

**ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ КОМИТЕТ
МЕЖДУНАРОДНОГО ФОНДА СПАСЕНИЯ АРАЛА
АГЕНТСТВО GEF**

**ПРОГРАММА БАСЕЙНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ
ПРОЕКТ
УПРАВЛЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ И
ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ**

**КОМПОНЕНТ С:
БЕЗОПАСНОСТЬ ПЛОТИН И УПРАВЛЕНИЕ
ВОДОХРАНИЛИЩАМИ**

**ТОКТОГУЛЬСКАЯ ПЛОТИНА
ОТЧЕТ ПО ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ**

МАРТ 2000г.

Совместно с

GIBB

LAWGIBB Group Member 



ТОКТОГУЛЬСКАЯ ПЛОТИНА ОТЧЕТ ПО ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

СОДЕРЖАНИЕ

Глава	Наименование	Страница
1	ВВЕДЕНИЕ	1-1
	1.1 Описание Проекта	1-1
	1.2 Порядок оценки безопасности	1-2
	1.3 Обзор оценки безопасности	1-3
2	ОПИСАНИЕ ПЛОТИНЫ	2-1
	2.1 Местоположение, цели, дата строительства	2-1
	2.2 Описание плотины	2-1
	2.3 Оценка риска	2-2
3	ОБЗОР ПРОЕКТА	3-1
	3.1 Гидрология	3-1
	3.2 Геология	3-2
	3.3 Строительные материалы и их свойства	3-2
	3.4 Противофильтрационные мероприятия	3-2
	3.5 Режим работы водохранилища	3-2
	3.6 Контрольно-измерительная аппаратура	3-3
	3.7 Гидроэнергетический потенциал	3-3
4	СОСТОЯНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛОТИНЫ	4-1
	4.1 Замечания по обследованию	4-1
	4.2 Оценка результатов выполняемого мониторинга	4-2
	4.3 Аварии на плотине	4-3
	4.4 Нормы и правила эксплуатации	4-3
	4.5 Существующая система раннего оповещения и правила действий в аварийной обстановке	4-3

		GIBB
5	ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ	5-1
	5.1 Основные положения	5-1
	5.2 Безопасность конструкции	5-2
	5.3 Безопасность плотины при половодьях	5-2
	5.3.1 Вероятность превышения расчетных гидрографов	5-2
	5.3.2 Факторы, снижающие безопасность плотины в период паводка	5-3
	5.3.3 Выводы и рекомендации	5-4
	5.4 Условие аварийной сработки водохранилища	5-5
	5.5 Безопасность в отношении землетрясений	5-5
	5.5.1 Плотина	5-5
	5.5.2 Вспомогательное оборудование	5-6
	5.6 Другие вопросы безопасности	5-6
	5.6.1 Безопасность подъезда к плотине	5-6
	5.6.2 Надежность энергоснабжения	5-6
	5.6.3 Портальный кран	5-6
	5.6.4 Надежность бортов водохранилища	5-7
	5.7 Анализ безопасности, выводы	5-7
	5.7.1 Основные проблемы, вызывающие беспокойство	5-7
	5.7.2 Заключение относительно безопасности	5-7
6	РЕКОМЕНДОВАННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, РАБОТЫ И МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ	6-1
	6.1 Общие положения	6-1
	6.2 Дополнительные съемки, исследования и инспекции	6-1
	6.2.1 Общие положения	6-1
	6.2.2 Съемки	6-1
	6.2.3 Исследование грунтов и инспекция гидроузла	6-2
	6.2.4 Инженерные исследования	6-2
	6.3 Строительные работы	6-2
	6.4 Оборудование и запасные детали к ним	6-3
	6.5 План мероприятий срочного реагирования в экстремальных ситуациях	6-3
	6.6 Приоритет работы	6-3
7	ВЫВОДЫ	7-1
	ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА	7-2
	ПРИЛОЖЕНИЕ А - Перечень использованных материалов	
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б - Оценка риска	

**ПРИЛОЖЕНИЕ В - Контрольно-измерительная аппаратура
ЧЕРТЕЖИ**

1. Схематический план
2. План гидроузла
3. Входной оголовок. Вид с верхнего бьефа.
4. Продольный разрез по поверхностному водосбросу
5. Продольный разрез по турбинному водоводу
6. Схема расположения КИА по оси плотины (вид с нижнего бьефа)

СОКРАЩЕНИЯ И ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ

ПБАМ	Программа Бассейна Аральского моря
ЦА	Центральная Азия
ГУК	Группа Управления Компонентом
ООС/ОВОС	Оценка окружающей среды/Оценка воздействия на окружающую среду
ИК-МФСА	Исполнительный Комитет Международного Фонда Спасения Арала
НПУ	Нормальный подпорный уровень
БСС	Страны Бывшего Советского Союза
FAO/CP	Организация по продовольствию и сельскому хозяйству/Программа Сотрудничества Всемирного Банка
ВВП	Внутренний валовый продукт
GEF	Global Environment Facility
ICB	Международный аукцион (тендерная комиссия)
ICOLD	Международная комиссия по большим плотинам
МКВК	Межгосударственная комиссия по водной координации
IDA	Ассоциация Международного Развития при Всемирном Банке
МФСА	Международный Фонд Спасения Арала
АО	Акционерное общество
МУ	Минимальный уровень сработки
М & О	Мониторинг и оценка
НТК	Национальная тендерная комиссия
НПО	Неправительственная организация
О & М	Управление и эксплуатация
PIP	План реализации проекта
PIU	Группа реализации проекта
ГУКП	Группа Управления и Координации Проекта
RE	Местный инженер
ТП	Техническая помощь
ТЗ	Техническое задание
НИЦ	Научно-Информационный центр при МКВК
СС	Советский союз
НОР	Небольшой объем работ
НДС	Налог на Добавленную Стоимость
WARMAP	Управление Водными Ресурсами и Сельскохозяйственное Производство в Центральноазиатских Републиках
<i>masl</i>	метры над уровнем моря
млн.м ³	миллион кубических метров
км ³	кубический километр = 1000 млн.м ³
м ³ /с	кубометр в секунду
га	гектар
ч	час

1 ВВЕДЕНИЕ

Этот отчет является одним из десяти отчетов подготовленных по Компоненту С: Проект "Безопасность плотин и управление водохранилищами" проекта Управление Водными Ресурсами и Окружающей Средой (WAEMP). Проект WAEMP финансируется различными донорами, такими как Global Environment Facility (GEF) через Всемирный Банк, правительствами Голландии и Швеции, Европейским Союзом, который выполняется Агентством МФСА по Проекту GEF – Программа бассейна Аральского моря.

1.1 Описание Проекта

В основном, Проект WAEMP преследует цели определить корни причин перерасхода и деградации международных водных ресурсов бассейна Аральского моря, начать снижение водопотребления, в особенности на ирригацию. Проект имеет цели также подготовить основы для привлечения инвестиций в водный сектор со стороны общественного и частного секторов, а также доноров. В соответствии с целями Проект разделяется на несколько компонентов. Проект Безопасность Плотин и Управление Водоохранилищами, для которого составлен настоящий отчет, является одним из них. Другими компонентами являются: Проект Управления Водным и Солевым Балансом, ведущий компонент для выработки общего подхода, стратегии и программы действий; Проект Формирование Общественного Мнения предназначен для обучения населения водосбережению; Проект Мониторинга Трансграничных Водных Ресурсов предназначен для создания возможности мониторинга трансграничных водных потоков и качества воды; Проект Восстановления Пойм для восстановления поймы дельты реки Амударья. Все эти компоненты взаимосвязаны между собой.

Компонент Безопасность Плотин и Управление Водоохранилищами сосредотачивает внимание на следующем:

- a) Продолжение независимой оценки безопасности плотин региона, повышение безопасности плотин, рассматривает заиливание водохранилищ и подготовку плана инвестиций
- b) Модернизация систем мониторинга и раннего оповещения на выбранных плотинах на пилотной основе
- c) Выполнение детальных проектных проработок приоритетных мер по восстановлению плотин
- d) Сбор приоритетной информации и подготовка программы по Сарезскому озеру

Деятельность, в соответствии с поставленными целями, разделена на два блока и будет выполняться одновременно в соответствии с согласованными планами работ:

- Безопасность Плотин и Управление Водоохранилищами (включает «а», «b» и «с»)
- Оценка безопасности Сарезского озера (включает «d»)

Блок «Безопасность Плотины и Управление Водохранилищами» охватывает следующие вопросы: безопасность плотин, естественные препятствия, заиливание водохранилищ, управление руслами рек и т.д.

Рассматриваются 10 плотин, по две от каждой республики:

Казахстан - Чардарьинская и Бугуньская плотины

Кыргызстан – Учкурганская и Токтогульская плотины

Таджикистан – Кайраккумская и Нурекская плотины

Туркменистан – Копетдагская и Хаузханская плотины

Узбекистан – Ахангаранская и Чимкурганская плотины

В целях обеспечения безопасности человеческих жизней главный приоритет дается обзору безопасности каждой из этих плотин, которые являются предметом настоящего отчета.

