

**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**

НУРЕКСКАЯ ПЛОТИНА

ОТЧЕТ ПО ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

МАРТ 2000г.

Совместно с

GIBB

LAWGIBB Group Member 



НУРЕКСКАЯ 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	2-4
3	ОБЗОР ПРОЕКТА	3-1
	3.1 Гидрология	3-1
	3.2 Геология	3-1
	3.3 Строительные материалы и их свойства	3-1
	3.4 Противофильтрационные мероприятия	3-2
	3.5 Режим работы водохранилища	3-2
	3.6 Контрольно-измерительная аппаратура	3-2
	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
5	ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ	5-1

	GIBB	
5.1	Основные положения	5-1
5.2	Безопасность конструкции	5-2
5.3	Безопасность плотины при паводках	5-3
5.3.1	Рассуждения относительно вероятности превышения проектных гидрографов	5-3
5.3.2	Факторы, которые снижают уровень безопасности плотины во время паводков.	5-4
5.3.3	Заключения и рекомендации	5-5
5.4	Условие аварийной сработки водохранилища	5-6
5.5	Безопасность в отношении землетрясений	5-7
5.5.1	Критерии в условиях сейсмичности	5-7
5.5.2	Разжижение материала насыпи плотины и ее основания	5-8
5.6	Другие вопросы безопасности	5-8
5.6.1	Уровни нижнего бьефа в низовьях	5-8
5.6.2	Обеспечение доступа к сооружениям	5-8
5.6.3	Обеспечение электроэнергии	5-9
5.7	Анализ безопасности, выводы	5-9
5.7.1	Принципиальные моменты, вызывающие обеспокоенность	5-9
5.7.2	Выводы о состоянии безопасности плотины	5-10
5.7.3	Аспекты безопасности регулирования водохранилища	5-10
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 и инспектирование на местах	6-2
6.2.4	Дополнительные проектно-изыскательские исследования	6-3
6.3	Строительные работы	6-3
6.4	Оборудование и запасные детали к ним	6-4
6.5	План мероприятий срочного реагирования в экстремальных ситуациях	6-5
6.6	Приоритет работы	6-5
7	ВЫВОДЫ	7-1
	ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА	7-2
	ПРИЛОЖЕНИЕ А - Перечень использованных материалов	
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б - Оценка риска	

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

1. Генеральный план
2. Схема гидроузла
3. Поперечный разрез плотины
4. Поперечный разрез по оси агрегата
5. Катастрофический водосброс с глубинным водозабором; Катастрофический водосброс с поверхностным водозабором

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
<i>FAO/CP</i>	Организация по продовольствию и сельскому хозяйству/Программа Сотрудничества Всемирного Банка
ВВП	Внутренний валовый продукт
<i>GEF</i>	Global Environment Facility
<i>ICB</i>	Международный аукцион (тендерная комиссия)
<i>ICOLD</i>	Международная комиссия по большим плотинам
МКВК	Межгосударственная комиссия по водной координации
<i>IDA</i>	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
<i>PIP</i>	План реализации проекта
<i>PIU</i>	Группа реализации проекта
ГУКП	Группа Управления и Координации Проекта
<i>RE</i>	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
<i>WARMAP</i>	Управление Водными Ресурсами и Сельскохозяйственное Производство в Центральноазиатских Респубиках
<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 С редой» (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 заиление 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 МК 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. Касымова – 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

Нурекская плотина расположена в Республике Таджикистан на реке Вахш, в 75 км от г. Душанбе. Доступ к плотине возможен в любое время года по асфальтированной дороге г. Душанбе - г. Нурек (схема 1).

Целью водохранилища является:

- а) - сезонное и частично многолетнее регулирование стока р. Вахш для орошения;
- б) - выработка электроэнергии

Строительство плотины закончено в 1978 г.

Проект разработан институтом С.А.О "Гидропроект" в 1957-1960 гг.

2.2 Описание плотины

В состав основных сооружений плотины входят (схема 2):

- плотина;
- гидроэлектростанция с водопроводящими туннелями;
- водосбросные сооружения.

Плотина - каменно-земляная с центральным ядром (схема 3).. Боковые призмы плотины отсыпаны из гравелисто-галечниковых грунтов. Ядро плотины - вертикальное, имеющее высоту до 268 м, максимальную длину по фронту 700 м и толщину от 150 до 10 м, из суглинисто-супесчаного грунта с включением сортированного каменного материала максимальной крупностью 200 мм. Переход от ядра к боковым призмам осуществляется с помощью фильтров переменной тощины, выполненных из специально подобранного состава. На откосах выполнена пригрузка из крупного камня - со стороны верхнего бьефа толщиной слоя 20-40 м, со стороны нижнего бьефа 5-10 м.

В нижней части ущелья устроена массивная бетонная пробка, которая служит основанием ядра плотины. Пробка представляет собой бетонный массив длиной вдоль русла - 157 м, шириной между бортами ущелья от 30 до 60 м. В основании плотины, в породах с повышенной трещиноватостью, произведена сплошная укрепительная цементация основания ядра глубиной до 8 м. Гидроэлектростанция включает в себя водозаборы, напорные водоводы и здание ГЭС.

Водозаборная трехсекционная башня высотой 86 м, три напорных туннеля, облицованных армированным бетоном, диаметром по 10 м и длиной 400 м каждый. Туннели заканчиваются подземными развилками. На входных оголовках напорных туннелей установлены аварийные и ремонтные затворы 10x10 м. Управление этими затворами осуществляется козловым краном грузоподъемностью 2x140 т. Отходящие от развилки 9 подземных водоводов, со стальной внутренней оболочкой, диаметром 6 м и длиной по 500 м. Турбинные

водоводы оборудованы шаровыми затворами диаметром 4,2 м. Здание гидроэлектростанции, с 9 вертикальными гидроагрегатами мощностью по 335 МВт, расположено у подошвы низового откоса плотины, имеет в плане размеры 200x50 м (схема 4). Максимальная высота здания 40 м.

Водосбросные сооружения - состоят из катастрофического водосброса с поверхностным водозабором и катастрофическим водосбросом с глубинным водозабором (схема 5). Катастрофический водосброс с поверхностным водозабором пропускной способностью, при НПУ, 2020 м³/сек, имеет отметку порога водослива на глубине 12,3 м под НПУ. Два пролета водослива, шириной 12 м каждый, оборудованы рабочим сегментным и ремонтным плоским затворами, которые управляются козловым краном грузоподъемностью 2x15 т. Отводящий тракт водосброса имеет общую длину 1110 м и выполнен в виде безнапорного туннеля, имеющего ширину 10 м и максимальную высоту 11 м. В конце туннеля устроен лоток быстротока, оканчивающийся консольным оголовком, отбрасывающим струю. Бетонная обделка туннеля оборудована дренажными скважинами.

Катастрофический водосброс с глубинным водозабором пропускной способностью 2020 м³/сек. Порог верхнего оголовка расположен на глубине 100 м под НПУ. На длине 280 м от входного портала водосбросной тракт выполнен в виде туннеля шириной 10 м, максимальной высотой 10 м. На расстоянии 145 м от входного портала расположена шахта ремонтного затвора. Ремонтный затвор плоский, скользящий глубинные 8,0x11,5x100,0 м. Управляется затвор какнатным подъемником г.п. 100 т. За ремонтным затвором водосбросной тоннель разделяется на два отверстия, которые перекрываются аварийными и рабочими затворами. Аварийный затвор - плоский гусеничный затвор ВxН = 3.0x9.5 м с расчетным напором 101.3 м. Рабочий затвор - сегментный глубинный затвор ВxР = 5.0x6.0 м с расчетным напором 101.5 м. Управление этими затворами осуществляется гидравлическими подъемниками. Электропитание приводов всех грузоподъемных механизмов осуществляется от собственных источников питания.

