

# Группа экспертов по инженерно-техническим вопросам и вопросам безопасности плотины проекта Рогунской ГЭС

## Финальный отчет



Подготовлен при участии: Роджера Гилла (Руководитель группы)  
Лилианы Спасик-Грил  
Пола Мариноса  
Эцио Тодини  
Джона Гаммера  
Грегори Морриса

Дата: 28 августа, 2014 г.

## Резюме

В отчете представлена точка зрения Группы экспертов по инженерно-техническим вопросам и вопросам безопасности плотин (ГЭ ИБП или ГЭ) в отношении рекомендаций исследований по технико-экономической оценке (ИТЭО) для проекта Рогунской гидроэнергетической станции (ГЭС), в котором особое внимание обращается на характерные вопросы с точки зрения Группы экспертов. Данную точку зрения следует рассматривать в сочетании с краткими отчетами Фазы 0, Фазы 1 и Фазы II, подготовленные консультантом ИТЭО.

Первичный результат, требуемый от работы ГЭ, заключается в обеспечении соблюдения международных стандартов проектирования, анализа рисков и оценки воздействия. ГЭ обладает сильной командой с возможностью охвата вопросов, связанных с геологией, гидрологией, сейсмологией, безопасностью плотины, отложений наносов, электромеханических элементов, экономикой и политикой в области гидроэнергетики. В течение периода с апреля месяца 2011 года до июля 2014 года ГЭ посетила участок проекта, принимала участие в проведении независимых исследований на участке, встречах по рассмотрению проекта, и в аналитических исследованиях, а также участвовала в консультациях, проведенных с прибрежными странами.

Создание четкого набора критериев проектирования, на основе международных стандартов и руководящих принципов с тем, чтобы руководствоваться во всех этапах работы ИТЭО являлось основной рекомендацией Группы экспертов, предложенной ранее в мае 2011 года.

Исследования считаются всеохватывающими, скрупулезными и внимательно изучались со стороны, как Группы экспертов, так и команды Всемирного банка.

ГЭ считает, что результатом проведенных исследований стало четкое представление вопросов, связанных с геологией участка и геотехникой, и считает, что геологические условия участка плотины подходят для земляной насыпной плотины. Кроме того, на участке доступны соответствующие строительные материалы в достаточном количестве для строительства самой большой предлагаемой земляной насыпной плотины.

ГЭ подтверждает анализ Консультанта ИТЭО относительно вымывания и подъема соляного клина в районе Йонахшского разлома, который пересекает основание плотины. Меры, предложенные для смягчения воздействия вымывания и формирования полости, поддерживаются группой, так как эти меры разработаны с учетом высокого геотехнического фактора безопасности. Необходимо обеспечить работу надежной системы мониторинга в течение срока службы плотины с тем, чтобы включить меры, предложенные для корректирующих действий, которые будут осуществляться при необходимости.

ГЭ считает, что сейсмические риски в достаточной степени рассматриваются на данном этапе технико-экономического обоснования. Детерминистский анализ сейсмической опасности (ДАСО) предусматривает, что Максимальное расчётное землетрясение (МРЗ) происходящее вдоль Вахшского разлома интенсивностью 6,9 баллов (максимальная историческая величина плюс 0,5), вероятно, вызовет самое сильное максимальное ускорение грунта (МУГ) на участке Рогунской плотины. Данное МУГ оценивается в 0,71 г. Йонахшский разлом, скорее всего, вызовет сейсмические смещения в порядке от 1.3 м до 2 м.

Сейсмическая активность, вызванная водохранилищем (СВВ) и ее влияние на проект рассматривается надлежащим образом на данном этапе технико-экономического обоснования. Исследование ДАСО показывает, что СВВ, вероятно, вызовет землетрясения меньшей магнитуды, чем исторически наблюдаемые значения землетрясения максимальной магнитуды.

ГЭ признает обоснованность используемых гидрологических данных, и полученных результатов с учетом 1: 10,000 лет наводнения и Расчетного максимального наводнения (РМН).

Группа экспертов подтверждает результаты оценки эксплуатационных характеристик Рогунской ГЭС, которые указывают на то, что можно обеспечить существенное увеличение производства электроэнергии на основе предположения отсутствия изменений в текущем режиме стока вниз по течению, этим же, соблюдая условия соглашений о разделе воды на региональном уровне.