1.2 Порядок оценки безопасности

Оценка безопасности плотин является первой стадией в оценке (включая расчет себестоимости и экономическое обоснование), анализе, проектировании и выполнении мер направленных на гарантирование безопасного управления на выбранных плотинах. Это подготовлено на основе краткого рекогносцировочного обследования каждой плотины, обсуждений с обслуживающим персоналом и внимательного рассмотрения материалов и информации с готовностью представленной нам. Сбор и систематизация материалов были начаты еще до начала работ по данному проекту, но этот процесс (выполняемый Национальными группами) находится все еще на ранней стадии выполнения.

Обследования плотины и настоящий отчет выполнены группой международных экспертов специализирующихся по плотинной инженерии и процедурах обеспечивающих безопасность плотин. Эта группа включает в себя экспертов компании GIBB Ltd (Великобритания), объединившихся для выполнения этой цели с корпорацией Snowy Mountains Electricity Corporation (SMEC) из Австралии, вместе с членами группы Региональных Экспертов, с которыми были заключены индивидуальные контракты для работы в качестве консультантов по этому проекту. В дальнейшем в этом отчете эта группа называется как Международные Консультанты (МК). Во время обследований плотины Международным Консультантам была оказана поддержка со стороны членов Национальных групп (НГ), назначенных для выполнения этого проекта от всех пяти Центральноазиатских республик.

Основной состав членов международной группы, которые являются авторами этого отчета следующий:

- Джим Халкро – Джонстон (GIBB Ltd) – руководитель группы
- Г. С. Цуриков (Узбекистан) – заместитель руководителя группы
- Эдвард Джексон (GIBB Ltd) -специалист по плотинам
- Лилиана Спасик Грил (GIBB Ltd) - инженер-геотехник /специалист по плотинным сооружениям
- Павел Козаровский (SMEC) – гидролог / инженер по гидравлике
- Э.В. Гисин – специалист по плотинам (Казахстан)
- Э.А. Арапов – специалист по гидросооружениям (Туркменистан)
- Г. Т. Касимова – специалист по энергетике (Республика Кыргызстан)
- Р. Каюмов - специалист по гидросооружениям (Таджикистан)

- Р.Г.Вафин -гидролог, со специализацией по заилению водохранилищ (Узбекистан)
- В.Н. Пулявин – специалист по контрольно-измерительной аппаратуре плотин (Узбекистан)
- Н.А. Буслов – специалист по плотинам (Туркменистан)
- И.П.Митюлов - эксперт по сметам и поставкам (Узбекистан)
- Н.А. Дубоносков – эксперт по механическому оборудованию (Республика Кыргызстан)

Большинство из перечисленных выше членов группы внесли свой вклад в подготовку настоящего отчета.

1.3 Обзор оценки безопасности

Оценка безопасности выполняется на основании поверхностных и очевидных наблюдений проведенных во время обследования плотин, обсуждений с обслуживающим персоналом и последующими обсуждениями с членами Национальных Групп, рассмотрении проектных материалов и строительной документации, которые можно было представить для рассмотрения международным экспертам. (Полный перечень использованной документации включен в приложение А).

Оценка безопасности плотин требует оценки следующих факторов:

- (1) **Характеристики водохранилища и района плотины**, в том числе режим наводнений по реке и геологические условия этого района;
- (2) **Характеристики плотины**, в том числе ее проектные и существующие показатели;
- (3) Ожидаемые **стандарты по управлению и эксплуатации** плотин, функционирование и их значение для безопасности;
- (4) **Воздействие на нижерасположенные территории** в результате аварии на плотине либо в результате исключительно чрезмерного сброса воды.

Структура настоящего отчета отражает обзор оценки безопасности. В главе 2 дано общее описание плотины, в том числе местоположение, цели, основные размеры и оценка степени риска в отношении влияния, которое мог бы оказать инцидент с точки зрения безопасности на прилегающие населенные территории. Глава 3 рассматривает проектные факторы, которые принципиально влияют на безопасность плотины.

Комментарий по состоянию и устройству плотины приводится в главе 4, и в главе 5 дается оценка безопасности.

В главе 6 даются рекомендации для исследований, работ и ассигнований, которые следует предпринять в интересах гарантированной безопасности плотины и нижерасположенных населенных территорий. Заключение и рекомендации приведены в главе 7.

Рекомендации по мерам безопасности представленные в данном отчете должны рассматриваться как предварительные до тех пор, пока их точный объем не будет определен результатом дальнейших исследований, которые не ходят в рамки настоящего соглашения. Следовательно, ни каких попыток не было сделано на данном этапе для оценки стоимости требуемых ремонтных работ или подготовки экономического обоснования предполагаемых работ,

которое необходимо для подачи заявки на финансирование. Данное мероприятие будет осуществляться когда необходимые исследования и детальные проекты будут завершены.

2 ОПИСАНИЕ ПЛОТИНЫ

2.1 Местоположение, цели, дата строительства

Токтогульский гидроузел с водохранилищем многолетнего регулирования расположен в центральной части Тянь-Шаньской горной системы в нижнем течении р. Нарын в 170 км от устья р. Нарын, также в 5 км от г. Кара-Куль Джалал-Абадской области Республики Кыргызстан (Схема 1).

Доступ к плотине возможен в любое время года посредством асфальтированной дороги, проходящей от г. Кара-Куля до гидроузла.

Целью водохранилища является:

- выработка дешевой электроэнергии;
- гарантированная водообеспеченность существующих земель площадью 800 тыс.га, а также новых земель орошения площадью 480 тыс.га.
- многолетнее регулирование стока, влияние которого распространяется на нижерасположенные гидроузлы и сток р. Сырдарьи.

Токтогульский гидроузел был спроектирован Гидропроектом им. С.Я.Жука г. Москва в 1961 году. Строительство ГЭС началось в 1962 году и закончилось в 1976 году. Срок ввода в эксплуатацию первого агрегата - 1974 год, а государственная приемка - 24.06.1986 год. Начало эксплуатации водохранилища - 1978 год.

2.2 Описание плотины

В состав гидроузла входят бетонная плотина, два глубинных водосброса, поверхностный катастрофический водосброс, здание ГЭС с водоприемниками и турбинными водоводами и комплекс туннелей для обслуживания водохранилища (Схема 2).

Основным сооружением гидроузла является плотина гравитационного типа, которая состоит из центральной и береговых секций. Центральная секция в плане имеет форму трапеции. Береговые секции шириной по 18 м имеют контакт со скальным основанием с уклоном в сторону верхнего бьефа. Секции разделены деформационными швами. В основании плотины предусмотрена фронтальная цементационная завеса и укрепительная цементация. Плотина имеет два глубинных водосброса сечением 5х6 м пропускной способностью по 1200 м³/с и поверхностный (два пролета по 10 м) водослив на расход 1160 м³/с (Схема 3).

В центральной части размещен водоприемник ГЭС от которого проложены в теле плотины 4 металлических турбинных водовода диаметром по 7 м (Схема 4). Для обслуживания затворов водоприемника ГЭС и поверхностного водосброса на гребне плотины установлен козловой кран.

Здание ГЭС (Схема 5) с двухрядным расположением 4-х агрегатов примыкает непосредственно к плотине с нижнего бьефа. На гидроэлектростанции установлены радиально-осевые турбины с диаметром рабочих колес 5.35 м, работающие при напорах от 110 до 180 м и гидрогенераторы зонтичного исполнения с воздушным охлаждением мощностью по 300 мВт. Каждый из двух

пролетов машинного зала оборудован мостовым краном грузоподъемностью 400/80 т, который обслуживает два гидроагрегата. Для подъема гидроагрегата в сборе (700т) предусмотрена возможность совместной работы кранов. Это достигается перемещением одного из кранов в смежный пролет по специальной перекаточной площадке.

На плотине установлены:

- Плоские поверхностные двухсекционные затворы поверхностного двухпролетного водосброса (ремонтные и рабочие) размером 10x12 м.
- Ремонтные плоские глубинные скользящие двухсекционные затворы размерами 7x7x8.2 м турбинных водоводов. Все они управляются козловым краном грузоподъемностью 150 т.
- Плоские глубинные скользящие аварийные затворы турбинных водоводов размером 7x7x8.2м. Аварийно-ремонтные плоские скользящие глубинные и рабочие сегментные глубинные затворы глубинных водосбросов размером 5x7x11,2 м. Они управляются индивидуальными гидравлическими подъемниками.

Основные размеры компонентов плотины, ГЭС и водосбросных сооружений приведены в таблице 2.1.