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

Таблица 2.1 Нурекская плотина – Основные параметры

Основные параметры водохранилища		
Площадь водосбора		30.700 км ²
Полный объем	проектный	10500 млн м ³
Полезный объем	проектный	4500 млн м ³
Мертвый объем	проектный	6000 млн м ³
Отметка нормального подпороного уровня	(НПУ)	910 м (усл)
Горизонт мертвого объема	(ГМО)	857 м (усл)
Основные параметры плотины		
Отметка гребня		920 м (усл)
Длина плотины по гребню		714 м
Ширина плотины по гребню		20 м
Максимальная высота плотины		300 м
Заложение верхового и низового откосов:	Выше бермы	1:2,25
	Ниже бермы	1:2.2
<u>Максимальная пропускная способность при паводке 0,01% обеспеченности</u>		
Через водосбросные сооружения		4040 м ³ /сек
Через здание ГЭС		1120 м ³ /сек

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

Таблица 2.2 Нурекская плотина – Фактор риска

Объем водохранилища(10^6m^3)		
	10,000	6
Высота плотины (м)	300	6
Эвакуационная потребность	>1000	12
Потенциальный ущерб	Большой	12
	Всего	36

3 ОБЗОР ПРОЕКТА

3.1 Гидрология

Река Вахш образуется слиянием рек Сурхоб и Оби-Хингоу и впадает в реку Амударья. Питание реки смешанное - ледниково-снеговое и частично грунтовое. Водосборная площадь - 30,7 тыс.км². Среднегодовой сток (в створе плотины) 20,5 км³. Длина - 372 км. Среднегодовой расход - 645 м³/сек, наибольший расход паводка - 3900 м³/сек. В средних числах октября устанавливается меженное состояние реки с расходом 120 м³/сек - 200 м³/сек.

Расчетный максимальный расход в створе плотины (0,01% обеспеченности) рассчитанный по наблюдениям 1932-1962 гг. - 5400 м³/сек. А по ряду наблюдений с 1932-1972 гг. - 5700 м³/сек. Среднегодовой сток наносов в створе плотины составляет 76.3 млн м³.

За весь период наблюдений максимальный наблюденный расход составил 4290 м³/с.

3.2 Геология

Плотина расположена в среднем течении реки Вахш в узком Пулисангинском ущелье. Глубина каньона более 300 м. Ширина русла около 40 м. Дно и бока ущелья сложены скальными осадочными породами мелового периода, представленными переслаивающейся толщей песчаников и алевролитов с углом падения пластов 30-35° в сторону верхнего бьефа. Трещиновидность пород развита слабо, с глубиной резко уменьшается. Характерная особенность алевролитов - быстрое их разрушение в поверхностях обнажения на глубину до 1 м. На пологих участках склоны ущелья прикрыты делювиальными отложениями, мощность которых в отдельных местах достигает 20-25 м. Мощность аллювия в русле реки от 13 до 20 м. В массиве скальных пород встречаются зоны тектонического дробления.

Сейсмичность района - 8 баллов, но плотина и сооружения отнесены к зоне 9-бальной сейсмичности.

3.3 Строительные материалы и их свойства

Упорная призма плотины построена из местных материалов гравелисто-галечниковых отложений. При строительстве упорной призмы плотины объемный вес скелета грунта доведена до 2,25 - 2,30 т/м³.

Грунт в ядро плотин укладывался с весьма жесткими требованиями, слоями 25-30 см и уплотнялся до объемного веса скелета мелкозему 2,03 - 2,13 т/м³.

Для материала тела плотины риск разжижения отсутствует.

3.4 Противофильтрационные мероприятия

В основании плотины в породах с повышенной трещиноватостью выполнена противофильтрационная завеса на глубину от 40 до 130 м. Для контроля за состоянием основания плотины сооружены три цементационные галереи.

3.5 Режим работы водохранилища

До распада СССР режим работы был подчинен нуждам ирригации Республики Таджикистан, Республики Узбекистан, Республики Туркменистан. В настоящее время режим работы водохранилища ориентирован на выработку электроэнергии. Правилами эксплуатации водохранилища предусматривается пропуск паводков по реке Вахш без превышения уровня НПУ. Поэтому при притоке большем чем пропускная способность агрегатов ГЭС, открывают затворы поверхностного водосброса, а в случае необходимости и глубинного.

3.6 Контрольно-измерительная аппаратура

На сооружениях Нурекского гидроузла установлен комплекс контрольно-измерительной аппаратуры (КИА) для наблюдения за деформациями и перемещениям элементов системы плотина - основание, а также за режимом фильтрации. В настоящее время значительная часть КИА по разным причинам не работает. Наблюдения за состоянием плотины ведутся не в полном объеме и не регулярно, не все пьезометры работают.

Для проведения наблюдений на плотине установлено 15 инклинометрических труб общей длиной 2400 м, около 700 датчиков различного назначения (95 датчиков напряжений грунта, 107 датчиков порового давления, 32 датчика линейных деформаций и др.), 57 двухтрубных и 50 закладных пьезометров. Основная часть дистанционной аппаратуры размещена в центральном створе на 7 ярусах. Остальные датчики установлены, главным образом, на контакте ядра с бортами или вблизи бортов.

Наблюдения за осадками основания плотины выполнялись путем нивелирования марок, установленных в соединительной и трех цементационных потернах бетонной пробки, в каждом цикле (1 раз в квартал) наблюдения проводились по 70-75 маркам.

За 20 лет с начала установки КИА в среднем вышел из строя 21% аппаратуры всех типов, наибольший процент выхода из строя у датчиков линейных деформаций.

3.7 Гидроэнергетический потенциал

Гидроэнергетические устройства (оборудование)

N	Наименование позиции	Един. Измерения	Кол-во	Тип
I	Гидротурбины	Шт	9	PO-310/957-B-475
	Мощность	МВ	341	
	Диаметр рабочего колеса	М	4,75	
	Число рабочих лопастей	Шт	15	
	Число лопастей направляющего аппарата	Шт	24	
	Напор расчетный	М	230	
	Расход воды при расчетном напоре	м ³ /сек	158	
	Частота вращения	об/мин	200	
II	Генераторы	Шт	9	ПГСВФ-940/235-30
	Мощность	МВА	390	
	Коэффициент мощности	-	0.85	
	Напряжение	кВ	15,75	

Гидроэлектростанция работает в режиме энергетики. Среднемноголетняя выработка электроэнергии 13000 млн кВт/час.

4 СОСТОЯНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛОТИНЫ

4.1 Замечания по обследованию

Посещение было плотины осуществлено консультантами GIBB совместно с региональными и национальными специалистами 5 октября 1999 г.

На момент обследования горизонт воды находился на отметке 910 м.

При посещении плотины группой экспертов проекта "GEF" "Безопасность плотин и управление водохранилищами» Компонента С" не было возможности провести детальное обследование сооружений и оборудования гидроузла. Частично информация о состоянии плотины и других сооружений гидроузла была получена от обслуживающего персонала гидроузла, а частично из "Экспертного заключения о состоянии основных сооружений и оборудования Нурекской гидроэлектростанции и по проблемам ее модернизации", составленного группой специалистов АО "Институт Гидропроект" г. Москвы от 11.05.97 г.