ГЭ признает, что проект, предусматривающий решение проблемы со сценарием конца срока службы, с водохранилищем заполненным отложениями наносов, является надлежащим и значительным отличием от предыдущих проектов. Тем не менее, требуется провести больше работы, чтобы определить режим управления отложениями наносов в течение срока службы проекта, и это является приоритетной задачей на стадии детального проектирования.

Значительная работа уже проделана по устройству туннелей, а также подземного помещения машинного зала. ГЭ отмечает, что:

- существенные корректировочные работы по модернизации двух существующих строительных тоннелей (СТ1 и СТ2);
- ремонтные работы необходимые для удовлетворительной стабилизации подземного помещения машинного зала и зоны "столб"-а между подземным помещением машинного и трансформаторного зала;
- важно, чтобы предлагаемые изменения к проекту ИГП СТ3 были произведены до завершения и введения в эксплуатацию СТ3.

ГЭ считает, что можно реально обеспечить стабильность подземных помещений путем проведения стабилизационных работ. ГЭ рекомендует:

- продолжить мониторинг смещений в подземных помещениях;
- провести на месте испытание предлагаемых каменных анкеров до детального проектирования.

ГЭ согласна с выбором каменно-набросного типа плотины с непроницаемой основой и с улучшениями поперечного сечения, рекомендованными Консультантом ИТЭО.

ГЭ одобряет предложенный подход к управлению паводками, связанными со строительством, отмечая, что строительство должно идти непрерывно, как только будет изменено русло реки, чтобы ограничить воздействие проекта на риск перелива через плотину.

В силу крайне сложного характера проекта и жесткого графика, Консультант ИТЭО рекомендует предпринять все усилия по тщательному выбору, на основе международных конкурсных торгов, опытных и высококвалифицированных подрядчиков для выполнения Основного контракта по осуществлению работ. Этот подход по проведению международных конкурсных торгов настоятельно поддерживается Группой экспертов.

ГЭ ИБП считает, что программой ИТЭО по проекту Рогунской ГЭС за последние три года:

- рассмотрены все вопросы на уровне технико-экономического проекта с достаточной степенью технической должной осмотрительностью;
- предложены альтернативы плотины, которые включают международные стандарты качества в проекты технико-экономического уровня;
- проведена всесторонняя оценка экономической осуществимости различных вариантов высоты плотины с использованием региональной модели

- энергетического рынка по обеспечению полностью взаимосвязанной энергетической системы Центральной Азии;
- рассмотрены технические риски проекта и рекомендован подходящий набор смягчающих мер по их эффективному решению.

Несмотря на вышесказанное, ГЭ ИБП отмечает, что все еще имеют место вопросы, которые необходимо рассмотреть на стадии детального проектирования, в первую очередь, чтобы:

- определить конфигурацию относительно оптимальной проектной мощности;
- создать эффективные механизмы для управления отложениями наносов на стадии эксплуатации проекта;
- подтвердить стабилизационные мероприятия для подземного помещения машинного зала.

ГЭ считает, что результат этих подробных оценок не повлияет на осуществимость проекта.

ГЭ подтверждает, с точки зрения безопасности плотины, важность непрерывности процесса строительства, с момента отвода русла реки. В частности, ГЭ рекомендует до начала изменения русла реки обеспечить полное финансирование тех аспектов работ, которые связаны с возведением плотины, туннелями по отводу паводков и связанных с ними установками затворов.

С технико-экономической точки зрения ГЭ ИБП поддерживает рекомендацию Консультанта по ИТЭО относительно дальнейшего детального рассмотрения альтернативы плотины НПУ 1290 м над уровнем моря, так как:

- могут быть соответствующим образом рассмотрены ключевые вопросы безопасности плотины;
- основные вопросы безопасности плотин можно решить приемлемым образом;
- с точки зрения отложения наносов, данная альтернатива обеспечивает максимальный срок службы проекта;
- в ней учитывается воздействие наносов на Нурекское водохранилище, в среднесрочной перспективе;
- она улучшит ситуацию с безопасностью связанной с экстремальным паводком на Вахшском каскаде в целом, и позволит выдержать Вероятный максимальный паводок (ВМП);
- это самая экономичная альтернатива с четкой маржей доходности и её положительные экономические показатели надежны для широкого круга сценариев.

