

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ
им. ГУМАРБЕКА ДАУКЕЕВА»

Институт: Теплоэнергетики и теплотехники
Кафедра «Инженерная экология и безопасность труда»

«Допущен к защите»

Зав. кафедрой ИЭБТ, к.т.н., доцент
Абикенова А.А.

_____ « ____ » _____ 2020 г.
(подпись)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На тему: Исследование чрезвычайных происшествий и аварий на коммунально-энергетических системах жизнеобеспечения

Специальность: 6М073100 - Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды

Выполнил: Садыков А.И. **Группа:** МБЖДн -18-1

Научный руководитель: Жандаулетова Ф.Р. - к.т.н., профессор

_____ « ____ » _____ 2020 г.
(подпись)

Нормоконтролер: Мананбаева С.Е. - доцент

_____ « ____ » _____ 2020 г.
(подпись)

Рецензент: Демеуова А.А. – начальник отдела экологии ТОО “Smart Engineering”, к.т.н.

_____ « ____ » _____ 2020 г.
(подпись)

Алматы 2020

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ
им. ГУМАРБЕКА ДАУКЕЕВА»

Институт: Теплоэнергетики и теплотехники

Кафедра: Инженерной экологии и безопасности труда

Специальность: 6М073100 – «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды»

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту: Садыкову Арслану Ильяровичу

Тема диссертации: Исследование чрезвычайных происшествий и аварий на коммунально-энергетических системах жизнеобеспечения
утверждена Ученым советом по университету № 08 от «08» января 2019г.

Срок сдачи законченной диссертации «3» июня 2020 г.

Цель исследования: выявление наиболее значимых методов оценки показателей происшествий на сооружениях водных объектов и причиняемых ущербов.

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов или краткое содержание магистерской диссертации:

- современное состояние и методы предотвращения чрезвычайных техногенных ситуаций;

- анализ существующих чрезвычайных ситуаций в Республике Казахстан;

- характеристика района исследования и оценка ожидаемых частот аварий гидротехнических сооружений;

- категорирование аварий по степени риска;

- исследования гидротехнических сооружений, основные поражающие факторы катастрофического затопления

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Классификация ЧС по источнику возникновения, поражающие факторы и их основные параметры;

2. Категорирование аварий по степени риска ГТС.

3. Система мониторинга и контроля промышленной безопасности гидротехнических сооружений

4. Схематический продольный разрез волны прорыва, график зависимости нормальной глубины от модуля расхода для подводящего участка

5. Схемы испытаний проверки правильности расчетных предпосылок, график зависимости пропускной способности трубы водовыпуска ($\text{м}^3/\text{с}$) при различных перепадах уровня воды на ГТС.

Основная рекомендуемая литература:

1. Экологический Кодекс Республики Казахстан №212-III от 09.01.2007 г., (с изменениями и дополнениями по состоянию на 27.12.2017 г. №126-VI).

2. Положение о единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: утв. постановлением Правительства РК от 30.12.2003 г. 794. Казахстанская правда газета. 2004, № 7.

3. Петров С.В., Макашев В.А. Опасные ситуации техногенного характера и защита от них - Москва: НЦ Энас, 2018

4. Куприенко П.С., Копылов А.А. О федеральной целевой программе «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного характера в Российской Федерации до 2019 года» // Вестник ВГТУ. Воронеж: ВГТУ, 2007 Том 3, №2. С. 118-126.

5. Kalach, A. V. Application of Artificial Neural Networks in Multitouch-Sensitive Systems for the Detection of Nitrohydrocarbons in the Air / A. V. Kalach // Sensors. 2005. Т. 5, № 1- 2. С. 97 - 102.

ГРАФИК
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
1 Анализ состояния и регулирование безопасности плотин и других гидротехнических сооружений в некоторых развитых странах и РК.	08.12.2018г.	Выполнен
2 Анализ аварий на гидросооружениях, причины гидродинамических аварий и методы предотвращения чрезвычайных техногенных ситуаций.	17.02.2019г.	Выполнен
3 Характеристика зон критического затопления, мониторинг и контроль промышленной безопасности ГТС.	26.05.2019г.	Выполнен
4 Оценка степени основных поражающих факторов затопления. Мероприятия при гидродинамической аварии при прорыве гидроузла.	10.10.2019г.	Выполнен
5 Экспериментальные исследования опасностей возникновения и развития аварийной ситуации на гидротехнических сооружениях.	04.01.2020г.	Выполнен

Дата выдачи задания «__» _____ 2018 г.

Заведующие кафедрой _____ Абикенова А.А.
(подпись)

Научный руководитель диссертации _____ Жандаулетова Ф.Р.
(подпись)

Задание принял к исполнению магистрант _____ Садыков А.И.
(подпись)

Аннотация

В магистерской диссертации изложены результаты исследования по выявлению наиболее значимых методов оценки показателей аварий на ГТС и связанных с ними прямых и косвенных ущербов. Произведен мониторинг состояния гидротехнических сооружений и чрезвычайных ситуаций при авариях на них; степени опасности на водозаборных сооружениях и его отдельных конструкций; факторы, влияющие на возникновение аварий; подходы к оценке уровней угрозы аварий на ГТС.

Выработаны методы предотвращения чрезвычайных техногенных ситуаций и подходы к оценке уровней угрозы аварий и метод расчета гидрологических характеристик годового стока для неисследованных рек Балхаш-Алакольского водохозяйственного бассейна

Аңдатпа

Магистрлік диссертация гидротехникалық құрылыстардағы апаттық көрсеткіштерді бағалаудың маңызды әдістерін және соған байланысты тікелей және жанама зақымдарды анықтауға арналған зерттеу нәтижелері ұсынылады. Түсіндірме жазба гидротехникалық құрылыстар мен ондағы авариялар кезіндегі төтенше жағдайлардың жай-күйіне; су жинау құрылыстарындағы және оның жекелеген құрылымдарындағы қауіптілік дәрежесіне; авариялардың туындауына әсер ететін факторларға; ГТҚ-дағы авариялар қауіпінің деңгейін бағалауға талдау жасалған.

Технологиялық төтенше жағдайлардың алдын-алу әдістері, апаттар қауіптілігін бағалау тәсілдері және Балқаш-Алакөл су бассейнінің зерттелмеген өзендеріне жыл сайынғы судың гидрологиялық сипаттамаларын есептеу әдісі жасалды.

Abstract

The master's thesis presents the results of a study to identify the most significant methods for assessing accident indicators at hydraulic structures and related direct and indirect damages. The explanatory note contains an analytical overview of the state of hydraulic structures and emergency situations in case of accidents on them; hazard levels at water intake facilities and its individual structures; factors influencing the occurrence of accidents; approaches to assessing the levels of threat of accidents at hydraulic structures.

Methods have been developed for the prevention of technological emergencies and approaches to assessing the threat levels of accidents and a method for calculating the hydrological characteristics of the annual runoff for unexplored rivers of the Balkhash-Alakol water basin

СОДЕРЖАНИЕ

	НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	8
	ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ	9
	Введение	10
1	ОБЗОР И АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ	14
1.1	Анализ нормативно-правовой базы РК в области безопасности ГТС	14
1.2	Общее состояние гидросооружений на территории РК и их классификация	17
1.3	Чрезвычайные происшествия и аварии на гидротехнических сооружениях, последствия ЧС	22
1.4	Коммунально-энергетические системы жизнеобеспечения и факторы, воздействующие на проявление происшествий	26
2	АНАЛИЗ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НАВОДНЕНИЙ НА СОСТОЯНИЕ И ОЦЕНКУ РИСКА ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧС НА ГТС	28
2.1	Теоретические исследования причин аварий гидротехнических сооружений	28
2.2	Теоретические исследования основных характеристик аварий на гидросооружениях	31
2.3	Влияние опасных условий и факторов на оценку уровня происшествий на водохранилищах	33
2.4	Результаты исследования методов балльной оценки потенциальных ущербов при аварии ГТС	35
2.5	Результаты исследования по воздействию наводнений на инженерную обстановку в населенных пунктах	39
3	ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ, МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ ОПАСНОСТЕЙ	42
3.1	Общие сведения о местоположении объекта	42
3.2	Основные технические характеристики водохранилища	43
3.2.1	Природно-климатические условия	43
3.2.2	Особенности рельефа	44
3.2.3	Гидрография	45
3.2.4	Организация экологического мониторинга	45
4	ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМЫХ ПАРАМЕТРОВ РАСЧЕТА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВОДОХРАНИЛИЩА	52
4.1	Исследование технического состояния плотин Алматинской области	52
4.1.1	Исследование характеристики режима работы водохранилища	53
4.1.2	Эксплуатация водохранилища	55

4.1.3	Пропуск паводка и штормовой ветер	57
4.2	Обоснование методики расчета по определению параметров гидротехнических расчетов	59
4.2.1	Обоснование определения параметров волны	60
4.2.2	Определение необходимых параметров: высоты подъема уровня воды, волны прорыва. Контроль за её соблюдением	61
4.3	Определение фильтрующих элементов и берега плотины	66
4.4	Определение типа и параметров водопропускного сооружения	68
4.4.1	Расчет магистрального канала	70
4.4.2	Расчет годового стока по данным гидрометрических наблюдений	72
5	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО УМЕНЬШЕНИЮ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ АВАРИЙ	76
5.1	Натурные исследования гидротехнических сооружений	76
5.2	Методика проведения экспериментальных исследований по правильности расчетных предпосылок, результатов, расчетов и модельных исследований	81
5.3	Состояние системы возможных происшествий при ЧС на ГТС и их последствия	83
5.4	Мероприятия по уменьшению гидродинамической аварии при прорыве гидроузла	85
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	91
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	92

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

в настоящей диссертации использованы ссылки на следующие стандарты, нормативные нормы и правила:

1. Закон РК от 21.12.1994 г. № 68 «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».
2. Закон РК 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
3. Закон РК от 2.01. 2000 г. 29-ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов».
4. Закон г. Алматы от 5.11.1997 г. № 46 «О защите населения и территорий города от ЧС природного и техногенного характера».
5. Постановление Правительства РК от 21.05.2007 г. № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».
6. СНиП 2.06.01-86. Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования.
7. СНиП 2.06.06-85. Плотины бетонные и железобетонные.
8. СНиП 2.02.02-85. Основания гидротехнических сооружений.
9. СНиП 2.06.05-84. Плотины из грунтовых материалов.
10. СНиП 2.06.08.-87.- Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений.
11. СНиП 2.06.07.-87. Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения.
12. Экологический кодекс Республики Казахстан №212-III от 09.01.2007г. (с изменениями и дополнениями по состоянию на 27.12.2017г.);
13. Земельный кодекс Республики Казахстан №442-II от 20.06.2003г. (с изменениями и дополнениями по состоянию на 11.07.2017г.);

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

В настоящей диссертации применяются следующие сокращения:

ГТС	Гидротехническое сооружение
ВЗ	Вредные вещества
ЕС	Европейский союз
ЗВ	Загрязняющие вещества
СПН	Стационарные посты наблюдения
ООН	Организация объединенных наций
ТОО	Товарищество с ограниченной ответственностью
ГО	Гражданская оборона
ГСЧС	Государственная служба по чрезвычайным ситуациям
ГЭС	Гидроэлектростанция
ИДС	Информационно-диагностическая система
КИА	Контрольно-измерительная аппаратура
КИП	Контрольно-измерительные приборы
МВД	Министерство внутренних дел
МКПБ	Международная комиссия по большим плотинам
МО	Механическое оборудование
МСН	Межгосударственные строительные нормы
МЧС	Министерство по чрезвычайным ситуациям
НПР	Население подверженное риску
ПНР	Период нормальной работы
НС	Насосная станция
НСУ	Напорно-станционный узел
ПДЗ	Предельно допустимые значения
ППР	Проект производства работ
ППР	Планово-предупредительные ремонты
ПЧК	Постоянная чрезвычайная комиссия
РПУ	Расчетно-паводковый уровень
ТЭО	Технико-экономическое обоснование
УВБ	Уровень верхнего бьефа
УВП	Уровень воды в пьезометрах
УГВ	Уровень грунтовых вод
УИС	Управление ирригационных систем
УПВ	Уровень подземных вод
УЭ	Управление эксплуатации
ФПУ	Форсированный подпорный уровень
ЧС	Чрезвычайная ситуация
ОС	Окружающая среда
ООС	Охрана окружающей среды

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, в Республике Казахстан гидротехнические сооружения разного класса и предназначения остаются актуальными объектами народно-хозяйственного смысла во всевозможных секторах экономики: атомной, энергетической, металлургической промышленности, сельском хозяйстве, системе водного транспорта, рыбного хозяйства, водоснабжения и канализации, гидромелиорации и других.

В соответствии с Указом Президента РК от 28.01.98 г. № 3834, с изменениями и дополнениями от 7.09.99 г. № 206 «О мерах по реализации стратегии развития Казахстана до 2030 года», правительством РК ставится задача, в частности, внедрения ресурсосберегающих технологий, разработка эффективных энергоустановок, использующих возобновляемые источники энергии и снижения темпов ухудшения окружающей среды.

Все гидросооружения, в той или иной степени, удерживают в своей системе большие размеры кинетической энергии массы воды. Эти большие водные массы готовы в экстремальных обстановках обрушивать их разрушительное действие на населенные пункты. Такие ситуации усугубляются и теми обстоятельствами, что большинство гидротехнических сооружений возводилось и возводится в густонаселенных районах, промышленных зонах и в районах с развитой системой инфраструктуры. Весь гидротехнический комплекс есть составная часть инфраструктуры территории, от состояния которой зависят многие элементы жизнедеятельности населения, состояния и режим функционирования объектов экономики. Установлено, собственно что происшествия на ГТС сопровождались масштабными последствиями: потерей людей, разрушением домов, разрушением объектов экономики, смещением в худшую сторону природной среды и пр.

Ежегодные разрушения и повреждения бетонных плотин, по данным мировой статистики, в среднем за последние 100 лет, начиная с 2000 года, составляют $0,34 \cdot 10^{-4}$ и $0,45 \cdot 10^{-3}$ соответственно. При этом ежегодный глобальный риск человеческих жертв аварий всех типов плотин составляет $5,1 \cdot 10^{-8}$. Человеческие жертвы и материальные убытки при авариях современных плотин сопоставимы с последствиями природных катастроф.

Примером тому являются аварии на ГТС, которые усугубляются и тем обстоятельством, что возрастающие изменения климата в результате повышения глобальной средней годовой температуры увеличивают частоту и масштабы аномальных природных явлений.

Существующая тенденция роста аварий на ГТС может быть объяснена и тем обстоятельством, что устойчивость возводимых сооружений проектировалась на возможные экстремальные ситуации природного и техногенного происхождения тех лет.

Не считая того, что ряд событий финансового положения государства в последние 10 - 20 лет менялись, сократились профилактические работы по сохранению стойкости ГТС. Все это превращает образовавшуюся ситуацию устойчивости ГТС в настоящих состояниях среды и «техногенного климата» в проблему рискованных оценок аварий на ГТС.

Для решения этой задачи необходимо внедрение новых технологий по устойчивости ГТС в случае опасных ситуаций, определение необходимых мероприятий для раннего определения решений по уменьшению возможных происшествий и последствий таких ЧС.

Водозаборы в каналах Каратоган и Танеке из р.Биен осуществляется шпорами, на устройство которых требуются ежегодные выделения огромных материальных и людских ресурсов, необходимо технически совершенствовать существующие водохозяйственные объекты. Под этими каналами подвешены 4,4 тыс. га орошаемых земель свекловичных севооборотов колхоза им. Джансугурова Биенского района. Предусматривается разработка плотинного водозабора горного типа с односторонним водовыпуском в правобережный канал Каратоган с принятием мер по борьбе с наносами и распределительным узлом для канала Каратоган и Танеке.

Дефицит водных ресурсов приводит к сокращению водопотребления в республике. В настоящее время водозабор на сельское хозяйство сократился до 15 (против 26 км³ в 2012 г.), площадь регулярного орошения уменьшилась вдвое. Дисбаланс между потребностями и наличием воды ограничивает эффективное решение социально-экономических задач и нормализацию экологической обстановки в бассейнах рек.

В Казахстане из имеющихся 643 гидротехнических сооружений 268 гидросооружений, в том числе 28 крупных – нуждаются в срочном ремонте. Большой проблемой также являются малые ГТС, часть которых заброшена, не имеет владельцев или эксплуатационную службу. Техническое состояние их крайне неудовлетворительное. Ежегодный ущерб от неудовлетворительного состояния регулирующих и защитных сооружений от вредного воздействия вод – от паводков, наводнений, подтоплений – оценивается в целом по стране в десятки миллионов долларов США. Кроме того, примерно во столько же оценивается ущерб самим водным ресурсам.

Вследствие этого улучшение технологии, направленного на оценку риска аварий и их последствий на ГТС напорного вида, их стойкости в экстремальных обстановках, видится животрепещущей задачей, направленной на решение современных задач защищенности населения, сооружений и ОС.

Так как многие гидротехнические сооружения, в том числе водозаборные гидроузлы нашей республики устарели, они требуют реконструкции для их эффективной работы.

В странах СНГ, в том числе в Казахстане, имеются положительные наработки по эффективному использованию в системе повышения безопасности функционирования ГТС, срока их службы.

Важность обеспечения безопасности функционирования гидротехнических сооружений получила отражение в ряде законодательных актов, прежде всего в законах: «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», «О безопасности гидротехнических сооружений», «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

Повышение безопасности функционирования гидротехнических сооружений напрямую связано с оценкой текущего состояния сооружений, повышением надежности методов оценки вероятности возникновения аварийных ситуаций, достоверностью прогнозирования сценариев развития и учета социальных, экономических последствий аварийных ситуаций.

Актуальность работы. В соответствии с Законом РК от 21.12.1994 г. № 68 «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», разработка мероприятий по устойчивости ГТС, методов оценки вероятности возникновения происшествий, величины ущерба, обеспечивают безопасность ГТС.

Объект исследования. Объектом исследования является водозаборное сооружение на реке Биен в Аксуском районе, Алматинской области.

Предмет исследования. Водозаборный узел на реке Биен и гидротехнические сооружения на нем. При помощи гидросооружений решаются на практике вопросы использования, охраны водных ресурсов, борьбы с вредным действием вод и т. п.

Идея работы. Идея работы заключается в определении и оценки состояния гидроузлов с учетом их специфики и ранжирования по степени опасности, а также определения параметров волны прорыва недорогими инженерными методами, что позволяло бы оперативно оценивать степень опасности

Цель работы. Целью работы является исследование по выявлению наиболее значимых методов оценки показателей происшествий на сооружениях водных объектов и причиняемых ущербов.

Задачи исследования.

1. Анализ существующих проблем на гидротехнических сооружениях.
2. Исследование гидрологического режима и движения воды в реке.
3. Определить источник и степень опасности при изучении водозаборного сооружения и его отдельных конструкций.
4. Выполнить гидротехнические расчеты и параметры волны прорыва для оценки степени опасности.

Методы исследования. В работе использованы классические методы экспериментальных исследований, проводимых в полупроизводственных условиях, математические и статистические методы. При обработке материалов использованы компьютерные программы, статистические методы и геоинформационные технологии графического представления данных.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- обоснован наиболее негативный источник аварии и для ГТС неисследованных рек Балхаш-Алакольского водохозяйственного бассейна;
- исследована и выявлены общие территориальные закономерности, волатильность и гидрологические характеристики формирования годового притока малых рек от различных параметров;
- исследовано и рекомендовано применение определения степени опасности на водозаборных сооружениях и его отдельных конструкций;
- проанализирована и предложена методика расчетов необходимых параметров ЧС при происшествии на ГТС.

Практическая значимость работы. Результаты диссертационной работы позволяют произвести оценку состояния гидротехнических сооружений, позволяющие оперативно принимать эффективные управленческие решения для обеспечения их безопасности, а также внедрять новые технологии с применением выявления причин создающих чрезвычайные происшествия и различные уровни опасности на ГТС.

Результаты исследования позволят предприятию спрогнозировать состояние гидротехнических сооружений и определить необходимые параметры волны прорыва для оценки степени опасности на гидрологических сооружениях.

Результаты диссертационной работы использованы при разработке учебно-методических материалов по специальности БЖД и ЗОС, а также при определении экономического ущерба окружающей среде.

Личный вклад автора. Основой диссертации явились результаты исследований, проведенные в период с 2018 по 2020гг., в постановке цели и теоретическом обосновании, экспериментах, поставке задач, при разработке степени опасности на водозаборных сооружениях и его отдельных конструкциях рек Республики Казахстан, экспериментальных зависимостей, анализе и обобщении полученных результатов лабораторных исследований.

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены и обсуждены на внутривузовской конференции: «Энергетика, радиотехника, электроника и связь» сборник научных трудов». Алматы: АУЭС, 2019 – С.22-27, а также в журнале научных статей магистрантов АУЭС, 2020 г.

Опубликована статья в зарубежном журнале «American Scientific Journal», № (31)/2019, Vol.2. NY, United States [41].

Публикация работы. Материалы магистерской диссертации публиковались в 3-х Международных и отечественных журналах и получен 1 сертификат за научную работу в зарубежном издании.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 разделов, заключения, списка используемой литературы из 69 наименований, содержит 115 страниц компьютерного набора, иллюстрируется 39 рисунками, 15 таблицами.

1 ОБЗОР И АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ

1.1 Анализ нормативно-правовой базы РК в области безопасности ГТС

С момента создания искусственных водных объектов одновременно возникла и проблема безопасности гидротехнических сооружений, создающих напорный фронт. С ростом массового строительства ГТС, которое велось в 60-е - 80-е годы прошлого столетия, возрастала и данная проблема. В условиях структурных изменений в жизни страны, которые вот уже около 20 лет происходят в Республике Казахстан сказываются крайне неблагоприятно на всех аспектах безопасности населения и территорий, в том числе и на безопасном состоянии ГТС.

В 90-х годах XX века крайне остро встал вопрос о безопасности гидросооружений в Республике Казахстан, так как произошли изменения в жизни страны. За последние 20–25 лет на водохозяйственных объектах РК отмечалось значительное снижение уровня водохозяйственных мероприятий, в связи с чем снизились надежность ГТС, повысились показатели опасности возникновения происшествий и ЧС, что объясняется с общим понижением осуществления наблюдений за их безопасностью, мероприятий по понижению качества и возможных объемов ремонтных работ.

Обследования департаментом ЧС РК во многих областях доказали, что в аварийном и предаварийном состоянии находятся плотины 12% водохранилищ и 20% накопителей стоков вследствие повреждения ответственных элементов водосбросов, затворов, усиленной фильтрации, переполнения и других причин [1, 2].

В связи с изложенным, была сформирована новая нормативно-правовая база по обеспечению безопасности ГТС [3-4, 5]. Целый ряд нормативных документов, правил и рекомендаций разработан и утвержден органами государственного надзора за безопасностью ГТС [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13-14], получают развитие работы в направлении страхования рисков аварий ГТС [15-16, 17-18, 19, 20].

Таким образом, нормативно, на уровне правительства РК, отдельных ведомств, признано, что риск аварий на ГТС неизбежен и подлежит оценке, анализу и регулированию. В развитых странах ответственность по закону за создание безопасности ГТС и выявление оценки риска происшествий лежат на первом руководителе, который издает приказы, организует и контролирует всю деятельность на предприятии. Известны работы Розанова Н. Н., Куранова Н. П., Верменко В. В., М. В., Волоховой М.Н., Тейтельбаум А.И., Верле С.В., разработавшие рекомендации по оценке риска аварий на ГТС [21].

В данных методических рекомендациях предлагается использовать интегральную оценку опасности аварии ГТС, путём введения коэффициентов, характеризующих состояние надёжности гидротехнического сооружения и ожидаемых масштабов ущербов.

Для решения конкретной, узкой задачи оценки безопасности ГТС для населения и территории данная методика вполне применима, однако она не позволяет согласовать полученные результаты оценки риска ГТС с общей картой риска территории, так как степень риска определяется не в общепринятых показателях (1/год), а в условных значениях, соответствующих определённым коэффициентам. Например, страхующим организациям данная оценка также будет не понятной.

Вместе с этим в научных кругах и в области безопасности ГТС существует общепринятое направление исследования риска – использование методических подходов, принятых в промышленной безопасности. Это наиболее перспективное направление было обозначено на международном конгрессе «Поддержание работоспособности и реконструкция плотин», организованном испанским общественным объединением «Плотины и водохранилища» и прошедшем в 2012 году в Мадриде. Наиболее примечательным был обобщающий доклад по вопросу безопасности гидротехнических сооружений, подготовленный известным европейским гидротехником, бывшим Президентом Международной комиссии по большим плотинам, профессором Ломбардии [22].

В докладе особый интерес представляет попытка структурирования классического метода оценки риска промышленных объектов применительно к гидротехническим объектам. Им были выделены следующие этапы процесса оценки риска: оценка возможного ущерба при прорыве плотины; идентификация учитываемых опасностей (рисков); анализ этих рисков в форме отдельных событий или дерева; определение вероятности таких событий; вычисление совместной вероятности факторов риска для определения обобщенной вероятности прорыва; оценка риска как произведения общего ущерба и вероятности прорыва; определение приемлемого риска.

Оцененный в результате этих процедур риск может использоваться для решения задач по оценке риска территорий; определению страховой премии; принятию экстренных ремонтно-восстановительных мер; определению первоочередных действий или капиталовложений; составлению плана экстренных мероприятий или, в современных терминах, для принятия решений.

По мнению профессора Ломбардии, развитие в последние десятилетия рискованного подхода оказало положительное влияние на проектирование, строительство, эксплуатацию и мониторинг гидротехнических сооружений.

В числе достижений отмечаются:

- повышение осведомленности инженеров в вопросах риска;

- повышение осведомленности исследователей о существующих неопределенностях;
- развитие сценарных подходов при оценке неблагоприятных воздействий на сооружения;
- улучшение понимания связей между воздействиями на сооружения и их функционированием;
- стимулирование поиска менее чувствительных конструкций и более надежных водосбросных устройств; стремление устанавливать очередность действий.

Следует отметить, что Основы государственной политики в области обеспечения безопасности населения РК и защищенности ГТС от угроз ЧС природного и техногенного характера определяют риски, основные поражающие факторы катастрофического затопления, опасности возникновения и развития аварийной ситуации на гидротехнических сооружениях.

Основание – гравийно-песчаная смесь, перекрытая обратным фильтром. Недостаток конструкции: сложность производства работ по устройству нижнего упора.