На основе анализа полученной информации выявлено следующее:

- Наблюдения за состоянием плотины ведутся не в полном объеме и не регулярно.
- Представленные экспертам материалы по наблюдениям за фильтрационным режимом в системе Плотина - Основание указывают о стабилизации уровня и фильтрационных расходов.
- На катастрофическом водосбросе с поверхностным водозабором в середине туннеля на бетоне лотка в 2 м от правой стены имеется выбоина длиной 0,5 м, шириной 0,3 м и глубиной 0,15 м без обнажения арматуры.
- Бетонная пробка заделки строительно-транспортного туннеля, подходящего с правой стороны, размыта с обнажением арматуры:
 - в месте примыкания к лотку туннеля на глубину 0,5 м
 - в верхней части - до арматуры.
- На расстоянии 80-90 см от выходного портала обнаружена одна трещина, имеющая раскрытие на лотке от 10 до 30 мм, на стенах до 10 мм и на своде смыкающаяся. Глубина трещины на лотке достигает 500 мм.
- На катастрофическом водосбросе с глубинным водозабором:
 - на расстоянии около 100 см от выходного портала на участке туннеля длиной 12,0-15,0 м располагаются три трещины, отстоящие друг от друга на 5,0 м. Ширина трещин на лотке колеблется от 150 мм до 350 мм. Просматриваемая глубина - более 500 мм. На стенах трещины идут вертикально и наверху смыкаются.
 - Мост, соединяющий башню водоприемника с подъездной дорогой, пролетом 58 м, находится в аварийном состоянии.
 - Нет возможности осмотреть турбинные водоводы изнутри, так как до сих пор отсутствует приспособление, позволяющее производить обследование водоводов.

- Территория ОРУ 22 кВ подвергается интенсивному размыву поверхностными и грунтовыми водами. Возникают провалы в грунте глубиной 2-3 м.
- На ОРУ - 500 кВ наблюдаются просадки грунта, обусловленные изменением режима грунтовых вод.
- Селевой тракт сая "Лагерный", из-за недостроенности разрушенной плотины, не защищает сооружения гидроэлектростанции, машинное здание и подъезд к плотине, водоприемнику и водосбросам от возможного селя.
- На водохранилище и русле реки Вахш, на расстоянии нескольких сотен метров от плотины, наблюдаются обрушения берегов. В хвостовой части водохранилища идет интенсивное заиление, границы бара наносов находятся на расстоянии 35-40 км от плотины
- Вызывает тревогу состояние питающих электрокабелей, которые не выдерживают нагрузок из-за нарушения изоляции.
- У аварийно-ремонтных гусеничных затворов имело место появление трещин в опорных катках, что создавало ситуацию невозможности маневрирования затвором под нагрузкой. И хотя треснутые ролики заменены на новые, сам факт возникновения трещин в роликах говорит о ненадежности ходовых частей затвора, а в конечном счете и о самом затворе.
- Имевшаяся ранее проблема невозможности посадки на порог ремонтного затвора устранена.

4.2 Оценка результатов выполняемого мониторинга

Наружные наблюдения на основных сооружениях гидроузла проводятся в соответствии с программой натуральных наблюдений и инструкциями по производству наблюдений за фильтрацией геодезической и дистанционной КИА, утвержденных в 1982-83 гг. Кроме того, на гидроузле имеется перечень предельно допустимых показателей работы и состояния основных сооружений. Проведенное обследование состояния водоводов и оголовков по данным контрольно-измерительной аппаратуры (КИА) на сооружениях и материалов первичной обработки результатов натуральных наблюдений, составляют в табличной и графической формах. Данная информация хранится на плотине.

Состояние сооружений Нурекской ГЭС по данным предыдущих лет наблюдений(1986г) характеризуется следующими показателями (Приложение С)

- Осадки верховой и центральной секций *бетонной пробки* составили 140 мм. У низовой секции при средней осадке к концу строительства 180 мм наименьшая и наибольшая осадки противоположных угловых точек секции составляла от 85 до 280 мм. В последующем средние осадки секций увеличились всего на 20-25 мм.,
- Результаты наблюдений по глубинным реперам показали, что суммарная деформация двух нижних слоев основания (20-40 и 40-60 м) за тот же период не превысила 1,5 мм.
- Наибольшая строительная осадка ядра - в центральном сечении- составила 13,7 м, или 4,7% высоты насыпи. Наибольшее вертикальное перемещение - в средней по высоте части ядра-3 м. В центральном сечении строительная осадка верховой призмы составила 11,9 м, или 5,8% высоты насыпи, низовой

призмы - 6,5 м. или 3%; вертикальные перемещения соответственно равны 3,3-3,6 м и 2,2 м.

- Эсплуатационные осадки ядра плотины в центральном сечении к июлю 1986 г. составили: на уровне галереи 1-го яруса - 0,37 м, галереи 2-го яруса - 0,48 м, гребня - 0,63 м
- Горизонтальные перемещения вдоль потока всех зон плотины, кроме верхней части ядра, были направлены в сторону нижнего бьефа. Наибольшие перемещения ядра и низовой призмы составили к концу строительства 0,8- 0,9 м.
- Паровое давление в ядре. Абсолютный максимум парового давления в ядре 3,6 МПа был зафиксирован в конце 1979 г. После этого происходило постепенное снижение максимального значения парового давления: к концу 1982 г. - до 3 МПа, к концу 1984 г. - до 2,9, к концу 1986 г. - до 2,7 МПа.
- Избыточное паровое давление, которое может быть определено как разность изморенного и расчетного, полученного исходя из предположения о завершении консолидации, но с учетом колебания уровня верхнего бьефа, снизилось с 2,0-2,2 МПа в конце 1980 г. до 1,7 МПа к концу 1986 г.

4.3 Аварии на плотине

С момента ввода в эксплуатацию плотины аварийной ситуации не возникало.

4.4 Нормы и правила эксплуатации

Правила эксплуатации Нурекской плотины, ГЭС и водосбросных сооружений имеются. Они составлены на основании Правил Технической эксплуатации электрических станций и сетей, Минэнерго СССР г. Москва 1976 год, а также Правил использования водных ресурсов Нурекского водохранилища на реке Вахш, Ташкент, 1979 г.

4.5 Существующая система раннего оповещения и правила действий в аварийной обстановке

Система раннего оповещения отсутствует. Имеется телефонная связь общего пользования, которая позволяет вести переговоры со всеми абонентами, находящимися на магистральном канале, с районными и областными центрами. Действия обслуживающего персонала определяются приказом начальника гидроузла.

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.

В свете обзора проекта и характеристики Нурекской плотины, по результатам наблюдений относительно состояния плотины, оценки и обзора гидрологического и геологического состояния, были сделаны следующие заключения относительно безопасности плотины.

5.2 Безопасность конструкции

5.2.1 Общее

В рамках настоящего изучения не предвидится выполнение детальной оценки структурной безопасности плотины Нурекской плотины, которая в настоящее время является самой высокой плотиной в мире. Более того, та информация, которая была предоставлена МК относительно проектных критериев, характеристики материалов, проектного анализа и данные о наблюдении за работой плотины недостаточны для проведения полного обзора состояния безопасности сооружения.

Несмотря на это, МК не видят причин сомневаться в том, что плотина, в том виде, в котором оно было запроектировано, соответствует всем предполагаемым требованиям статической устойчивости.

Однако, из краткого проведенного обзора, было выведено два аспекта, которые по мнению МК должны быть всесторонне изучены, а именно:

- 1) сейсмическое проектирование, в частности ожидаемые изменения в состоянии плотины под воздействием максимального проектного землетрясения (МРЗ), как это оговаривается в разделе 5.5.
- 2) последствия при допущении поднятия уровня водохранилища выше уровня нормального полного объема (910 masl) (Отчет Всемирного Банка, Приложение 9, параграф 7.3.2)

5.2.2 Мониторинг изменений в состоянии плотины

МК не смогли произвести обзор отчетов о наблюдениях за состоянием плотины или показаний приборов, но в Отчете Всемирного Банка о посещении экспертов для проведения обзора, сделано упоминание о следующих недостатках, в частности:

- 1) функциональность инструментария (приборы) ухудшается по причине его значительного срока службы, хотя достаточное количество оборудования находится в рабочем состоянии для проведения регулярного мониторинга,
- 2) количество достаточно квалифицированного и обученного персонала, имеющегося для осуществления регулярного мониторинга, сокращается.
- 3) С 1993/94 года анализ и интерпретация показаний приборов являлась неадекватной, в частности, это касается мониторинга геодезического движения плотины;
- 4) Сейсмический мониторинг был приостановлен

5.3 Безопасность плотины при паводках

5.3.1 Рассуждения относительно вероятности превышения проектных гидрографов

Цель данного раздела заключается в обсуждении консерватизма, который имеет место в выведении проектного гидрографа в соответствии со СНИП и как, эти гидрографы сравниваются с PMF.