Мы также вновь подчеркиваем, что оптимальный уровень установленной мощности пока не подтвержден.

Данное утверждение сделано с условием выполнения всех рекомендаций, предложенных Консультантом по ИТЭО в процессе оценки, в течение следующих этапов реализации проекта (в соответствии с опубликованным Резюме ИТЭО Фазы 2 и приложения А «Резюме основных рекомендаций исследований, тестов и изысканий, которые надлежит выполнить на следующих ранних стадиях Проекта»).

Кроме того, ГЭ ИБП отмечает, что решение приступить к развитию конкретной альтернативы не основано только на технико-экономических соображениях. Необходимо учесть рекомендации Оценки экологического и социального воздействия в сочетании с техническими соображениями, чтобы как минимум гарантировать принятие международной передовой практики по всем аспектам предлагаемого проекта Рогунской ГЭС.

## Содержание

<b>Резюме .....</b>	<b>1</b>
<b>Перечень сокращений и аббревиатур .....</b>	<b>5</b>
<b>1. Введение .....</b>	<b>6</b>
1.1 Краткое описание проекта Рогунской ГЭС.....	6
1.2 Исследования по технико-экономической оценке (ИТЭО) и Оценка экологического и социального воздействия (ОЭСВ).....	6
1.3 Группа экспертов по инженерно-техническим вопросам и вопросам безопасности плотины .....	7
<b>2. Основные соображения ГЭ ИБП в Оценке ИТЭО .....</b>	<b>10</b>
2.1 Критерии проектирования.....	10
2.2 Геологическая оценка .....	11
2.3 Сейсмичность характерная участку и проектирование с учетом сейсмических воздействий.....	13
2.4 Гидрология – Проектирование с учетом ВМП и возможные последствия для каскада .....	14
2.4.1 Данные.....	14
2.4.2 Важность смягчения воздействия паводков .....	15
2.4.3 Преимущества управления водными ресурсами в результате включения Рогунской ГЭС в Вахшский каскад .....	15
2.5 Отложение наносов.....	16
2.6 Фаза 0: Геологическое и геотехническое исследование соляного клина на основании плотины и водохранилища.....	19
2.7 Фаза I: Оценка существующих работ на Рогунской ГЭС .....	20
2.8 Фаза II: Варианты определения проекта .....	22
2.8.1 Определение альтернатив .....	22
2.8.2 Выбор участка и типа плотины .....	23
2.8.3 Изменение русла реки и управление паводками в ходе строительства .....	24
2.8.4 Управление экстремальным уровнем паводков .....	25
2.9 Исследования связанные с реализацией .....	25
2.10 Экономический и финансовый анализ .....	26
2.11 Оценка рисков.....	28
<b>3. Вопросы касающиеся фазы детального проектирования и реализации .....</b>	<b>28</b>
<b>4. Участие ГЭ ИБП в процессе обмена информацией с прибрежными странами и проведения консультационных встреч .....</b>	<b>30</b>
<b>5. Заключительное утверждение.....</b>	<b>30</b>

## Перечень сокращений и аббревиатур

БТ	– Барки Точик
ВБ	– Всемирный банк
ВК	– видеоконференция
ВМП	– Вероятный максимальный паводок
ГЭ	– Группа экспертов
ГЭС	– проект гидроэнергетической станции
ДАСО	– Детерминистский анализ сейсмической опасности
ИБП	– Инженерно-технические вопросы и безопасность плотины
ИГП	– Институт Гидропроект, Москва
ИГС	– Индекс геологических сил
ИТЭО	– Исследование технико-экономической оценки
гм <sup>3</sup>	– кубический гектометр (эквивалент миллиона кубометров)
МККВ	– Межгосударственная комиссия по координации водных ресурсов
мкм	– миллиард кубометров
МКТ	– Международные конкурсные торги
мнум	– метров над уровнем моря
МРЗ	– Максимальное расчетное землетрясение
МССТ	– Многослойная соединенная труба
МУГ	– Максимальное ускорение грунта
МФАМ	– Международный фонд Аральского моря
НПО	– Неправительственная организация
НПУ	– Нормальный подпорный уровень
ОАО	– Открытое акционерное общество
ОВСО	– Оценка вероятностной сейсмической опасности
ОГО	– Организация гражданского общества
ОПЛО	– Отток паводка из ледниковых озер
ОЭСВ	– Оценка экологического и социального воздействия
ПРТ	– Правительство Республики Таджикистан
ПЧС	– План готовности к чрезвычайным ситуациям
ПЭиО	– План эксплуатации и обслуживания
РАО	– Рогунское Акционерное общество
РЗЭ	– Расчетное землетрясение при эксплуатации
РЦПДЦА	– Региональный центр ООН по превентивной дипломатии для Центральной Азии
СВВ	– Сейсмическая активность, вызванная водохранилищем
ТЗ	– Техническое задание
ЭиМ	– Электрический и механический
ЭСЦА	– Энергетическая система Центральной Азии