В связи с густонаселенностью примыкаемых жилых районов существует повышенная опасность – нанос тины, илистых частиц на откос, так как уровни реки Кубани меняются постоянно.

Площадь земли, занимаемая откосом, изымается из полезного оборота. Достоинства: сравнительная экономия капитальных вложений и материальных ресурсов [23].

Материальный ущерб вследствие аварий и катастроф на плотинах Пуентес, Саут-Форк, Мальпассе, Вайонт, Хайокири, Пардо, Болдуин Хиле, Титон и др. исчислялся сотнями миллионов долларов (по другим данным, 1... 10 долларов на 1 м³ водохранилища).

Количество человеческих жертв составило около 10 тыс. В плотинах гидроузлов устанавливают значительное число КИА (Андижанская—1430, Саяно-Шушенская — 2 270). Стоимость натуральных наблюдений составляет 0,75...2 % и более стоимости сооружений.

В 95 % случаев этих аварий могло бы не быть при постоянном и оперативном контроле.

Активное развитие и внедрение методологии оценки аварий относится к 70-м годам прошлого века и связано, в первую очередь, с принятием США, Японией, рядом стран Западной Европы законов по безопасности и страхованию населения от природных и техногенных катастроф. Толчком для развития теории оценки рисков явилась замена концепции «абсолютной надежности» на концепцию «допустимого риска».

Проводниками концепции «допустимого риска» в СНГ стали С.Т.Беляев, В.А. Легасов, В.А. Еременко, О.И. Ларичев, И.И. Кузьмин и

другие специалисты, проводившие свои исследования преимущественно в области промышленной безопасности.

Разработкам конструкций, теоретическим и экспериментальным исследованиям по развитию методологии оценки риска в области гидротехнического строительства посвящены отечественные и зарубежные работы, авторами которых являются: Розанов Н., Куранов Н.П., Сафронов А., Беллендир Е. Н., Никитина Н. Л., Сольский С. В., Стефаншин Д. В., Векслер А. Б., Добрынин С. Н., Радчинко В. Г., а также Досболов С.С., Анзельм К.А., Абдиманап К.А., Исаев О., Гафаров Ф.Ф., Койшыбаев К.О., Талипов Ш.Г., Сыздыкова Б.М., Сағаев А.А, Алибеков А.К. и др. На этом основании принятое направление исследования по обеспечению безаварийного функционирования гидротехнических сооружений связана с масштабами ущербов, к которым приводят аварии на этих сооружениях и повышения эффективности использования надежности водосбросных сооружений в нижнем бьефе плотины на большей части водохранилищ.

1.2 Общее состояние гидросооружений на территории РК и их классификация

В Казахстане ГТС являются наиболее распространенными типами инженерных сооружений с весьма важными функциями, оказывающими большое влияние на развитие экономики и социальной сферы, экологическую устойчивость, а также безопасное функционирование промышленных, социальных объектов, и главное безопасное проживание населения, в нижнем бьефе подпорных сооружений.

Обеспечение безопасности ГТС относится к специфической области межведомственной деятельности, в которой участвует большое число контрольно-надзорных органов и служб, министерства, национальные компании, местные органы управления и иные собственники, располагающие водохозяйственными сооружениями различного назначения. Взаимодействие между ними представляет довольно сложную проблему, и, ее системное решение требует соответствующего законодательно-правового и институционального обеспечения.

Однако в Казахстане до настоящего времени еще не сформирована система обеспечения безопасности гидросооружений, что не позволяет разрабатывать стратегические направления практических действий в этой области. Не имеется законодательной основы о безопасности ГТС, единой государственной системы предупреждения и реагирования на чрезвычайные ситуации, учитывающей специфику ГТС.

Аварийные водосбросы устроены на 95 % водохранилищ. Чаще всего аварийные водосбросы выполнены в виде трубчатых водосбросов с водобойными колодцами в нижнем бьефе плотин. Пропускная способность таких сбросов от 1,0 до 2,5 м³/с.

Небольшая часть аварийных водосбросов с широким порогом, рассчитанные на расход от 20 до 50 м³/с. До настоящего времени такие водосбросы работают без особых проблем, и показали свою устойчивость и практичность.

Для дальнейшей безаварийной эксплуатации водохранилищ требуется проведение реконструкции аварийных водосбросов и увеличения их пропускной способности. В частности укрепления водосбросной части в нижнем бьефе.

В последнее десятилетие активно проводятся исследования в области «управления рисками» для обеспечения геологической безопасности территорий и в области гидротехнического строительства.

Чрезвычайная важность задач обеспечения безаварийного функционирования гидротехнических сооружений связана с масштабами ущербов, к которым приводят аварии на этих сооружениях.

Фактически ежегодно риску от последствий землетрясений в стране подвергаются порядка 200 тысяч человек, а урон, наносимый землетрясениями валовому внутреннему продукту (ВВП) Казахстана, может достигать около 1 миллиарда долларов.

Негативные воздействия подземных и поверхностных вод существенно сказываются для территорий РК, к примеру в 2017 г. годовой ущерб составил 98,6 млрд. тг, в том числе от паводков, наводнений и затоплений 58 млрд. тг, от водной эрозии и обрушений берегов 11,6 млрд. тг, от водной эрозии почв (с/х угодья, лесное хозяйство, пашни) - 29 млрд. тг в год.

Согласно выполненным исследованиям повреждения различного рода имели место на 4 % зарегистрированных плотин из грунтовых материалов.

Исследованиями выявлено, что в Казахстане мы также довольно часто наблюдаем наводнения. Хотя они и менее разрушительны по характеру, экономический ущерб от них значительный. Например, в 2005 году наводнения нанесли ущерб в размере 7,6 миллиона долларов, в 2008 году — 100 миллионов долларов, в 2010 году - 40 миллионов долларов, а также погибли более 40 человек. Если обобщить, ежегодно от наводнений в Казахстане страдают около трехсот тысяч человек, а ВВП республики теряет до трех миллиардов долларов в год, - указывает специалист.

Многое зависит и от региона страны, а также особенностей его климатических условий. До 26% территории страны, включая весь город Алматы, подвержены угрозе селей, а сельское хозяйство может в значительной степени пострадать от угрозы засухи.

По данным территориальных подразделений Комитета по ЧС МВД РК по состоянию на 1 сентября 2018 года, на территории Республики находятся 1094 гидротехнических сооружений. Из них 187 - в республиканской собственности, 632 - в коммунальной собственности, 241 - в частной собственности и 34 - бесхозные объекты. Распределение ГТС по областям и видам собственности указано в диаграммах №1 и №2.

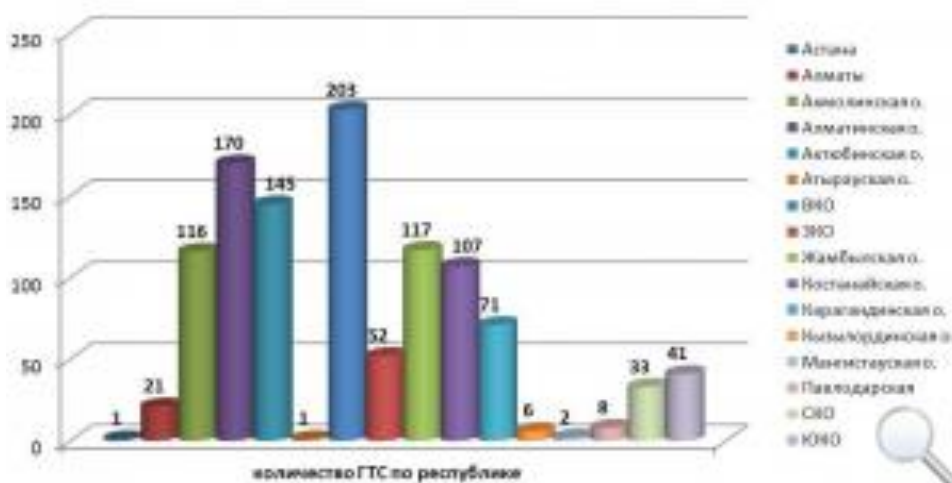


Рисунок 1 – Количество ГТС в разрезе областей

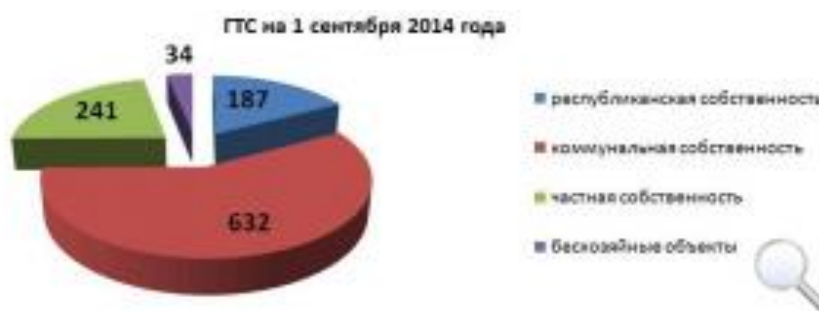


Рисунок 2 – Собственники ГТС на 1 сентября 2014 года

Проведение ремонта требуют 363 ГТС, 93 из которых находятся в республиканской собственности, 193 – в коммунальной собственности, 73 - в частной и 4 бесхозных объекта.

В ходе инвентаризации гидротехнических сооружений выявлены 6 объектов: 3 - в Восточно-Казахстанской области, 2 - в Северо-Казахстанской и 1 - в Западно-Казахстанской области, находящихся в аварийном состоянии и представляющие реальную угрозу населению.

Распределение 34 бесхозных ГТС по областям указаны на рисунке 3.

Согласно данных ДЧС областей, городов Астана, Алматы в республике по состоянию на 10 февраля 2018 года, было зарегистрировано 1107 ГТС, из которых, 218 – в республиканской собственности, 626 – в коммунальной собственности, 263 – в частной, бесхозные объекты отсутствовали.

В 2018 году для обеспечения безопасности ГТС всего было выделено 11 млрд. 53 млн. тенге, из которых 5,1 млрд. тенге – из республиканского бюджета, 4,3 – из местного и 1,5 млрд. тенге из частных средств.

Анализ аварий последних лет на гидротехнических сооружениях с катастрофическими последствиями в разных странах мира показывает, что одной из главных причин их возникновения является человеческий фактор.

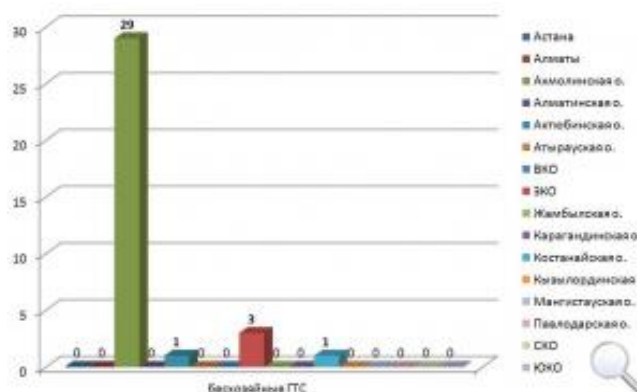


Рисунок 3 – Количество бесхозяйных ГТС в Республике на 1 сентября 2018 года

Распределение выделенных средств по областям указано в таблице 1.

Таблица 1 – Выделение средств в 2018 году на ремонтно-восстановительные мероприятия.

Наименование региона	Всего финансовых средств в 2014 году (млн. тенге)		
	Республиканский Бюджет	Местный бюджет	Частные средства
Продолжение таблицы 1			
1	2	3	4
Астана	15	-	-
Алматы	65,68	2387,46	-
Ақмолинская область	56,24	128	-
Актюбинская область	13,34	3,92	-
Алматынская область	-	746,8	-
Атырауская область	23,80	-	-
ВКО	24,80	483,53	-
Жамбылская область	2526	304,40	15
ЗКО	20,50	3,4	-
Қызылординская обл.	1233	172,6	-
Қарағандинская обл.	827,64	54,57	1388
Костанайская обл.	3,25	45,36	8,72
Мангистауская обл.	-	-	115,54
Павлодарская обл.	-	-	-
СКО	308,4	33,3	5,7
ЮКО	39,99	-	-
Итого	5157,64	4363,34	1532,96

Около 50% аварий и связанных с ними ЧС – результат низкой квалификации эксплуатационного персонала, неправильной организации работ, нарушения норм и правил безопасности.

ГТС, где учтены новейшие достижения науки и техники, самая рациональная схема компоновки могут оказаться малоэффективными, если это сооружение не будет эксплуатироваться на достаточно высоком техническом уровне. Правильная и рациональная эксплуатация позволит обеспечить максимально высокую безопасность и надежность работы ГТС.

Все гидротехнические сооружения создаются с целью использования кинетической энергии воды, охлаждения систем в технологических процессах, мелиорации, защиты прибрежных территорий (дамбы), забора воды для водоснабжения и орошения, рыбозащиты, регулирования уровня воды, обеспечения деятельности морских и речных портов, для судоходства (шлюзы).

Гидротехнические сооружения классифицируются: при проектировании гидроузлов выделяют постоянные и временные гидросооружения. К временным относятся ГТС, используемые только в период строительства и ремонта основных ГТС. Постоянные ГТС в зависимости от их назначения подразделяют на основные и второстепенные. К основным относят ГТС, повреждение или разрушение которых приводит к нарушению или прекращению нормальной работы ГЭС, прекращению или уменьшению подачи воды для водоснабжения и орошения, затоплению и подтоплению защищаемой территории, прекращению судоходства, деятельности речного порта, судостроительных заводов и др.

К основным ГТС относятся, прежде всего: плотины, устои и подпорные стенки в составе напорного фронта, дамбы обвалования, берегоукрепительные, регуляционные и оградительные сооружения, водосбросы и водовыпуски, водоприемники и водозаборы. А также относятся каналы, судоходные, водохозяйственные и мелиоративные и сооружения на них, туннели, трубопроводы, напорные бассейны и уравнивательные резервуары, здания ГЭС и ГАЭС, судоходные шлюзы, отстойники, ГТС речных портов, ГТС АЭС и ТЭС, ГТС инженерной защиты населенных пунктов, предприятий, дамбы, ограждающие золоотвалы.

К второстепенным ГТС относят разрушения не приводящие к тяжелым последствиям берегоукрепительные сооружения портов, рыбозащитные сооружения, подпорные стенки. В зависимости от возможного ущерба при разрушении второстепенные ГТС можно отнести к основным.

По месту расположения ГТС бывают наземные - прудовые, речные, озерные, морские и подземные - трубопроводы, туннели. По характеру и цели использования: водно-энергетические, для водоснабжения, мелиоративные, канализационные, водно-транспортные, декоративные, лесоплавные, спор-тивные, рыбохозяйственные.

Плоские затворы представлены щитами размерами от 1,0x1,0 м и массивные 2,5x2,5 м. Винтовые подъемные механизмы больших затворов имеют большую длину до 6,0м и диаметром 10 см. Все крупные затворы установлены в железобетонных шахтах.

Но как показало обследование, в следствии отсутствия электричества и выхода из строя электрических двигателей, электрический привод не используется, затворы управляются вручную через редуктор. Это относится и к небольшим затворам так и к большим. Управление крупными затворами вручную представляет собой большую трудность из за их массы, изношенности подъемных механизмов, частого примерзания и заклинивания затворов, на подъем или опускание одного затвора требуется от 20 до 40 мин.

Практически все затворы требуют замены и реконструкции. Особенно это касается больших затворов, так как изготовление подъемного механизма требует строгого соблюдения требований ГОСТов по стали.

1.3 Чрезвычайные происшествия и аварии на гидротехнических сооружениях, последствия ЧС

Во всем Центральном - азиатском регионе и Казахстане, где находятся засушливые почвы и имеются отрицательное воздействие на плотины, функционирование плотин осуществляют жизненно важную роль, вследствие чего и построены крупные ГТС для осуществления пропускной способности водных масс, с многочисленным назначением и функциями для обеспечения экономики и всех сфер деятельности.

Нарушения при эксплуатации плотин, случающиеся происшествия на них представляю опасности, происходящие из-за нарушения эксплуатационно-технологических условий: а именно длительности сроков их эксплуатации 40-50 и более лет, устаревшего оборудования и износа прочности конструкций этих объектов, а также постоянной эксплуатации плотин, нарушения режима его работы, частого заилиения чаши и водовыпускных сооружений и другие.

Возросшая опасность повреждения и разрушения водохозяйственных объектов вследствие воздействия стихийных и антропогенных факторов заставило обратить особое внимание специалистов на проблему их безопасности.

Этим объясняется всё больше возрастающая значимость оценки риска безопасности плотин и управления рисками.

Акцент при этом делается не только на принятие мер по устранению последствий их разрушения, а в основном на разработку комплекса защитно-профилактических мероприятий по предупреждению катастроф.

Проведенный анализ показывает низкую техническую оснащенность при эксплуатации плотин. В частности это касается состава и количества эксплуатационного персонала, их оснащенность:

1) эксплуатационные домики имеются лишь на 10 % водохранилищ. Это связано с периодом приватизации, когда значительная часть эксплуатационных домиков перешла в частный сектор. В зимний и весенний периоды, эксплуатационному штату приходится проводить наблюдения путем ежедневного приезда только в дневное время. Поэтому необходимость

строительства эксплуатационных домиков на всех водохранилищах;

2) освещение водохранилищ и электрификация сооружений для автоматического управления затворами установлена не на всех плотинах. Стоит вопрос об электрификации плотин и всех крупных затворов, для перехода на электропривод;

3) сигнальные столбики также имеются на незначительной части плотин, требуется оснащение всех плотин и гидроузлов сигнальными столбиками;

4) такая же проблема с эксплуатационными дорогами на гребне плотин. Почти все они грунтовые. Повсеместно наблюдаются размывы дороги в результате проезда крупной сельскохозяйственной и автомобильной техники. Требуется провести крепление жестким покрытием.

5) наиболее серьезный вопрос, количество и подготовка кадров и специалистов для эксплуатации плотин и управления сооружением. Требуется проведение постоянно действующего ежегодного обучения с выдачей соответствующего сертификата для работы на сооружениях определенного класса ответственности.

При оценке состояния плотин, являющаяся многоплановой и позволяет ранжировать плотин по степени опасности и, включающая вопросы об экономической эффективности инвестиций, вкладываемых в реализацию первоочередных мероприятий: ремонт, реконструкцию и др., исключающих ущерб от возможной аварийной ситуации или аварий, в том числе связанных с прорывом напорного фронта.

Практическое управление безопасностью плотин, в сущности, и есть управление рисками. Риск по сути нельзя устранить, и поэтому им нужно управлять.

Традиционно, управление рисками разделяются на следующие три основные «ветви»: анализ риска, сравнение риска, уменьшение риска.

Оценка риска объединяет первые две ветви, а управление рисками включают в себе все три. основополагающей концепцией оценки риска является его поэтапное проведение, с широкой детализацией для обоснования перед принятием решений риска среди факторов.

Кроме стихийных, можно выделить ещё и ряд антропогенных факторов: ошибки проектирования и управления; несоблюдение правил эксплуатации и безопасности; непрофессионализм, некомпетентность и халатность обслуживающего персонала; отсутствие проектной документации и натурных наблюдений за состоянием объекта, аварийного запаса материалов, оборудования и др.

Причины разрушения гидротехнических сооружений: стихийные бедствия, такие как землетрясения, ураганы, размывы плотин; деятельность человека; конструктивные дефекты, нарушение правил эксплуатации; материальный износ отдельных частей сооружения. При прорыве в плотине или в другом сооружении образуется проран, от размеров которого зависят объем, скорость падения воды и параметры волны прорыва.

Последствия гидродинамических аварий: повреждения и разрушения гидроузлов; ранения людей и разрушение зданий волной прорыва, образующейся в результате разрушения ГТС.

Высота волны прорыва может достигать от 2 до 12 м, для равнинных районах скорость движения волны прорыва колеблется от 3 до 25 км/ч, в горных районах – до 100 км/ч; катастрофическое затопление обширных территорий слоем воды 0,5-10 м и более.

Вторичными последствиями гидродинамических аварий на ГТС являются загрязнение воды и местности веществами из разрушенных хранилищ, принадлежащих промышленным и с/х предприятиям, массовые заболевания людей и животных, аварии на транспортных магистралях, оползни и обвалы, утрата прочности зданиями и сооружениями.

Волна прорыва разливающихся массы воды способны на своем пути движения вызывать человеческие жертвы, разрушать строения и объекты народного хозяйства, наносить материальный ущерб населению и государству и потому является основным фактором в оценке риска аварий на ГТС.

Разрез и план ГТС представлен на рисунке 4. Все ГТС являются потенциально опасными источниками поражения (воздействия) на население.

Объекты экономики и окружающую среду в результате аварийного сброса огромных водных масс. ГТС в зависимости от степени опасности разрушений и масштабов их последствий подразделяются на 4 класса.

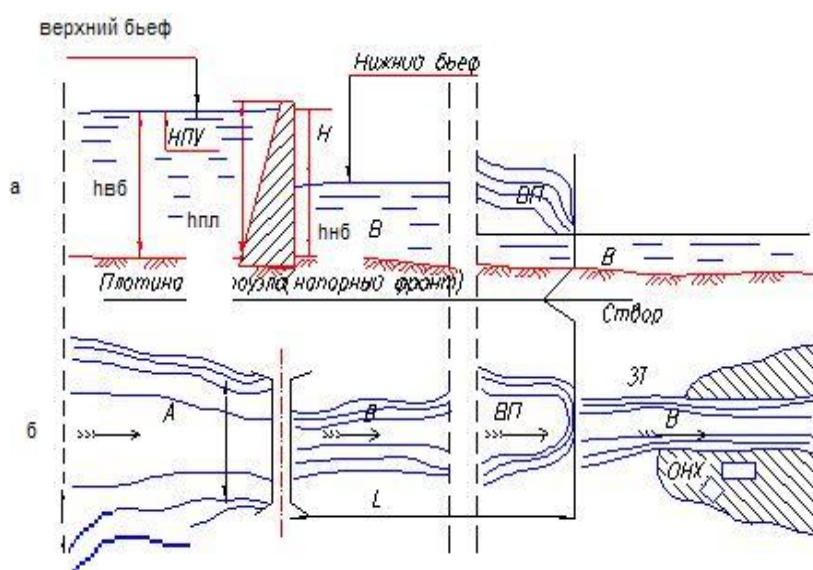


Рисунок 4 – Разрез и план ГТС

где: НПУ - нормальный подпорный уровень; $h_{вб}$ - глубина водоема перед плотиной в верхнем бьефе; $h_{пл}$ - высота плотины; $h_{нб}$ - глубина водоема (реки) за плотиной в нижнем бьефе; H - напор гидроузла ($H=h_{вб}-h_{нб}$); l - ширина водохранилища в створе гидроузла; А - водохранилище; В - река; ОНХ - объект народного хозяйства; ЗТ - возможная зона затопления; L - расстояние от плотины до створа; ВП - волна прорыва.

В экстремальных условиях гидрологического режима, аварийный сброс вод выше расположенного по течению реки ГТС и возможны ситуации, когда гидродинамическое воздействие вод превысит расчетные показатели устойчивости и прочности ГТС.

Такие отклонения от проектных величин должны быть не более: для сооружений 1 класса - 1% (1 раз 100 лет), 2 и 3 классов - 5% (1 раз в 20 лет), 4 класса - 10% (1 раз в 10 лет). Превышение ветровых волн и ветрового нагона над расчетными для сооружений 1 и 2 классов - 2% и 3,4 класса - 4%.

Установлено, что основными причинами разрушения ГТС являются: горизонтальные подвижки и вертикальные смещения под основанием ГТС.

Вовремя не замеченные, они начинают проявляться в снижении устойчивости конструкции, что может привести к аварии или полному разрушению.

Класс ГТС может определяться: по показателю технического назначения сооружения, по показателю динамических возможностей сооружения и по показателю масштабов народно-хозяйственного назначения (таблица 2).

Таблица 2 – Класс основных гидродинамических сооружений напорного типа в зависимости от технического назначения сооружения

Объект защиты	Высота сооружения, (м) при их классе				
		1	2	3	4
Подпорные стены	А	Более 40	от 25 до 40	от 15 до 25	менее 15
	Б	Более 30	от 20 до 30	от 12 до 20	менее 12
	В	Более 25	от 18 до 25	от 10 до 18	менее 10
Оградительные сооружения (молы, волноломы и дамбы)	А,Б,В	Более 25	от 25	менее 5	-
	А	Более 100	от 75 до 100	от 25 до 75	менее 25
	Б	Более 75	от 60 до 70	от 15 до 35	менее 15
	В	Более 50	от 25 до 50	от 15 до 35	менее 15
Плотины бетонные и железобетонные, подводные конструкции	А	Более 100	от 60 до 100	от 25 до 65	менее 25
Здания гидроэлектростанций.	Б	Более 50	от 25 до 50	от 10 до 25	менее 10
Шлюзы	В	Более 25	от 20 до 25	от 10 до 20	менее 10

1.4 Коммунально-энергетические системы жизнеобеспечения и факторы, воздействующие на проявление происшествий

По данным статистического учёта установлено, что чрезмерные фильтрационные расходы, связанные с трещинами плотин в зоне основания, являются причинами 50% всех отказов, в том числе 28% из них сопровождалось разрушением плотин.

По статистике отказов влияние сейсмических явлений на ГТС занимает 17-е место в зависимости от устройства плотины. Наиболее надёжными являются контрфорсные плотины. В таблице 3 показаны весовые критерии отказов ГТС от факторов влияния.

Исследования по эксплуатации ГТС показывают, что с годами начинают появляться естественные динамические процессы в опорных грунтах, приводящие к изменениям деформационной прочности оснований и разрушению плотины. Для повышения эффективности своевременных мер по снижению данного негативного фактора целесообразно применять методы раннего обнаружения процессов сдвига.

Таблица 3 - Факторы влияния на отказы работы ГТС

Факторы влияния	Вес ф-ра	Время и количество отказов		
		0	4	0
Неустойчивость основания	20	30	30	-
Температура и усадки	12	30	-	-
Фильтрация в теле плотины	15	30	-	-
Фильтрация в основании	14	30	-	-
Агрессивность воды	12	-	-	6
Повременное замораживание	15	-	-	-
Неправильная эксплуатация	1	4	-	-
Землетрясения	3	9	-	-
Разные не выявленные факторы	8	4	-	-

Для чего предусмотрены наблюдения за состоянием оснований гидросооружений: установление наличия или отсутствия смещений и определение границ активных зон; определение наличия и скорости развития смещений по горизонтали и вертикали, а также оценка подвижности различных горизонтов и векторов смещения; выявление количественных параметров и направлений смещений; разработка оценки их эффективности.