Водовыпускная система Нурекской плотины была спроектирована с использованием гидрографа вероятности превышения на уровне 0,1% и были проверены с использованием гидрографа 0,01%. Не предусматривался маршрут проектного гидрографа, а водовыпускные сооружения плотины были спроектированы на пропуск 0,01% пика. Существует приблизительно 5 метров резерва между уровнем полного объема (910 masl) и уровнем хребта глиняного ядра (915 masl) с приблизительным объемом $500 \cdot 10^6$ м³. Если этот объем может быть использован, объединенный эффект имеющегося объема и текущей мощности водовыпускной системы (включая турбины) создаст возможность пропускать большие объемы паводкового стока, чем уровень 0,01% превышения паводковой вероятности. Однако, есть данные о том, что (ссылка 1) для использования этого объема, будет необходимо провести дополнительные исследования, охватывая все аспекты устойчивости плотины в периоды, когда имеет место превышение уровня полного объема.

Проектные гидрографы определены посредством статистического анализа хронологических записей. Теоретическая кривая, основанная на гамма распределении из 3х параметров, соответствует показателям максимального ежегодного пикового расхода при установленных проектных пиковых расходах для различных вероятностей превышения. Показатель расхода 0,01%, который примерно на 20% выше, чем начальный показатель, требует корректировки. Корректировка сводит вероятность превышения полученного показателя до 0,005% или 1 в 20,000 лет.

Объем гидрографа также определяется посредством частотного анализа ежегодного максимума. Совпадение всех хронологических пиков и максимальных паводковых объемов выльется в то, что две переменные (пиковый расход и паводковый объем) будут полностью независимы с вероятностью превышения объединенного гидрографа равного превышению вероятности величины пикового расхода. Однако, классифицированные показатели исторических пиковых расходов не будут обязательно совпадать с классифицированными максимальными величинами. Другими словами, эти две переменные частично зависимы, что ведет к гидрографу с превышением вероятности ниже, чем превышение вероятности пикового расхода.

Во время практического отлаживания теоретической частотной кривой, рассчитывается коэффициент асимметрии C_s на основе записанных рядов ежегодного максимума. Затем этот коэффициент используется для прилаживания к соответствующей кривой. Чем выше коэффициент, тем более асимметрична теоретическая кривая, что создает более высокие показатели расходов по низкой вероятности превышения. В практике был введен дополнительный элемент консерватизма в выведении проектных расходных величин, что приводит к некоторой переоценке величины проектного расхода.

Три вышеуказанных фактора создают гидрограф проектного расхода с вероятностью превышения значительно ниже, чем 0,01% (1 в 10,000 лет).

Предполагается, что сформированная вероятность превышения проектного гидрографа будет находиться в пределах 0,001% или 1 раз в 100,000 лет. Дальнейшие изучения этих аспектов требуются для того, чтобы удостовериться в этом предположении. Если результаты подтвердят вышеуказанное предположение, можно заключить, что консерватизм, введенный при выводе результатов проектных расчетов, привел к тому, что водовыпускные сооружения плотины были рассчитаны на 1 в 100,000 лет случаев, вместо 1 в 10000 лет случаев, что, в общем, приближается к вероятности превышения PMF.

Узбекский «Гидромет» предоставляет прогнозы предполагаемых водотоков в начале влажного сезона (ранняя весна). Прогноз основан на снежных залежах в водосборных бассейнах отдельных рек. Гидромет Узбекистана в настоящее время разрабатывает методологию оценки объема снежных залежей и воды с использованием спутниковых снимков. На основании прогнозов, центральные органы власти, которые управляют работой плотины, издадут запрос на начальный уровень в водохранилище до начала сезона таяния. В экстремально влажные годы запрашиваемый первоначальный уровень может быть меньше, чем уровень полного объема. Этот механизм может создать дополнительные объемы для направления паводков, увеличивая безопасность плотины во время экстремальных паводков.

5.3.2 Факторы, которые снижают уровень безопасности плотины во время паводков.

Есть несколько факторов, которые негативно влияют на работу Нурекской плотины во время возникновения крупных паводков. Во время оценки были установлены следующие факторы:

1) Оценки экстремальных паводков, которые использовались при проектировании водовыпускных сооружений, основаны на статистическом анализе 30ти летних хронологических записей. Анализ более длинного хронологического ряда данных, учитываемых вслед за строительством плотины, позволил установить 0,01% вероятности превышения пикового расхода, с поправкой на изменение от 5400м³/с до 5700м³/с. Для того, чтобы произвести тщательную экстраполяцию случаев с вероятностью превышения в 0,1%, она должна быть основана на параметрах с записями с хронологическим рядом более 100 лет. Данного случая это не касается, поэтому экстраполяция за пределами 0,1% вероятности превышения должна считаться вышедшей за вероятный предел.

Для того, чтобы установить четкое соотношение между 0,01% вероятности превышения гидрографов расходов, разработанных в соответствии с СНИП и гидрографами экстремальных паводков, основанных на оценках PMF, по данному участку необходимо провести изучение типа PMF.

2) Проект плотины основан на попуске воды во время экстремальных паводков через комбинированный водовыпуск, состоящий из донного водовыпуска (2020м³/с), аварийного сброса (2020м³/с) и турбин (1120м³/с), всего – 5160 м³/с. Попуск воды по турбинам основывается на предположении, что все турбины находятся в исправном состоянии, энергетические линии имеют способность передавать генерируемую энергию, а центры водопотребления имеют возможность потреблять воду во время возникновения экстремальных паводков. Для того, чтобы оценить состояние безопасности плотины в случае возникновения экстремальных паводков, будет разумно предположить, что турбины не будут находится в функциональном состоянии по

причине одного из факторов, указанных выше. В этом случае, максимальная пропускная мощность водовыпуска составляет 4040 м³/с. Уровень воды в водохранилище поднимется до отметки 915,8 м на котором он будет удерживаться в течении 3 дней, чтобы пропустить 0,01% , превышая текущий максимально допустимый уровень воды в водохранилище (910 masl) в период от 8 до 9 дней.

3) В настоящей ситуации, предполагая, что расход гидрографа в 0,01% является показателем для паводка PMF, следующие уровни воды в водохранилище будут достигнуты при различных комбинациях пропускной мощности водовыпусков:

Описание сценария	Максимальный уровень водохранилища, при условии, что начальный объем находился на уровне полного объема	Начальный уровень, когда максимальный уровень не превышает уровня полного объема
Qдно+Qповерхность+Q турбина	910.90	908.7
Qb+Qs+5/9Qt	912.0	905.0
Qb+Qs	915.8	861.5
Qb+Qs (Турбины закрыты при Qi=3000)	914.6	-
Qb/2+Qs	925.5	812.0 (макс. Уровень =918.0)
Qb+Qs/2	924.5	840.0

Примечание 1: уровни водохранилища выше 915 masl превышают вершину зоны ядра плотины, а уровни выше 920masl превышают уровень хребта плотины.