## 1. Введение

### 1.1 Краткое описание проекта Рогунской ГЭС

Предлагаемый проект Рогунской гидроэлектростанций (ГЭС) расположен на расстоянии примерно 110 км к северу-востоку от Душанбе, столицы Таджикистана. Рогунская плотина расположена на реке Вахш, правого притока реки Амударья. Выбранный участок плотины находится на узком S-образном ущелье с крутыми склонами, на расстоянии 6,5 км от города Рогун.

Первоначальные исследования по Рогунскому проекту были начаты в 1963 году и завершились в 1978 году, и затем были пересмотрены в 1981 году, когда Нурекская плотина была введена в эксплуатацию. Нурекская плотина высотой 300 метров и надземной электростанцией, также расположена на реке Вахш на расстоянии 75 км вниз по течению Рогунской ГЭС. Первоначальные исследования для Рогунской ГЭС были проведены Ташкентским Институтом «Гидропроект», ранее известного как «Средазгидропроект», который нес ответственность за проектирование и строительство плотин в Центрально-Азиатском регионе. Этот институт являлся филиалом Московского Института «Гидропроект» (ИГП).

Первоначальный проект Рогунской ГЭС состоял из следующего: каменно-набросная плотина высотой 335 метров с ядром из глины и гребня на отметке 1300 м над уровнем моря; подземные помещения для машинного зала и трансформаторные блоки; строительные тоннели; водосбросные тоннели; и несколько километров входных тоннелей. Предлагаемая проектная мощность составляет 6х600 МВт (в совокупности 3600 МВт) с годовой выработкой электроэнергии 13,300 ГВт-ч.

Подготовительные строительные работы начались в 1976 году, в то время как строительство плотины началось в 1982 году, и продолжалось до 1991 года, когда строительство было приостановлено в связи с распадом Советского Союза и гражданской войной в Таджикистане. К 1991 году большая часть подготовительных работ на участке и около 70% постоянных подземных работ (входные тоннели, напорные водоводы, строительные и водосбросные тоннели, камер для турбин/генераторов и трансформаторов) были завершены.

В мае 1993 года, после частичного разрушения обоих строительных тоннелей, перемычка была смыта паводком.

В 2000 году ИГП было поручено подготовить технико-экономическое обоснование для строительства первоначальной Фазы I Рогунской ГЭС. В 2005/2006 г.г. измененное технико-экономическое обоснование было подготовлено компанией Lahmeyer International (по заказу компании РусАл, которая в свое время считалась потенциальным инвестором). Данный модифицированный подход не был принят Правительством Республики Таджикистан (ПРТ), и дальнейшее проектирование было проведено в 2008/2009 г.г. со стороны ИГП.

### 1.2 Исследования по технико-экономической оценке (ИТЭО) и Оценка экологического и социального воздействия (ОЭСВ)

В 2007 году правительство Таджикистана обратилось во Всемирный банк об оказании помощи в проведении Исследования по технико-экономической оценке и Оценки экологического и социального воздействия, предлагаемого Рогунской ГЭС.

Роль Всемирного банка включает в себя:

- (а) надзор за исследованиями по оценке, проводимыми Консультантом;
- (б) финансирование и управление независимыми и международными Группами экспертов;
- (в) содействие структурированному процессу проведения консультаций со всеми прибрежными странами.



Оценочные исследования сгруппированы в Исследования по технико-экономической оценке и Оценку экологического и социального воздействия (ОЭСВ). В 2011 году ПРТ выбрало международных консультантов для проведения исследований:

- ИТЭО – консорциум, состоящий из компании Coyne et Bellier (Франция)/Electroconsult (Италия)/ИРА(СК)
- ОЭСВ – компания Poугу (Швейцария).