В результате изучения установлено, собственно что результаты прорыва гидродинамического объекта связаны с распространением с быстрой

скоростью воды, которые создают угрозу возникновения чрезвычайной техногенной ситуации. Поражающий момент - волна прорыва, образующаяся при разрушении гидротехнического сооружения. Характеристики поражающего влияния волны прорыва: скорость волны прорыва, глубина волны прорыва, температура воды, время существования волны прорыва. Наименьшие смысла характеристик поражающего влияния волны прорыва, которые содержат поражающий эффект: статическое давление потока воды не менее $0,2 \text{ кг/см}^2$ (20 кПа) с длительностью воздействия не менее 0,25 ч и скоростью потока не менее 2 м/с. На параметры волны прорыва воздействуют как начальные размеры прорана, так и напряженность его размыва, зависящая от плотности сцепления с грунтом.

В исследованиях рассмотрен характер воздействия поражающего фактора, который определяется гидродинамическим давлением потока воды, уровнем и временем затопления, деформацией речного русла, загрязнением гидросферы, почв, грунтов, размыванием и переносом грунтов. Объектами поражающего воздействия волны прорыва могут быть: население, городские и сельские строения, сельскохозяйственные и промышленные объекты, элементы инфраструктуры, домашние и дикие животные и ОС (рисунок 5).

Нами установлено, на основе обобщения большого фактического материала техническом состоянии и аварийности гидросооружений напорного типа, что основными причинами отказа являются: чрезмерная проницаемость грунтов оснований, деформационная неоднородность оснований; недостаточная прочность оснований на сдвиг.

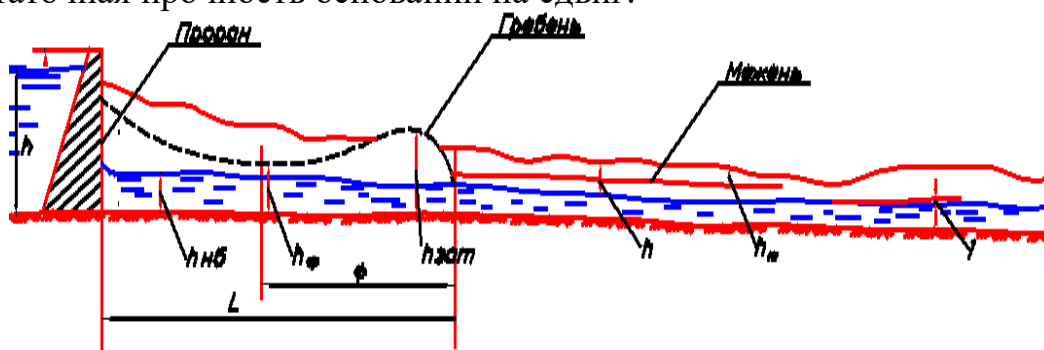


Рисунок 5 – Схема волны прорыва

где h - уровень реки в момент образования прорыва; $h_{нб}$ - глубина реки в нижнем бьефе; $h_{сп}$ - высота затопления участка местности при его полном формировании; $h_{зат}$ - максимальная высота затопления участка местности по створу; Φ - фронт волны прорыва; L - расстояние от плотины до створа; $h_{вб}$ - глубина водоема перед плотиной в момент ее разрушения; i - уклон водной поверхности.

Геоэкологические последствия аварий на ГТС напорного типа определяются величиной гидродинамического давления потока воды, волны прорыва, уровнем и временем затопления, деформацией речного русла, загрязнением гидросферы, почв, размыванием и переносом грунтов.

2 АНАЛИЗ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НАВОДНЕНИЙ НА СОСТОЯНИЕ И ОЦЕНКУ РИСКА ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧС НА ГТС

2.1 Теоретические исследования причин аварий гидротехнических сооружений

Проведены в АУЭС выявления самой опасности, выбор средства и целей по оценке риска появления чрезвычайных обстановок на гидротехнических сооружениях на р.Биен ГТС, оснований происшествий, по совершенствованию технологии, применяемых на гидросооружениях, мониторинга состояния водных объектов на реках.

Опасное техногенное происшествие ГТС (авария), создающее угрозу жизни и здоровью людей, приводящее к разрушению зданий, сооружений, оборудования и коммуникаций, нарушению производственных и транспортных процессов, нанесению ущерба окружающей природной среде [24]. 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.

Среди социально-экологических нарушений, связанных со строительством и эксплуатацией ГТС, выделяются: 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 6 и 7). 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.

Казахстанскими Узбекистанским примерами сказанному являются аварии Кызылагашской и Сардобинской 2 плотин.

В результате паводка 43 человека погибли, в том числе восемь детей; 300 получили ранения разной степени тяжести и около 1000 были эвакуированы; 146 домов было снесено полностью, 251 разрушены и 42 повреждены. Утром 1 мая произошел прорыв дамбы Сардобинского водохранилища. Несколько населенных пунктов оказались затоплены, десятки других — под угрозой подтопления. Около 70 тысяч человек, проживающих в окрестностях водохранилища, эвакуировали и разместили в специально подготовленных учреждениях в Сырдарьинской и Джизакской областях.

Социально-экологическими нарушениями считаются любые неблагоприятные изменения природных, экологических и социальных условий проживания людей [25].

В результате прорыва дамбы на Сардобинском водохранилище в Узбекистане в 2020 году произошло сильное подтопление 10 посёлков в Туркестанской области РК.

Наводнение началось 1 мая, когда сильный дождь и штормовой ветер привели к прорыву дамбы Сардобинского водохранилища. При этом в Узбекистане пострадали 56 человек и около 70 тысяч были эвакуированы. Чтобы справиться с наводнением, узбекская сторона открыла шлюзы в сеть оросительных каналов. Пограничные коллекторы переполнились, что и привело к наводнению на казахстанской стороне. Сардобинское водохранилище было построено три года назад и вмещает 922 миллиона кубометров воды. Эвакуированы более 22 тысяч жителей, им оказывалась помощь. Ведутся переговоры с узбекским правительством.



Рисунок 6 – Разрушение грунтовой плотины переливом воды



Рисунок 7 – Разрушение водосброса плотины

Прорыв плотины в Кызылагаше 2010 года.

Село получило известность в СМИ в ночь с 11 на 12 марта 2010 года, когда выше по течению реки Кызылагаш произошёл прорыв плотины,

унёший жизни 45 человек. На момент трагедии в Кызылагаше проживало 2643 человека, преимущественно казахи, из них 221 (8,4 %) — казахи-оралманы из Китая, имеющие китайское гражданство. Село в результате прорыва плотины оказалось разрушено на 70 %.

Аварии ГТС, приводящие к возникновению ЧС на определенной территории и акватории, разделяются на две основные группы [26]:

- аварии без прорыва напорного фронта;
- аварии с прорывом напорного фронта в результате образования прорана или брешы.

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

- постепенное переполнение водохранилища 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 брешы, 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 брешы 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 брешы 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).

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

В целом, прочность и устойчивость плотины, сооружений ГЭС и отдельных элементов оценивается как достаточной для безаварийной эксплуатации. Водопропускная способность сооружений достаточная, сведения о тарировке водосбросов имеются в достаточном количестве. Превышения гребня плотины и противодиффузионных элементов над нормальным подпорным уровнем соответствует проектным значениям. Состояния зон сопряжения плотины, оснований и примыканий в целом оцениваются как удовлетворительные. Имеются средства противоаварийной защиты и автоматики установленные на плотине и сооружениях ГЭС. Состояние эксплуатационных дорог и сооружений на них, соответствуют проектным требованиям. Имеется необходимая техническая документация. Имеется основная техническая документация по остальным сооружениям на плотине.

2.2 Теоретические исследования основных характеристик аварий на гидротехнических опасных объектах

Опасность аварии гидротехнического сооружения – это угроза возможность причинения вреда здоровью, жизни людей, имуществу и окружающей природной среде вследствие аварии гидротехнического сооружения [27].

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 [28], принято делить на природные и антропогенные, 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 опасностям аварий относятся 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 относятся: изменение свойств материалов ГТС и их оснований; статические и динамические нагрузки на сооружения и их основания от самих ГТС и их оборудования;

ГТС разрабатываются мероприятия по локализации и ликвидации опасных повреждений и аварийных ситуаций. Имеется план мероприятий. Имеются документы по имевшимся отказам, повреждениям и авариям, причинам их возникновения.

Перечень основных возможных сценариев аварий ГТС и их негативных воздействий определяется составом ГТС и особенностями их работы. Перечень типовых сценариев дан в таблице 4 [29].

Таблица 4 - Перечень сценариев аварий для основных видов ГТС.

№/№	Наименование исходных данных (сведений)	Источники сведений
1.	Основные параметры ГТС: наименование субъекта Республики Казахстан, муниципального образования, бассейнового округа, (на территории которого расположено ГТС), наименование водного объекта, (на котором расположено ГТС), местоположение створа ГТС – расстояние от устья или истока водотока.	Выписка из Казахстанского регистра гидротехнических сооружений или Приложение к Приказу Министерство экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстана. Основные параметры ГТС.
2.	Географические координаты ГТС (широта и долгота с точностью до секунды).	Выписка из Казахстанского регистра гидротехнических сооружений или Приложение к Приказу МЭГПР РК.
3.	Основные характеристики ГТС: назначение, класс и вид ГТС, срок эксплуатации ГТС (в соответствии с установленными требованиями при регистрации ГТС).	Выписка из Казахстанского регистра гидротехнических сооружений или Приложение к Приказу МЭГПР РК. Основные характеристики ГТС.
4.	Количество персонала в наибольшей работающей смене ГТС, чел.	Штатное расписание, Выписка из Казахстанского регистра гидротехнических сооружений или Приложение к Приказу МЭГПР РК.

Имеются разработанные инженерно-технологические решения, технические рекомендации по предотвращению развития и ликвидации опасных повреждений и аварийных ситуаций на плотине. На плотине имеется достаточный объем необходимых резервов строительных материалов, землеройной техники, автотранспорта и других механизмов для оперативной ликвидации опасных повреждений и аварийных ситуаций на плотине. Осматриваются состояние дорог, мостов и подъездов в районе и на территории плотин, состояние аварийных выходов для эксплуатационного персонала, соответствие требованиям ТБ; средства для ликвидации подводных повреждений сооружений и оборудования; средства связи с

персоналом при аварийных ситуациях; системы оповещения населения при угрозе прорыва напорного фронта. А также включают план, согласованный с региональными органами ЧС, исполнительной властью, по совместной локализации и ликвидации гидродинамических аварий и их последствий, такой осмотр показывает, о достаточно высокой готовности объекта к локализации и ликвидации опасных повреждений и аварийных ситуаций.

2.3 Влияние опасных условий и факторов на оценку уровня происшествий на водохранилищах

Оценка аварийности ГТС, характеризуется главным образом по степени надежности гидросооружения, а также показателем риска. Анализ и методика оценки риска аварий на ГТС рассматривается исходя из негативного процесса, происходящего на ГТС, сопровождаемого определенной величиной ущерба.

При определении риска последствий аварий на ГТС учитываются многие факторы состояния и уязвимости объекта, которые учитываются в общей методике расчета:

$$R_c(N) > P(N) \cdot P(Z) \cdot C_y(N) \cdot Z \quad (1)$$

где: $P(N)$ – вероятность проявления неблагоприятных событий;

$P(Z)$ - вероятность нахождения объекта оценки в зоне проявления последствий аварий; $C_y(N)$ – степень социальной уязвимости определенной группы людей;

Z – число всех людей.

Методика оценки риска последствий аварий на ГТС может сводиться к определению ущерба от воздействия сбрасываемых вод в пределах территории, на которой реализуется поражающие факторы действия волны прорыва и вод затопления. Расчетной формулой для определения риска гибели людей в зоне проявлений поражающих факторов последствий аварий на гидротехническом сооружении ($R_{гтс}$), считается произведение вероятностей реализации факторов события (аварии):

$$R_{гтс} = P_a \cdot P_z \cdot P_c \cdot N, \quad (2)$$

где: P_a - вероятность осуществления аварии в результате проявления негативных событий техногенного или природного происхождения, сопровождаемая прорывом плотины.

Средний статистический показатель вероятности разрушения плотин различных гидротехнических сооружений P_a находится в интервале значений от $0,28 \times 10^{-2}$ до $0,2 \times 10^{-2}$; P_z – вероятность формирования волны прорыва и зоны затопления с показателями поражающего действия; P_c - вероятность гибели населения в зоне действия волны прорыва и затопления;

N - количество людей, находящиеся в зоне действия волны прорыва и затопления.

Величина значения вероятности формирования волны прорыва и зоны затопления с показателями поражающего действия $Pз$ и оцениваться как: $Pз = 0,75; 0,5; 0,25$.

Вероятность гибели людей $Pс$ в зоне действия волны прорыва и затопления принимается по среднестатистическому показателю $(9,7) \cdot 10^{-1} \sim 1 \cdot 10^{-1}$ т.е. $Pс = 1 \cdot 10^{-1}$.

В общем виде средний показатель риска гибели людей в зоне аварии ГТС на грунтовом основании будет иметь вид:

$R_{гмс} = 0,24 \cdot 10^{-2} \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 10^{-1} \cdot N$ или $R_{гмс} = 1,2 \cdot 10^{-1} \cdot N$, гибель людей. Согласно методике можно принять риск гибели людей в населенных пунктах сел. типа при высоте гребня волны прорыва $h=1-2м$ $R1=1 \cdot 10^{-4}$; при $h=2-3м$ $R2=1 \cdot 10^{-3}$; при $h=3-4м$ $R3=1 \cdot 10^{-2}$; при $h>4м$ $R=1 \cdot 10^{-1}$.

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 органами исполнительной властью, уполномоченными на осуществление федерального государственного надзора в области безопасности ГТС, в составе декларации безопасности ГТС [30].

Для ГТС устанавливается два уровня критериев безопасности [31]:

- *критерии безопасности 1-го уровня (К1)* – 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 (К2)* – 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 эксплуатационное состояние ГТС, при котором сооружение соответствует всем требованиям нормативных документов и проекта при действии нагрузок основного сочетания, значения контролируемых показателей состояния сооружений не превышают критериев безопасности 1-го уровня, эксплуатируется без разработки каких-либо мероприятий.

Удовлетворительное эксплуатационное состояние ГТС, при котором значение хотя бы одного контролируемого показателя стало больше или меньше соответствующих критериев безопасности 1-го уровня, но значения

контролируемых показателей состояния сооружений не превышают 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.

При состоянии ГТС имеющем: повреждения или дефекты; при воздействии главного сочетания нагрузок и опасности аварии; под воздействием особенного сочетания нагрузок, превосходящих допустимые по плану смысла с опасностью происшествий невозможность 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 $F_{изм} = K1$;

б) состояние сооружения удовлетворительное, если $K1 < F_{изм} = K2$;

в) состояние сооружения предаварийное, если $F_{изм} > K2$, где

$F_{изм}$ - измеренное значение контролируемого показателя.

2.4 Результаты исследования методов бальной оценки потенциальных ущербов при аварии ГТС

В работе использованы сведения, что на побережьях РК в перечень наиболее опасных природных явлений и процессов входят наводнения главным образом стокового и стоково-ливневого генезиса. Их возникновение и развитие сопровождается не только разрушениями и значительным экономическим ущербом, но и человеческими жертвами.

Действительность прогноза, напряжений по предупреждению наводнений или уменьшению их масштаба, минимизации сопряженного с затоплениями убытка зависит от степени познаний о влияниях наводнений, механизмах их происхождения и развития, географической локализации и подверженных их воздействию районах, повторяемости, стремительности протекания и многолетней динамике, применяющихся предохранительных границах и т. п.

Их появление и становление сопрягается с не лишь исключительно разрушениями и существенным экономическим вредом, но также потерпевшими людьми. Извещения о вариантах с наводнениями и страшными затоплениями, часть из них были реконструированы, их существенных свойствах, а еще различные гидрологические материалы собрали информативную основу в детализированном разборе сегодняшнего расположения с наводнениями в РК и ее развития во время с 2000 по 2018 г.

Исследованиями выявлены основные особенности возникновения и прохождения на реках паводков, образованных сильными ливнями стоковых наводнений; получены важные характеристики таких паводков. Впервые для этой территории построены карты максимально возможного повышения уровня воды в реках над предпаводочной отметкой, а также населенных пунктов, подвергавшихся в прошлом затоплениям. Зонирование территории методом балльной оценки показана на рисунке 8.

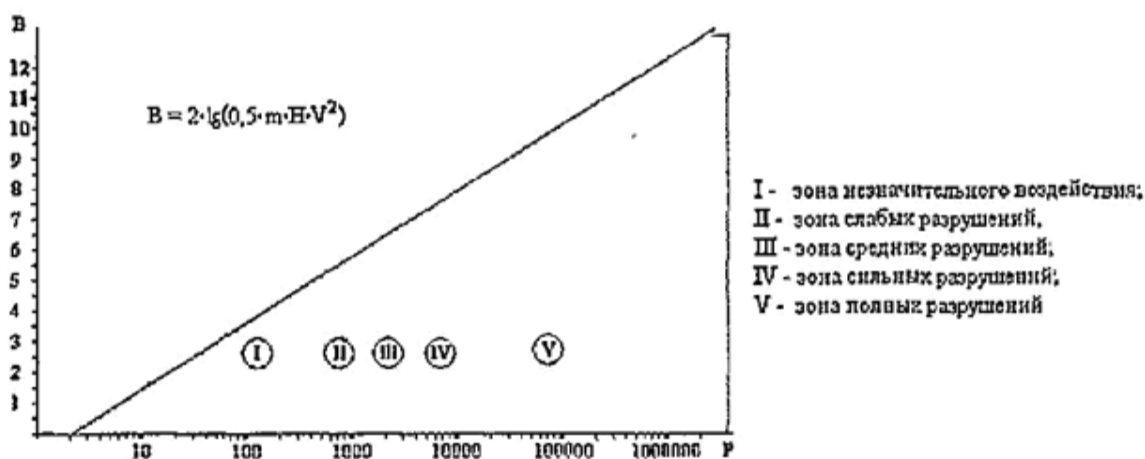


Рисунок 8 - Зонирование территории методом балльной оценки

Исследованы потенциальные опасности напорных сооружений методом балльной оценки потенциальных ущербов, которые показали возможность зонирования различных территорий в зависимости от степени опасности от природных и техногенных затоплений (таблица 5).

Таблица 5 - Опасности территорий по частоте реализации от масштаба ЧС

Частота аварии ГТС, 1/год	Масштаб чрезвычайной ситуации			
	Региональные	Территориальные	Местные	Локальные
>1	Зона неприемлемого риска, необходимы неотложные меры по уменьшению риска			Зона контроля
1-10 ⁻¹	необходима		жесткого оценки целе-	Зона
10 ⁻¹ -10 ⁻²	мер по			
10 ⁻² -10 ⁻³	уменьшению	сообразности риска	приемлемого риска,	
10 ⁻³ -10 ⁻⁴			нет необходимости в мероприятиях	
10 ⁻⁴ -10 ⁻⁵				
10 ⁻⁵ -10 ⁻⁶	по уменьшению риска			

Исследованиями установлено определение оценки риска аварий ГТС IV класса Алматинской области, зависимость частота аварии ГТС на масштаб чрезвычайной ситуации.

С учетом особенностей ГТС IV класса и масштабов ЧС была разработана матрица для определения опасности территорий, представленная в таблице 5, которая позволяет рассматриваемую территорию относить к той или иной зоне риска и построенная карта является основанием для разработки паспорта безопасности районов. Установлены закономерности и причины изменения числа и характеристик наводнений на территории побережья в течение года и в многолетнем масштабе времени, их пространственной корреляции.

Учет реальности выполнения планируемых мер, оценка эффективности их реализации предупредительных мер по защите от наводнений, определение уровня безопасности, достижение которого обеспечивается соответствующими методами.

Недоступность детализированных изучений и неглубокое познание пространственно-временных индивидуальностей и закономерностей наводнений – является недостаточной производительности мер борьбы с ними и их последствиями. Не так давно произошедшие действия 2018 и 2020 гг. еще раз одобрили уязвимость имеющейся системы предупреждения и защиты от наводнений.

В процессе исследований применялись следующие методы:

1) стандартные гидрологические расчеты и дополнительные статистические методы обработки и анализа гидрологической информации с построением эмпирических зависимостей и временных графиков, с проверкой рядов на соответствие основным статистическим гипотезам и др.;

2) кластеризация гидрологических данных, выделение сравнительно однородных территорий, объектов и речных участков;

3) визуализация пространственно распределенной информации с помощью ГИС-видов и оценка пространственных характеристик наводнений.

Новый и важный подход в исследованиях — установление случаев наводнений на побережьях рек РК в прошлом.

Для решения этой задачи сопоставлены документально подтвержденные наводнения с наблюдениями за максимальными уровнями и расходами воды на ГТС, а также с критическими высотными отметками, определены критические значения для этих гидрометеорологических характеристик. Затем на основе полученных результатов и рядов гидрометеорологических характеристик за период 2015-2020 гг. выявлены случаи возникновения таких критических условий и наводнений.

Установление паводков, приводят к стоковым наводнениям, вероятно в верхнем и среднем движении реки Биен. Но если все таки ливневые дожди достаются исключительно в низовьях реки, к затоплениям приводит не настолько уровень воды в речном русле, сколько сильные склоновые потоки. Зачастую русла, размещенные далее к устью, паводок образуется раньше

благодаря тому, что дождевые облака смещаются в чаше устья реки. На небольших реках паводок возможно отслеживаться приблизительно по всей протяженности русла. На крупных реках такое формирование гидрологической переделки приводит к формированию исключительно сильных паводков.

Паводки вследствие ливневых осадков с уклоном и сравнительно незначительным объемом водоемов характеризуются кратковременностью, безгранично стремительным взлетом и падением уровня воды. В некоторых вариантах их овладение помещается между обыкновенными сроками наблюдений на ГП, что служит одной из первопричин недостатка информации об генеральных характеристиках паводков. Паводок и группа паводков, может простираться кое-какое время. Однако основная волна паводка протекает, в большинстве случаев, за несколько времени естественно не длительнее 0,5—1 сут., а та доля, которая приводит к затоплениям, еще меньше. Сильный паводок на р. Биен в 2018 г. продолжался ~ 4,5 ч., а затопление поймы длился менее 4,5 ч.

Основным последствием гидродинамической аварии является катастрофическое затопление местности, бедствие из-за гидродинамической аварии, являющееся результатом разрушения плотины и заключающееся в стремительном затоплении волной прорыва нижерасположенной местности и возникновении наводнения.

Катастрофическое затопление характеризуется следующими параметрами: максимально возможными высотой и скоростью волны прорыва; расчетным временем прихода гребня и фронта волны прорыва в соответствующий створ; максимальной глубиной затопления участка местности; длительностью затопления территории; границами зоны возможного затопления.

Катастрофическое затопление распространяется со скоростью волны прорыва и приводит через некоторое время после прорыва плотины к затоплению обширных территорий слоем воды более 0,5-10 м. При этом образуются зоны затопления. Так, в РК при разрушениях или авариях на ГТС (плотины, дамбы, перемычки, шлюзы и т.п.) в зоне затопления окажутся десятки миллионов человек, тысячи населенных пунктов, предприятий, сооружений, сельскохозяйственных земель и др.

Чрезвычайная важность задач обеспечения безаварийного функционирования гидротехнических сооружений связана с масштабами ущербов, к которым приводят аварии на этих сооружениях.

Годовой ущерб для территорий РК, данные 2018 г., от негативного воздействия подземных и поверхностных вод оценивается в 48,6 млрд. тг.

В том числе, от паводков, наводнений и затоплений 13 млрд. тг; от водной эрозии и обрушений берегов - 10,6 млрд. тг; от водной эрозии почв (с/х угодья, лесное хозяйство, пашни) - 25 млрд. тг в год.

Согласно выполненным исследованиям повреждения различного рода имели место на 4 % зарегистрированных плотин из грунтовых материалов.

Среди стихийных бедствий на территории Республики Казахстан одними из наиболее распространенных являются наводнения, которые возникают как за счет природных явлений циклического характера, так и из-за аварий на гидротехнических сооружениях.

Старение износ основных фондов водного хозяйства, отсутствие должного надзора за безопасной эксплуатацией делают прорыв плотин водохранилищ и накопителей стоков все более реальным, что может привести к катастрофическим последствиям. Все гидросооружения, в той или иной степени, удерживают в своей системе огромные объемы кинетической энергии водных масс. Всегда аварии на гидротехнических сооружениях сопровождались масштабными последствиями: гибелью людей, разрушением жилищ, разрушением объектов экономики, ухудшением и деградацией окружающей среды и пр.

Повышение безопасности функционирования гидротехнических сооружений напрямую связано с оценкой текущего состояния сооружений, повышением надежности и оценки вероятности возникновения аварийных ситуаций, достоверностью прогнозирования сценариев развития и учета социальных, экономических последствий аварийных ситуаций.

Это определяет высокую актуальность выполненных исследований, посвященных разработке методов оценки вероятности возникновения аварий, величины ущерба в зависимости от критериев, определяющих надежность и безопасность функционирования гидротехнических сооружений.

2.5 Результаты исследования по воздействию наводнений на инженерную обстановку в населенных пунктах

В ряду стихийных бедствий, особенно в последние годы, наводнения занимают лидирующее место по числу их повторов, охвату территорий, а также по суммарному среднегодовому экономическому ущербу, который они приносят. Значительное затопление местности в результате подъема уровня воды в реке, озере, водохранилище, вызываемое различными причинами, которое наносит большой материальный ущерб приводит к человеческим жертвам.

Основными причинами наводнений являются: весеннее снеготаяние (половодье); выпадение ливневых или дождевых осадков (паводки); ветровой нагон воды; заторы льда на реках; прорыв плотин и ограждающих дамб; завалы рек при землетрясениях, горных обвалах или селевых потоках и т.п.

При наводнениях и паводках, в том числе вызванных длительными ливневыми дождями, практически на всех реках РК возможно образование зон подтопления, в которые попадают свыше 3500 городов и населенных пунктов с населением более 5,5 млн человек [31, 32].