Примечание 2: вышеуказанные величины были получены посредством расчета трансформации паводка при 0,01% вероятности превышения через водохранилище на основе соответствующих сценариев, кривых последовательных попусков и установленного начального уровня в водохранилище.

5.3.3 Заключение и рекомендации

Можно вывести заключение в целом, что принятые проектные процедуры в соответствии с СНИП дают сравнительно консервативные оценки крупных паводков. Вероятность превышения расчетного паводка ниже 0,01% и ожидается, что этот показатель приблизится к 0,001% (или 1 в 100000 лет).

Предположение относительно того, что турбины будут находиться в рабочем состоянии при возникновении экстремальных паводков, является оптимистичным, поэтому во время паводка 0,01%, при закрытых турбинах, уровень воды дойдет до отметки выше уровня полного объема – больше 915 masl, что далеко не безопасно. Если турбины не работают, и если будет невозможно открыть один из сегментных затворов на сооружениях водовыпуска, то вода перельется через плотину. Существует четыре независимых энергетических линии (2x500 KV и 2x220 KV) за пределами участка, которые связаны с различными центрами водопотребления, поэтому вероятно, что определенный сток через турбины всегда будет возможен.

Поэтому рекомендуется:

- 1) Провести изучение РМФ, принимая во внимание комбинированный эффект экстремального таяния снега (ледник) и экстремальных осадков (РМР).
- 2) Гидрограф РМФ будет пропускаться через водохранилище только с использованием донных водовыпусков и аварийных сбросов, начиная с уровня полного объема водохранилища; максимальные уровни воды в водохранилище должны быть определены при возникновении различных ситуаций и должна быть выполнена оценка состояния безопасности плотины при наличии таких уровней.
- 3) Адекватность существующих водовыпускных сооружений должна быть еще раз оценена на те случаи, когда один из сегментных затворов окажется неуправляемым и должны быть определены и выполнены соответствующие меры по обеспечению безопасности плотины.
- 4) Возможность того, что некоторые турбины будут находиться в рабочем состоянии при РМФ должна быть тщательно изучена посредством анализа сети энергоснабжения и вероятности одновременного отказа центров водопотребления на прием определенных объемов воды.

5.4 Условие аварийной сработки водохранилища

Сооружения, используемые для сброса паводковых объемов из водохранилища или для аварийного сброса, включают:

- 1) Поверхностный водовыпуск
2 сегментных затвора шириной 12 м, кабельного управления
2 рабочих затвора, управляемых при помощи портала подъемного крана
- 2) Глубоководные шлюзы
Одиночная труба:
1 ремонтный затвор кабельного управления
Двойная труба:
1 аварийный затвор гидравлического привода
1 сегментный затвор с гидравлическим приводом

Для МК не представилось возможности инспектировать поверхностный водовыпуск и глубоководные шлюзы, но их состояние и уровень готовности выяснялись с управляющим плотины.

Поверхностный сброс

- Поверхностный сброс находится в хорошем рабочем состоянии согласно полученной информации, но обеспокоенность заключается в состоянии кабелей сегментного затвора. Был заключен контракт о его ремонте, но в последствии он был аннулирован.
- Глубоководные шлюзы
- Отчет о посещении экспертов приложенный к Отчету Всемирного Банка определяет, что верхний ремонтный затвор находился в неисправном состоянии. Согласно же полученной информации, затвор не ремонтировался и в настоящее время находится в рабочем состоянии.

- Проблемы возникали в частности относительно рабочих затворов, на которых некоторые катки были повреждены и не было найдено соответствующей замены
- Сегментные затворы подвергались вибрации. Была получена информация о том, что ремонт может быть произведен, так как есть в наличии соответствующие ресурсы, но он так и не был начат
- Стальная облицовка повреждена; данный факт не рассматривался как представляющий угрозу.

МК осознают, что шлюзы не были опробованы на предмет их полной пропускной мощности по причине риска затопления и переполнения водохранилища в низовьях.

5.5 Безопасность в отношении землетрясений

5.5.1 Критерии в условиях сейсмичности

Предполагается, что при проектировании гидроузла учитывались параметры сейсмичности и был выполнен анализ стабильности в соответствии с советскими нормами проектирования объектов для сейсмической зоны [2]

В соответствии с советскими нормами проектирования объектов для сейсмической зоны, рассчитывается проектный коэффициент сейсмичности (k_g) для района строительства на основании шкалы интенсивности землетрясения (МСК) Коэффициенты рассчитываются на основании предположения что проектное землетрясение может происходить один раз в 500 лет. Необходимый минимальный фактор безопасности в условиях сейсмичности всегда должен быть больше единицы.

Однако современная мировая практика, основанная на рекомендациях, приведенных в Бюллетене ИКОЛД (ICOLD) 72 [1] подразумевает оценку безопасности плотины по двум репрезентативным расчетным землетрясениям, а именно:

"ОБЗ" -Оперативное базовое землетрясение)

"МРЗ" -Максимальное расчетное землетрясение

Где:

- ОБЗ или "землетрясение, не приносящее ущерба" - это такое землетрясение, которое может произойти в среднем не более одного раза за время эксплуатации сооружения (или не чаще, чем один раз в 100 лет). Во время такого землетрясения сама плотина и ее вспомогательные сооружения остаются в рабочем состоянии, но некоторые ремонтные работы могут оказаться необходимыми. Необходимый минимальный фактор безопасности в расчете на такое землетрясение всегда должен быть больше единицы.
- МРЗ или "максимальное землетрясение, не приводящее к разрушению объекта" это такое землетрясение, когда происходят самые мощные подвижки грунта, которые плотина должна выдержать без разрушения. Плотины, которые попадают в "Группу риска IV", рекомендуется проектировать на период повторения МРЗ один раз в 30 000 лет [3]. Для

такого землетрясения следует оценить смещение гребня плотины и сравнить его с допустимым превышением гребня.

Хотя безопасность плотины не оценивалась для ОБЗ и МРЗ, все же рекомендуется выполнить дополнительные инженерные работы (раздел 6.2.4) для того, чтобы оценить безопасность плотины в таких условиях.

Следует также проверить, в рамках оценки безопасности плотины, высоту сейсмической волны (сейши) в водохранилище, которая может развиваться в водохранилище во время сейсмического события, что требует повышения стандартного запаса без землетрясения.

5.5.2 Разжижение материала насыпи плотины и ее основания

Плотина построена из довольно плотных песчаников, гравия, камня и суглинка низкой проницаемости на прочном фундаменте. Потеря прочности, как в плотине, так и в фундаменте в результате сейсмических встрясок не является существенным риском.

5.6 Другие вопросы безопасности

Потребуется провести изучение ряда других аспектов в составе комплексной оценки безопасности в дополнение к уже изученным, например:

5.6.1 Уровни нижнего бьефа в низовьях

МК установили, что с самого начала существовали намерения расширить канал нижнего бьефа, но оно не было реализовано. Не совсем достаточная информация имеется в наличии относительно гидротехнических характеристик канала нижнего бьефа и изначально проектируемого канала, которая требуется для определения значительной разницы в уровнях нижнего бьефа и в частности, для установления того, не вызовет ли высокий уровень нижнего бьефа проблемы с работой турбин при высоких паводковых расходах.

5.6.2 Обеспечение доступа к сооружениям

Доступ ко всем приводам затворов осуществляется через туннели и по наземным дорогам, которые должны быть рассчитаны на беспрепятственный проезд при всех погодных условиях и не должны подвергаться риску завалов и других явлений, как, например землетрясения или экстремальные погодные условия.

Необходимо провести тщательное изучение состояния дорог и туннелей, и возможно провести работы по стабилизации пород для долгосрочной гарантии доступа по всем дорогам, ведущим к важным объектам плотины.

