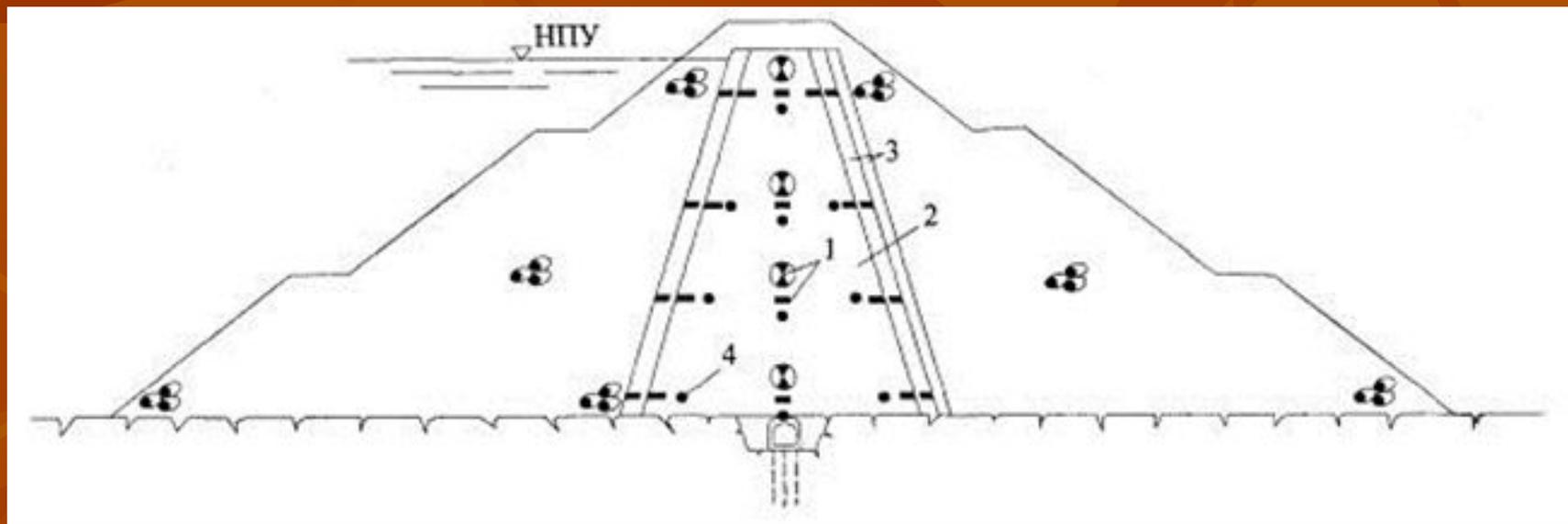


**Схема размещения временных высотных марок для  
контроля просадки (а), оползня (б) и трещины (в):  
1 - поверхностная марка; 2 - воронка проседания; 3 -  
массив оползня; 4 - трещина**

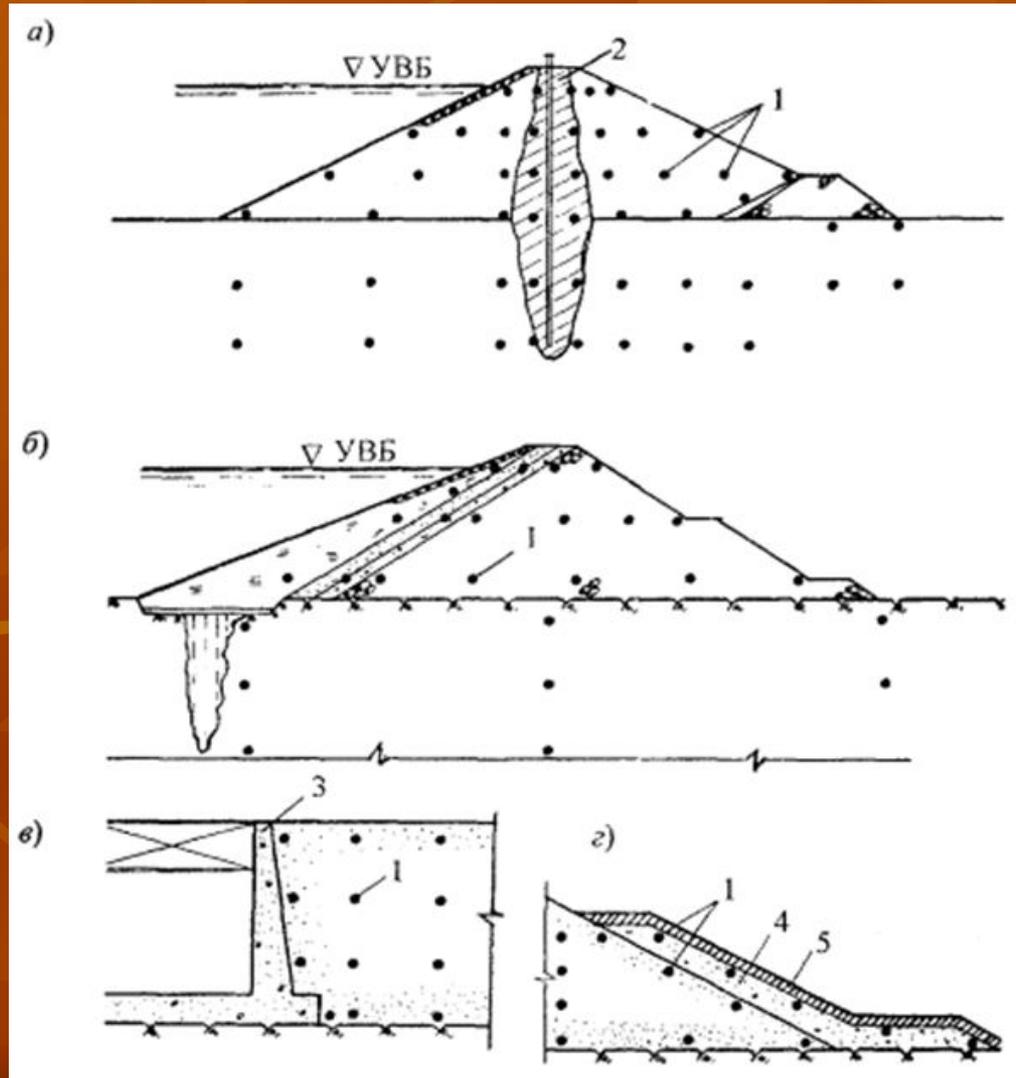


# Схема размещения датчиков нормальных напряжений в ядре и переходных слоях плотины:

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



**Схемы размещения телетермометров в плотинах:**  
*а* - с мерзлотной завесой; *б* - с суглинистым экраном; *в* - в примыкании к водосбросу; *г* - в области дренажа;



# Приборы инструментальных наблюдений

- Наименования средств измерений :
- 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 порового давления в бетонной кладке гидротехнических сооружениях и в груше их оснований.
- Преобразователь содержит чувствительный элемент, выполненный в виде цилиндра, внутри которого установлен струнный преобразовательный элемент.

# Преобразователь температуры струнный (ПТС-60)

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

# 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.