По масштабам распространения наводнения бывают: низкие или малые – с затоплением до 10% земель; высокие – с затоплением 10-15% земель; выдающиеся (большие) – с затоплением 50-70% земель и ряда населенных

пунктов [10, 9, 14]. Большую опасность при половодье представляют зажоры и заторы.

Зажоры – это скопление шуги и мелкобитого льда, образующихся в зимнее время, т.е. в период формирования ледового покрова.

Заторы – скопления льдин в русле рек во время весеннего разрушения ледового покрова, т.е. весеннего ледохода.

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.



Рисунок 9 – Природно-техническая система на базе ГТС

Поражающее действие наводнений и их материальный ущерб заключаются в затоплении территорий, повреждении при этом жилых и производственных зданий, автомобильных и железных дорог, линий электропередач с возможным пожаром, разрушении и других сетей коммунально-энергетического снабжения, разрушении ГТС и др.

Зоной ЧС при наводнении называется территория, в пределах которой произошли затопления местности, повреждения зданий, сооружений и других объектов, сопровождающиеся поражениями или гибелью людей, животных, растений и загрязнением окружающей природной среды (ОПС). Масштабы наводнений зависят от высоты и продолжительности стояния опасных уровней воды, площади и времени затопления (весной, летом, зимой).

Методика определения размеров зоны затопления и характеристик наводнения при паводке и оценка инженерной обстановки при гидродинамической аварии подробно рассматриваются в работах [32, 33].

В ряду стихийных бедствий, особенно в последние годы, наводнения занимают лидирующее место по числу их повторов, охвату территорий, а также по суммарному среднегодовому экономическому ущербу, который они приносят. Отмечено, что наводнение как затопление местности в результате

подъема уровня воды в реке, озере, водохранилище, вызываемое различными причинами, которое наносит большой материальный ущерб и приводит к человеческим жертвам.

Основными причинами наводнений являются: весеннее снеготаяние (половодье); выпадение ливневых или дождевых осадков (паводки); ветровой нагон воды; заторы льда на реках; прорыв плотин и ограждающих дамб; завалы рек при землетрясениях, горных обвалах или селевых потоках и т.п. На территории РК угроза наводнений существует для многих городов и нескольких тысяч населенных пунктов.

При наводнениях и паводках, в том числе вызванных длительными ливневыми дождями, практически на всех реках РК возможно образование зон подтопления, в которые попадают почти все города и населенные пункты с населением более 2,5 млн человек [34].

По масштабам распространения наводнения бывают: низкие или малые – с затоплением до 10% земель; высокие – с затоплением 10-15% земель; выдающиеся (большие) – с затоплением 50-70% земель и ряда населенных пунктов [34, 35]. Большую опасность при половодье представляют зажоры, скопление шуги и мелкобитого льда, образующихся в зимнее время, т.е. в период формирования ледового покрова. Поражающее действие наводнений и их материальный ущерб заключаются в затоплении территорий, повреждении при этом жилых и производственных зданий, автомобильных и железных дорог, линий электропередач с возможным пожаром, разрушении и других сетей.

Масштабы наводнений зависят от высоты и продолжительности стояния опасных уровней воды, площади и времени затопления. Методика определения размеров зоны затопления и характеристик наводнения при паводке подробно рассматривается в работах [35, 36, 37]. Защита жилых объектов, промышленных предприятий, сельскохозяйственных угодий и инфраструктуры от сезонных, техногенных, паводковых и других видов наводнений имеет очень важное значение в современном мире.

Предлагаемые инженерные решения борьбы с наводнениями и защиты объектов различного назначения имеют ряд преимуществ перед традиционными: мобильность, быстрота сооружения и демонтажа, многообразие. Основной проблемой водохранилищ является заиление чаши донными наносами. За длительный период (более 50 лет) эксплуатации очистка водохранилищ не производилась ни на одном водохранилище. Как показывают визуальные обследования, наблюдается заиление водохранилищ, проектные объемы водохранилищ сократились от 10 до 50%. С учетом заиления водохранилищ, на современном этапе суммарный объем водохранилищ возможно сократился до 100-115 млн.м³.

При прохождении паводковых расходов, вероятность возникновения ЧС из за искаженных данных по объемам водохранилищ, возрастает. Поэтому данный вопрос требует скорейшего изучения и решения.

3 ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ, МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ ОПАСНОСТЕЙ

3.1 Общие сведения о местоположении объекта

Биен (Биень) – река на севере Алматинской области республики Казахстан. Впадает в канал Биен. Образуется слиянием реки Коксай и реки Тастыбиень.

Бассейн Биена расположен к югу от озера Балхаш, в междуречье рек Каратал и Аксу

Питание ледниковое, снеговое, дождевое и подземное. Биен и его притоки (р. Кызылагашка и др.) берут начало в ледниках северной части хребта Джунгарский Алатау, далее текут на северо-запад в сторону Балхаш-Алакольской котловины, но самого оз. Балхаш не достигают, теряясь в песках Жалкум.

По выходе из гор река принимает равнинный характер, разбивается на рукава, воды которых разбираются на орошение. Ледостав наблюдается с декабря по март. Половодье с марта по июль, к началу осени река сильно мелеет, в нижней трети полностью пересыхает.

Используется для орошения и прочих хоз. нужд. В последнее время правительство Казахстана активизировало деятельность по развитию водоохранных полос вдоль реки. В бассейне реки расположены поселения Мулалы, Кызылагаш, Арасан и другие, оз. Балхаш не достигают, теряясь в песках Жалкум, где в половодье водами

Биена наполняются озёра Ушколь-2 и Шарааякколь, превратившийся в соляной сор [38]. По выходе из гор река принимает равнинный характер, разбивается на рукава, воды которых разбираются на орошение. Ледостав наблюдается с декабря по март.

Половодье с марта по июль, к началу осени река сильно мелеет, в нижней трети полностью пересыхает. Используется для орошения и прочих хоз. нужд. В последнее время правительство

Казахстана активизировало деятельность по развитию водоохранных полос вдоль реки. В половодье в бассейне Биена, в марте 2010 года произошла трагедия - прорыв плотины в Кызылагаше.

В бассейне реки расположены поселения Мулалы, Кызылагаш, Арасан и другие.

Средняя январская температура воздуха на равнине колеблется от $-12,3^{\circ}\text{C}$ до $-14,1^{\circ}\text{C}$. Средняя температура июля от $+20^{\circ}\text{C}$. до $25,2^{\circ}\text{C}$. На высотах выше 4500 м средняя температура даже наиболее теплого месяца – июля, отрицательная.

Температура воздуха по этой метеостанции составляет: минимальная - 43°C , максимальная $+44^{\circ}\text{C}$.



Рисунок 10 – Карта Алматинской области

3.2 Основные технические характеристики водохранилища

3.2.1 Природно – климатические условия

Климат Алматинской области характеризуется резкой континентальностью, которая обусловлена положением ее в глубине материка Евразии, значительным расстоянием от открытых морей и океанов.

Климат рассматриваемого объекта характеризуется данными метеостанции Матай. Наиболее холодным месяцем в области является январь, самым жарким – июль.

Период безморозного периода в среднем – 147 дней. Преобладающими ветрами являются ветра южного и юго-восточного направлений. В течение года сильные ветры (со скоростью более 15 м/сек) продолжаются в общей сложности от 2 до 5 дней и преимущественно в летнее время.

Климат - один из решающих факторов, определяющих как направление почвообразовательных процессов, так и возможность сельскохозяйственного освоения территории.

На формирование климата района оказывают влияние такие факторы как приход солнечной радиации, циркуляция воздушных масс и характер подстилающей поверхности.

Климат Алматинской области характеризуется резкой континентальностью, которая обусловлена положением ее в глубине материка Евразии, значительным расстоянием от открытых морей и океанов.

Климат рассматриваемого объекта характеризуется данными метеостанции Матай. Наиболее холодным месяцем в области является январь, самым жарким – июль.

Средняя январская температура воздуха на равнине колеблется от $-12,3^{\circ}$ до $-14,1$. Средняя температура июля от $+20^{\circ}$ до $25,1^{\circ}$. На высотах выше 4500 м средняя температура даже наиболее теплого месяца – июля, отрицательная.

Температура воздуха по этой метеостанции составляет: минимальная -43°C , максимальная $+44^{\circ}\text{C}$. Среднемноголетние по месяцам данные сведены в таблицу 6.

Таблица 6 - Климатическая характеристика района

Расчетный показатель/ мес	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Температура воздуха	-15	-12.9	-2.5	9.5	16.7	22.3	24.6	22.7	15.9	7.4	-2.8	-10.9	6.2
Атмосферные осадки	14	11	15	23	24	17	19	8	8	19	20	19	243
Относительная влажность, %	75	74	61	35	29	27	26	24	26	39	65	78	47

Период безморозного периода в среднем – 147 дней. Преобладающими ветрами являются ветра южного и юго-восточного направлений. В течение года сильные ветры (со скоростью более 15 м/сек) продолжаются в общей сложности от 2 до 5 дней и преимущественно в летнее время.

3.2.2 Особенности рельефа

Главный фактор перераспределения солнечной радиации и осадков в зависимости от экспозиции и крутизны склонов, выступает рельеф, который оказывает влияние на водный, тепловой, питательный, окислительно-восстановительный и солевой режимы.

Область расположена между хребтами Северного Тянь-Шаня на юге, озеро Балхаш — на северо-западе и река Или — на северо-востоке; на востоке граничит с КНР. Всю северную половину занимает слабонаклоненная к северу равнина южного Семиречья, или Прибалхашья (высота 300—500 м), пересечённая сухими руслами — баканасами, с массивами грядовых и сыпучих песков (Сары-Ишикотрау, Таукум). Южная часть занята хребтами высотой до 5000 м: Кетмень, Заилийский Алатау и северными отрогами Кунгей-Алатау.

С севера хребты окаймлены предгорьями и неширокими предгорными равнинами. Вся южная часть — район высокой сейсмичности.

Для северной, равнинной части характерна резкая континентальность климата, относительно холодная зима до -35°C , жаркое лето до $+42^{\circ}\text{C}$. Осадков выпадает всего 110 мм в год. В предгорной полосе климат мягче, осадков до 500—600 мм. В горах ярко выражена вертикальная поясность; количество осадков достигает 700—1000 мм в год. Вегетационный период в предгорьях и на равнине 205—225 дней.

Север и северо-запад почти лишены поверхностного стока; единственная река здесь — Или, образующая сильно развитую заболоченную дельту и впадающая в западную часть озера Балхаш. В южной, предгорной части речная сеть сравнительно густа; большинство рек (Курты, Каскеленка, Талгар, Есик, Турген, Чилик, Чарын и др.) берёт начало в горах и обычно не доходит до реки Или; реки теряются в песках или разбираются на орошение. В горах много мелких пресных озёр (Большое Алматинское и др.) и минеральных источников (Алма-Арасан и др.).

3.2.3 Гидрография

Река Биен относится к слабо изученному району и входит в группу рек северо-западного склона хребта Джунгарского Алатау. Проектный створ находится на р.Биен в 2-х км выше п. Сагабиен. Расчетные значения гидрологических характеристик определены по аналогу р.Аксу-п.Джансугурова за 2 года (1918-2020гг.).

Используя аналог, получены следующие значения минимальных расходов за 30 дней 30% обеспеченности.

Летнее-осенняя межень – $1,63 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Зимняя межень – $1,02 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Среднемноголетний расход наносов составляет $0,260 \text{ кг}/\text{сек}$., мутность – $76 \text{ г}/\text{м}^3/\text{сек}$.

Наибольшая мутность наблюдается в мае месяце и составляет $160 \text{ г}/\text{м}^3/\text{сек}$.

3.2.4 Организация экологического мониторинга

Гидроэнергетические объекты и их водохранилища оказывают существенное влияние на окружающую среду. Их взаимодействие с ней представляет собой весьма сложный изменяющийся во времени процесс, зависящий от многих природных и техногенных факторов, что затрудняет прогнозирование его последствий, в связи с чем возможно появление непрогнозируемых ситуаций, представляющих угрозу безопасности гидроэнергетических объектов и окружающей среды.

Мониторинг, система постоянного наблюдения за явлениями и процессами, проходящими в окружающей среде и обществе, результаты которого служат для обоснования управленческих решений по обеспечению безопасности людей и объектов экономики. В рамках системы наблюдения

происходит оценка, контроль объекта, управление состоянием объекта в зависимости от воздействия определённых факторов.

В современных условиях требуется организация системы эффективного управления взаимодействием гидроэнергетических объектов с окружающей средой, основой которой является мониторинг, включающий:

- систему наблюдений, сбора, обработки, хранения, передачи и анализа информации о взаимодействии гидроэнергетического объекта и водохранилища с окружающей средой;

- оценку современного состояния окружающей среды района размещения объекта;

- уточнение прогнозов изменения состояния окружающей среды при строительстве и эксплуатации объекта;

- выявление отклонений параметров объекта и окружающей среды от нормативных требований, проектных параметров и критериев безопасности, потенциальной угрозы здоровью населения;

- оценку опасности развития процессов;

- подготовку управляющих решений по предупреждению отрицательных последствий, недопущению и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Важнейшая часть мониторинга – своевременное выявление опасного развития процессов и подготовка управляющих решений, включающая разработку рекомендаций по предупреждению развития прогнозируемых отрицательных тенденций; ликвидации или минимизации отрицательных последствий взаимодействия объекта с окружающей средой; компенсационным мероприятиям в связи с ущербами, причиненными природной и социальной среде.

Мониторинг базируется на принципах комплексности, системности, непрерывности и вариантности, благодаря чему достигается:

- изучение основных компонентов окружающей среды во взаимосвязи и взаимодействии;

- рассмотрение взаимодействия гидроэнергетического объекта с окружающей средой как единого сложно организованного комплекса со всей иерархической структурой проблем;

- получение необходимого объема информации в виде непрерывных наблюдений;

- различные подходы прогнозирования вариантов развития ситуации с разработкой многофакторных прогнозов изменения ОС.

Мониторинг должен осуществлять оценку состояния окружающей среды до начала строительства и ее изменение в процессе строительства и эксплуатации объекта.

Организация мониторинга включает ряд этапов. На начальном этапе определяют фоновые характеристики окружающей среды в районе размещения гидроэнергетического объекта, выявляют важные особенности природных условий, серьезные экологические и социальные проблемы, затем

составляют проект мониторинга, который включает исходную информацию, размещения сети наблюдений и КИА, состав наблюдений и исследований, рекомендуемые методы и способы анализа результатов.

При этом система «гидроэнергетический объект – окружающая среда» рассматривается как единый технико-природный объект, оптимальное состояние которого характеризуется благоприятной социальной и экологической обстановкой в зоне его влияния, с обеспечением нормативных параметров природной среды, улучшения условий жизни населения, проектного уровня функционирования гидротехнических сооружений.

Система мониторинга должна обеспечивать информирование местной администрации и населения о фактическом состоянии гидроэнергетического объекта и окружающей среды, включая вопросы безопасности гидротехнических сооружений.

Состав и особенности проведения мониторинга. Мониторинг гидроэнергетических объектов и водохранилищ состоит из мониторинга сооружений, социальной среды и экологического мониторинга и проводится в пределах гидроузла, водохранилища и в зонах их влияния на прилегающей территории и в нижнем бьефе.

Функциональная схема и состав мониторинга приведены на рисунке 11 и включают мониторинг гидротехнических сооружений; гидрометеорологических условий и гидрологического режима; геологических

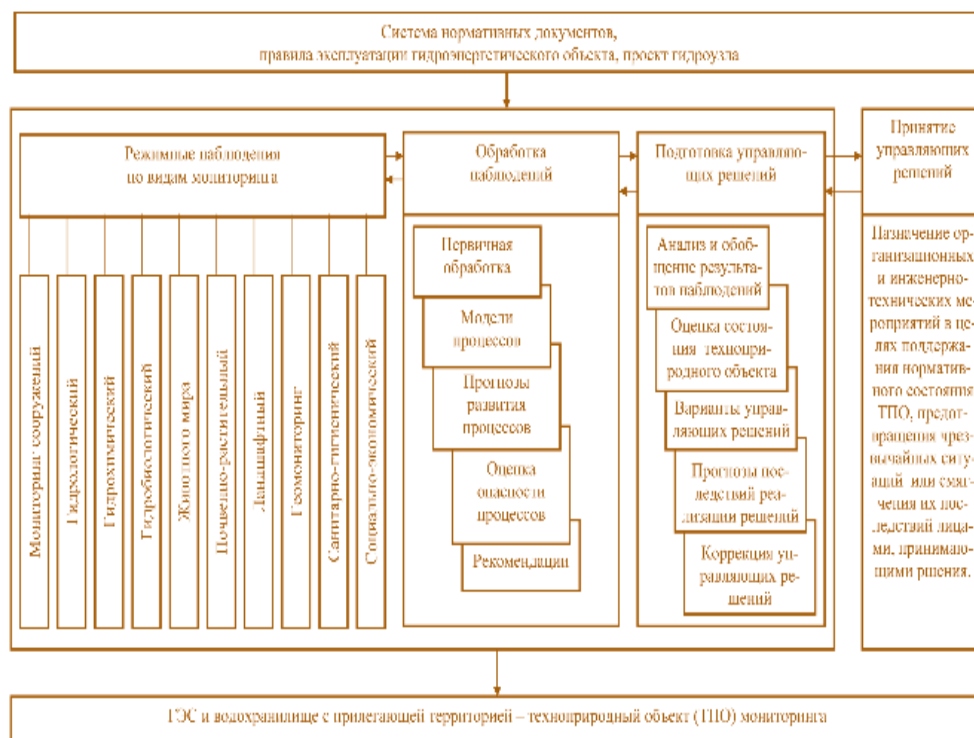


Рисунок 11 – Функциональная схема и состав мониторинга

и сейсмических условий; водных экосистем, качества воды; наземных экосистем, почв, ландшафтов; санитарно-гигиенических условий; социально-экономических условий проживания людей.

Для каждого гидроэнергетического объекта в зависимости от параметров сооружений и водохранилищ, ответственности за их безопасную эксплуатацию, конкретных природных и социально-экономических условий, включая состояние освоения территории района размещения объекта, масштаба прогнозируемых последствий взаимодействия в системе объект - среда уточняются состав мониторинга и объемы проводимых наблюдений.

Для больших гидроэнергетических объектов с крупными водохранилищами на урбанизированной территории следует предусматривать практически все виды мониторинга. При этом в каждом из них выделяются процессы, имеющие возможность опасного развития.

Применительно к задачам мониторинга гидроэнергетического объекта важнейшее значение имеет правильное определение характера режимов наблюдаемых процессов в условиях сложных многосвязных систем и многофакторных воздействий.

В качестве примера важности правильной оценки наблюдаемых процессов можно привести катастрофическое смещение оползня в водохранилище Вайонт (Италия). Вызвавшего образование в водохранилище волны, которая перехлестнула через арочную плотину высотой 266 м, в результате чего погибли около 3 тыс. человек. При проведении наблюдений за состоянием оползня не было обращено внимание на его смещение, которое перешло из линейного в неустойчивое нелинейное, и не были приняты необходимые меры.

Во многих случаях следует давать интегральную оценку состояния объекта с учетом нескольких взаимозависимых видов мониторинга.

В последние годы при комплексном мониторинге окружающей среды развивается новое перспективное направление, в котором органически сочетаются аэрокосмические и наземные методы.

На основании многолетнего опыта исследований основные задачи мониторинга, которые могут быть решены с использованием космической информации, включают:

- анализ изменений гидрографической и гидротехнической сети в пойме рек, определение интенсивности и масштабов процессов эрозии и абразии берегов водохранилищ, изменений ландшафтов, регистрацию переформирования русел рек и отмелей, зарастания устьевых зон и заболачивания поймы рек;

- определение динамики таяния снегов, оценку границ ледостава и затопления территорий во время весеннего половодья и летних паводков, контроль колебаний уровней водохранилищ, подтопления территорий, оценку состояния нерестилищ и продуктивности водоемов в целом;

- оценку эколого-санитарного состояния водных объектов – обнаружение участков выхода и распространения по акватории точечных или

диффузных источников загрязнений, контроль над динамикой распространения органической и минеральной взвеси, регистрацию пятен «цветения» воды и теплового загрязнения водных объектов.

Снимки из космоса позволяют получить информацию с больших площадей водохранилищ и прилегающих участков суши и в зоне г.Талдыкорган (наибольшей концентрации загрязнений соответствует красный цвет) анализа группы диагностических параметров, включая напряженное состояние, осадки, деформации, перемещения, фильтрационный режим и др. (рисунок 12).

Мониторинг безопасности гидротехнических сооружений является важнейшей составной частью мониторинга объекта. Постоянный контроль за состоянием и работой гидротехнических сооружений, их основаниями, примыканиями осуществляется путем измерения с использованием КИА.

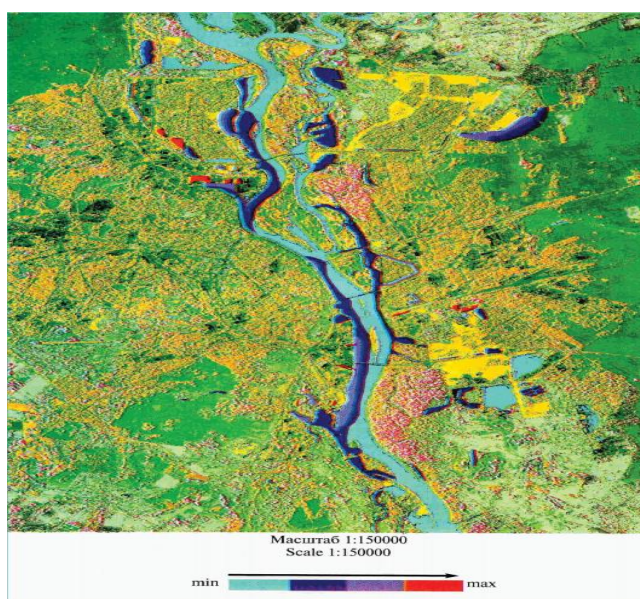


Рисунок 12 – Снимок из космоса распределения загрязнений в реке Биен

Зона нижнего бьефа, включающая участок реки до впадения в море, озеро или нижерасположенное водохранилище в условиях каскада ГЭС, где проявляется влияние ГЭС на гидрологию, геологические процессы, климат, почвы, растительный и животный мир и др.

Участок реки и водосборной площади, где сказывается их влияние.

Гидроэнергетические объекты с водохранилищами и элементами окружающей среды в зоне их влияния, включая зону нижнего бьефа, а также их водосборную площадь, являющиеся единой сложной системой, в которой все подсистемы взаимодействуют и связаны между собой.

В настоящее время анализ фактического состояния сооружений проводится на основе автоматизированного контроля, современных вычислительных технологий и математических моделей, сравнением расчетных параметров с наблюдаемыми.

Результаты анализа позволяют дать оценку состояния сооружений и прогноз их поведения.

Важное значение для оценки безопасности сооружений имеют характер и тенденция изменения во времени контролируемых параметров: их постоянство, изменение с возрастающей или убывающей скоростью и другие аномалии, особенно таких интегральных параметров, как деформации, перемещения, фильтрация в сооружении и основании и др.

При выявлении несоответствия критериям безопасности даются рекомендации относительно мероприятий для обеспечения безопасности сооружений.

Система мониторинга на плотине позволяют своевременно выявить аномалии в поведении плотины при наполнении водохранилища, понизить уровень воды, не допустив чрезвычайной ситуации. После выполнения большого комплекса работ по ее усилению плотина нормально эксплуатируется.

В составе гидрологического мониторинга гидрометрическими станциями и постами проводится автоматический контроль за состоянием бетонных сооружений, земляных плотин, изменением стока, уровней, температурным и ледовым режимами, волновыми и другими явлениями в водохранилище и нижнем бьефе, за заилением водохранилища, размывами и отложениями наносов в нижнем бьефе.

На основании данных натурных наблюдений и их анализа уточняются прогнозы, гидрологические и водохозяйственные показатели, даются рекомендации по оптимизации режимов работы, при изменении параметров максимальных паводков – по повышению отметки гребня сооружений, увеличению пропускной способности водосбросов для обеспечения требований безопасности сооружений.

Мониторинг геологических, гидрогеологических и сейсмических условий выполняется на участках возможных опасных геологических процессов, переработки берегов, подтопления территорий в прибрежной зоне водохранилища и нижнего бьефа путем регулярных наблюдений с помощью КИА и инструментальных наблюдений, как и для гидротехнических сооружений.

Непрерывный контроль с дистанционной передачей информации является наиболее эффективным, обеспечивая оперативную оценку устойчивости склонов, в сейсмоактивных районах за геодинамическими процессами.

Мониторинг водных экосистем, качества воды включает всестороннюю экологическую оценку состояния и изменений водных экосистем по комплексу основных аспектов, в число которых входят эколого-санитарная характеристика качества воды, биопродуктивность, охрана флоры, фауны и ценных гидробиоценозов, биопомехи, гидропаразитологическая, эколого-токсикологическая и радиоэкологическая ситуация.

Определяются гидрохимические, гидробиологические, экотоксикологические, радиоэкологические и другие параметры.

Такая оценка выполняется в динамике в разрезе года, при этом анализируется влияние природных и антропогенных факторов, включая сброс неочищенных сточных вод, прогнозируется дальнейшее изменение водных экосистем и даются соответствующие рекомендации. Особое внимание уделяется прогнозированию таких процессов, развитие которых может привести к чрезвычайным ситуациям, включая угрозу здоровью населения, ухудшение санитарно-гигиенического состояния, угрозу жизнедеятельности водных и прибрежных экосистем. При этом обычно используемая автоматизированная система контроля качества воды оценивает совокупность показателей, позволяющих характеризовать динамику основных внутриводоемных процессов его формирования.

При оценке радиационной ситуации на водохранилищах необходимо в комплексе рассматривать поведение радионуклидов в почве водосбора, в водном потоке, донных отложениях и гидробионтах.

Проведение радиоэкологического мониторинга в первую очередь должно быть направлено на получение качественных и количественных характеристик, требуемых для моделирования поведения радионуклидов в водных экосистемах и прогнозирования (рисунок 13).