В заметках по визиту экспертов на Нурекское водохранилище, приложенных к Отчету Всемирного Банка (1997) уделялось внимание некоторым недостаткам в состоянии подъездных дорог, но неизвестно, были ли устранены к настоящему времени эти недостатки.

Платформа подъездного моста ведущего к водозаборному сооружению находится в опасном состоянии и требует срочного ремонта.

5.6.3 Обеспечение электроэнергии

МК понимают, что существует 4 независимых энергетических цепи, соединенных с участком (два по 220kV и два по 500kV) и нет вероятности того, что все они выйдут из строя одновременно, что повлечет за собой необходимость полного отключения электростанции. Конкретная процедура снабжения электроэнергией таких основных компонентов плотины, как приводов затворов не известна, но важно отменить необходимость обеспечения абсолютно надежного электроснабжения этих важных объектов в целях гарантии безопасности плотины. Понятно, что электроснабжение затворов осуществляется посредством замкнутой магистрали, при прокладке кабеля через туннели для проезда транспортных средств. Сохранность кабеля, проходящего на таких участках, должна быть тщательно изучена.

5.6.4 Безопасность ОРУ

Раздел 4.1 уделяет внимание проблемам эрозии и просадок грунта на ОРУ 220 и 550 кв, и в случае с ОРУ 220 кв. это относится за счет эффекта брызг потока воды из водосброса. Имея в виду то, что возможность управления экстремальным паводком зависит от использования турбин, ясно, что безопасность ОРУ взаимосвязана с безопасностью плотины, и из этого явствует, что ОРУ наиболее подвергается риску во время работы водосброса.

5.7 Анализ безопасности, выводы

5.7.1 Принципиальные моменты, вызывающие обеспокоенность

МК установили следующие принципиальные проблемы в отношении состояния безопасности плотины:

- 1) Плотина может пострадать от возможных структурных проблем, вызываемых превышением уровня водохранилища критических отметок в случае возникновения экстремальных паводков;00
- 2) Существуют серьезные недостатки в практике наблюдений за состоянием плотины
- 3) Незавершенная экскавация канала нижнего бьефа может иметь небезопасные последствия, которые должны быть оценены
- 4) Хотя сейсмическое проектирование плотины основывалось на нормах строительства в 9ти бальной зоне (шкала MSK), неизвестно, был ли проект плотины проверен на предмет возникновения землетрясения типа MDE и каковы оцененные деформации, которые могут быть им вызваны.
- 5) В то время, как на основе полученной устной информации, было определено, что глубоководные шлюзы в настоящее время находятся в рабочем состоянии, МК не уверены в том, что была продемонстрирована

их успешная функциональность в длительный период времени на полной пропускной мощности при полном объеме водохранилища.

5.7.2 Выводы о состоянии безопасности плотины

Ни время, выделенное на инспектирование участка, ни представленные данные для изучения не были достаточны для МК для того, чтобы сделать твердые выводы относительно состояния Нурекской плотины. Несмотря на это, международные эксперты не имели убедительных причин для установления того факта, что плотина не соответствует адекватным стандартам безопасности, при условии, что уровень водохранилища остается ниже отметки полного объема –910masl.

Однако, плотина подвержена опасности со стороны паводковых явлений. В этом случае состояние ее безопасности зависит от наличия сооружений для сброса паводковых вод (поверхностный сброс, глубоководные шлюзы и турбины) и существует риск того, что при экстремальных паводках водохранилище может достигнуть критического уровня. В связи с этим, необходимо осуществить оценку последствий от превышения уровня полного объема водохранилища.

Защита плотины от паводков полностью зависит от работы гидромеханического оборудования, но есть определенные сомнения относительно функциональности глубоководных шлюзов, которые не были полностью опробированы на предмет их работы при полном наполнении водохранилища. Поэтому, нет полной уверенности, в способности плотины контролировать крупные паводки.

5.7.3 Аспекты безопасности регулирования водохранилища

Необходимо признать, что водохранилище, запруживаемое плотиной, имеет огромное стратегическое значение, и что обеспечение объемов для хранения паводковых вод в пределах водохранилища гарантирует защиту от затопления, к риску которого население низовьев уже привыкло и вправе его ожидать. По этой причине, процедуры регулирования водохранилища должны быть составлены в таком виде, в котором отдается приоритет контролю паводковых попусков, а не другим коммерческим интересам. Предлагается, для того, чтобы исключить любой возможный конфликт интересов, полномочия на установление уровней наполнения воды в водохранилище до начала ежегодного сезона паводков передать комиссии по защите от паводков, состоящей из технических экспертов, которая создается независимо от структуры управления существующего руководства плотины. Такая организация создаст преимущества в предохранении настоящего руководства плотины от ответственности за неправильную работу водохранилища в случае попусков, вызванных экстремальными паводковыми условиями.

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 ИК сделать некоторые выводы относительно безопасности плотины. Эти выводы были рассмотрены в разделе 5. Сделанные выводы вместе с соображениями относительно требований необходимости организации управления аварийными ситуациями заложили основы для оценки потребности в дополнительных работах, исследованиях, строительных работах и материально-техническом обеспечении. Именно эти мероприятия необходимы для того, чтобы довести плотину до приемлемого и устойчивого стандарта безопасности. Однако следует сказать, что объем дальнейшей работы, будет уточнен по окончании когда всех исследований и работ, что позволит сделать более точные и более обоснованные выводы.

Более детальные технические условия и методология работы, на которые делается ссылка в данном разделе, приводятся в отчете, озаглавленном "Методология проекта приоритетных реабилитационных работ".

6.2 Дополнительные съемки, исследования и инспекции

6.2.1 Общие положения

Обеспечение данных для проектирования мероприятий, описанных ниже, и для уточнения выведенных заключений, требуется дополнительная информация, которая выходит за рамки полученного изучения. Эта работа описывается под заголовками:

- Наблюдения на местах
- Исследования и инспектирование на местах
- Проектно-изыскательские исследования

6.2.2 Съемки

1) Топографические исследования

Рекомендуется провести следующие изыскания на местах:

- Продольный профиль гребня плотины
- Поперечные сечения апо плотине для выверки сечения использованного при проведении строительства

2) Наблюдения за чашей водохранилища

Для обеспечения надежных данных по обновленному обзору заилиения водохранилища и его влияния на регулирование водохранилища, рекомендуется провести в ближайшее время новый обзор чаши водохранилища.

Для создания возможности изучения гидравлики русл и его влияния на горизонты нижнего бьефа, в частности, при высоких паводковых сбросах, рекомендуется провести наблюдение за руслом нижнего бьефа и речного русла по течению.

6.2.3 Исследование и инспектирование на местах

Рекомендуется провести следующие исследования и наблюдения:

- 1) Переустановка пьезометров на плотине вовлечет значительные объемы бурения. Рекомендуется, при выполнении этих работ, осуществлять тестирование на этих скважинах для проверки характеристик материала тела плотины и взятие проб для лабораторного исследования, обращая особое внимание на состояние материалов переходной зоны ядра плотины.
- 2) Инспекции

Для того, чтобы предоставить информацию, на основе которой будет возможно осуществить оценку проведения необходимого ремонта и определить потребности в оборудовании, рекомендуется осуществить детальное инспектирование плотины и произвести учет дефектов, материалов и требуемого объема ремонтных работ, что включает следующие позиции:

- ремонт верхнего крепления плотины (проведение инспектирования, когда уровень воды в водохранилище низкий)
- ремонт нижнего крепления плотины и отводных сооружений поверхностных вод
- внутренняя отделка всех отводящих туннелей, нижних и верхних участков затворов

В связи с тем что оборудование затворов играет большую роль в безопасном управлении плотины, и неопределенности в отношении состояния этого оборудования, рекомендуется провести детальное обследование опытным инженером-гидромехаником включая в том числе:

- затворы и гидравлическое эксплуатационное оборудование
- электрическая проводка и установка освещения
- стальные конструкции, (например мосты, лестницы башен затворов и платформы)

Рекомендуется провести натурные испытания каждого из затворов в контролируемых условиях, вплоть до до полного их открытия при максимальном расчетном напоре. Чтобы выполнить это, необходимо понизить уровни воды в Байпазинском водохранилище, расположенного ниже Нурека по течению реки, с целью предотвращения затопления нижерасположенной территории.