2.3 Оценка риска

Во многих странах мира используется формальная система классификации ICOLD (Международный Комитет По Высоким Плотинам) для определения степени риска который связан со смертельными исходами людей и /или с ущербом имущества в результате наводнения по вине работы плотины или в случаях паводковых явлений. Величина риска зависит частично от характеристики плотин и резервуара, частично от условий нижнего бьефа плотины. Факторы риска по безопасности плотин, согласно процедуры ICOLD Бюллетень 72 (ICOLD 1989) представлены в таблицах Б1 и Б2 в Приложении Б.

Итоговый фактор риска для Токтогульской плотины составляет 36 балла (Таблица 2.2), что классифицирует плотину в IV класс риска, являющийся самой высокой степенью риска.

Таблица 2.2 Токтогульская плотина – Фактор риска

Объем водохранилища (10 ⁶ m ³)		Баллы
	2000	6
Высота плотины (м)	215	6
Эвакуационная потребность	>1000	12
Потенциальный ущерб	Большой	12
	Всего	36

Таблица 2.1 .Токтогульской ГЭС –Основные Параметры

Основные параметры водохранилища

1. Полный объем	проектный	19500 млн м ³
2. Полезный объем	проектный	14000 млн.м ³
3. Мертвый объем	проектный	5500 млн.м ³
4. Отметка нормального подпорного уровня	(НПУ)	900 м. Б.С
5. Отметка максимального подпорного уровня	(МПУ)	904.2 м. Б.С
6. Горизонт мертвого объема	(ГМО)	837.00 м. Б.С
7. Площадь зеркала при НПУ	проектная	284.3 км ²
8. Высота волны при скорости ветра 35 м/сек		5.9 м

Основные параметры Токтогульской плотины

9. Длина по гребню	295 м
10. Отметка гребня	905 м Б.С
11. Максимальная ширина по основанию	175 м
12. Максимальная высота плотины	215.0 м
13. Ширина по гребню	20 м

Максимальная пропускная способность

14. Все сооружения: в том числе:	4460 м ³ /сек
• Поверхностный водосброс при МПУ	1320 м ³ /сек
• Глубинный водосброс при МПУ	2380 м ³ /сек
• Агрегаты ГЭС при МПУ	760 м ³ /сек

3 ОБЗОР ПРОЕКТА

3.1 Гидрология

Водоохранилище построено в нижней части реки Нарын (бассейн реки Сырдарьи). Бассейн реки расположен среди высоких горных хребтов, из которых северная группа принадлежит к системе Терской Алатау, а южная к системе горной цепи Кокшалтау. Высота над уровнем моря как окраинных, так и внутренних за небольшим исключением превышают 4000 м, отдельные вершины часто за 4500 м, наивысшая отметка 5108 м. Несмотря на значительные высоты, большое распространение вечных снегов и оледенения не отмечается. Наибольшее их развитие объясняется условиями увлажнения территории и, в первую очередь, осадками. Снеговая линия проходит на отметках 3800-4300 м. Общее число ледников 750, общая площадь оледенения около 1000 км².

В верхней части река имеет ледниково-снеговое питание, по мере продвижения вниз река имеет снегово-ледниковое питание.

В створе Токтогульского водохранилища (пост 0.9 км ниже устья - Карасу левая) площадь водосбора $F = 53660 \text{ км}^2$ длина 435 км. Норма стока по данному створу составляет 383 м³/с, модуль стока $m=7.34 \text{ л/с км}$ и слой стока 232 мм. Сток 50% обеспеченности при $C_v=0.16$, $C_s=2 C_v$ составляет 379 м³/сек или 11960 млн. м³. Сток паводочного периода (май-август) составляет до 70% от годового.

Средняя дата начала половодья - 21 марта

Средняя дата прохождения пика - 17 июня

Средняя дата окончания половодья - 4 октября

Средняя продолжительность половодья - 198 дней

Суммарный слой стока за половодье - 182 мм.

Наблюдаемые максимальные расходы составляют 2990 м³/сек - 21 мая 1966 года.

Расчетные максимальные расходы составляют :

0.01% обеспеченности с гарантированной поправкой 5570 м³/сек

0.1% обеспеченности с гарантированной поправкой 3804 м³/сек

1% обеспеченности с гарантированной поправкой 2940 м³/сек

5% обеспеченности с гарантированной поправкой 2420 м³/сек

10% обеспеченности с гарантированной поправкой 2180 м³/сек.

Летний среднемесячный минимальный расход составляет 335 м³/сек, зимний - 68 м³/сек и суточный минимум - 43 м³/сек..

Объем стока взвешенных наносов за многолетний период составляет 15840 тыс. тонн или при объемном весе 11.25 т/м³ - 12672 тыс. м³.

Возможное оценочное заиливание за период эксплуатации составляет 200 млн. м³.

Согласно сведениям руководителей предприятия каскада Токтогульских ГЭС в

настоящее время максимальные расходы обеспеченностью 0.1% пропускаются в нижний бьеф с расходом 3510 м³/сек, а обеспеченностью 0.01% -4550 м³/сек.

3.2 Геология

Створ Токтогульского гидроузла располагается в ущелье р.Нарын между Чаткальским и Ферганским хребтами. В 20 км выше створа находится Кетмень-Тюбинская котловина, образующая чашу водохранилища.

Скальный массив в основании и в примыканиях плотины по своей плотности и деформационными свойствами очень неоднородный. Коренные породы представлены каменно-угольными мраморизованными известняками. Пласты которых пересекают долину почти поперек с падением в сторону верхнего бьефа под углом 70-75 °С. Породы участка разбиты многочисленными тектоническими трещинами шириной от 1 см до 15 см. Сейсмичность района строительства 9 баллов.

3.3 Строительные материалы и их свойства

Плотина выполнена из армированного бетона необходимой плотности.

3.4 Противофильтрационные мероприятия

Для исключения фильтрации в основании плотины предусмотрена фронтальная цементационная завеса и укрепительная цементация.

Работы по снижению обводненности в шахтах второй очереди с отводом фильтрационных вод через дренаж в нижний бьеф были выполнены персоналом эксплуатации в 1998 году.

3.5 Режим работы водохранилища

Режим управления водохранилищем обеспечивает:

- Сооружения гидроузла обеспечивают безопасность водохранилища а также безопасность населения и хозяйств, находящихся в окружении водохранилища и долины ниже по течению реки.
- Водоснабжение пользователей, включенных в список водохозяйственного баланса реки Сырдарья

Режим управления Токтогульским водохранилищем должен соответствовать диспетчерскому графику, увязанному с работой Кайраккумского, Чардаринского, Чарвакского и Андижанского водохранилищ.

3.6 Контрольно-измерительная аппаратура

Установленная контрольно-измерительная аппаратура позволяет осуществлять контроль за деформациями плотины и ее основания, относительными перемещениями плотины, за фильтрацией в основании плотины и через напорную грань, за напряженным состоянием плотины от статических нагрузок, за температурным режимом, за напряжением в арматуре, локальными деформациями, а также осуществляется контроль за деформациями контактных швов бетон-скала, осадками и горизонтальными смещениями здания ГЭС и плотины (Схема 6).

За период эксплуатации Токтогульской ГЭС многие контрольно-измерительные приборы вышли из строя, так например пьезометры – на 40% от проектного количества, геодезическая КИА – на 23 %, дистанционная КИА – на 28%. Всего от общего количества вышло из строя 33% КИА.

3.7 Гидроэнергетический потенциал

Токтогульская ГЭС является головной станцией (Нижне-Нарынского) Токтогульского каскада ГЭС, куда входят Токтогульская, Курпсайская, Ташкумырская, Шамалдысайская и Уч-Курганская ГЭС. Установленная мощность ГЭС составляет 1200 МВт.

Основные параметры Токтогульской ГЭС следующие:

Напоры:	максимальный	- 183 м;
	минимальный	- 110 м;
	расчетный	- 140 м
Расходы:	среднегодовой реки	- 360 м ³ /с
	максимальный ГЭС	- 960 м ³ /с
	минимальный ГЭС	- 190 м ³ /с
	расчетный ГЭС	- 924 м ³ /с

В объеме гарантированного среднемесячного энергетического попуска (80 м³/с) разрешается по требованию энергетики осуществлять суточное регулирование воды.

Санитарный попуск в размере 100 м³/с в нижний бьеф Токтогульского водохранилища гарантируется бесперебойной.

Выдача электроэнергии осуществляется на напряжении 500 кВ по 4-м высоковольтным кабелям длиной 1200 м до пункта перехода и далее двумя воздушными переходами на распределительную подстанцию, расположенную на расстоянии 3 км в боковом ущелье.

В энергосистему электроэнергия передается по двум ВЛ – 500 кВ, отходящих в северном и южном направлениях.

4 СОСТОЯНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛОТИНЫ

4.1 Замечания по обследованию

Посещение плотины было осуществлено консультантами GIBB совместно с региональными и национальными специалистами 6 октября 1999 г.