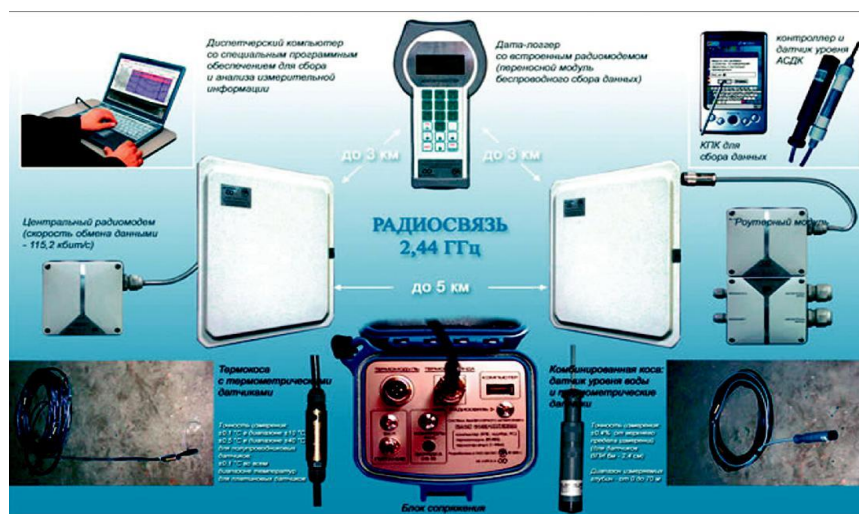


Рисунок 13 - Система мониторинга и контроля промышленной Безопасности гидротехнических сооружений

С учетом изменений социально-экономических условий ОС и санитарно-эпидемиологической обстановки, в системе мониторинга проводятся исследования медикобиологических и социальных процессов, включают анализ условий проживания населения, уровня заболеваний, адаптации людей к новым условиям. Дается интегральная оценка условий проживания и состояния здоровья населения.

4 ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМЫХ ПАРАМЕТРОВ РАСЧЕТА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВОДОХРАНИЛИЩА

4.1 Исследование технического состояния плотин Алматинской области

Отсутствие детальных исследований и неглубокое знание особенностей и закономерностей аварий и наводнений на ГТС - одна из причин недостаточной эффективности применяющихся на побережье мер борьбы с ними и их последствиями.

Недавние события 2010 и 2020 гг. на плотинах в Казахстане в очередной раз подтвердили уязвимость существующей системы предупреждения и защиты от наводнений. Собранные автором сведения и результаты многолетних исследований по рассматриваемой проблеме, количественная, графическая и картографическая их интерпретация позволяют в определенной мере ликвидировать пробел в знаниях, имеют прикладной потенциал.

Для исследований информационной основой стали: многолетние ряды гидрологических наблюдений на гидрологических постах за период с 2000-х гг. по 2020 г.; собраны многочисленные документальные сведения о наводнениях, которые составляют основу электронного каталога по наводнению в устьях рек Казахстана; сведения о критических высотных отметках, подъем уровня воды выше которых приводит к затоплению поймы, неблагоприятным для населения и хозяйственной деятельности и опасным последствиям, которые индивидуальны для каждого рассматриваемого населенного пункта и гидрологического поста; суточные данные об осадках на метеостанциях за период 2018—2020 гг.

Так, к сильным ливням в районе р.Биен относят дождевые осадки интенсивностью ≥ 50 мм за период не более 1 ч., тогда как на большей части территории — ≥ 30 мм. Очень сильными дождями считаются дождевые осадки величиной ≥ 80 мм, ≥ 100 мм и ≥ 120 мм за период не более 10 ч. В горных районах пороговое значение снижено до 50 – 80 мм и до 80 мм.

Дополнительно использованы: материалы Комитета по чрезвычайным ситуациям в Казахстане в 2018—2020 гг.; данные непрерывных уровенных наблюдений за тот же период на 13 пунктах Автоматизированной системы мониторинга паводковой ситуации на реках РК; актуальные и архивные материалы разных ведомств и организаций, различные литературные источники, включая справочные издания из серии “Ресурсы поверхностных вод РК” и Государственный водный кадастр, крупномасштабные картографические материалы, данные интернет-изданий и др.

Для исследований применялись следующие методы: стандартные гидрологические расчеты и дополнительные статистические методы обработки и анализа гидрометеорологической информации с построением разнообразных эмпирических зависимостей и временных графиков, с проверкой рядов на соответствие основным статистическим гипотезам и др.;

обобщение и гидрологические данные, выделение сравнительно однородных территорий, объектов и речных участков; визуализация пространственно распределенной информации с помощью ГИС-инструментов и численная оценка пространственных характеристик наводнений. Новый и важный подход в исследованиях - установление случаев наводнений на побережье р.Биен в прошлом.

В исследованиях для решения этой задачи были сопоставлены документально подтвержденные аварии и наводнения с наблюдениями за максимальными уровнями и расходами воды на ГП, а также с критическими высотными отметками и суточными осадками, определены критические значения для водозаборных сооружений на р.Биен. Затем на основе полученных результатов и рядов характеристик за исследуемый период выявлены случаи возникновения таких критических условий и соответственно опасных затоплений стока р.Биен.

На территории республики насчитывается около 39 тыс. рек и временных водотоков, из них более 7 тысяч имеют длину свыше 10 км. Большая часть рек Казахстана принадлежит к внутренним замкнутым бассейнам Каспийского и Аральского морей, озер Балкаш, Алаколь и Тениз. Только река Ертис относится к бассейну Северного Ледовитого океана.

В Казахстане в состав сооружений по регулированию и территориальному перераспределению всего входят: 200 водохранилищ многолетнего и сезонного регулирования с общей полезной емкостью 48,8 млрд. м³/год. В их числе средних и крупных емкостью свыше 10 млн. м³ – 66 шт., из них: очень крупных более 500 млн. м³ – 8; около 340 плотинных гидроузлов и водозаборных сооружений на реках. Имеется также большое количество защитных дамб, руслорегулировочных и берегоукрепительных объектов, водоохраных зон и других водохозяйственных сооружений; ряд крупных межобластных и межрайонных водопроводящих каналов общей протяженностью свыше 1000 км. За счет сооружения регулирующих водохранилищ устойчивый сток республики увеличился на 20%, что позволяет повысить водообеспеченность населения и хозяйства страны.

4.1.1 Исследование характеристики режима и работы водохранилища

Исследовательскими работами установлено собственно, что на побережье сталкивается некоторое количество типов происшествий и наводнений природного происхождения, при преобладании *стоковых наводнений*. Они сопровождаются высокими дождевыми паводками, временами трансформирующимся в селеподобный тип, пореже - насыщенному снеготаянию и дождевым осадкам, подвержена лишь пойменная часть речной долины, прорывам плотины.

Режим работы водохранилища на р.Биен определяется правилами эксплуатации водохранилища и разрабатывается при составлении проекта на основе водохозяйственных расчетов для лет с различной водообеспеченностью и входит в состав документов, передаваемых службе эксплуатации. Режим работы водохранилища обеспечивает:

- выдерживание требуемых гарантий покрытия заявки на воду в соответствии с проектом водохранилища;
- ликвидацию перебоев в водоотдаче в остро маловодные годы, причем достигается это прежде всего детализацией правил управления работой водохранилища;
- нормальные условия и безопасность работы всех сооружений водохранилища;
- минимальный объем заиления и занесения с целью удлинения срока службы водохранилища;
- санитарные попуски воды из водохранилища и поддержание в нем уровня воды;
- минимальные объемы холостых сбросов.

Общие правила управления режимом водохранилища соблюдаются: уровень воды в водохранилище в проектных условиях его водохозяйственного использования не превышает нормальный подпертый уровень; уровень воды в водохранилище в условиях пропуска расчетного, максимального паводка не превышает установленный проектом форсированный уровень; при наполнении водохранилища излишки воды сбрасываются, не допуская превышения уровней воды выше допустимых.

Правила управления режимом работы водохранилища являются основой правил эксплуатации водохранилища, которыми предусматриваются наполнение и опорожнение водохранилищ для предупреждения условий устойчивости сооружений и могут приводить их к аварийному состоянию.

Режим работы водохранилища определяется правилами эксплуатации и спецификой работы водохранилища, обеспечивающий наивысший коэффициент полезного использования объемов воды при наибольшей эффективности использования водных ресурсов.

Расходы воды через водопропускное сооружение представлены в таблице 7, построен график зависимости пропускной способности трубы водовыпуска от различных перепадов уровней воды на рисунке 14.

Таблица 7 - Пропускная способность трубы водовыпуска ($\text{м}^3/\text{с}$) при различных перепадах уровня воды

Перепад уровней, (Z), м	Расход воды, (Q), ($\text{м}^3/\text{с}$)
0,0	0,00
1,0	12,63
2,0	17,86
3,0	21,88

Продолжение таблицы 7

4,0	25,26
5,0	28,24
6,0	30,94
7,0	33,42
8,0	35,72
9,0	37,89
10,0	39,94
11,0	41,89
12,0	43,75
13,0	45,54
14,0	47,26
15,0	48,92
16,0	50,52
17,0	52,07
18,0	53,58
19,0	55,05
20,0	56,48

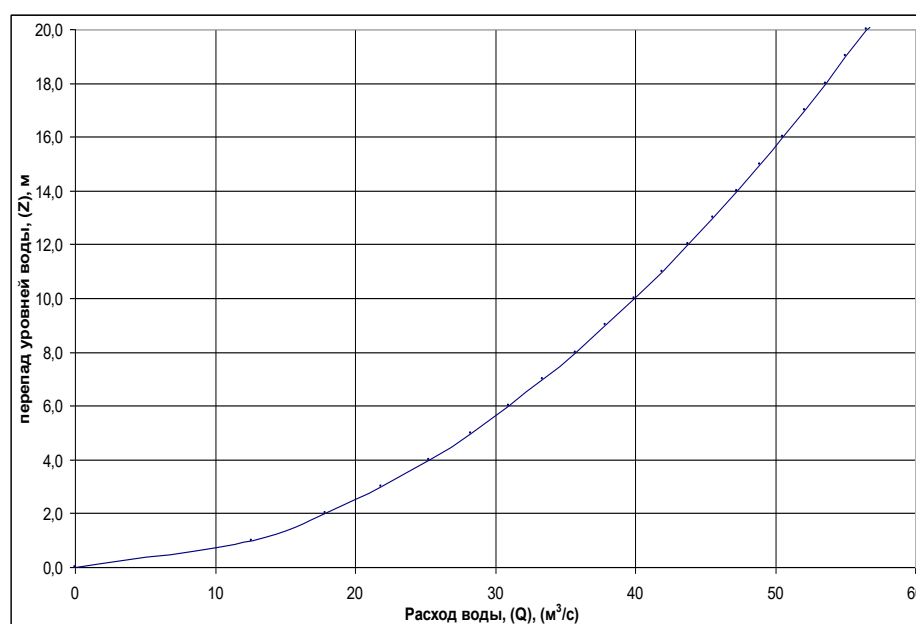


Рисунок 14 – Пропускная способность трубы водовыпуска (м³/с) при различных перепадах уровня воды

4.1.2 Эксплуатация водохранилища

Сроки поддержания уровней воды в водохранилище на р.Биен определяются правилами эксплуатации водохранилища. Наполнение и опорожнение водохранилища производится такими темпами, которые не

вызывают опасные деформации в теле плотины, обеспечивают устойчивость откосов и целостность крепления. Скорости наполнения и опорожнения водохранилища, рекомендованные проектом, уточняются в процессе эксплуатации специальными исследованиями по установлению оптимальных темпов наполнения и сработки водохранилища на разных отметках.

Темпы первоначального наполнения водохранилища, зависящие от свойства грунта, конструкции и способа возведения плотины.

Ориентировочно скорости наполнения и скорости сработки водохранилища на р.Биен рекомендуются следующие:

- наполнение - для нижних слоев тела плотины, значительную часть года находящихся под действием фильтрационной воды, темп наполнения для средних j принимается 0,5-1,0 м/сут.; для верхних слоев - 0,25 - 0,5 м/сут.; для последних 2-3 м - 0,05-0,1 м/сут.;

- сработка - для верхних уровней 0,3 м/сут.; для средних - 0,5 м/сут. и для нижних - 1,0 м/сут.

При исследовании в зимних условиях при шугоходе, совпавшем с наполнением водоема, шуга задерживается в водохранилище и накапливается в зоне выклинивания кривой подпора, в этом случае глубокая сработка уровней воды недопустима из-за возможного затора на ГТС.

При опорожнении водохранилища шугу по возможности пропускают в нижний бьеф, стараясь не создавать затора перед сооружением и в нижнем бьефе, а также в непосредственной близости от них.

Особенностью является возможность забивки шугой (льдом) водозаборных отверстий (решеток донных отверстий).

Максимально возможный для зимних условий уровень воды в водохранилище устанавливается с учетом подпора его ледяным покровом.

В суровые зимы, при образовании ледяного покрова значительной толщины, уровень воды лучше всего держать постоянным, стараясь сбрасывать, всю поступающую воду в нижний бьеф. При необходимости сработки уровня воды темпы снижения значительно уменьшены против обычных, чтобы не вызвать разрушений крепления откосов. Лед при этом плавно оседать на откосы и поднятие уровня воды производится только после начала таяния льда.

Специальное оборудование, предназначенное для обогрева затворов и конструкций, еще задолго до начала устойчивых холодов опробывается и приводится в рабочее состояние. Обогрев конструкций производят периодически в зависимости от температуры воздуха, не допуская даже малейшего обледенения, в противном случае обледенения льда следует скалывать с сороудерживающих устройств и затворов.

Не допускается замерзания воды, фильтруемой через земляные сооружения, промерзание дренажных устройств и банкетов земляных плотин и дамб. Для предотвращения этих явлений соответствующие места сооружений утепляют путем укладки хвороста, соломы, снега и т.д.

При наполнении водохранилища в зимний период, в период отрицательных температур на гидроузле организуется круглосуточное усиленное дежурство.

4.1.3 Пропуск паводка и штормовой ветер

Ежегодно до наступления паводков приказом по управлению эксплуатации Биенского УВС создается паводковая комиссия, которая:

- разрабатывает план мероприятий по пропускам паводка;
- устанавливает порядок наполнения и сработки водохранилища в зависимости от гидрологического прогноза;
- проверяет состояние напорных откосов плотины, водосбросных и водозаборных сооружений, каналов, дамб и береговой зоны чаши водохранилища.

К началу паводка завершается ремонт всех сооружений, конструкций и механизмов, связанных с его пропуском, проверяется работа контрольно-измерительной аппаратуры, производится опробование затворов, подъемных механизмов и устройств автоматического управления. Обеспечивается надежность электропитания подъемных механизмов затворов.

К началу паводка завершается ремонт всех сооружений, конструкций и механизмов, связанных с его пропуском, проверяется работа контрольно-измерительной аппаратуры, производится опробование затворов, подъемных механизмов и устройств автоматического управления. Обеспечивается надежность электропитания подъемных механизмов затворов.

Все подготовительные мероприятия заканчиваются за 15 дней до вероятного срока наступления паводка.

К началу паводка комплектуются аварийные бригады и составляются графики дежурств ответственных лиц ремонтного персонала, транспортных средств. В период пропуска паводка устанавливается круглосуточное дежурство членов паводковой комиссий, проводится учащенное наблюдение за уровнем воды и за состоянием сооружений.

После прохождения паводков все сооружения, крепления откосов, крепления нижнего бьефа производят обследования, замеры, фотографирование и зарисовки происшедших изменений и деформаций. Результаты обследований оформляются актом. Ливневые паводки отличаются коротким периодом и требуют большой оперативности от служб эксплуатации. Пропускная способность катастрофического водосброса зависит от глубины воды на пороге траншейного водосброса и представлена в таблице 8.

При обнаружении просадки грунта за облицовкой откосов немедленно производят заделку пустот.

График зависимости пропускной способности одного пролета катастрофического водосброса от глубины воды на пороге $Q=f(H)$ представлен на рисунке 15.

Таблица 8 - Пропускная способность катастрофического водосброса ($\text{м}^3/\text{с}$) одного пролета при различной глубине воды на пороге $Q=f(H)$

Глубина воды на пороге, (H), м	Расход воды, (Q), ($\text{м}^3/\text{с}$)
0	0
0,5	6,14
1,0	17,37
1,5	31,90
2,0	49,12
2,5	68,64
3,0	90,23
3,5	113,70
4,0	138,92
4,5	165,77
5,0	194,15
5,5	223,98
6,0	255,21
6,5	287,77
7,0	321,60
7,5	356,67
8,0	392,93
8,5	430,33
9,0	468,86

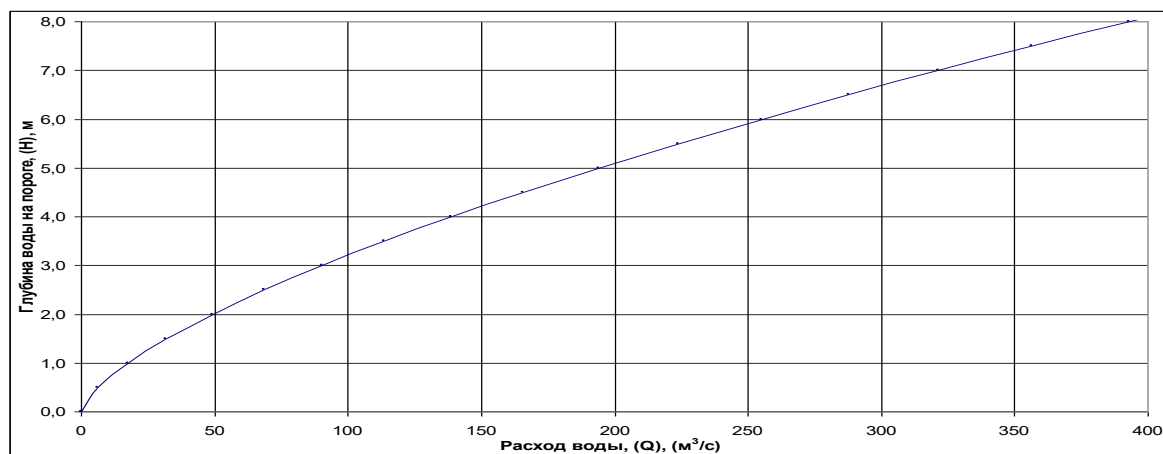


Рисунок 15 - Зависимость пропускной способности одного пролета катастрофического водосброса от глубины воды на пороге

Ветровая волна при штормовом ветре воздействует на крепление напорного откоса плотин с нагрузками, близкими к экстремальным, поэтому в этот период с особым вниманием необходимо следить за его состоянием.

В случаях повреждения крепления принимаются незамедлительные меры к прекращению дальнейшего разрушения, которое бывает очень интенсивным. С окончанием шторма производится тщательный осмотр крепления.

4.2 Обоснование методики расчета по определению параметров гидротехнических расчетов

Значительную роль в обеспечении безопасности ГТС играют конструкции и параметры сооружений, а также результаты изысканий, проектирования, конструирования. Так, по данным Комитета по авариям РК [38], из общего количества построенных плотин разрушилось около 3,5 %, из грунтовых – 6,9 %; из всех разрушенных крупных плотин 25 % – бетонные, 75 % – из грунтовых материалов.

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.

Сооружениями, требующих охраны считаются те сооружения, которые предназначены для применения водовыпуска, водосброса, и регулятора воды или же для борьбы с разрушительным воздействием наводнений. В зависимости от географического места расположения ГТС делятся на морские, речные, озёрные, прудовые, а также наземные и подземные.

В соответствии с обслуживаемыми отраслями водного хозяйства ГТС бывают: водно-энергетические, мелиоративные, воднотранспортные, лесосплавные, рыбо-хозяйственные, для водоснабжения и канализации, для использования водных недр, для благоустройства городов.

Гидротехнические сооружения сгруппированы следующим образом: в зависимости от типа ручьев и прудов рек, озер и океанов или подсистемами и подземных водных сооружений. Ручьи и пруды в зависимости друг от друга выполняют следующие функции: тормоза воды (плотины, препятствия); вода (каналы, трубы).

В зависимости от цели: сооружения общего назначения - тормоза воды, водовыпуска, водосброса, и регулятора воды; специальные сооружения - каналы, насосные станции, гидроэлектростанции.

В связи с использованием гидротехнических сооружений на реке делятся на: временные и постоянные. Постоянные ГТС включают в себя основные сооружения - плотины, препятствия, тоннели, трубопроводы и т.д.; а также вспомогательные сооружения - шлюзы и т.д.

Управление водными ресурсами включают в себя: контроль наводнений и регулирование потока воды, мелиорация, гидроэнергетика, водный

транспорт, водоснабжение и водоотведение, использование минеральной воды.

Гидротехнические сооружения повышают при наличии воды, когда наблюдается эффект динамической волны на водоемах. Давление в процессе фильтрации воды, фильтрации, в почве появляются структуры, направленные снизу вверх.

Особое внимание будет уделено затвору плотины гидрогеологических, геологических, и строительства на основе климатических условий в регионе, по сравнению с техническими и экономическими вариантами.

Затвор плотины вблизи от массива материала и возможность использовать строительный материал для возведения сооружения. Здесь показана возможность формирования эффективного всех постоянных и временных сооружений. Имеется форма, она должна быть готова в нижней части плотины и его комбинации.

При строительстве плотины, дно реки, состоящее в теле плотины, должны быть закрыты. Если через створ будут проходить корабли, рыбы, деревья, то они будут в специальных условиях. Возможность и попытки строительства прямой дороги к гребню плотины, что является основной целью строительства.

4.2.1 Обоснование определения параметров волны

Методическим основанием обоснования необходимых параметров волны прорыва являются исходные параметры для установок ГТС: высота прорыва волны, скорость движения и длительность затопления, расход и др.

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

- постепенное переполнение водохранилища из-за превышения поступающего расхода пропускной способности ГТС;

- 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.

Гидродинамическая авария возникает при: разрушении напорного фронта с образованием прорана и развитием волны прорыва, последняя создает зону поражения

- 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 прорана и волны прорыва;

- при разрыве напорного трубопровода и истечении через место разрыва

больших масс воды, в результате чего возникает волна прорыва.

Схематично продольный разрез такой сформировавшейся волны показан на рисунке 16 (h – бытовой уровень воды в реке; $HВ$ – высота волны; H – высота потока).

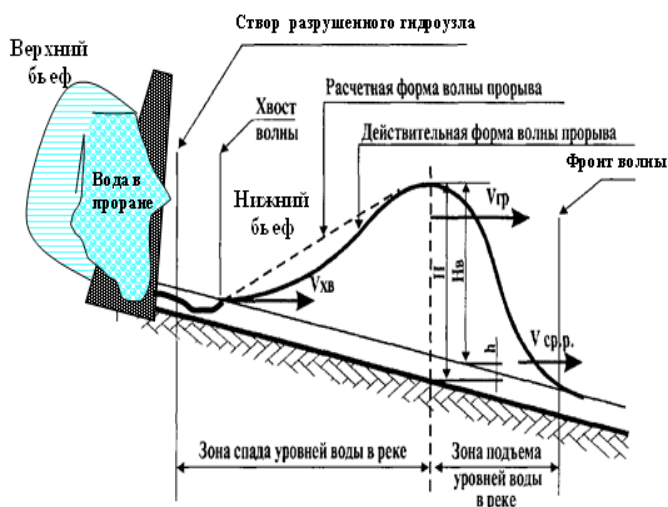


Рисунок 16 - Схематический продольный разрез волны прорыва

Основными поражающими факторами катастрофического затопления являются: волна прорыва (высота волны, скорость движения) и длительность затопления.

Волна прорыва – волна, образующаяся во фронте устремляющегося в пролом потока воды, имеющая, как правило, значительную высоту гребня, скорость движения и обладающая большой разрушительной силой.

Поэтому волну прорыва следует рассматривать как определенную массу воды, движущуюся вниз по реке и непрерывно изменяющую свою форму, размеры и скорость.

4.2.2 Определение необходимых параметров: высоты подъема уровня воды, волны прорыва. Контроль за её соблюдением

Створ по размеру строительства плотины на гребне высоты плотины, характеристики почвы и основания плотины, а также использование строительных работ. Хребет, в зависимости от условий его производства и использования не охвачены. В зависимости от категории плотины, поперек ширина линии хребта. Тем не менее, оно должно быть не менее 4,5 метра.

Поперечные уклоны дороги, предоставляется в разрезе двух сторон, если укладка асфальто-бетона, то 1,5%, а в случае, если укладка камня шаровая, или просто грунт, то 3% уклон. Больше уклон дороги, на берегу. Ниже в виде щита ограждения или стены.

Если тело плотины сделано из глины, то в зимнее время чтобы глина не стало грубой, перекрывают камнями. Склоны во время строительства и эксплуатации плотины статических и динамических сил, фильтрации, капиллярного давления, волны и т.д. должны быть стабильной. Залитая водой плотина средней высоты, для предварительного назначения склона.

Заброшенные камнями среднее дно плотины, как правило покинутый камень натуральной поверхности равна углу КТГ. И верхняя поверхность вертикальных откосов.

Наклон склона плотины построенный из крупных разбитых материалов, смотрим по таблице 8. На склонах, каждые 10 метров строятся бермы. Их размер и использование, условия производства перемещается из за снижения эспорта дождевых вод. Стойка для крепления верхнего бермны га поверхности должны установить в конце. Ширина бермни земельных плотин должно составлять от 1 до 3 метров, а плотины из каменных сооружения ширина их должно составлять не менее 3 метров.

Признаки плотины и размеры сборки конька исчисления двух уровней (УТД и МПД) следующим образом:

Высота подъема уровня воды, вызванного ветром (МПД):

$$\Delta h = K_b \frac{W^2 D}{g(H + \Delta h)} \cos \alpha_b; \quad (3)$$

$$\Delta h = 2,1 \cdot 10^{-6} \frac{17^2 \cdot 10000}{9,81(25+0)} 0,866 = 0,025 \text{ м}; \quad (4)$$

где; K_b - фактором является скорость ветра

W – расчёт скорости ветра на высоте 10 метров от уровня воды

D – длина ветровых волн в км.

g – скорость свободного падения, м/с²;

H - резервуар для воды глубина по расчету, м.