6.2.4 Дополнительные проектно-изыскательские исследования

Рекомендуется провести следующие гидрологические и проектно-изыскательские изучения:

- 1) Обзор оценки экстремальных паводковых притоков в водохранилище
- 2) Обзор процедур регулирования работы водохранилища с использованием обновленных оценок паводков и данных о заилении водохранилища и возможностях верхового откоса выдерживать накат волн при наличии обновленных данных о параметрах ветра.
- 3) Изучение безопасности последствий от превышения уровня воды в водохранилище нормального полного объема (910 masl) и разработать варианты безопасной эксплуатации водохранилища при уровне объема паводковых вод 910 и 920 masl.
- 4) Обзор сейсмичности участка и вывод оценок относительно пиковых земельных подвижек грунта при землетрясениях типа OBE и MDE и соответствующие расчетные временные данные;
- 5) Обзор статике и сейсмической устойчивости плотины на основе замеренных характеристик материалов в пласте и их потенциальный уровень разжижения, и определить участки деформации, где факторы безопасности во время сейсмических толчков меньше единицы.
- 6) Изучение состояния безопасности и потребности в расширении русла нижнего бьефа.

6.3 Строительные работы

Предварительная оценка относительно проведения необходимых строительных работ проводилась на основе оценки безопасности плотины и с использованием имеющихся данных. Окончательный объем строительных работ будет зависеть от результатов изучений, описанных выше.

1) Плотина

Несмотря на то, что плотина в целом, находится в хорошем состоянии, надо учитывать, что это очень крупное сооружение и важно обеспечить соответствующее наблюдение за его состоянием. Оборудование для проведения подобного мониторинга должно быть переустановлено, где это необходимо, включая:

- Новые пьезометры трубчатого типа и/или с электрическим приводом;
- Дополнительные электрические пьезометры (дистанционного чтения показателей) на критических участках;
- Новые уклономерные трубки на плотине
- Сеть отметок измерения деформации поверхности и закрепленные марки для точного измерения горизонтальных и вертикальных смещений.

2) Ремонт или обновление платформы, с которой осуществляется доступ к мосту, ведущего к водозаборному сооружению.

3) Электромеханическое оборудование

Безопасность плотины зависит в значительной мере от надлежащей работы гидромеханического оборудования. Все работы по необходимому ремонту, обновлению электрической проводки и т.д. должны быть осуществлены в самые короткие сроки. Необходимо также обеспечить наличие запасных частей, построить и оборудовать мастерские и резервную электрогенерирующую станцию.

4) ОРУ

Возможность управления экстремальным паводком зависит от возможности турбин пропустить паводковый расход, следовательно и надлежащей работой ОРУ. Любые мероприятия, необходимые для защиты ОРУ от нарушения нормальной работы, вызванных в результате воздействия брызг, подъема грунтовых вод, либо в других случаях должны быть незамедлительно выполнены

5) Разное

Следует также тщательно рассмотреть и другие проблемы, выявленные при проведении вышеуказанных исследований.

6.4 Оборудование и запасные детали к ним

Предварительная оценка необходимых поставок основывается на инспектировании, проведенного МК и обсуждениях с начальником участка. Была выявлена необходимость в поставках следующих позиций:

1) Пьезометры. Следует обратить внимание на установку дополнительных пьезометров электрического типа на критических участках, если они там отсутствуют.

2) Закрепленные марки и визирки, замеряющие поверхностные смещения

3) Обеспечение поставок запасных частей для гидромеханического оборудования вместе с резервным генератором и с соответствующей проводкой и строениями;

4) Замена электрической проводки в башне затвора

5) Оборудование системы раннего предупреждения и оборудование связи

6.5 План мероприятий срочного реагирования в экстремальных ситуациях

Изучение гидрографов паводков показывают, что если гидромеханическое оборудование не полностью функционирует, и турбины находятся в нерабочем состоянии, не представляется возможности контролировать все паводковые явления. По этой причине, необходимо иметь комплексный план действий в чрезвычайных ситуациях при поддержке эффективной организационной и аварийной системы.

Принимая во внимание важность плотины и потенциальные, негативные последствия для населения, проживающего в низовьях, которые проявляются в сбросе крупных объемов накопленной воды, необходимо разработать планы действий в таких ситуациях при наличии эффективной организации, аварийной и коммуникационной системы. На основании моделирования разрушения плотины и рассмотрения трансформации волны вниз по течению необходимо подготовить карты затопления с выделением зон повышенной опасности, указанием времени добегания волны и длительностью затопления. Отсчет ущерба от возможного паводка и возможных человеческих жертв, должны быть определены на основе работы проделанной выше.

Следует подготовить подробный план действий в чрезвычайных ситуациях с установлением процедур, которыми должны руководствоваться начальники участков, региональные инженеры и гражданские власти.

6.6 Приоритет работы

Меры безопасности, указанные выше, приведены в таблице 6.1, которым соответствует один из трех приоритетных уровней (I,II,III).

Предлагаемые приоритетные уровни выглядят следующим образом:

- I. высокий приоритет; работа, требующая незамедлительного выполнения
- II. средний приоритетный уровень; работа, которая должна быть выполнена в течение 3х лет
- III. низкий приоритетный уровень; необходимые мероприятия, которые должны всегда находиться под постоянным наблюдением.

Таблица 6.1: Нурекская плотина – состояние безопасности плотины

Приоритеты изучений, работ и поставок

Позиция	Строительные работы и поставки			
	Изучения и т.д.	Приоритет 1	Приоритет 2	Приоритет 3
1. Наблюдения (6.2.2)	<input type="checkbox"/>			
2. Исследования и инспектирование (6.2.3)	<input type="checkbox"/>			
3. Проектно-изыскательные исследования (6.2.4)	<input type="checkbox"/>			
4. Строительные работы (6.3) <ul style="list-style-type: none"> • Инструментарий • Гидромеханическое оборудование • Платформа моста водозаборной башни • Реконструкция ОРУ • Другой вид ремонта 		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
5. Поставки (6.4) <ul style="list-style-type: none"> • Пьезометры и оборудование по мониторингу деформаций • Резервный генератор • Оборудование раннего предупреждения и связи 		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
6. Изучение планирования действий в чрезвычайных ситуациях (6.5)	<input type="checkbox"/>			

7 ВЫВОДЫ

На основе полученной информации и инспектирования плотины, МК сделали несколько заключений относительно состояния Нурекской плотины и требуемых работ по улучшению состояния ее безопасности.

- 1) В то время, как плотина похожа, имеет прочный устой, ее состояние безопасности при воздействии паводков, полностью зависит от надлежащего функционирования гидромеханического оборудования. Способность плотины контролировать высокие паводки будет серьезно снижена, если поверхностные водовыпуски, глубоководные шлюзы или турбины не смогут способствовать сбросу паводковых вод.

Необходимо провести некоторые немаловажные ремонтные работы глубоководных шлюзов. Однако МК не могли удостовериться в том, что шлюзы были протестированы на предмет их пропускной способности при максимальном уровне водохранилища.