На момент обследования горизонт воды находился на отметке 888.5 м.

В процессе обследования плотины Токтогульской ГЭС было установлено следующее:

- инженерно-сейсмологические наблюдения не выполняются
- многие контрольно-измерительные приборы вышли из строя (всего от общего количества вышло из строя 33% КИА); кабельные коммуникации дистанционной КИА приходят в негодность, кабель не выведен на общий пульт; отсутствуют многие геодезические приборы, в частности координатомер, светодальномеры и другие);
- используемые для снятия отсчетов по струнным преобразователям приборы (генератор-частотомер ЦС –5м, частотомер ЧСД – 4, переносной периодомер ПЦП –1) износились и морально устарели.
- из-за отсутствия вычислительной техники обработка данных натурных наблюдений выполняется несвоевременно и не на должном уровне
- В целом состояние гидромеханического и электротехнического оборудования удовлетворительное. В связи со значительным сроком службы оборудование происходит его физический износ, что требует наличия на станции необходимого комплекта запасных частей и материалов.
- Узким местом является длительное время опускания аварийных затворов, которые обеспечивают аварийное перекрытие турбинных водоводов, в случае ухода турбинного агрегата в «угон». Необходимо у питающих гидроцилиндры маслопроводов увеличить диаметр с 40 мм до 60 - 65мм.
- Насосная станция позволяет выполнить данную модернизацию.
- При экстремальных ситуациях, так например в случаях паводковых явлений, необходима сработка воды в каскаде Токтогульских ГЭС. В таких случаях имеется отработанный механизм предотвращения аварийной ситуации. Вблизи Токтогульского водохранилища имеется 4 гидропоста Уч-Терек, Уста-Сай, Торкент и Чычкан Кыргызгидромета Кыргызской Республики. Взаимоотношения между руководствами АО «Кыргызэнерго» и Кыргызгидромета осуществляется на основании долгосрочного договора по поставке информации о величине притока, осадков и других метеоданных. Прогноз паводковых явлений осуществляется сотрудниками Кыргызгидромета и на основании их прогнозных данных осуществляется режим работы водохранилища.

- Так например, согласно прогнозных данных в 1994 году ожидался большой паводок в июне-июле месяце и на Токтогульском водохранилище была произведена предупредительная сработка, начиная с февраля месяца. Благодаря предупредительной сработке в водохранилище не возникло экстремальной ситуации. На каскаде Токтогульской ГЭС имеется гидротехническая служба, которая занимается вопросами оптимизации и прогнозирования паводковых явлений, а также контролирует режимы эксплуатации Токтогульского водохранилища и всего каскада в экстремальных ситуациях.
- Учитывая, сложившуюся тяжелую экономическую ситуацию, информация о метеоданных поступает не в полной мере. Контроль и предварительная обработки натурных данных осуществляется квалифицированным персоналом «Лаборатории натурных наблюдений» каскада Токтогульских ГЭС. На базе полученных данных составляется ежегодно отчет о результатах натурных наблюдений за гидротехническими сооружениями.
- Также 1 раз в 5 лет комиссия представителей специализированных организаций производит полное обследование состояния гидротехнических сооружений Токтогульского водохранилища и дает оценку ее безопасности. Акты обследования хранятся в АО «Кыргызэнерго» и в архиве каскада Токтогульских ГЭС в г. Кара-Куле Джалал-Абадской области. Согласно Приказа АО «Кыргызэнерго» ежегодно планируются мероприятия по повышению надежности гидротехнических сооружений.

4.2 Оценка результатов выполняемого мониторинга

Общее состояние плотины отвечает требованиям, определяемым критериями безопасной и надежной работы. Плотина находится в удовлетворительном состоянии. Увеличение по сравнению с проектом растягивающих напряжений на гранях, вызванное отклонением температурного режима бетона, опасности для сооружения не представляет. Цементационная завеса, укрепительная цементация основания, развитая система дренажа под плотиной и в бортовых примыканиях основания при достигнутых напорах на сооружение обеспечивает эффективное снижение фильтрационных напоров в основании и отсутствие высачивания фильтрационного потока на склоны ущелья вблизи низовой грани.

Осадки плотины, которые в настоящее время относительно стабилизировались, по абсолютному значению меньше расчетных. Отмечено замедление роста осадок во время наполнения водохранилища по сравнению с прогнозируемыми осадками от веса плотины, что связано со взвешиванием скального массива в верхнем бьефе; в нижнем бьефе зафиксирован подъем основания; наклон плотины в сторону нижнего бьефа составил 0.01%. Раскрытие швов в плотине не претерпевает изменений, в целом процесс деформаций швов после цементации швов стабилизировался.

В целях обеспечения контроля за состоянием гидротехнических сооружений необходимо выполнить следующие мероприятия:

- разработать и установить на плотине автоматизированную систему сейсмометрических наблюдений для измерения ускорений, линейных и угловых скоростей контрольных точек с регистрацией в цифровом виде на компьютер;
 - приобрести приборы для снятия отсчетов по дистанционной контрольно-измерительной аппаратуре (генератор-частотомер ЦС –5м, частотомер ЧСД –4, переносной периодомер ПЦП –1);
 - оснастить группу натуральных наблюдений недостающими геодезическими приборами (координатомер Prozision-mechanik, светодальномер БЛК 2, высокоточные нивелиры и теодолиты).
 - выполнить ремонт кабельных сетей КИА, кабель вывести в помещение КИА на общий пульт.
 - Обработку данных натуральных наблюдений выполнять с использованием современных средств (компьютеры, принтеры, ксероксы и другая техника).
-

4.3 Аварии на плотине

В ходе беседы с руководством Токтогульской ГЭС выяснилось, что за период ее эксплуатации аварий на плотине не было.

4.4 Нормы и правила эксплуатации

Правила эксплуатации Токтогульского водохранилища разработаны на основании "Технического задания Министерства водного хозяйства ССР" от 18 февраля 1988 г. В соответствии с "Типовыми Правилами эксплуатации водохранилищ емкостью 10 млн. м³ и более" РД 33-3.2.08.08 -87, Москва, СССР, и "Положением о порядке использования водных ресурсов водохранилищ СССР" Издательство Москва, 1972 г. и на основании "Уточненной схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна реки Сырдарьи" , а также "Технического проекта Токтогульского ГЭС", Издательство г.Ташкент, Узбекская ССР.

"Правила эксплуатации Токтогульского водохранилища" разработаны "Средазгипроводхлопок" в 1988 г., Издательство г.Ташкент Узбекская ССР.

4.5 Существующая система раннего оповещения и правила действий в аварийной обстановке

Система раннего оповещения об аварийной ситуации населения близлежащих районов имеется, но не отвечает международным нормам и правилам.

В экстремальных ситуациях (при аварии) имеется поисковая громкоговорящая связь, автоматизированная телефонная связь с коммутатором, а также каналы внешней связи, с помощью которых через органы местного самоуправления

происходит оповещение населения об аварийной ситуации в районах, расположенных ниже водохранилища.

5 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 Основные положения

Оценку надежности принято выполнять на основании следующих общих критериев:

(1) Безопасность конструкции

Плотина, ее основание и примыкания должны обладать адекватной устойчивостью, чтобы выдерживать не только нормальные расчетные нагрузки, но и экстремальные.

(2) Безопасность при паводках

Уровень воды в водохранилище не должен превышать критический уровень (максимальный уровень паводковых вод) при максимальном паводке расчетной вероятности. Механизмы, регулирующие затворы и блоки энергоснабжения должны оставаться в полном рабочем состоянии, при чем к ним всегда, в любое время, должен быть доступ.

В экстремальной (аварийной) ситуации на плотине должна быть возможность задействовать все средства для быстрого снижения уровня воды в водохранилище.

(3) Безопасность при землетрясениях

Плотина должна быть в состоянии выдерживать колебания грунта, вызванные максимальным расчетным землетрясением (МРЗ). Выбор соответствующего значения МРЗ делается на основании оценки последствий в случае аварии плотины.

(4) Контроль работы плотины

Должен быть предусмотрен соответствующий контроль, инспекции и мониторинг работы плотины, эти меры обеспечат своевременное обнаружение угрозы для безопасности плотины, которая может быть вызвана повреждением плотины, ее конструктивными дефектами или внешней угрозой ее безопасности, что позволит принять необходимые меры по борьбе с опасностью

Необходимо соответствующим образом осуществлять планирование мероприятий на случай аварийной ситуации, иметь средства раннего оповещения и связи, чтобы в случае аварии обеспечить безопасность населения, живущего в нижнем бьефе плотины.

Предоставленный МК материал по Токтогульской плотине оказался весьма ограниченным, тем не менее можно сделать вывод относительно ее безопасности. Не смотря на то, что не было предоставлено ни одного отчета, по сведениям, полученным во время бесед со специалистами, понятно, что плотина инспектируется и ведутся контрольно-измерительные замеры, результаты которых анализируются.