В процессе определяем параметры волны. Для этого с начало рассмотрим сложность работы:

$$a) \frac{gt}{w} = \frac{9,81 \cdot 21600}{17} = 12451,76 \text{ м}; \quad (5)$$

$$б) \frac{gD}{w^2} = \frac{9,81 \cdot 10000}{17^2} = 339,10 \text{ м}; \quad (6)$$

где: t - длительность воздействия ветра, не существует какого-либо конкретного времени $t = 6$ ч.

$$a) \frac{gt}{W} = 2,2 \text{ м}, \quad (7)$$

$$б) \frac{gh}{W^2} = 0,03 \text{ м}; \quad (8)$$

где: τ - средний период волны,
 h - средняя высота волны,

Определили высоту и период волны в среднем:

$$T = \frac{1,68 \cdot W}{g} + \frac{17 \cdot 2,2}{9,81} = 3,82 \text{ м} \quad (9)$$

$$h = \frac{0,014 \cdot W}{9,81} + \frac{2,03 \cdot 17}{9,81} = 0,88 \text{ м}; \quad (10)$$

Средняя длина волны:

$$\lambda = \frac{g\tau^2}{2\pi} = \frac{9,81 \cdot 3,82^2}{2 \cdot 3,14} = 22,77 \text{ м} \quad (11)$$

Обеспечиваем высоту волны 1%:

$$h_{1\%} = h \cdot K_i = 0,88 \cdot 2,1 = 1,85 \text{ м}; \quad (12)$$

где: $K_i = 2,1$

Шероховатость поверхности крепления, коэффициенты сравнения в зависимости от шероховатости, определяем по таблице 9

$K = 0,75 \text{ м}, \quad K_{\text{нп}} = 0,6 \text{ м}.$

$K_{\text{нз}}$ - коэффициент, с начало:

$$\frac{\bar{\lambda}}{h_{1\%}} = \frac{22,77}{1,85} = 12,31 \Rightarrow K_{\text{нз}} = 1,0; \quad (13)$$

K_h - коэффициент питания морского шторма J , высота волны на поверхности плотины:

$K_j = 1;$

Высота волны на поверхности плотины вероятно значению $j = 2\%$ -к.

$$h_{\text{нж}} = h_{1\%} \cdot K \cdot K_{\text{нп}} \cdot K_c \cdot K_b \cdot K_{\text{нз}} \cdot K_{\text{нж}} = 1,85 \cdot 0,75 \cdot 0,6 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1,6 \cdot 1 = 1,998 \text{ м}; \quad (14)$$

Высота плотины назначается с расчетом воды в водохранилище.
 Расстояние от хребта плотины до уровня воды:

$$d = \Delta h + h_{\text{н}} + a = 0,025 + 1,5 + 0,5 = 2,025 \text{ м}; \quad (15)$$

где: $a = 0,5$;

Высота подъема уровня воды под воздействием Ветра (УТД):

$$\Delta h = K_b \frac{W^2 D}{g(H + \Delta h)} \cos \alpha_b = 2,1 \cdot 10^{-6} \frac{17^2 \cdot 10000}{9,81 \cdot (25 + 0)} \cdot 1 = 0,025 \text{ м}; \quad (16)$$

где: K_b - коэффициент, зависит от скорости ветра;

w - расчетная скорость ветра на высоте 10 м над уровнем воды, м/с;

D - расчет длины волны, км;

g - скорость свободного падения, м/с².

H - условная расчетная глубина водохранилища, м.

Определяем параметры волны. Считаем расчет комплексности:

$$\text{а) } \frac{gt}{W} = \frac{9,81 \cdot 21600}{10} = 21168 \text{ м}; \quad (17)$$

$$\text{б) } \frac{gD}{W^2} = \frac{9,81 \cdot 15000}{10^2} = 1470 \text{ м}; \quad (18)$$

где: t – продолжительность действия ветра, при $t = 6$ час.

$$\frac{g\tau}{W} = 2,7 \text{ м}; \quad (19)$$

$$\frac{gh}{W^2} = 0,04 \text{ м}; \quad (20)$$

где: τ - период средней волны

h - средняя высоты волны

Выявлены два параметра, извлечем меньшее значение, и высчитаем среднюю высоту и период волны:

$$\tau = \frac{2,6 \cdot W}{g} = \frac{10 \cdot 2,7}{9,81} = 2,75 \text{ м}; \quad (21)$$

$$h = \frac{0,04 \cdot 10^2}{9,81} = 0,41 \text{ м}; \quad (22)$$

Средняя длина волны:

$$\lambda = \frac{g\tau^2}{2\pi} = \frac{9,81 \cdot 2,75^2}{2 \cdot 3,14} = 11,80 \text{ м} \quad (23)$$

При 1% - обеспечим высоту волны:

$$h_{1\%} = \bar{h} \cdot K_i = 0,41 \cdot 2,1 = 0,861 \text{ м} \quad (24)$$

где: $K_i = 1$

Шероховатость поверхности крепления, препятствующие коэффициенты в зависимости от вида и сложности, определяется:

$$K = 1,5; \quad K_{nn} = 0,5;$$

$$\frac{\bar{\lambda}}{h_{1\%}} = \frac{11,80}{0,861} = 13,7 \Rightarrow K_{нз} = 1,8; \quad (25)$$

Высота волны на подъеме поверхности плотины равна $j=2\%$ - вероятное значение:

$$H_{hj} = h_{1\%} \cdot K \cdot K_{nn} \cdot K_c \cdot K_v \cdot K_{нз} \cdot K_{hj} = 0,861 \cdot 0,70 \cdot 0,5 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1,8 \cdot 1 = 0,81 \text{ м}; \quad (26)$$

Оценили высоту плотины водохранилища уровень воды выше значения d . Расчет уровня воды, расстояние от гребня плотины:

$$d = \Delta h + h_{hj} + a = 0,01 + 1,5 + 0,5 = 2,01 \text{ м}; \quad (27)$$

Расчет уровня воды плотины через два хребта нашли величину d , определенный по расчетам, рассчитываем по формуле:

$$Z_{гр} = \downarrow \text{БЖ} = \downarrow \text{КТД} + d = 948,6 + 2,025 = 950,625 \text{ м}; \quad (28)$$

Общая высота плотины:

$$H_{пл} = 29,3 \text{ м}$$

Верхняя поверхность делится на основную и упрощенную. Основная поверхность верхней границы является хребет плотины. А также, принимаем на глубине его нижней границы следующие:

$$H = 2h_{1\%} = 2 \cdot 2,63 = 5,26 \text{ м}; \quad (29)$$

В упрощенной процедуре будет утверждено, если нижняя часть плотины не смоеется волной или селью. Наряду с этим, камни брошенные на склонах против разрушения волн, состояние стабильности проверяется следующим образом:

$$Q = \frac{0,025 \cdot \gamma_0^3 \cdot \gamma_k \cdot h_{1\%} \cdot \bar{\lambda}}{[(\gamma_k - \gamma_0)^3 \sqrt{1 + m^3_1}]} = \frac{0,025 \cdot 1^3 \cdot 2,5 \cdot 0,41^2 \cdot 11,80}{[(2,5 - 1)^3 \cdot \sqrt{1 + 3^3}]} = \frac{0,12}{17,83} = 0,01 \quad (30)$$

где: Y_0 – плотность воды, $Y_0=1 \text{ Т/м}^3$
 Y_k – плотность камня, $Y_k=2.5 \text{ Т/м}^3$;
 $h_{1\%}$ – 1%-к высота волн;
 λ – длина волны;
 m_1 – коэффициент наклона верхней поверхности

4.3 Определение фильтрующих элементов и берега плотины

Созданный из множеств фильтрационных устройств, в землянных плотинах используют противфильтрационные устройства. Их цель состоит в том, чтобы уменьшить фильтруемые вещества через тело плотины.

Против фильтраций тела плотины есть устройства как дамбы, щиты, диафрагмы. Для их применения необходимо глина, суглинок, бетон, влажный бетон и т.д.

Ядро сделанное из грунта. Фактическое место по отношению к оси плотины. Ядро можно передвинуть в верхний бьеф, или к основанию и можно повысить устойчивость плотины. Это предотвращает утечку более фильтруемых вод с ядра.

Расход фильтрации в нижней части плотины собственного тела рассчитывается по формуле:

$$q_T = K_T \cdot \frac{H_1^2 - h_1^2}{2(L_p - m_2 \cdot h_1)} = \frac{0,25 \cdot (25^2 - 3.84^2)}{2(297.13 - 2,25 \cdot 3.84)} = 0,26 \text{ м}^3 / \text{мэу}; \quad (31)$$

где, K_T – коэффициент, показывающий фильтрацию тела плотины;

K_T – 0,25м/сек;

h_1 – высота бьефа в нижней кривой, м;

L_p – альтернатива плотины (эквивалентной) ширина изображения, м;

Высота нижней кривой, по месту депрессионного бьефа:

$$h_1 = \frac{L_p}{m_2} - \sqrt{\left(\frac{L_p}{m_2}\right)^2 - (H_1 - H_2)^2} + H_2 = \frac{297.13}{2,25} - \sqrt{\left(\frac{297.13}{2,25}\right)^2 - (25 - 3)^2} + 2 = 3.84 \quad (32)$$

где, H_1 и H_2 – глубины воды в верхнем и нижнем бьефе, м

L_p – альтернатива плотины (эквивалентной) ширина изображения, м;

Координаты точки кривой:

$$y = \sqrt{H_1^2 - 2q_T \cdot \frac{x}{K_T}}; \quad (33)$$

где, X – значение, от $x = \Delta L$ до $x = L_p + m_2 \cdot h_1$

$$\Delta L = \beta \cdot H_1 = 0,4 * 25 = 10.75 \text{ м}$$

Средний уклон потока фильтрации:

$$J_{\text{вых}} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{6}{42.5} = 0,14 \text{ м}; \quad (34)$$

где, Δy - нарушения в пределах массива (нижний) падение кривой депрессии;

Δx - расстояние падение от кривой депрессий

Скорость фильтраций:

$$V_{\text{вых}} = K_T \cdot I_{\text{вых}} = 0,25 \cdot 0,14 = 0,035 \text{ м/тэу} \quad (35)$$

Определение устойчивости поверхности щитовидной плотины.

Нарушение массива по вертикали, шириной $b=0.1 \cdot R=3,3$ м на части. По схеме самое оптимальное количество разрушенных массивов не должно превышать 10. Если область превышает 10, то необходимо увеличить ширину области, то располагается под кривой (под точкой 0). Расчеты сведены в таблицу 9.

Таблица 9 - Определение влияющих сил

Бөлік №	Sin α	Cos α	$h_1, \text{ м}$	$h_2 + h_3, \text{ м}$	$h_{\text{кел}}, \text{ м}$	$h_{\text{кел}} \cdot \text{Sin } \alpha$	φ	$h_{\text{кел}} \cdot \text{Cos } \alpha \cdot \text{tg } \alpha$
1	9	0,44	11	0	11	9,9	27	2,47
2	8	0,6	12,2	1,4	12,97	10,4	27	3,94
3	7	0,71	9,8	4,0	12,01	8,41	27	4,29
4	0,6	0,8	7,2	5,6	10,29	6,17	27	4,20
5	0,5	0,87	4,6	6,8	8,36	4,18	27	3,71
6	0,4	0,92	2,2	6+1,6	6,39	2,56	27	3,00
7	0,3	0,95	0,8	4,4+2,8	4,78	1,43	27	2,32
8	0,2	0,98	0	1,6+3,6	8,39	1,68	20	2,96
9	0,1	0,1	0	4,4	2,43	0,24	20	0,12
10	0		0	4,8	2,65	0	ш0	0
11	0,1	0,1	0	4,6	2,52	-0,25	20	0,09
12	0,2	0,98	0	4,0	2,21	-0,44	20	0,78
13	-0,3	0,95	0	3,4	1,88	-0,56	20	0,64
14	-0,4	0,92	0	2	1,10	-0,44	20	0,36
15	-0,5	0,87	0	0,8	0,44	-0,22	20	0,14
				$\sum 61,8$		$\sum 43,06$		$\sum 29,05$

где, $\text{sin } \alpha = 0,1 \cdot N$,

N – частичная последовательность числа

$$\text{cos } \alpha = \sqrt{1 - \text{sin}^2}, \quad (36)$$

Измерьте высоту каждой из составных частей окружающей среды. (h_1, h_2, h_3);

Приведенная высота:

$$h_{\text{кел}} = h_1 + \frac{h_2 \cdot \gamma_2}{\gamma_1} + \frac{h_3 \cdot \gamma_3}{\gamma_1} + \frac{h_0 \cdot \gamma_0}{\gamma_0}, \text{ м} \quad (37)$$

h_0 - глубина слоя воды над блоком, м; $h_0=0$;

φ - угол внутреннего трения, град;

Плотность тела плотины и основания, считается следующим образом:

$$Y_1 = (1-n) \cdot \gamma_{\text{пр}} \cdot K = (1-0,35) \cdot 2,71 \cdot 1,14 = 2,01 \text{ м.} \quad (38)$$

$$Y_2 = (1-n) (\gamma_{\text{пр}} \cdot \gamma_0) = (1-0,35) (2,71 \cdot 1,0) = 1,11 \text{ м.} \quad (39)$$

$$Y_3 = (1-n) (\gamma_{\text{пр}} \cdot \gamma_0) = (1-0,35) (2,71 \cdot 1,0) = 1,11 \text{ м.} \quad (40)$$

где, $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ - естественная влажность почвы в теле плотины и кварцевой воды. Кроме того, плотность и насыщенность основания дамбы водой,

k - коэффициент грунта в зависимости от влажности;

$k=1,12 \dots 1,18$;

$\gamma_{\text{бег}}, \gamma_{\text{таб}}$ - плотность в теле плотины и в грунте, $\gamma_{\text{бег}}=2,71 \text{ т/м}^3$;

γ_0 - плотность воды, $\gamma_0=1,0 \text{ т/м}^3$;

Силы нарушения, возникающие в частях массива в основе плотины, то сила трения определяется по формуле:

$$F = b \gamma_1 \cdot \sum h_{\text{пр}} \cdot \cos \alpha \cdot \text{tg} \varphi = 3,3 \cdot 2,01 \cdot 29,05 = 192,69 \text{ м,} \quad (41)$$

где: φ - угол внутреннего трения, град

φ_1 - депрессивная кривая до внутреннего верхнего угла

φ_2 - депрессивная кривая до внутреннего нижнего угла

φ_3 - плотина на основе почвы внутренний угол

Разрушение массы массива составляется и определяется по следующей формуле:

$$T = b \cdot \gamma_1 \cdot \sum h_{\text{пр}} \cdot \sin \alpha = 3,3 \cdot 2,01 \cdot 43,06 = 285,62 \text{ м,} \quad (42)$$

4.4 Определение типа и параметров водопропускного сооружения

В состав водохранилищ в землянных плотинах в большинстве случаев устанавливают трубчатые водовыпуски. Устанавливают трубчатые водовыпуски. Трубчатые водовыпуски бывают башенные и без башенные. Основной задачей водовыпуска является пропускать воду в нижний бьеф где расположены водопотребители, в каналы, в трубы озерные воды. Устройства

водовыпуска устанавливают в конце трубопровода для транспортировки воды, и тогда, когда вода снизится до не потребляемого уровня (КПД), устанавливают водопропускное сооружение так, чтобы потребители получали воду, так как водовыпускное сооружение устанавливают ниже уровня ПК.

Воду пускают через трубы галерей, если нет, то устанавливают трубы в галерею и пропускают воду. По большей части трубопровод до башни находится под постоянным давлением воды, то есть работает под давлением, после ворот башни можно транспортировать воду с напором и без напора. В этот момент в трубопроводе никаких проблем, и на стыке между стенками галерей и трубопроводом снизится давление.

Если вода также используется для хранения питьевой воды, то должны предусмотреть на высоте несколько метров отверстия на стенах башни, к отверстиям подсоединить трубы, и к очистительным сооружениям.

Расчеты состояния водопропускного сооружения представлены в сводной таблице 10.

Таблица 10 – Расчеты состояния водопропускного сооружения

Объект исследования	Результаты расчета
Земляная плотина $P_{з.п.}$	$N_{cp} = (N_i + N_{i+1})/2 = (307 + (307 - 71))/2 = 271,5$
	$\lambda(t) = n(\Delta t) / (N_{cp} \Delta t) = 71 / (271,5 * 10) = 0,026$
	$P_{з.п.} = \lambda \cdot e^{-\lambda} = 0,026 * e = 0,0253$
Паводковый водосброс $P_{п.в.}$	$N_{cp} = (N_i + N_{i+1})/2 = (198 + (198 - 58))/2 = 169$
	$\lambda(t) = n(\Delta t) / (N_{cp} \Delta t) = 58 / (169 * 10) = 0,034$
	$P_{п.в.} = \lambda \cdot e^{-\lambda} = 0,034 * e = 0,0329$
Донный водоспуск $P_{д.в.}$	$N_{cp} = (N_i + N_{i+1})/2 = (209 + (209 - 32))/2 = 193$
	$\lambda(t) = n(\Delta t) / (N_{cp} \Delta t) = 32 / (193 * 10) = 0,017$
	$P_{д.в.} = \lambda \cdot e^{-\lambda} = 0,017 * e = 0,167$
Напорное сооружение в целом $P_{ГТС}$	$N_{cp} = (N_i + N_{i+1})/2 = (307 + (307 - 116))/2 = 249$
	$\lambda(t) = n(\Delta t) / (N_{cp} \Delta t) = 116 / (249 * 10) = 0,047$
	$P_{ГТС} = \lambda \cdot e^{-\lambda} = 0,047 * e = 0,0448$

Когда из водопропускного сооружения вода, вытекая с большой скоростью, то строятся колодцы для уменьшения мощности на основе как вода вытекает и на какую длину:

$$L_k = L_b + L_d = 1,58 + 2,58 = 4,16 \quad (43)$$

Длина воды в колодце (м) вычисляется по этой формуле:

$$l_{\text{секіру}} = 3 \cdot h_{\text{кыыл}}'' = 3 \cdot 0.86 = 2.58 \quad (44)$$

Определяем относительную глубину по следующей формуле:

$$\phi(\tau_{\text{кыыл}}) = \frac{q}{\varphi \cdot E_0^{3/2}} = \frac{1.75}{0.85 \cdot 1.68^{3/2}} = 0.95 \quad (45)$$

$$q = \frac{Q}{b} = \frac{3.5}{2} = 1.75 \quad (46)$$

где: Q – протекаемость воды через водопропускное сооружение
 b - ширина трубы водопропускного сооружения
 φ - коэффициент скорости, $\varphi = 0.8-0.9$

4.4.1 Расчет магистрального канала

Проектирование магистрального канала осуществляем из условия обеспечения пропуска максимального расхода, необходимого потребителю $Q_{p.k.} = 7 \text{ м}^3/\text{с}$. При этом должно быть обеспечено условие его неразрываемости, поэтому скорость в канале принимается равной $v_{\text{дон}} = 0,7 \text{ м/с}$.

Канал облицовывается бетоном, поэтому коэффициент шероховатости принимается равным $n = 0,017$. Заложение откосов согласно [39], принимаем равным $m = 1,5$.

Приняв поперечное сечение канала трапецеидальным и назначив уклон дна равным $i_k = 0,0008$, определяем его основные гидравлические характеристики. Площадь живого сечения

$$\omega_k = \frac{Q_{p.k.}}{v_{\text{дон}}}; \quad \omega_k = \frac{5,9}{0,7} = 8,43 \text{ м}^2 \quad (47)$$

где $Q_{p.k.}$ – расчетный расход воды в канале,

$v_{\text{дон}}$ – неразрывающая скорость течения.

Для гидравлически-наивыгоднейшего сечения

$$\beta_{z.n.} = \frac{b}{h_0} = 3 \cdot \sqrt[4]{Q} - m; \quad (48)$$

$$\beta_{z.n.} = \frac{b}{h_0} = 3 \cdot \sqrt[4]{3,6} - 1,5 = 3,18; \quad (49)$$

$$b_k = 3,18 \cdot h_0 .$$

При этом:

$$\omega_k = (b_k + mh)h = 8,43 \text{ м}^2$$

Следовательно, решая систему (22) и (23) получаем:

$$h \approx 1,34 \text{ м}$$

$$b_k = 4 \text{ м}$$

Ширина канала по верху равна:

$$b' = b_k + 2mh$$

$$b' = 4 + 2 \cdot 1,5 \cdot 1,34 = 8,3 \text{ м.}$$

Приняв вышеперечисленные значения за исходные данные, определяем значения расходов при различных глубинах воды в магистральном канале, которые сведены в таблицу 11.

График зависимости глубины наполнения канала от расхода Q_k и поперечное сечение канала представлены на рисунках 17-18

Таблица 11 - Расчет гидравлических параметров магистрального канала

h_k , м	$\omega = (mh_k + b)h$ к ³ м ²	$\chi = b_k + 2h_k \sqrt{1 + m^2}$ м	$R = \frac{\omega}{\chi}$ м	$c = \frac{1}{n} R^{1/6}$	$v = c \sqrt{Ri}$, м/с	$Q_k = \omega \cdot v$, м ³ /с
0	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,000
0,25	1,09	4,90	0,22	45,81	0,75	0,820
0,45	2,10	5,62	0,37	49,93	1,06	2,226
0,5	2,38	5,80	0,41	50,69	1,12	2,668
0,6	2,94	6,16	0,48	52,00	1,24	3,657
0,75	3,84	6,70	0,57	53,61	1,41	5,41
0,8	4,16	6,88	0,60	54,09	1,46	6,06
1	5,50	7,61	0,72	55,73	1,64	9,03

h, м

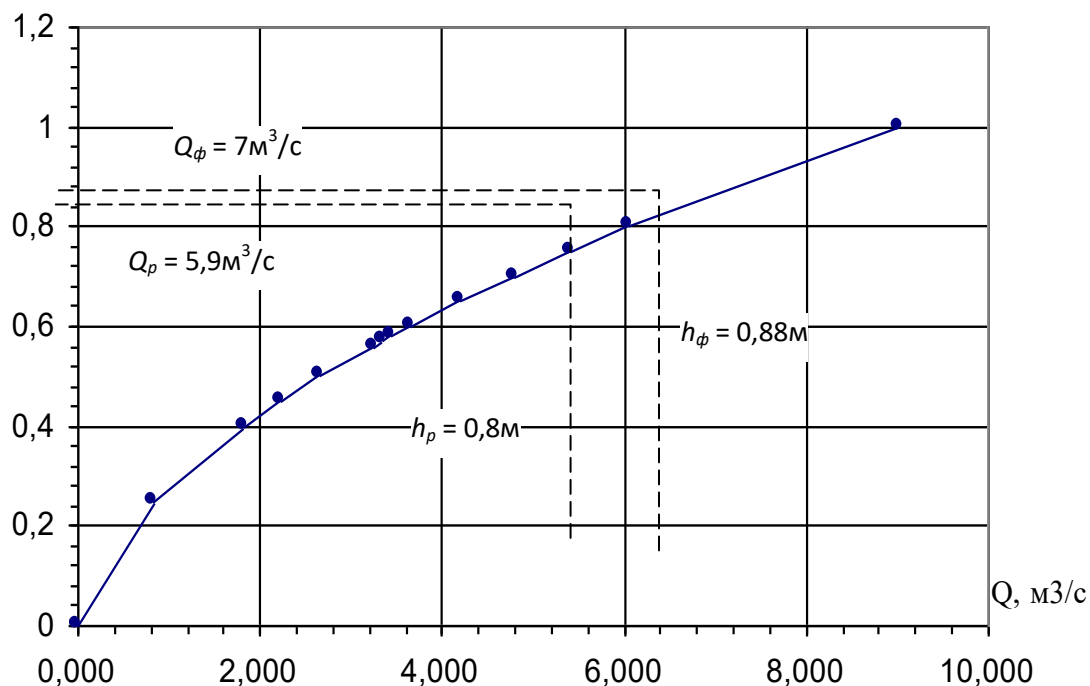


Рисунок 17 - График зависимости глубины наполнения канала от расхода Q_k

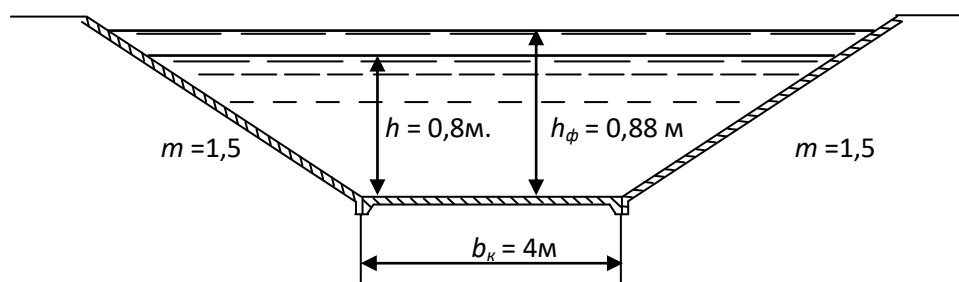


Рисунок 18 - Поперечное сечение анала.

Глубину воды в подводящем канале при форсированном расходе, с учетом уточнений, принимаем равной $h_k^φ = 0,88$ м.

4.4.2 Расчет годового стока по данным гидрометрических наблюдений

В исследованиях по разработке методов расчета величин и основных гидрологических характеристик стока, результатов расчёта обычно даются в виде средних значений и величин различной вероятности их повторений являются: расход воды - Q , м³/с; объем стока - V (W), м³; модуль стока воды - q (M), м³/с км²; слой стока - h (y), мм; коэффициент стока - a .

Главной характеристикой речного стока являются расходы воды. Наряду с экстремальными значениями (максимальными и минимальными) часто используются расходы воды, расход потока, глубина потока приведенные в таблице 12 осредненные за различные периоды времени .

Таблица 12 – Расчеты годового стока

Параметры	Расчетные данные
Расход потока Q_{Π}	$Q_{\Pi} = m \cdot b_{\Pi} \cdot H_{\Pi}^{3/2} \sqrt{2g} = 8,8 \text{ тыс. м}^3/\text{с}$
Глубина потока h_{Π}	$h_{\Pi} = 2/3 H_{\Pi} = 2/3 * 20 = 13,3 \text{ м}$
Скорость потока V_{Π}	$V_{\Pi} = 2,056 H_{\Pi}^{1/2} = 2,056 * 20 = 9,2 \text{ м/с}$
Высота гребня h	$h = A_h / \sqrt{(B_h + 1)} = 16 / \sqrt{(15 + 1)} = 16 / 4 = 4 \text{ м}$
Скорость волны прорыва v	$v = A_v / \sqrt{(B_v + 1)} = 10,8 / \sqrt{(45,7 + 1)} = 10,8 / 6,8 = 1,6 \text{ м/с}$
Время прихода фронта волны прорыва τ_{ϕ}	$\tau_{\phi} = 0,1 \text{ час}$
Время прихода гребня волны прорыва $\tau_{гр}$	$\tau_{гр} = 0,6 \text{ час}$
Продолжительность затопления $\tau_{зат}$	$\tau_{зат} = \beta \cdot (\tau_{гр} - \tau_{\phi}) \cdot (1 - h_m / h) = 12,0 * (0,6 - 0,1) * (1 - 2,5 / 4) = 3,6 \text{ час}$

Все остальные характеристики речного стока, по сути, являются производными от соответствующих расходов воды. Среднее многолетнее значение стока вычисляется в следующей последовательности: расход воды $Q_{\text{м}^3/\text{с}}$ — количество воды в м^3 , протекающее через поперечное сечение русла в единицу времени (секунду).