- 2) При некоторых паводковых явлениях существует возможность того, что вода в водохранилище поднимется на уровень, превышающий уровень нормального полного объема. В настоящее время эта ситуация считается небезопасной и требует дальнейшего изучения.
- 3) В планах регулирования работы водохранилища приоритет должен отдаваться состоянию безопасности плотины с созданием призмы регулирования паводковых вод в пределах водохранилища, нежели увеличению коммерческих прибылей от использования водохранилища

Высокий приоритет имеют следующие виды работ:

- 1) переустановка пьезометров и установка комплексной системы мониторинга деформации и утечек, и последующий, регулярный мониторинг фильтрационного давления, деформаций и утечек с четким представлением результатов, интерпретацией и анализом;
- 2) обзор процедуры регулирования паводков
- 3) создание надежных средств связи и системы раннего предупреждения населения, проживающего в низовьях в случае возникновения чрезвычайной ситуации, при поддержке эффективных систем оперативной организации и связи
- 4) создание надежных резервных генераторов по выработке электроэнергии для обеспечения функционирования затворов.
- 5) работы по обеспечению защиты ОРУ от воздействия грунтовых вод и брызг водосброса

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бюллетень ICOLD 72, 1989
2. СНиП 11-7-81, Российские нормы по строительству в зоне сейсмичности.
3. Справочник инженера "Сейсмическая опасность для гидротехнических сооружений в Соединенном Королевстве", Building Research Establishment (BRE) UK, 1991

Приложение А
НУРЕКСКАЯ ПЛОТИНА
Перечень использованных материалов

Нурекская плотина

Приложение А – Перечень использованных материалов

1. Программа Бассейна Аральского моря, 'Устойчивость плотин'
Миссия Всемирного банка, июнь 1997, Окончательный отчет
2. 'Многоцелевое развитие севера', Строительство гидроэнергетических сооружений и плотин, сентябрь 1978

Приложение Б

Метод оценки риска

ПРИЛОЖЕНИЕ Б - Метод оценки риска

– Метод оценки риска

Таблица В.1 Факторы, на основании которых строится классификация				
Емкость (10 ⁶ м ³)	Классификационные факторы			
	Высота(м)	>120 (6)	120-1 (4)	1-0.1 (2)
Эвакуация населения (Количество человек)	>45 (6)	45-30 (4)	30-15 (2)	<15 (0)
Потенциальный ущерб на нижнем бьефе	>1000 (12)	1000-100 (8)	100-1 (4)	Не следует (0)
	Большой (12)	Средний (8)	Малый (4)	Отсутствует (0)

Таблица В.2 Категория плотины	
Суммарный Классификационный фактор	Категория плотины
(0-6)	I
(7-18)	II
(19-30)	III
(31-36)	IV

Использованы рекомендации : Бюллетеня ICOLD 72

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Контрольно-измерительная аппаратура

Отчет специалиста В.Н. Пулявина (V. N.PULYAVIN)

октябрь 1999

Состояние контрольно-измерительной аппаратуры и наблюдений за сооружениями Нурекского водохранилища

Контрольно-измерительная аппаратура: Для контроля за состоянием сооружений Нурекской ГЭС выполняются: измеряются осадки и горизонтальные перемещения ядра и боковых призм, местные деформации ядра, фильтрационный режим в ядре, основании и бортах, напряжения грунта и поровое давление в ядре, температурный режим. Кроме этого проводятся наблюдения геодезическими методами за осадкой бетонной пробки, осадками и горизонтальными перемещениями смотровых галерей.

Для проведения наблюдений на плотине установлено 15 инклинометрических труб общей длиной 2400 м, около 700 датчиков различного назначения (95 датчиков напряжений грунта, 107 датчиков порового давления, 32 датчика линейных деформаций и др.), 57 двухтрубных и 50 закладных пьезометров. Основная часть дистанционной аппаратуры размещена в центральном створе на 7 ярусах. Остальные датчики установлены, главным образом, на контакте ядра с бортами или вблизи бортов.

Наблюдения за осадками основания плотины выполнялись путем нивелирования марок, установленных в соединительной и трех цементационных потернах бетонной пробки, в каждом цикле (1 раз в квартал) наблюдения проводились по 70-75 маркам.

За 20 лет с начала установки КИА в среднем вышел из строя 21% аппаратуры всех типов, наибольший процент выхода из строя у датчиков линейных деформаций.

Состояние сооружений Нурекской ГЭС по данным предыдущих лет наблюдений (1986г) характеризуется следующими показателями:

Осадки верховой и центральной секций *бетонной пробки* составили 140 мм. У низовой секции при средней осадке к концу строительства 180 мм наименьшая и наибольшая осадки противоположных угловых точек секции составляла от 85 до 280 мм. В последующем средние осадки секций увеличились всего на 20-25 мм., Результаты наблюдений по глубинным реперам показали, что суммарная деформация двух нижних слоев основания- 20-40 и 40-60 м за тот же период не превысила 1,5 мм.

Наибольшая строительная осадка ядра - в центральном сечении- составила 13,7 м, или 4,7% высоты насыпи. Наибольшее вертикальное перемещение - в средней по высоте части ядра-3 м. В центральном сечении строительная осадка верховой призмы составила 11,9 м, или 5,8% высоты насыпи, низовой призмы - 6,5 м. или 3%; вертикальные перемещения соответственно равны 3,3-3,6 м и 2,2 м. Эксплуатационные осадки ядра плотины в центральном сечении к июлю 1986 г. составили: на уровне галереи 1-го яруса - 0,37 м, галереи 2-го яруса - 0,48 м, гребня - 0,63 м

Горизонтальные перемещения вдоль потока всех зон плотины, кроме верхней части ядра, были направлены в сторону нижнего бьефа. Наибольшие перемещения ядра и низовой призмы составили к концу строительства 0,8- 0,9 м.

Абсолютный максимум парового давления в ядре 3,6 МПа был зафиксирован в конце 1979 г. После этого происходило постепенное снижение максимального значения порового давления: к концу 1982 г. - до 3 МПа, к концу 1984 г. - до 2,9, к концу 1986 г. - до 2,7 МПа. Избыточное паровое давление, которое может быть определено как разность измеренного и расчетного, полученного исходя из предположения о

завершении консолидации, но с учетом колебания уровня верхнего бьефа, снизилось с 2,0-2,2 МПа в конце 1980 г. до 1,7 МПа к концу 1986 г.

ВЫВОДЫ

- 1) По показаниям КИА, установленной в бетонной пробке, осадки основания плотины Нурекской ГЭС стабилизировались неполностью, однако увеличение их за 6 лет эксплуатации составило всего 20-25 мм; диапазон колебаний осадок 8-10 мм. Хорошо прослеживается связь осадок с уровнем верхнего бьефа. Продолжается наклон: низовой секции бетонной пробки в сторону нижнего бьефа и левого борта. Для выяснения причин этого явления необходимы дополнительные исследования.
- 2) Эксплуатационная осадка гребня плотины в центральном сечении за 6 лет составила 0,63 м, характер изменения осадок ядра во времени свидетельствует о затухании процесса. Наиболее интенсивно осадки увеличивались в нижней трети ядра - в зоне развития порового давления - и обусловлены в основном продолжающейся консолидацией ядра. Прогноз, составленный на основании экстраполяции осадок ядра во времени, показал, что стабилизированная осадка гребня в средней части плотины может достигнуть 1,5 м, а продолжительность стабилизации - 50 лет.
- 3) Горизонтальные перемещения плотины практически стабилизировались, но сохраняются сезонные колебания с амплитудой 75-90 мм.
- 4) Паровое давление в ядре продолжало интенсивно рассеиваться. К концу 1986 г. максимальное избыточное паровое давление составляло 1,7 МПа.
- 5) Результаты натурных наблюдений на плотине Нурекской ГЭС в начальный период постоянной эксплуатации свидетельствуют, что в целом состояние плотины соответствует проектным прогнозам и не вызывает опасений.

ЧЕРТЕЖИ