5.2 Безопасность конструкции

Токтогульская плотина - это высокая плотина, она занимает одно из первых мест в перечне самых высоких плотин в мире; понятно, что в ее проектировании принимало участие большое число ведущих гидротехников и специалистов бывшего СССР. Нет сомнения, что существует очень много документов, с отчетами о проводившихся проектно-изыскательских работах для ее строительства, но членам МК не удалось познакомиться ни с одним из них, правда следует отметить, что и времени, отведенного на данное исследование едва хватило бы только на весьма поверхностное ознакомление с ними. После ввода в эксплуатацию плотины в 1975, она выстояла довольно мощное землетрясение, случившееся поблизости. Как сообщалось, показания контрольно-измерительной аппаратуры не выходили за пределы расчетных, а краткий осмотр плотины членами МК не выявил никаких конструктивных повреждений.

МК делает вывод, что конструктивно Токтогульская плотина достаточно крепкое сооружение, ее эксплуатация может продолжаться при наполнении водохранилища до НПУ равном 900,00 метров над уровнем моря.

5.3 Безопасность плотины при половодьях

5.3.1 Вероятность превышения расчетных гидрографов

Цель данного раздела рассмотреть достаточно консервативную методику, расчета гидрографов в соответствии со СНиП, и сравнить эти гидрографы с ВМП.

Водосбросные сооружения Токтогульского гидроузла спроектированы на гидрограф 0,1% обеспеченности и проверены по гидрографу 0.01%обеспеченности. Гидрограф расчетного паводка трансформирован через призму форсирования объемом 0,8 км³ (между отметками 900,0 м и 904,2 м над уровнем моря).

Расчетные гидрографы определяются путем статистического анализа гидрометрических наблюдений. При этом определяется теоретическая кривая, построенная по трехпараметрическому распределению на основании многолетних данных максимальных годовых значений стока и максимальных расчетных показателей стока при различных вероятностях его превышения. Принятое значение стока подлежит поправке, которая не превышает 20% . Введение этой поправки приводит к снижению значения обеспеченности на 0,005% что соответствует вероятности события один раз в 20000 лет.

Объем гидрографа также определяется посредством анализа рядов годовых объемов во время половодья. Синхронность всех наблюдаемых во времени пиков с объемами паводка даст в результате две вполне зависимые переменные, при этом обеспеченность объединенного гидрографа одинакова обеспеченности пикового расхода. Однако использованные при анализе пики не обязательно совпадают с объемами. Другими словами, две переменные не

полностью зависимы, поэтому обеспеченность проектного гидрографа ниже обеспеченности пика.

При практическом подборе кривых распределения очень часто используется не расчетный, а принятый коэффициент асимметрии (C_s). Чем больше значение коэффициента, тем больше кривизна теоретической кривой, в результате чего получаются более высокие значения стока при низких обеспеченностях. Эта используемая в практике методика вносит дополнительный консерватизм в определение расчетных значений расхода, что в свою очередь, приводит к некоторому завышению их расчетных значений.

Выше описанные обстоятельства приводят к тому, что расчетный гидрограф стока имеет обеспеченность существенно ниже чем 0,01%. Предполагается, что получившаяся вероятность превышения расчетного гидрографа будет ближе к 0.001% (раз в 100 000 лет).

Гидромет (Бюро по Метеорологии) Узбекистана обеспечивает прогнозами речных стоков в начале влажного периода года (ранней весной). Прогнозы основаны на накоплениях снега в бассейнах этих рек. Гидромет Узбекистана совершенствует методологию расчетов снежных запасов и водного эквивалента используя снимки из космоса. На основе этих прогнозов, местные власти, управляющие плотинами, определяют потребности поддержания уровней воды в водохранилище перед началом периода таяния. В случае, если имеет место многоводный год, потребный уровень воды должен быть ниже чем НПУ. Этот механизм может представить наличие дополнительной емкости для трансформации паводка, увеличивая безопасность плотины.

5.3.2 Факторы, снижающие безопасность плотины в период паводка

Факторы снижающие безопасность Токтогульской плотины в периоды больших паводков приводятся ниже:

- 1) Оценки экстремальных паводков, которые закладывались в проект сбросных сооружений, основаны на имеющихся многолетних гидрологических рядах. Анализ более длительных рядов после строительства плотины показал, завышение расхода 0,01% обеспеченности с $4970\text{м}^3/\text{с}$ на $5570\text{м}^3/\text{с}$ Экстраполяция явлений в 0.1% обеспеченности должна быть основана на длинных рядах. Поскольку в рассматриваемом случае такие данные отсутствуют, экстраполяция 0,1% может оказаться за пределами доверительного интервала. Для того, чтобы оценить точную зависимость между гидрографом 0.01% обеспеченности и гидрографом экстремальных паводков, необходимо выполнить дополнительные исследования по ВМП для данной плотины.
- 2) Проект плотины основан на принципе попуска воды в случае экстремального паводка через комбинированную систему донных водосбросов (2380 куб. м), поверхностный водосброс (1320 куб. м) и через турбины (570 куб. м), что вместе составляет 4270 куб. м Пропуск воды через турбины основан на предположении, что все турбины находятся в рабочем состоянии, линии электропередачи способны передавать выработанную. электроэнергию, при этом центры потребления электроэнергии в состоянии использовать энергию, вырабатываемую в период экстремальных паводков. Для того, чтобы оценить безопасность плотины в период экстремального паводка обычно предполагается, что турбины не будут находиться в рабочем состоянии в результате одного из перечисленных выше факторов. В таком

случае максимальный расход водоспуска составляет 3700 куб. м, при этом считается, что все сегментные затворы функционируют нормально.

- 3) В случае с Токтогульской плотиной при условии, что гидрограф стока обеспеченности 0,01% является репрезентативным для ВМП, приводимые ниже отметки горизонта воды водохранилища будут соответствовать различным сочетаниям пропускной способности водосброса:

Тип сценария	Максимальный уровень воды в водохранилище с начальной отметкой 900 м н.у.м.
Q донный+Q поверхностный + Q турбины	900,5
Q д+ Q п +Q т/2	900,9
Q д+ Q п	901,4
Qд/2+Q п	908,9
Q д+Q п/2	904,3

Из Таблицы видно, что единственным критическим случаем является такой случай, когда не работают турбины, а на дне открыт только один сегментный затвор. Во всех остальных случаях уровень воды намного ниже МПУ соответствующий на отметке 904,2м над уровнем моря..

5.3.3 Выводы и рекомендации

Можно сделать общий вывод, что принятая методика расчета на основании СНиП дает относительно консервативную оценку больших паводков. Вероятность превышения расчетного паводка будет меньше, чем 0,01% и можно предположить, что она приближается к 0,001%, что соответствует одному экстремальному событию в 100 000 лет.

Предположение относительно того, что турбины будут работать во время чрезвычайно большого паводка, можно считать сверх оптимистичным, но в случае экстремального паводка, с обеспеченностью 0,01%, при неработающих турбинах, уровень воды все еще будет оставаться ниже МПУ. Наиболее критичный сценарий, который может существенно повлиять на безопасность плотины- несработка одного из донных сегментных затворов. Во всех остальных случаях, предполагая, что 0.01% гидрограф является репрезентативным для события ВМП, можно считать, что Токтогульская плотина безопасна при экстремальных паводках.

Рекомендуется:

- Выполнить расчет ВМП, с учетом последствий интенсивного таяния снега (льда) и максимальных возможных осадков (МВО).
- Трансформировать полученный гидрограф ВМП через водохранилище, используя только донный поверхностный водосбросы, начиная с НПУ. Следует определить максимальные уровни воды в водохранилище и проанализировать надежность плотины для этих уровней.

- Необходимо регулярно проверять исправность затворов и водосбросных туннелей перед началом весеннего паводка если один из донных водосбросов не работает, то уровень воды в водохранилище весной и летом не должен превышать отметки 880,0 м над уровнем моря до тех пор, пока не вступит в строй донный водовыпуск.

5.4 Условие аварийной сработки водохранилища

Сработку водохранилища в случае аварии можно осуществить с использованием водосбросных затворов и/или шлюзов.

Два 10-метровых затворов водосброса обеспечивают пропускную способность 900 куб. м в секунду при наполнении чаши водохранилища до максимального объема, а если полностью открыты шлюзы, добавляется еще 2300 куб. м в секунду, что вместе гарантирует полный начальный потенциал сброса равный 3200 куб. м в секунду. Площадь зеркала водохранилища составляет 280 км² при полном наполнении, поэтому максимальная скорость сработки водохранилища (без пропуска воды через турбины) первоначально будет составлять 1 метр в сутки, при условии что существенный приток воды в водохранилище отсутствует.