Для оценки степени точности среднего многолетнего значения стока вычисляется средняя квадратическая ошибка средней многолетней величины ряда по формуле:

$$\varepsilon_{Q0} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} 100\%, \quad (50)$$

где: C_v — коэффициент изменчивости годового стока;
 n — число членов ряда.

Средние годовые расходы воды р. Биен, 2005— 2018 гг. представлены в таблице 13.

Таблица 13 - Средние годовые расходы воды р. Биен, 2005— 2018 гг.

№	Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XI I	Qi, м ³ /с
1	2005	2,98	3,38	2,76	2,78	5,42	10,5	12,6	11,3	5,00	3,60	4,08	2,5	5,58
2	2006	3,38	3,60	2,28	4,66	5,68	9,04	13,8	15,2	5,20	3,38	4,58	2,6	6,12
3	2007	4,22	4,09	3,80	6,16	11,6	13,3	22,2	17,6	8,77	6,29	4,44	3,7	8,85
4	2008	3,66	3,94	5,13	9,45	10,6	26,2	24,5	22,6	11,2	6,64	4,68	3,8	11,1
5	2009	3,33	3,47	3,61	6,26	13,7	27,3	30,9	16,2	9,36	6,92	4,48	4,0	10,8
6	2008	3,42	3,55	4,38	8,10	10,1	22,7	32,3	27,7	9,87	6,72	5,24	4,6	11,6
7	2009	5,52	5,53	3,67	6,58	14,4	17,9	20,3	16,6	10,4	5,60	3,56	4,7	9,55
8	2010	3,18	3,82	2,96	3,34	6,22	5,14	11,7	26,6	5,58	4,78	4,08	3,6	6,75
9	2011	3,82	4,28	3,34	3,54	4,66	5,36	10,9	14,3	5,58	4,28	2,51	3,0	5,47
10	2012	4,05	2,98	3,15	3,34	4,42	6,02	8,68	11,3	5,39	3,82	3,22	2,5	4,91
11	2013	3,60	3,38	3,54	2,28	5,42	6,40	14,3	9,40	5,00	3,38	4,44	3,8	5,42
12	2014	4,33	3,82	2,60	2,96	4,18	5,00	9,78	33,7	10,2	4,53	3,85	4,1	7,42
13	2015	3,76	3,38	2,96	3,54	7,94	5,14	11,7	31,3	5,31	5,34	4,08	3,4	7,32
14	2016	2,98	3,38	2,95	3,54	3,96	5,36	10,2	29,7	11,7	5,02	3,18	4,3	7,19
15	2017	3,18	3,60	2,76	4,66	11,6	26,2	30,9	27,7	10,4	4,78	2,51	2,5	10,9
16	2018	3,76	3,82	3,54	3,34	4,66	5,14	20,3	27,7	9,36	6,64	4,44	2,7	7,95

Коэффициент изменчивости годового стока р. Биен $C_v = 0,25$, вычисленный за период $n = 35$. Подставляя в формулу (61) известные значения, имеем:

$$\varepsilon_{Q0} = 100\% = 4,23\% \quad (51)$$

Для определения ошибки ε_{Q0} в абсолютном измерении ошибка равна:

$$\frac{\varepsilon_{Q0} Q_0}{100} = \frac{4,23 * 7,03}{100} = 0,30 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}. \quad (52)$$

При расчете среднего многолетнего стока необходимо проанализировать ряд наблюдений, включающие многоводные и маловодные годы. Для водосбора р. Биен годовое среднее многолетнее значение коэффициента стока равно:

$$\eta_0 = \frac{166,85}{594} = 0,28 \quad (53)$$

Коэффициент стока колеблется от 0 до 1,0 причем на его значение большое влияние оказывает испарение, характер подстилающей поверхности.

Водосбора и ряд физико-географических, геоморфологических, почвенных и других факторов. Среднее значение модульного коэффициента за ряд лет равно единице. Колебания годового стока во времени обусловлены влиянием большого числа факторов, что вызывает необходимость при изучении этих колебаний применять методы математической статистики.

Вычисления методом моментов параметров кривой показаны в таблице 14

Таблица 14 - Вычисления методом моментов параметров кривой обеспеченности годового стока реки Биен, 2005-2018 гг.

М	Год	Расход, Qi, /с	Расход в убывающем порядке Qуб, /с	Вероятность превышения $P = \frac{m - 0,3}{n + 0,4}$ 100%	Модульный коэффициент стока $K_i = \frac{Q_i}{Q_{ср}}$	(Ki-1)	$(K_i - 1)^2$	$(K_i - 1)^3$
1	2005	5,58	6,34	55,65	0,90	-0,1	0,01	-0,001
2	2006	6,12	6,32	58,47	0,90	-0,1	0,01	-0,001
3	2007	8,85	6,23	61,30	0,89	-0,11	0,0121	-0,000133
4	2008	11,06	6,12	64,12	0,87	-0,13	0,0169	-0,002197
5	2009	10,80	5,63	66,95	0,80	-0,2	0,04	-0,008
6	2008	11,56	5,59	69,77	0,80	-0,2	0,04	-0,008
7	2009	9,55	5,58	72,60	0,79	-0,21	0,0441	-0,009261
8	2010	6,75	5,58	75,42	0,79	-0,21	0,0441	-0,009261
9	2011	5,47	5,47	78,25	0,78	-0,22	0,0484	-0,010648
10	2012	4,91	5,47	81,07	0,78	-0,22	0,0484	-0,010648
11	2013	5,42	5,42	83,90	0,77	-0,23	0,0529	-0,012167
12	2014	7,42	5,41	86,72	0,77	-0,23	0,0529	-0,012167
13	2015	7,32	5,40	89,55	0,77	-0,23	0,0529	-0,012167
14	2016	7,19	5,40	92,37	0,77	-0,23	0,0529	-0,012167
15	2017	10,9	5,37	95,20	0,76	-0,24	0,0576	-0,013824
16	2018	7,95	4,91	98,02	0,70	-0,3	0,09	-0,027
		246,0			35	0	2,2512	0,6873

Различают вероятность ежегодного превышения для явлений, наблюдаемых только один раз в году; вероятность превышения среди совокупности всех возможных значений для явлений, которые могут наблюдаться несколько раз в году

Методы вычисления C_v и C_s зависят от коэффициента изменчивости C_v : при $C_v < 0,5$ применяется метод моментов; при $C_v > 0,5$ используется метод наибольшего правдоподобия; графо-аналитический метод применяется в случае использования кривой обеспеченности при любом значении C_v .

По данным таблицы 13 где средние годовые расходы расположены в убывающем порядке, вычисляется ошибка средней многолетней величины ряда по формуле:

$$\sigma_{Q_n} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} 100 = \frac{0,25}{35} 100 = 0,71\% \quad (54)$$

Коэффициент $C_v = 0,25$ для данного ряда получен по формуле:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_i - 1)^2}{n}} = \sqrt{\frac{2,2512}{35}} = 0,25 \quad (55)$$

При вычислении коэффициента изменчивости C_v по методу моментов относительная средняя квадратическая ошибка вычисляется по формуле:

$$\varepsilon_{C_v} = \sqrt{\frac{1 + C_v^2}{2n}} 100\% \quad (56)$$

$$\varepsilon_{C_v} = \sqrt{\frac{1 + 0,25^2}{2 * 35}} 100\% = 12,32\%$$

Если ошибка $\varepsilon_{C_v} < 10—15\%$, то длина ряда считается достаточной; в данном примере ε_{C_v} удовлетворяет этому условию.

Существует приближенная формула определения C_s , используемая при большом числе значений:

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (K - 1)^2}{(n - 1)C_v^2} \quad (57)$$

$$C_s = \frac{0,6873}{0,5313} = 1,29.$$

Относительная средняя квадратическая ошибка коэффициента асимметрии при асимметричном расположении ряда вычисляется по формуле:

$$\sigma_C = \frac{0,414 \sqrt{1,375 + 0,01953}}{1,29} 100\% = 37,$$

5 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО УМЕНЬШЕНИЮ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ АВАРИЙ

5.1 Натурные исследования гидротехнических сооружений

Для проведения экспериментальных исследований по эксплуатации системы плотин были проведены испытания на модели для контрольных наблюдений грунтовых плотин - систематические визуальные наблюдения за состоянием креплений, местными деформациями откосов, гребня, кюветов, размывами откосов и берегов, наледями, заилением и зарастанием дренажных траншей.

Схема экспериментального стенда испытаний на модели представлены на рисунке 19, а общий вид с записывающими приборами - на рисунке 18.

Основные задачи натурных исследований:

- 1) контроль качества сооружений в период их эксплуатации;
- 2) систематический контроль сооружений и оснований в период эксплуатации;
- 3) проверка правильности расчетных предпосылок, результатов, расчетов и модельных исследований и, как следствие, совершенствование методов расчетов и конструкций;
- 4) предупреждение аварийных ситуаций и заблаговременное оповещение о возможности аварий;
- 5) уточнение важных, недостаточно изученных явлений; исследование новых конструкций или типов плотин, трудно поддающихся расчету, или новой технологии.

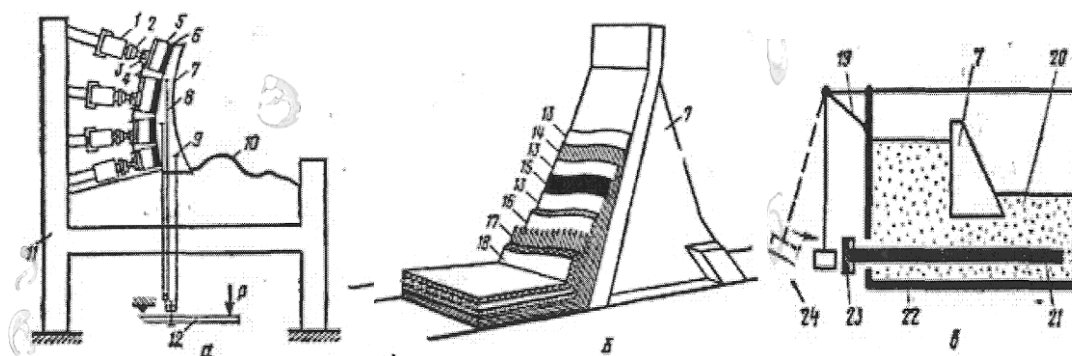


Рисунок 19 - Схема испытаний на модели

где: 1 - гидравлический домкрат; 2 – плунжер; 3 - шарнирная опора; 4 - закрепление штампов; 5 - деревянный штамп; 6 - резиновая прокладка; 7 - модель плотины; 8-9 - тяга и анкер моделирования собственного веса; 10 - модель основания; 11 - испытательный стенд; 12 - рычаг

Натурные инструментальные исследования проводились для сооружения IV класса - при специальном обосновании на небольших сооружениях и на низконапорных плотинах допускается ограничиваться визуальными осмотрами для обнаружения отдельных дефектов, осадок, подвижек, оползней, трещин, выхода фильтрационных вод в НБ и на откосы плотин, размыва откосов, русла и др.

Специфика контрольных наблюдений грунтовых плотин — систематические визуальные наблюдения за состоянием креплений, местными деформациями откосов, гребня, кюветов, размывами откосов и берегов, наледями, заилинием и зарастанием дренажных траншей.

Исследования, выполнялись с помощью:

- 1) контрольно-измерительной аппаратуры;
- 2) съемной и переносной аппаратуры.

Натурным исследованиям в нашей стране и за рубежом уделяется большое внимание, что связано, в частности, с рядом аварий.

Основные причины аварий плотин: потеря устойчивости основания (20...24 %); фильтрация в теле плотины и в основании (29...33 %); температурные и усадочные трещины (12 %; эти факторы проявляются наиболее интенсивно в первые 2...4 года); попеременное замораживание и оттаивание (15...12%), агрессивность воды (12... 14 %). Эти факторы влияют на надежность для грунтовых плотин: фильтрация через основание и вдоль сопрягающих устоев (17%); перелив воды через гребень (15%); сосредоточенная фильтрация в теле плотины (12%).

Натурные гидравлические исследования проводились для оперативного контроля состояния водопропускных сооружений, ложа реки, берегов.

При пропуске расходов при различных режимах работы изучались: уровни воды; гидравлический режим, растекание потока в плане, скорости по глубине; вибрации; кавитацию; эрозия конструкций; аэрация потока; гидродинамическое давление; динамические напряжения и деформации; пропускная способность сооружений.

Не считая нормальных контрольных и особых изучений, велись и пусковые проверки для корректировки режимов работы. Впоследствии пропуска потоков предельвали зрительные обследования и промеры глубин.

В лабораторных условиях (рисунок 20) проведены исследования фильтрации в различных типах грунтовых плотин. Простота конструкции широкое использование местных материалов возможность возведения почти на любых основаниях. Целью данных исследовательских работ является выполнение экспериментальных и теоретических исследований. Включив питание лотка открытием вентиля, устанавливается уровень воды в верхнем бьефе, глубина которой поддерживается постоянной с помощью шандор, установленных на водосливе. Замеряются показания пьезометров, с занесением в таблицу данных экспериментальных исследований, по этим данным строится экспериментальная кривая, депрессии.



Рисунок 20 - Лаборатория ГТС на р.Биен

Замерив ширину лотка, при установившейся фильтрации определить величину фильтрационного расхода, для чего мерной колбой измеряется объем воды, протекающий через патрубок за время, расход фильтрации определяется по формуле.

Для измерения пульсаций гидродинамического давления используют датчики ДДИ-20, ДД-6 и др. диаметром 18...24 мм с чувствительным элементом в виде плоской мембраны. Конструкции индуктивных датчиков приведены на рисунке 21 - 22.

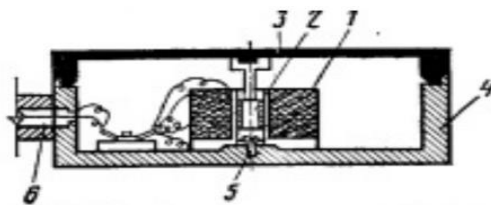


Рисунок 21 - Приборное измерение пульсации гидродинамических давлений

где: 1 - индуктивная катушка; 2 – сердечник; 3 – мембрана; 4 - корпус прибора; 5 - винт для закрепления индуктивной катушки; 6 - штуцер для вывода проводов.

В исследованиях для определения фильтрационного расхода в грунтовых плотинах замеряли мерными водосливами, установленными в кюветах у подошвы низового откоса.

В бетонных плотинах мерные водосливы ставят в кюветах галерей; применяется и другой способ называемый объемным. Затраты очаговой фильтрации определяют объемным способом. Скорость фильтрации определяется солевым методом, способом красителей или с помощью радиоизотопов (соль NaCl, флуоресцин или радиоизотопы опускают в ВБ и укрепляют время их появления).

Химический анализ проб воды позволяет судить о выщелачивании бетона или химической суффозии грунтовых плотин и оснований; повышение мутности говорит о механической суффозии последних.

Натурные исследования перемещений. Различают перемещения вертикальные (осадки), горизонтальные и наклонные.

Основные методы определения вертикальных перемещений. Осадки измеряют геометрическим, тригонометрическим и гидростатическим нивелированием.

При тригонометрическом нивелировании превышение одной точки над другой определяется изменением угла наклона визирного луча и расстояния от инструмента до точки визирования. Метод удобен при глубоких узких каньонах, крутых склонах и т. п.; точность его ниже.

Осадки внутри грунтовых плотин, их оснований и послойные измеряют: многоярусными глубинными марками, состоящими из телескопической системы труб, приваренных к плитам, при осадке плит трубы опускаются; глубинными электромагнитными марками, состоящими из секционной пластмассовой трубы, на которую свободно надеты стальные пластины.

О размере осадки судят по перемещению плит, положение которых с точностью до 3...4 мм фиксируют электромагнитным зондом, в котором в обмотке постоянного магнита индуцируется ток при прохождении мимо пластины; при вертикальном положении плит измеряют горизонтальные перемещения. Осадки и перемещения внутренних точек в пространстве получают с помощью наблюдательных колодцев.

Комбинированный метод применяют при невозможности закрепления концов створа на берегах или в основании плотины или если ось плотины состоит из нескольких прямолинейных участков. Смещения определяют относительно оптического или струнного створа, положение на опорных пунктах створа контролируют сетью геодезических треугольников или центральных систем. Обычно применяют прямые и обратные отвесы, где прямой отвес - груз на инварной проволоке, закрепленный обычно у гребня плотины;

относительные перемещения замеряют оптическим или механическим методами - натягивают стальную нить длиной до 600 м, закрепленную в крайних секциях; относительно ее отсчитывают смещения.

Натурные исследования деформаций и напряжений в теле сооружений, в основании и в арматуре. При их проведении определяются напряжения и деформации, в частности напряжения по подошве, деформации скалы в основании и бортовых примыканиях, напряжения в арматуре, температуру бетона и основания, поровое давление в бетонной кладке и грунте, основные нагрузки и воздействия. Применяются способы измерения напряжений:

1) тензометрический - при котором тензометрами измеряют относительные деформации и по ним на основе зависимостей для упруго-ползучего тела - напряжения внутри сооружения и на поверхности;

2) непосредственное измерение напряжений датчиками напряжений.

Относительные деформации в бетоне измеряют дистанционными датчиками - телетензометрами. Наиболее часто применяют струнные накладные и закладные тензометры типа ПЛДС.

Замер температур в сооружениях и в основаниях выполняют обычно струнными термометрами типа ПТС-60 (измеряемая температура от минус 30° до 60°C, точность 0,2°C, работает на принципе различия коэффициентов линейного расширения стальной струны и дюралюминиевого корпуса) и терморезисторными типа ПТТ-60. Напряжения в арматуре измеряют арматурными динамометрами обычно струнного типа.

В районе гидроузла создают сеть сейсмометрической аппаратуры, включающейся автоматически.

Особенности натуральных исследований для обоснования расчетов. На предварительных этапах проектирования для крупных сооружений выполняют комплекс крупномасштабных исследований; в частности, для обоснования сдвиговых характеристик скальных и нескальных оснований сдвигают крупные штампы, прибетонированные к основанию, крупные целики - до 200 м² в скале; в опытных штольнях определяют статический модуль деформации скалы; различными геофизическими методами определяют динамические модули упругости основания, скорости продольных и поперечных волн. В специальных опытных насыпях отработывают новые приемы технологии грунтовых плотин и др.

Значительный объем натуральных исследований связан с прогнозом русловых процессов, заилением водохранилищ и переформированием их берегов.

Основные направления организации натуральных исследований для обеспечения безопасности плотин. Основное направление развития натуральных исследований - их полная автоматизация.

Для этого:

1) предполагается использовать дистанционные датчики (пока еще ряд важных параметров - горизонтальные и вертикальные перемещения, фильтрационные расходы, частично давления, наклоны - определяют вручную);

2) при этом необходима оптимизация размещения датчиков, чтобы при разумном минимуме их получать максимальную информацию;

3) при этом вычислительный комплекс с квалифицированным штатом должен располагаться на пультах крупных гидросистем с передачей туда данных измерений постоянно и безотказно с использованием, помимо кабельной связи и радиосвязи, спутников земли, лазеров и др.;

4) разрабатываются и частично закончены программы (для ЭВМ) сбора информации, ее заполнения, обработки, регистрации и хранения.

В ряде стран, в том числе в последние годы введены в строй системы автоматизированного контроля плотин. Начала работать аналогичная система на Биенском ГТС. На сравнительно небольших сооружениях с числом КИА до

200... 300 более экономичными являются неавтоматизированные системы контроля.

Для оперативного контроля за состоянием сооружений разрабатываются аспекты защищенности и их контрольные замеры, благоприятные для измерений и позволяющие практически сразу сравнивать их с данными исследований и автоматически подавать решение о состоянии сооружения, а в случае опасности с помощью специальных сигналов (рисунок 22).

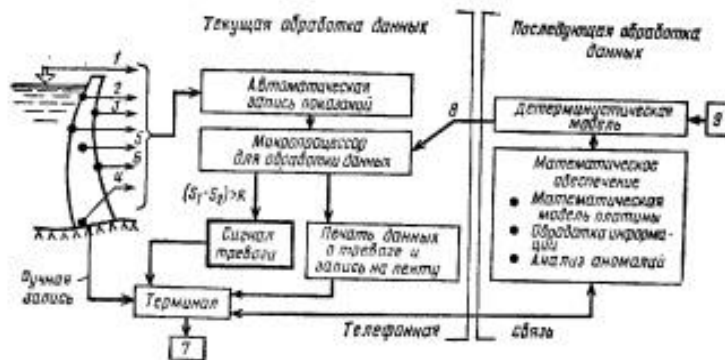


Рисунок 22 - Система контроля с микропроцессором

где: 1, 2, 3, 4 - датчики уровня воды, температуры, деформаций, фильтрации; 5, 6 - другие измеряемые величины; 7 - запись результата контроля; 8 - передаточные функции; 9 - вход данных с плотины.

5.2 Методика проведения экспериментальных исследований по правильности расчетных предпосылок, результатов, расчетов и модельных исследований

В результате исследований установлено, что на стадии раннего развития рискованных ситуаций устойчивости ГТС в условиях экстремально изменяющейся внешней среды современные методы дистанционного зондирования позволяют определять: динамику движения водных масс и наполнение водоема; изменения границ береговой линии водоема; подтопление, характер и зоны затопления территорий; наличие и характер увлажнения почв, и, динамику, техническое состояние плотины и динамику аварийного сброса вод непосредственного на ГТС.

Наибольшей информативностью по идентификации рискованной ситуации в зоне функционирования ГТС обладают такие методы дистанционного зондирования как: инфракрасная съемка и съемка в видимом диапазоне спектра.

Вследствие вероятного проявления всевозможных неблагоприятных моментов природного и техногенного происхождения, изменяющих прочностные свойства сооружения, отдельные составляющие сооружения имеют изменения в виде деформаций.

Геодезические методы наблюдения за деформациями применяются для установления причин и прогноза развития этих деформаций.

Наиболее распространены геодезические наблюдения за вертикальными смещениями.

По величинам деформаций, наблюдаемых во времени по положению контрольных точек, фиксированных в характерных местах ГТС определяют в целом состояние сооружения.

Мониторинг технического состояния несущих конструкций плотин осуществляется с целью обеспечения их безопасного функционирования и является основой эксплуатационных работ на этих объектах.

Для достижения наибольшей эффективности в раннем обнаружении деформационных процессов в основании плотины разработана методика наклонномерных наблюдений за смещениями в основании сооружения.

Структура методики оценки риска последствий аварий на ГТС показана на рисунок 23.

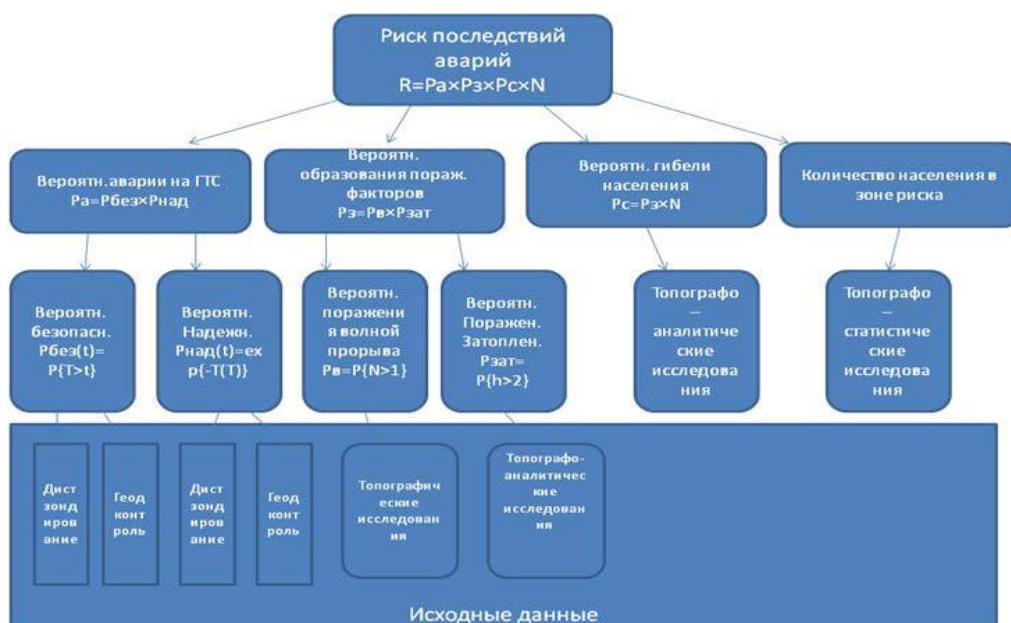


Рисунок 23 - Структура методики оценки риска последствий аварий на ГТС

Комплексное применение методов дистанционного зондирования и геодезических измерений позволяет достичь максимальных результатов раннего обнаружения рискованных ситуаций в зоне функционирования ГТС и своевременно принимать управленческие решения на снятие напряженности в развитии риска.

Согласно этой методике в основание ГТС и вокруг него закладывается сеть наклонномерных станций и реперов, с помощью которых определяются вектора смещения основания сооружения по границам скольжения, а также количественные величины и направления смещений.

5.3 Состояние системы возможных происшествий при ЧС на ГТС и их последствия

С целью изучения рассмотрено ГТС на р. Биен, которое организовано в целях водоснабжения населенного пункта в 1965 г., в 70 км от его устья, максимальная глубина у плотины.

В целях изучения было проведено полевое исследование территории с целью определения тестовых участков классов объектов, находящихся там на объекте. По проведенным расчетам установлено, собственно что в процессе вероятного происшествия и натиска большой воды во фронте волны прорыва не достигает 2 м/с и вследствие этого не имеет возможность рассматриваться как момент смерти людей. Общий вид плотины показан на рисунке 24.



Рисунок 24 - Общий вид плотины на р.Биен

Вместе с тем, расчетная высота гребня волны прорыва от 1м и выше сохраняется в потоке до линии створа №4, что позволяет оценивать риск гибели людей равной $R =$ от $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ т.е. 1-2 человека.

Экспертная оценка уровня безопасности и риска аварий ГТС проводится на основе экспертного анализа всей совокупности факторов, влияющих на надежность и безопасность работы ГТС.

Проделанный опыт по геоэкологической оценке результатов вероятной трагедии на гидросооружении (рисунок 25) зарекомендовал неплохую технологичность предлагаемого способа оценки риска результатов аварии на гидротехническом сооружении.

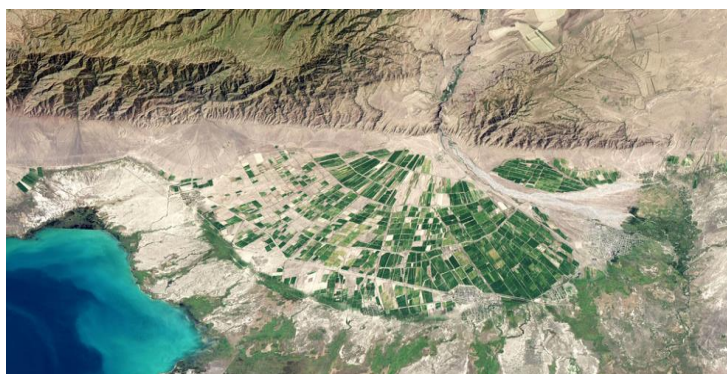


Рисунок 25 - Зоны ГТС и возможного происшествия

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 таблице 15.

Таблица 15 - 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	$2 < a_i \leq 3$	$2 < b_i \leq 3$

Защита от шуголедовых помех. В качестве примера рассмотрим своеобразную шуголедовую обстановку на реках горного и предгорного типов.

Водозаборы на р. Биен имеют шугосбросные устройства (рисунок 26), которые вполне оправдали себя, например, на водозаборе из в Казахстане. Они представляют собой небольшие камеры на отводящем канале, в которых благодаря увеличению площади поперечного сечения потока происходит всплывание шуги с последующим отводом ее в реку ниже водозабора.

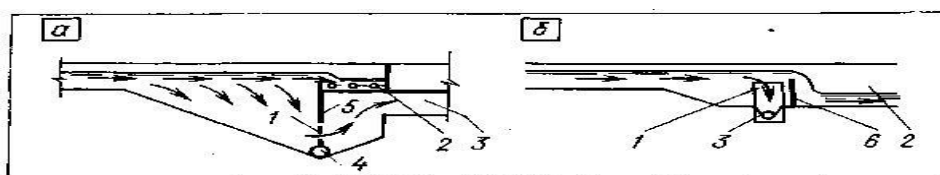


Рисунок 26 - Шугосбросное устройство на водозаборах из горных рек где: а - с заглубленной перегородкой; б - с шандорной стенкой; 1 - водоприемник; 2 - шугоотводящий лоток; 3 - водоотводящий лоток или труба; 4 - грязевая труба; 5 - заглубленная перегородка; 6 - шандорная стенка.

Скорость поверхностного потока в шугосбросном устройстве составляет около 1 м/с (из условия транспортирования шугового ковра), а скорость нисходящего потока — не более 2,5 см/с, что предотвращает вовлечение шуги в водоприемник.

Такие устройства надежно работают при насыщении шугой поступающего в них расхода воды до 25%.

Определяющее значение в обеспечении устойчивой работы водозаборов имеют не столько технические средства эксплуатации, а правильный, всесторонний учет природных факторов и благоприятное размещение водоприемных сооружений. Это подтверждается тем, что водозаборы аналогичного типа на одном и том же источнике, расположенные всего в нескольких сотнях метров один от другого, работают по-разному. Одни из них останавливаются, а другие работают без каких-либо помех и перебоев. Это относится к воздействию не только шуги, но также и наносов. Следовательно, в обеспечении устойчивой работы водозабора выбор места расположения имеет определяющее значение.

5.4 Мероприятия по уменьшению гидродинамической аварии при прорыве гидроузла

Плотина на р. Биен оснащена всей необходимой контрольно-измерительной аппаратурой, с помощью которой в основном в автоматическом режиме ведутся сбор и анализ, а также мониторинг за надёжностью технического состояния объекта. Автоматизированная система мониторинга обеспечивает контроль за охраной объекта в целях недопущения несанкционированного доступа на объект, осуществляется персоналом.

При возникновении каких-либо нештатных ситуаций система мониторинга фиксирует возникшую ситуацию и в автоматическом режиме набирает номер телефона ответственного дежурного на этот день, сообщает ему о характере и причине возникшей нештатной ситуации (рисунок 27).

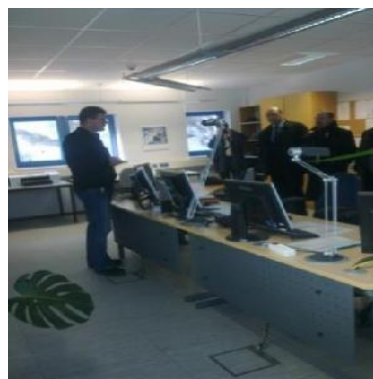
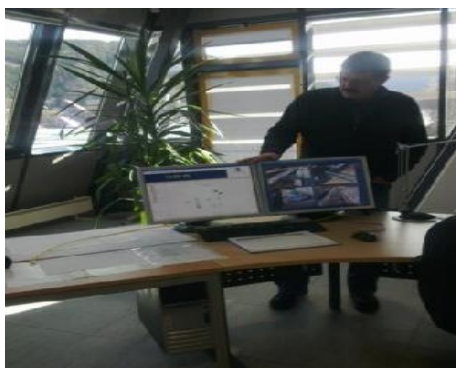


Рисунок 27 - Диспетчерская системы мониторинга на плотине

В случае поступления от системы мониторинга ответственному дежурному информации о какой-либо нештатной ситуации в ночное время или выходные дни, когда по существу на плотине отсутствует эксплуатационный персонал, ответственный дежурный прибывает на плотину для принятия адекватных мер.

Создана широкая база нормативно-правовых и нормативно-технических актов в области безопасности плотин и ГТС (рисунок 28).

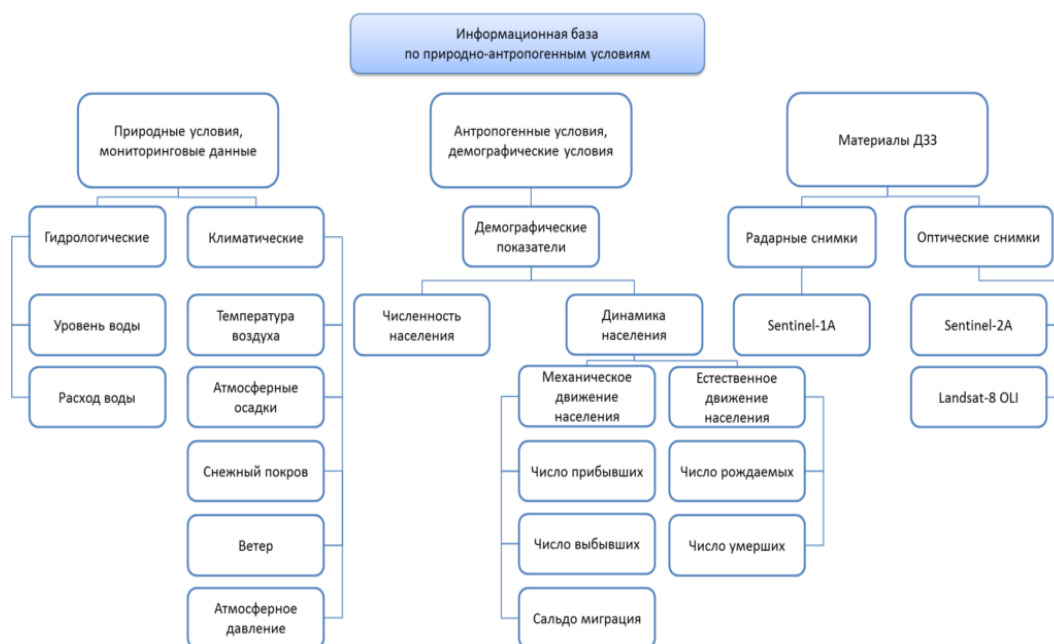


Рисунок 28 - Блок-схема структуры информационной базы проекта

В условиях использования гидропотенциала страны на 87% и отсутствия перспективы строительства новых ГЭС направлены главным образом на ремонт и реконструкцию существующих сооружений, включая наращивание плотин по высоте и упрочнение их конструкций.

Современная автоматизированная система мониторинга «СМИС Эксперт» представлена на рисунке 29.



Рисунок 29 - Автоматизированная система мониторинга «СМИС Эксперт»

Современный мониторинг безопасности ГЭС главным образом базируется на автоматических системах, которые включают в себя комплекс датчиков, программное обеспечение и оборудование, необходимое для расшифровки сигналов с датчиков и вывода их на монитор диспетчера. Такое оборудование позволяет непрерывно отслеживать состояние ГЭС, а также оповещать диспетчера и персонал в автоматическом режиме о возникших

неполадках, чтобы они могли своевременно их устранить или произвести эвакуацию.

Как видим, автоматический мониторинг ГТС обеспечивает безопасность, как самого объекта, так и рабочего персонала.

Автоматизированная система мониторинга «СМИС Эксперт» позволяет отслеживать:

- НДС бетонных конструкций; - пьезометрический напор и фильтрационный расход;
- смещение сооружения или его элементов относительно горизонтальной плоскости;
- осадку строения; отклонения от угла нормали.

Достоинства этой системы:

- 1) онлайн сбор данных и передача сообщений;
- 2) система мониторинга инженерных конструкций;
- 3) система связи и управления в кризисных ситуациях.

Мероприятия по уменьшению гидродинамической аварии при прорыве гидроузла. Исследованиями выявлено, что возросшая опасность повреждения и разрушения гидротехнических сооружений, вследствие воздействия стихийных и антропогенных факторов заставило человеческое сообщество обратить особое внимание на проблему их безопасности и объединить усилия в деле защиты от стихийных и других бедствий.

В таких случаях особое внимание уделяется не только на принятие мер по смягчению и устранению последствий их разрушения, но в основном на разработку комплекса защитно-профилактических мероприятий по предупреждению катастроф.

Обоснование таких важных защитных мероприятий, в том числе обучение, всякое ГТС подвержено воздействиям различных природных и технологических и факторов снижения их работоспособности и эксплуатационную надежность.

Самая совершенная система, в которой учтены новейшие достижения науки и техники, самая рациональная схема компоновки оказывается малоэффективной, если система не будет эксплуатироваться на достаточно высоком техническом уровне. Только правильная и рациональная эксплуатация позволит максимально использовать все совершенные идеи, заложенные в проекте, обеспечит высокую безопасность и надежность всех ее элементов в течение срока его эксплуатации.

Исследованиями установлено, что в этом процессе особое значение придается регулярному обследованию ГТС, которые выполняются специализированными проектными и научно-исследовательскими организациями, эксплуатирующими организациями, отдельными специалистами-экспертами, а также органами надзора. В этом плане важным является обеспечение выполнения требований вытекающих из Положения о централизованном обследовании и определения технического состояния ГТС.

Исследованиями также определена одна из ключевых проблем в области прогнозирования чрезвычайных ситуаций - это проблема невозможности прогнозирования точного времени возникновения источника ЧС.

Схема размещения функциональных блоков программно-аппаратного комплекса (ПАК) и расположения пунктов наблюдения на плотине показана на рисунке 30.

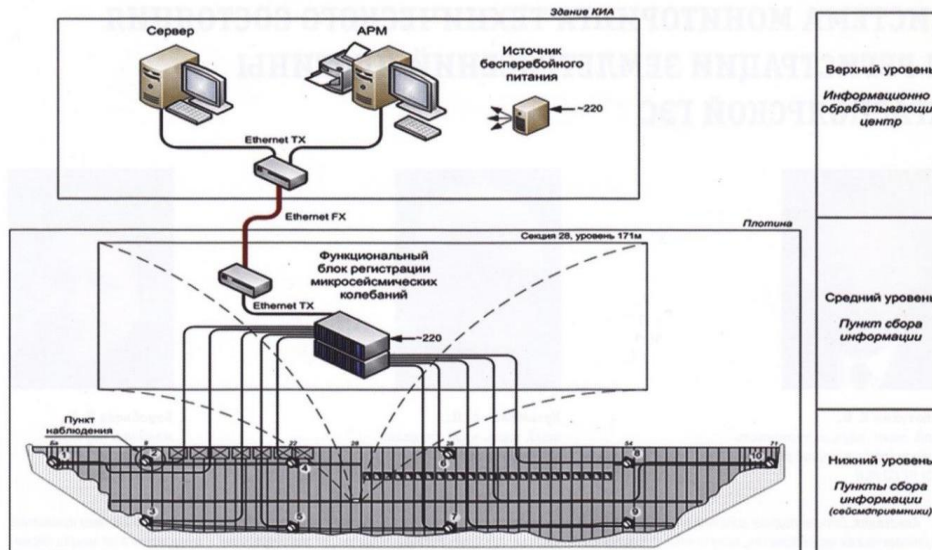


Рисунок 30 - Программно-аппаратный комплекс (ПАК) и расположения пунктов наблюдения на плотине

В результате проведенных исследований нами изучены процессы заиления и предложены меры по их регулированию, что позволит им выполнить ряд защитных мероприятий на водохранилище р.Биен. Заметный положительный эффект по замедлению заиления водохранилищ прогнозировали за счёт устройства подводных грунтовых дамб в наиболее глубоких частях водохранилищ на пути движения наносов, что способствует отложению наносов перед дамбами.

В 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.

Прогнозирование чрезвычайных ситуаций техногенного характера – опережающее отражение вероятности появления и развития чрезвычайных ситуаций техногенного характера и последствий на основе оценки риска

возникновения пожаров, взрывов, аварий и катастроф. Перечень основных прогнозируемых параметров аварии на водоподпорных ГТС, определяющих размеры бедствия и ущерб в зоне затопления, приведен в таблице 16.

Таблица 16 - Перечень основных прогнозируемых параметров гидродинамической аварии (волны прорыва) на водоподпорных ГТС

Наименование параметров волны прорыва	Характер воздействий волны прорыва
Ширина прорана 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.
Величина падения уровня воды в верхнем бьефе, м	Состояние местности в верхнем бьефе
Скорость падения уровня воды в ВБ, м/ч	То же

По настоящему времени создан обширный арсенал методов прогноза рисков, в том числе связанных с ЧС природного и техногенного характера.

Исследованиями установлено, что обеспечение безопасности ГТС возможно при выполнении следующих условий:

- в первую очередь соблюдения периодичности проведения планово-предупредительных ремонтных работ, имеющих преждевременный износ, повреждения, аварийный выход из строя изношенных конструкций;
- квалификация работников, а также качества выполнения ими действующих законодательных, нормативно-технических документов;
- соответствия правил и инструкций по эксплуатации требованиям и систематическая оценка надежного состояния ГТС.

При разработке мероприятий по снижению риска должны соблюдаться:

- разработка распорядительных и организационных документов по вопросам предупреждения чрезвычайных ситуаций;
- прогнозирование ЧС техногенного и природного характера;
- обеспечение готовности объектовых органов управления, сил и средств к действиям по предупреждению и ликвидации ЧС;
- подготовка персонала к действиям при чрезвычайных ситуациях;
- сбор, обработка и выдача информации в области предупреждения ЧС, защиты населения и территорий от их опасных воздействий;

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

- создание материальных и финансовых ресурсов для ликвидации ЧС.

На реках и водохранилищах наиболее надежными и долговечными являются капитальные берегозащитные сооружения (рисунок 31).



Рисунок 31 – Состояния берегов водоемов

Оперативная часть плана ликвидации аварий на гидротехнических сооружениях включает и мероприятия по спасению людей и ликвидации аварий.

Мероприятия по спасению людей и ликвидации аварий:

- экстренное оповещение эксплуатационного персонала ГТС, а также всех лиц и организаций; эвакуация людей из опасной зоны;

- мобилизация и доставка транспортных средств, где произошла авария;

- организация поиска лиц, застигнутых аварией, их эвакуация в безопасный район и оказание помощи пострадавшим;

- ликвидация происшествий на ГТС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодняшний день перед коммунально- энергетической отраслью Казахстана остро стоит проблема происходящих аварий на ГТС, сопровождающиеся гибелью людей; разрушением различных объектов; уничтожением сельскохозяйственных угодий и ландшафта; выбора пути ее дальнейшего решения.

В результате проведенных исследований формируемая тенденция роста аварий на гидросооружениях обусловлена изменяющимися параметрами климата, изменение гидрологического режима поверхностных и подземных вод, а также повышением техногенных нагрузок на геоэкологию территории

Такое состояние дел означает, что политика в области регулирования отрасли становится несогласованной. При этом мировая гидроэнергетика подошла к новой парадигме, и Казахстан здесь не может оставаться в стороне.

Новым глобальным вызовом становится: это задачи по обеспечению надежности работы при эксплуатации ГТС и определения степени опасности на водозаборных сооружениях и его отдельных конструкций, экологической устойчивости, а также безопасное функционирование промышленных, социальных объектов, и главное безопасное проживание населения, в нижнем бьефе подпорных сооружений.

Поражающими причинами трагедии на гидросооружениях являются: волна прорыва при затоплении территории, для чего определялся риск происшествий на гидротехнических сооружениях, реализуемый в зоне поражающего воздействия волны прорыва и затопления, образующихся в результате разрушения плотины под действием неблагоприятных факторов, требующих неотложных мероприятий.

На основании представленных расчетов, позволяющих определять: изначальную высоту волны прорыва, а также высоту волны после второго и третьего створа; время полного опорожнения водохранилища, а так же время добегания прохождения волны прорыва до второго и третьего створа; создавать отчет с характеристиками гидроузла и расчетными данными.

Изложенные результаты исследования по выявлению наиболее значимых методов оценки показателей аварий на ГТС и связанные с ними прямые и косвенные ущербы, а также произведенный мониторинг состояния ГТС и ЧС при авариях на них; степени опасности на водозаборных сооружениях и его отдельных конструкций; факторы, влияющие на возникновение аварий; подходы к оценке уровней угрозы аварий на ГТС позволяют точно и в кратчайшие сроки рассчитывать параметры гидродинамической аварии при прорыве гидроузла и тем самым сократить ущерб от аварии и избежать человеческих жертв.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 1983 год. Реки и каналы. Том V. Выпуск 4. Алма-Ата 1985.
2. Государственный водный кадастр. Основные гидрологические характеристики . Том XIII. Центральный и южный Казахстан. Выпуск 2. Бассейн озера Балхаш. Ленинград. Гидрометеиздат 1980.
3. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Том V. Казахская ССР. Выпуск 4. Бассейны рек озера Балхаш и бессточных районов Казахстана. Ленинград. Гидрометеиздат 1988 г.
4. Приказ Министерства сельского хозяйства РК №19-2/1054 02.12.2015 года «Об утверждении Правил определяющих критерии отнесения плотин к декларируемым ми Правил разработки деклараций безопасности плотины» с Приложениями.
5. Типовой состав деклараций безопасности плотины, разработанный на основании Приказа МСХ РК от 2.02.2015 г. №19-2/1054.
6. Перечень основных контролируемых и диагностических показателей водоподпорных гидротехнических сооружений водохозяйственных систем и сооружений. Казгипрпроводхоз, А., 2016.
7. Перечень водохозяйственных сооружений, находящихся в республиканской собственности. Казгипрпроводхоз, А., 2016.
8. Сведения об основных водохранилищах Республики Казахстан. Казгипрпроводхоз, А., 2017.
9. Водное хозяйство Казахстана. Научно – информационный журнал. №6(62). Астана, 2016.
10. Смирнов Г.Н., Курлович Е.В. «Гидрология и гидротехнические сооружения» М.,1988 г.
11. Соболев С.В., Февралев А.В. «Безопасность гидротехнических объектов», Нижний Новгород., ННГ АСУ, 2018.
12. Магрицкий Д.В. «Пространственно-временные характеристики наводнений на Черноморском побережье Российской Федерации». Вестник Москв. Ун-та. Сер. 5. География. №6. М., 2014. С.39-47.
13. Панов В.Д., Базелюк А.А., Лурье П.М. Реки Черно-морского побережья Кавказа: Гидрография и режим стока. Ростов-на-Дону: Донской изд. дом, 2012. 605 с.
14. Таратунин А.А. Наводнения на территории Российской Федерации. Екатеринбург: РосНИИВХ, 2000. 376 с.
15. Железняков Г.В., Неговская Т.А., Овчаров Е.Е. «Гидрология, гидрометрия и регулирование стока» Л.,1984.
16. Гидротехнические сооружения комплексных гидроузлов. / Под ред. П.С. Непорожного. М. «Энергия», 1973.

17. Алексеевский Н.И., Магрицкий Д.В. Методика исследования и оценки опасных гидрологических явлений в устьях рек // Устья рек Каспийского региона: история формирования, современные гидролого-морфологические процессы и опасные гидрологические явления. М.: ГЕОС, 2013. С. 38—50.

18. Алексеевский Н.И., Магрицкий Д.В., Ретеюм К.Ф., Юмина Н.М. Научное обоснование структуры и содержания базы данных для изучения процессов затопления освоенной местности // Мат-лы Всеросс. науч. конф. Новочеркасск, 2013. С. 17-23.

19. Архипкин В.С., Добролюбов С.А., Мухаметов С.С. и др. Экстремальный дождевой паводок в бассейне р. Ашамба и его влияние на рельеф дна и структуру вод моря в районе ГТС.

20. Задорожная, Т.Н. Расчет зоны затопления и параметров воздействия при аварии на региональных ГТС IV класса ответственности / Т.Н. Задорожная, Н.Д. Разиньков // Вестник Воронежского отдела русского географического общества. - Воронеж: ВГПУ, 2006. Вып. 1. - С. 51-54.

21. Разиньков, Н.Д., Методические рекомендации по составлению «Плана действий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций на гидротехнических сооружениях» / Н.Д. Разиньков // Воронеж: ГУ МЧС России Воронежской области, 2003. - 12с.

22. Задорожная, Т.Н. Оценка геоэкологического неблагополучия административных районов Воронежской области / Т.Н. Задорожная, Н.Д. Разиньков // Опыт и проблемы природопользования при реализации президентских программ в Центральном Черноземье России. Материалы VI Международной научно-практической конференции 26 декабря 2005г. - ЦЧФ ФГУП «Госэемкадаотрсьёмка» - ВИСХАГИ - Воронеж: Изд-во ВГАУ, 2006.-Ч.1.- С.157-161.

23. Секисова, В. А. Особенности расчета величины гражданской ответственности за вред, причиняемый гидродинамическими авариями во время высоких паводков [Текст] / И. А. Секисова // Энергонадзор к энергобезопасность: науч. информ.-аналит, журн, / учредитель АНО" «ИТЦ Мосгорэнергонадзора». - 2007, апрель.- М.: Техинпресс, 2007.-Периодич.-2007, №4. - 5000 экз. С. 102 -ЮЗ.-Библиогр.: с. 103.

24. Kaganov G.M., Volkov V.I., Evdokimova Iid., Sefcisova LA, To the problem of safety provision for small dams. // ICOLD 75th Annual Meeting Saint Petersburg, Russia, June 24-29, 2007. Symposium: «Dam Safety Management Role of State, Private Companies and Public in Designing, Constructing and Operating of Large Dams»//, session №3, report 87, p. 1-11.

25. Горишний В. А, Волков В. В., Чернецов В. Б., Борисенко Л.Н. "Оценка инженерной обстановки в условиях чрезвычайной ситуации". М., 2012. 36 с.

25. Геленджик // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2013. № 3. С. 27—34.
26. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций Южного Федерального округа. М., 2007. 384 с.
27. Ничипорович А.А. Плотины из местных материалов. М.: «Стройиздат», 1985.
28. СНиП 2.06.01.- 86. Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования.
29. Справочник проектировщика. Гидротехнические сооружения. / Под ред. В.П. Недриги. М.: «Стройиздат», 1983.
30. Бурдин Е.А. Куйбышевский гидроузел: история создания и последствия. Автореф. диссерт. канд. техн. наук. К., 2008.
31. Гидротехнические сооружения. Учебное пособие для вузов. Под ред. Докт.техн.наук проф. Н.П.Розанова. М.: «Стройиздат», 1979.
32. Ляпичев Ю.П. Гидротехнические сооружения. Учеб. пособие. – М.: РУДН, 2008. – 302 с.
33. Гидравлические расчеты конструкций, управляющих бурными потоками на водосбросах. М.: «Энергия», 1977
34. Временная инструкция по разработке проектов и смет для гидротехнического строительства. ВСН 57-72 М., Гидропроект имени С.Я. Жука, 1993.
35. Прокопов А.Ю., Лебидко В.А. Выбор и обоснование методов берегоукрепления // Известия РГСУ. – 2015. – № 19. – С. 41-48.
36. Пряхина Г.В. Оценка влияния крупных водохранилищ на сток рек в нижнем бьефе. Автореф. диссерт. канд. техн. наук. М., 2003.
37. Фан Вьен Фыонг. Режимы ГЭС при регулировании стока реки гидроузлами, распределенными в ее бассейне. Автореф. диссерт. канд. техн. наук. М., 2004.
38. Водный кодекс Республики Казахстан
39. Волков И.М., Кононенко П.Ф., Федичкин И.Н. Гидротехнические сооружения. М., 2000.
40. Жандаулетова Ф.Р., Садыков А. Исследование чрезвычайных ситуаций и аварий на гидротехнических сооружениях в Республике Казахстан. Внутривузовская конференция: «Энергетика, радиотехника, электроника и связь» сборник научных трудов». Алматы: АУЭС, 2019 – С.22-27.
41. Zhandauletova F.R. Sadikov A.I. Emergencies during accidents at hydraulic structures. Зарубежный журнал «American Scientific Journal», United States. Part I, № (31)/2019, Vol.2. NY - P.45-48.
40. Садыков А. О чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера Журнал научных статей магистрантов. АУЭС, 2020 г.