Скорость сработки водохранилища будет оставаться постоянной при малых уровнях воды в водохранилище, что дает возможность в аварийной ситуации снизить уровень воды за два месяца примерно на 50 метров, что составляет примерно 70% глубины водохранилища, не пропуская воду через турбины, при условии, что приток воды невелик. Это мероприятие существенно снизит нагрузку на плотину, сократив ее до 50% от максимальной, что обычно вполне достаточно, чтобы предотвратить разрушение гидротехнического сооружения.

Последствия таких экстренных мер могут весьма серьезно повлиять на долину ниже по течению от водохранилища, (это особенно может повлиять на участке нижнего бьефа Учкурганской водозаборной плотины) но эту опасность можно предотвратить при условии, если быстро задействован эффективный план действий во время аварий.

Следует помнить, что длительный период сработки водохранилища не только не выгоден с точки зрения неэффективного использования водных ресурсов, но может принести и другой дополнительный ущерб в случае образования оползней, которые в свою очередь, заполняя узкое ущелье с крутыми бортами, могут способствовать образованию больших волн в самом водохранилище.

5.5 Безопасность в отношении землетрясений

5.5.1 Плотина

МК не имели возможности ознакомиться с документами по сейсмостойкости Токтогульской плотины. Методика анализа, характеристика используемых материалов и результирующие динамические напряжения неизвестны, но с учетом того, что плотина представляет собой массивное сооружение в узком

скалистом ущелье у МК нет оснований сомневаться в ее общей прочности и способности выдерживать любые нагрузки.

МК проинформировали, что плотина выстояла в период мощного землетрясения в 1992 г, получив лишь небольшие трещины, однако отсутствуют какие-либо конкретные данные относительно колебаний грунта, нет никаких данных по ускорениям, которые были зарегистрированы приборами, установленными на плотине.

5.5.2 Вспомогательное оборудование

Весьма вероятно, что довольно высокий и массивный порталый кран на гребне плотины в большей степени подвержен опасности повреждения во время землетрясения, чем само бетонное тело плотины. Авария крана может иметь гораздо более серьезные последствия, если она затруднит работу шлюзов или затворов водосливов.

5.6 Другие вопросы безопасности

Необходимо более конкретно проанализировать еще целый ряд других вопросов, которые являются частью комплексной оценки безопасности гидроузла, такого анализа не было выполнено во время данного исследования.

5.6.1 Безопасность подъезда к плотине

Низкая дорога, ведущая к плотине, небезопасна с точки зрения камнепада, который может быть вызван сильными осадками и, кроме того следует учитывать землетрясения. Опасность камнепада можно предотвратить, построив ловушку для камней под основным участком неустойчивости, который находится непосредственно в районе нижнего бьефа, справа от плотины, такая мера будет способствовать тому, что дорога не будет перекрыта.

Подъезд к гребню плотины осуществляется через трех - километровый туннель, над въездом в который, как отметила МК, был построен навес для защиты въезда в туннель от камнепада и снежных лавин.

5.6.2 Надежность энергоснабжения

Безопасность плотины зависит от энергоснабжения, обеспечивающего работу порталого крана на гребне плотины. По информации, полученной МК, энергоснабжение осуществляется по трем независимым линиям электропередачи, хотя все три проходят по крутой гористой местности и не защищены от повреждения. Важным фактором, обеспечивающим безопасность гидроузла, является обязательное наличие резервного генератора электроэнергии.

5.6.3 Портальный кран

Кран должен всегда находиться в рабочем состоянии, поскольку с помощью крана можно своевременно реагировать (открывать/закрывать) различные затворы плотины, кроме того всегда должна быть возможность перемещать кран по гребню плотины с одной колеи на другую. Подробная оценка состояния крана не выполнялась, равным образом не было проверено наличия необходимых запасных частей к нему, хотя складывается впечатление, что в настоящее время кран находится в хорошем рабочем состоянии.

5.6.4 Надежность бортов водохранилища

В Отчете Всемирного банка (1997 г.) был поднят вопрос об опасности больших камнепадов (оползней горной породы) в само водохранилище, что может вызвать большую волну, способную переливать плотину. Руководитель гидроузла согласился, что такая опасность существует, но при этом все понимали, что для определения риска потребуется серьезное исследование, хотя может быть окажется не рациональным проводить работы по снижению риска, если будет выделена зона неустойчивости.

5.7 Анализ безопасности, выводы

5.7.1 Основные проблемы, вызывающие беспокойство

МК выделяет следующие основные проблемы, вызывающие беспокойство по поводу безопасности Токтогульской плотины:

- (1) Отмечен факт износа и старения контрольно-измерительной аппаратуры, с помощью которой осуществляется мониторинг работы гидроузла. Указывается на необходимость модернизации некоторых аппаратов, отмечается желательность использования дистанционных измерителей, кроме того обращается внимание на необходимость повысить скорость представления данных и модернизировать форму их представления. Отмечается отсутствие сейсмографов на самой плотине и вокруг нее. МК проинформирована, что детальная программа для реабилитации контрольно-измерительной аппаратуры подготовлена, но МК это не видел.
- (2) Старение механического и энергетического оборудования также вызывает беспокойство, особенно при нехватке средств и квалифицированного персонала для выполнения профилактического ремонта.
- (3) Серьезным недостатком является отсутствие скоординированного плана аварийных мероприятий и системы раннего предупреждения, которую можно быстро задействовать в случае экстремальных показаний контрольно-измерительной аппаратуры при форс-мажорных природных явлениях (например, чрезвычайно большой паводок), или в случае ошибки, допущенной персоналом, выхода из строя оборудования и несанкционированных действий.

Кроме того, персонал гидроузла, выполняющий руководящие функции, нуждается в помощи, в тех случаях, когда по результатам мониторинга видно, что создается опасная ситуация.

- (4) Отсутствие надежных систем связи между руководителями или между различными блоками гидроузла, которые должны функционировать автономно от стационарной телефонной сети.

5.7.2 Заключение относительно безопасности

По анализу плотины и предоставленных данных, а также в результате бесед с инженерно-техническим персоналом, отвечающим за работу плотины МК делает вывод о том, что в настоящее время Токтогульская плотина находится в безопасном состоянии, она может продолжать функционировать при наполнении водохранилища до отметки нормального полного объема.

МК считает, что основную опасность для плотины представляют нижеследующие факторы:

(1) Паводки

В случае экстремального паводка ситуация может оставаться контролируемой, если затворы работают хорошо и надежно, что именно и имеет место в настоящее время на гидроузле. Большие попуски воды из водохранилища можно не допускать, если учитывать данные прогноза паводка и соответственно планировать меры предосторожности с нужной заблаговременностью, но следует признать, что большой сброс воды из водохранилища в редких случаях оправдан в интересах безопасности плотины. Однако важно указать на то, что методы управления водохранилищем должны предусматривать первоочередность мероприятий, обеспечивающих надежность, а не коммерческие интересы производства максимального количества электроэнергии.

Способность плотины регулировать паводки полностью зависит от состояния гидромеханического оборудования и конкретно от работы порталного крана. Ситуацию сегодня можно назвать удовлетворительной, но необходимо повысить стандарты профилактического обслуживания и обеспечить наличие запасных частей, чтобы сохранять 100% надежный порядок. Кроме того необходимо предусмотреть резервный генератор электроэнергии.

(2) Недостатки системы мониторинга работы гидроузла

Стареющая система наблюдения за работой гидроузла не в состоянии более осуществлять комплексный мониторинг конструкционного состояния плотины. Эту ситуацию следует устранить, но при этом МК считает, что существующий риск конструкционного отказа настолько мал, что им можно пренебречь.

6 РЕКОМЕНДОВАННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, РАБОТЫ И МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1 Общие положения

Обзор проекта плотины и анализ результатов проведенной инспекции плотины, а также беседы с руководством гидроузла позволили МК сделать некоторые выводы относительно безопасности плотины. Эти выводы рассматриваются в разделе 5. Эти выводы вместе с соображениями относительно требований необходимости организации управления аварийными ситуациями заложили основы для оценки потребности в дополнительных изысканиях, исследованиях, строительных работах и материально -техническом обеспечении. Именно эти мероприятия необходимы для того, чтобы довести плотину до приемлемого и устойчивого стандарта безопасности. Однако следует признать, что даже в результате уже проделанной работы становится ясной необходимость дальнейшей работы, которая позволит сделать более точные и более обоснованные выводы.

Более детальные технические условия и методология работы, описанные в данном разделе приводятся в отчете, озаглавленном "Методология проектирования приоритетных реабилитационных работ".

6.2 Дополнительные съемки, исследования и инспекции

6.2.1 Общие положения

Для обеспечения основных данных, необходимых для проектирования описанных ниже работ и уточнения выводов по оценке безопасности требуется дополнительная информация, которая не входит в рамки данного исследования. Перечень работ приведен ниже:

- Съемки,
- Исследование грунтов и инспекции,
- Инженерные работы.

Кроме того рекомендуется создать "досье" плотины с момента ее строительства, куда следует включить основные чертежи и другую информацию, связанную с проектированием, строительством и эксплуатацией плотины, данные, содержащиеся в таком "досье" должны постоянно обновляться. Те оригинальные чертежи, которые пришли в негодное состояние, должны быть восстановлены или предпочтительно сделаны заново с использованием компьютера. Это "досье" станет основным источником информации при выполнении инспекций или работ по модернизации плотины, которые могут быть сделаны в будущем.

6.2.2 Съемки

(1) Топографические съемки - не рекомендуются.

(2) Съемки дна водохранилища (батиметрия)

В какой то период, в не очень отдаленном будущем, рекомендуется выполнить съемку дна водохранилища, чтобы иметь данные по накоплению на дне его осадков.

6.2.3 Исследование грунтов и инспекция гидроузла

Следующие исследования и инспекции рекомендуются:

(1) Исследования - не рекомендуются

(2) Инспекция гидроузла

Для оценки состояния плотины и определения объема необходимых ремонтных работ и оборудования требуется более детальная информация, чем та, которая была предоставлена в распоряжение МК, рекомендуется выполнить более подробную инспекцию самой плотины и связанных с ней сооружений, при этом следует составить подробный перечень дефектов, указать потребность в материалах и определить объем необходимых ремонтных работ с учетом:

- бетонных и стальных сооружений, архитектурных работ;
- гидромеханического оборудования;
- порталный кран;
- электропроводки и освещения;
- контрольно-измерительной аппаратуры и портативных устройств для считывания показаний приборов.

6.2.4 Инженерные исследования

Рекомендуется провести следующие исследования:

- 1) Сделать обзор данных по расчетам притоков воды в водохранилище в период экстремальных паводков с учетом возможных аварий или несанкционированных действий на других крупных плотинах на водосборе вверх по течению реки.
- 2) Ознакомиться с практикой управления водохранилищем, основное внимание обращая на обеспечение безопасности плотины.
- 3) Ознакомиться с планами борьбы с накоплением донных осадков в водохранилище с учетом новых результатов последней съемки дна водохранилища.

6.3 Строительные работы

Рекомендуется выполнить следующие работы для обеспечения непрерывной и надежной работы плотины:

- (1) Привести в порядок и модернизировать контрольно-измерительную аппаратуру, которая осуществляет мониторинг работы плотины, обеспечить новые портативные приборы для считывания показаний приборов, (где это необходимо). Установить сейсмографы на самой плотине и вокруг нее, Модернизировать средства хранения, обработки и анализа данных.

- (2) Выполнить необходимые ремонтные работы, обновить электрическую проводку гидромеханического оборудования (затворы, кран и т.п.), обеспечить адекватные резервные мощности по производству электроэнергии.
 - (3) Исправить все остальные существенные дефекты, выявленные во время инспекции.
-

6.4 Оборудование и запасные детали к ним

Предварительная оценка оборудования и наличия запасных деталей, необходимые для модернизации плотины показала следующее:

- (1) Контрольно-измерительная аппаратура плотины (См. Приложение С)
 - (2) Резервный генератор для портального крана
 - (3) Системы раннего предупреждения и связи.
-

6.5 План мероприятий срочного реагирования в экстремальных ситуациях

Учитывая значимость плотины и потенциально разрушительные последствия для населения, живущего вниз по течению реки от нее, в случае аварии, в результате которой предусматривается сброс больших объемов воды из водохранилища, необходимо, чтобы были разработаны планы действий в такой ситуации, но планы будут не эффективными, если они не будут подкреплены эффективными организационными мерами и внедрению систем раннего предупреждения и связи.

Должен быть разработан подробный план мероприятий в экстремальных ситуациях и инструкция к нему. Эти два документа должны содержать перечень действий, которые следует выполнить с указанием, кто несет ответственность за те или иные мероприятия на уровне руководства гидроузла, региональной технической службы и местных органов власти.

6.6 Приоритет работы

В Таблице 6.1 приводятся рекомендованные меры безопасности, распределенные по трем приоритетной очередности (I, II, III).

Предлагаемые приоритетные уровни:

- I. работы первой очереди, которые должны быть выполнены немедленно
- II. промежуточный (средний) уровень, работы этого уровня могут быть выполнены в течение трех последующих лет
- III. мало приоритетные работы, объекты, для которых выделена потребность в проведении работ, должны находиться под постоянным наблюдением.

**Таблица 6.1: Токтогульская плотина. Безопасность плотины
Приоритеты по выполнению исследований, работ и материально-технического обеспечения**

Вид работ					
	Исследования и т.п.	Строительные работы и материально-техническое обеспечение			
Приоритет I			Приоритет I	Приоритет II	Приоритет III
1. Съёмки (6.2.2)	<input type="checkbox"/>				
2. Исследования и инспекции (6.2.3)	<input type="checkbox"/>				
3. Инженерные исследования (6.2.4)	<input type="checkbox"/>				
4. Строительные работы (6.3) <ul style="list-style-type: none"> • Контрольно-измерительная аппаратура • Гидромеханическое оборудование • Ремонтные работы общего характера 		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5. Материально-техническое оснащение (6.4) <ul style="list-style-type: none"> • Пьезометры и оборудование для непрерывного измерения деформаций и другая КИА • Резервный генератор • Оборудование обеспечивающее связь и работу системы раннего предупреждения • сейсмомониторинг 		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6. Проработка вопроса аварийного планирования (6.5)	<input type="checkbox"/>				

7 ВЫВОДЫ

На основании полученной информации и краткого осмотра плотины МК делает вывод, что Токтогульская плотина находится в удовлетворительном состоянии и что водохранилище может наполняться до нормального уровня наполнения до отметки 900 метров над уровнем моря. Очень важно признать что, водохранилище является стратегическим объектом с точки зрения командования Нарынского каскада и расположенного на территории над густонаселенной Ферганской долиной и это является условием безопасности от паводковых влений. Для этой цели следует обеспечить персонал инструкциями по безопасному управлению водохранилищами и управлять его таким образом при пропуске паводка и ни в коем мере коммерческим интересам.

Предполагается необходимость избежания конфликтов интереса при поддержании уровня воды поступающей в водохранилище. Расходы притока в водохранилище должны контролироваться паводковой комиссией, созданной из независимых технических экспертов, которая создается в виде независимой управленческой структурой для управления этой плотинной. Такая организация даст возможность предотвратить от неправильной эксплуатации водохранилищами в случае экстремальных паводков. Однако проблемы безопасности плотины должны получить статус первоочередной значимости в процедурах управления гидроузлом.

Следующие мероприятия должны считаться первоочередными:

- Инспекция и восстановление системы мониторинга работы плотины, внедрение современных методов обработки данных и представления результатов,
- Проведение инспекций и выполнение ремонтных работ, там где это необходимо, гидромеханического оборудования, электропроводки и средств освещения крановой площадки. Обеспечение резервного генератора;
- Ввести в практику программу специальных инспекций и отчетности по безопасности плотины;
- Разработать комплексный план мероприятий во время чрезвычайных ситуаций.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бюллетень Международной Комиссии по большим плотинам (ICOLD), 72, 1989

Приложение А

Токтогульская плотина

Перечень проанализированных материалов.

Токтогульская плотина

Приложение А – Список проанализированных материалов

1. Краткая сводка проектной документации,
2. Отчет о командировке по заданию Мирового банка, июнь 1997.
3. Ирригация Узбекистана, Фан, Узбекская ССР 1975

Приложение Б

Метод оценки риска

Приложение Б Метод оценки риска

Таблица Б.1 Классификация факторов				
Объем ($10^6 m^3$)	Классификация факторов			
	Высота (m)	>120 (6)	120-1 (4)	1-0.1 (2)
Необходимость эвакуации населения (количество)	>45 (6)	45-30 (4)	30-15 (2)	<15 (0)
Возможный ущерб на участка ниже по течению реки от плотины	>1000 (12)	1000-100 (8)	100-1 (4)	Нет (0)
	Большой (12)	Средний (8)	Малый (4)	Нет (0)

Ссылка: Bulletin ICOLD 72, (Ссылка [1])

Таблица Б.2 Категория плотины	
Общие классификационные факторы	Категория плотины
(0-6)	I
(7-18)	II
(19-30)	III
(31-36)	IV

Ссылка: Bulletin ICOLD 72, (Ссылка [1])

чертежи

ПРИЛОЖЕНИЕ С
КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА
ТОКТОГУЛЬСКОЙ ПЛОТИНЫ

ОТЧЕТ СПЕЦИАЛИСТА
(автор В.Н. ПУЛЯВИН)

Октябрь 1999

Состояние контрольно-измерительной аппаратуры и наблюдений за сооружениями Токтогульской ГЭС

В процессе выполнения контроля за безопасностью сооружений Токтогульской ГЭС ведутся наблюдения за фильтрационным режимом, осадкой и горизонтальными смещениями здания ГЭС и плотины, напряжениями в бетоне и арматуре, раскрытием швов и трещин, деформациями контактных швов бетон-скала и температурным режимом.

Кроме того, для решения задач контроля, связанного с сейсмическим воздействием нагрузок на сооружение, плотина должна быть оснащена пунктами сейсмического наблюдения, датчиками давления на напорную грань и динамическими тензодатчиками, работающими в ждущем режиме

Количество КИА как предусмотренной проектом, так и используемой для наблюдений в настоящее время, приведено в таблице ниже

Вид наблюдений	Наименование	Проектное кол-во	Фактич. установл кол-во	Действующее кол-во
Наблюдения за деформациями плотины и её основания геодезическими методами	геодезические марки	323	248	214
	обратные отвесы	4		4
	прямые отвесы	22	20	14
	базисомеры	702	395	395
	струнный створ	1	1	1
	кусты из трёх марок на деформационных швах	36	36	36
Наблюдения за относительными смещениями плотины	3-х осные щелемеры на деформационных швах	82	5	5
Наблюдения за фильтрацией в основании плотины и через низовую грань	пьезометры мерные водосливы	220	216	179
		10	10	10
Наблюдения за напряженным состоянием плотины от статических нагрузок	преобразователи линейных деформаций струнные (ПЛДС-300,400)	184	184	136
Наблюдения за температурным режимом	преобразователь температуры струнный(ПТС-60)	395	389	329
Наблюдения за раскрытием швов	преобразователь линейных перемещений струнный (ПЛПС-3,6)	213	192	157
Наблюдения за напряжениями в арматуре	преобразователь силы арматурный струнный (ПСАС-28,40)	16	8	4
Наблюдения за локальными деформациями	преобразователь линейных деформаций струнный(ПЛДС-2000,5000)	127	118	60
Наблюдения гидродинамического давления воды на напорную грань при сейсмическом	датчики давления(ДД-10)	40	41	-

воздействию на плотину				
Наблюдения за потенциально неустойчивыми массивами	гидростатические нивелиры	20	20	20
	деформограф	8	8	-
	высотная марка	-	31	31
Сейсмометрические наблюдения	инженерно-сейсмологические пункты	28	9	1
	станция сильных разрушительных землетрясений в т.ч. сейсмоприёмники:	9	1	-
	С5С	27	15	15
	ВБП	18	-	-
	ОСП	84	-	-
	АТП	9	-	-
Наблюдения за уровнями бьефов и перепадом воды на решетках	датчики уровней(ДУ-10,ДУ-20, ДРП)	42	42	-

Как видно из приведенной таблицы, вышло из строя значительное количество контрольно-измерительной аппаратуры в т.ч. (в % от проекта/факта):

- * геодезических марок - 34/14%;
- * 3-х осных щелемеров - 94/0%
- * пьезометров - 19/17%
- * преобразователей для измерения деформаций бетона, пересчитываемых в напряжения - 26/0%
- * преобразователей для измерения раскрытия швов - 26/18%
- * преобразователей для измерения локальных деформаций - 53/49%
- * датчики измерения давления воды на напорную грань при сейсме - 100/100%
 - сейсмоприёмники - 97/89%

Гидротехнической службой АО "Кыргызэнерго" выход из строя КИА в период эксплуатации характеризуется следующими показателями:

- * пьезометрическая сеть - 40%
- геодезическая КИА - 23%
- * дистанционная КИА - 28%

Определить достаточно ли действующей КИА для оценки безопасности плотины можно лишь после анализа схем расположения струнных преобразователей и других датчиков и устройств и расчетного(проектного) напряженно-деформированного состояния плотины. В частности, это касается тензометров, установленных в тензометрических розетках и предназначенных для измерения деформаций бетона и последующего пересчета их в напряжения.

Пока такая оценка не выполнена следует констатировать, что действующая КИА не позволяет обеспечивать контроль безопасности плотины на требуемом уровне.

Для ознакомления с получаемыми в процессе наблюдений данными о состоянии плотины был представлен отчет по натурным наблюдениям за 1998г. В данном отчете не были приведены сведения о локальных деформациях, не оказалось данных об поведении неустойчивых склонов и напряжениях в бетоне. Наблюдения до 1999г выполнялись один раз в квартал, в 1999году- один раз в два месяца.

Оценка состояния плотины на объекте осуществляется путём сопоставления предельных показателей контролируемых параметров с фактическими, полученными в процессе выполнения натуральных наблюдений.

Предельные показатели установлены для следующих параметров:

- Максимальные вертикальные смещения основания плотины (осадка) - 30мм
- 2.Разница в вертикальных смещениях в плоскости деформационного шва между плотиной и зданием ГЭС - 4мм
- 3.Горизонтальные смещения точки на глубине 5м относительно той же точки(32м) - 3мм
- 4. Максимальное раскрытие деформационного шва со стороны правого и левого берега - 15мм
- 5.Прогиб гребня секции относительно точки в основании на 32м ниже подошвы -12мм
- 6.Горизонт. смещения основания относительно той же точки -5мм
- 7.Горизонтальные смещения плотины и основания - 9мм
- 8.максимальный фильтрационный расход в пределах подземного контура правого берега - 50л/с
- 9.Максимальный фильтрационный расход в пределах ярусов плотины и подземного контура левого берега - 250л/с
- 10.Максимальный фильтрационный расход на нижних отметках центральной части плотины - 1250л/с
- 11. Остаточный напор со стороны фронтального дренажа(Н- напор на соответствующей отметке) - 0.2Н
- 12.Уровень мастики в шпонках - 204м

В 1998г фактические значения контролируемых параметров не превысили предельных показателей.

Данные предыдущих лет наблюдений показали, что фактические осадки плотины меньше расчетных, наклон плотины в сторону нижнего бьефа при наполнении водохранилища составил 0.01% и в дальнейшем не увеличивался. Локальные деформации в приконтактной зоне основания(Н=20м), возникшие под воздействием веса бетона, после наполнения водохранилища снизились в пределах $1.2 \cdot 10^{-4}$. Максимальное смещение плотины у основания в сторону нижнего бьефа составило 2,4мм. Расход фильтрационного потока при максимально достигнутом уровне верхнего бьефа составил около 300л/с. Цементационная завеса достаточно эффективно перекрывает зоны повышенной проницаемости. За линией фронтального дренажа происходит эффективное снижение фильтрационного напора с градиентами в пределах 1-4.5. Межсекционные швы находятся в раскрытом состоянии, максимальное раскрытие их составляет по правобережным секциям 1.45мм, по левобережным 0.55мм. Цементация этих швов, в соответствии с рекомендациями проектной организации, не производилась. Напряжения по подошве плотины от гидростатического и фильтрационного давления и собственного веса плотины не превысили расчетных значений. В то же время растягивающие напряжения, вызванные температурными изменениями(от +1.3 до +0.4МПа), превысили расчетные (от +0.4 до -1.1МПа)

Для осуществления контроля за безопасностью сооружений Токтогульской ГЭС необходимо в первую очередь выполнить следующее:

- | | |
|---|-----|
| 1) Строительство пьезометров | 40 |
| 2) Очистка дренажных скважин | |
| 3) Приобретение манометров | 70 |
| 4) Установка элеватора высот | 8 |
| 5) Построить плановые геодезические знаки | 31 |
| 6) Установить щелемерные марки | 102 |
| 7) Установить 3-х осные щелемеры | 82 |
| 8) Приобрести злектроуровнемеры | 6 |
- 9) 9.Разработать и установить на плотине автоматизированную систему сейсмометрических наблюдений для измерения ускорений, линейных и угловых скоростей контрольных точек с регистрацией в цифровом виде на компьютер. Стоимость одной 4 канальной станции, изготовленной в USA, составляет 10000 долларов. В Узбекистане стоимость изготовления сейсмометрического комплекса на 50 сейсмоканалов составит 3-4 тыс.долларов(без стоимости компьютеров).
- 10) 10.Приобрести приборы для снятия отсчетов (выполнения измерений) по дистанционной КИА(генератор-частотомер ЦС-5м, частотомер ЧСД-4, переносной периодомер ПЦП-1). Указанные приборы изготавливаются в г.Москве, стоимость одного прибора составляет около 250-300долларов.
- 11) 11Выполнить ремонт кабельных коммуникаций дистанционной КИА, кабель вывести на общий пульт в отведенное для этой цели помещение.
- 12) 12.Оснастить группу натуральных наблюдений недостающими геодезическими приборами в т.ч. координатомером “Pzozisions-mechanik”
- 13) 12.Приобрести для обработки и накопления данных натуральных наблюдений персональный компьютер “Pentium-200”, принтер и другое оборудование(см.Приложение).

Пулявин В.Н.