Техническое задание (ТЗ) по ИТЭО включает *«оценку всей предыдущей работы, проделанной на сегодняшний день по проекту Рогунской ГЭС, и оценку всего Генерального плана развития реки Вахи. В отношении Рогунской ГЭС ИТЭО предусматривает оценку различных вариантов типа плотины, высоты плотины, этапов строительных работ, эксплуатацию водохранилища, а также вопросы безопасности плотин. Важно отметить, что ИТЭО предусматривает анализировать и рекомендации возможных компромиссов между технико-экономическими вопросами, и вопросами о гарантии безопасности плотины, экологических, социальных воздействий, воздействие переселения и на другие прибрежные государства»*

Работа по ИТЭО сгруппирована по четырем взаимосвязанным этапам исследования:

- Фаза 0: Геологическое и геотехническое исследование соляного клина на основании плотины и водохранилища;
- Фаза I: Оценка существующих работ на Рогунской ГЭС;
- Фаза II: Варианты определения проекта Рогунской ГЭС;

Фаза II включает рекомендации предпочтительного варианта, который необходимо в дальнейшем учесть для рассмотрения. Работа может быть продолжена после II-й фазы, результатом которой станет разработка Отчета об экономической обоснованности проекта.

ТЗ для ОЭСВ требует *«проведение работ параллельно с ИТЭО и соблюдение требований ВБ и других международных финансовых учреждений, а также обеспечение руководства политикой и правилами Всемирного банка, в дополнение к тем, которые существуют в Таджикистане»*.

### **1.3 Группа экспертов по инженерно-техническим вопросам и вопросам безопасности плотины**

С целью проведения оценочных исследований ИТЭО и ОЭСВ, описанных выше в Разделе 1.2, Всемирным банком созданы два независимых групп экспертов (ГЭ): Группа экспертов по инженерно-техническим вопросам и вопросам безопасности плотины (ГЭ ИБП) и Группа экспертов по экологическим и социальным вопросам (ГЭ ЭСВ).

Роль Группы ИБП, которая создается, координируется и финансируется ВБ, заключается в следующем:

- обеспечение комплексной проверки и соответствия международным стандартам качества;
- предоставление независимых консультаций и рекомендации для поддержки объективности и достоверности в процессе проведения оценки;
- обмен техническим опытом и знаниями.

Основным результатом работы ГЭ ИБП должно быть:

- обеспечение соответствия международным стандартам проектирования, оценки рисков и воздействий;
- обеспечение уровня доверия среди международного сообщества в отношении качества и целостности процесса оценки и заключений.

Полная версия ТЗ для ГЭ ИБП доступна на:



ГЭ ИБП было поручено задание в Апреле 2011 года, а группа состоит из следующих членов:

Роджер Гилл (РГ) (Руков.)	Эксперт в области политики гидроэнергетики и операциям
Лиана Спасик-Грил (ЛСГ)	Эксперт в области инженерной сейсмологии/инженерно-техническим вопросам/безопасности плотин
Проф. Пол Маринос (ПМ)	Эксперт в области геомеханики/инженерной геологии
Проф. Эцио Тодини (ЭТ)	Эксперт в области гидрологии (Доктор Питер Адамсон, до октября 2012 года)
Доктор Грегори Моррис (ГМ)	Эксперт по вопросам отложений наносов
Джон Гаммер (ДГ)	Эксперт в области гидромеханического и электромеханического оборудования

Профессор Эцио Тодини также является членом ГЭ ОЭСВ. Он обеспечивает преемственность между двумя ГЭ по работе, связанной с эксплуатацией водохранилища и оценке воздействий на низовье реки.

Кроме того, в мае 2013 года, за комментарием обратились к профессору Джулиан Боммер (ДБ), эксперту в области сейсмологии, относительно Предварительной оценки сейсмической опасности по Рогунскому участку.

За период с апреля 2011 по июль 2014 года, ГЭ ИБП была вовлечена в следующие мероприятия:

- поездки на участок проекта и встречи по рассмотрению проекта, проведенные в Таджикистане (см. Таблицу ниже);
- встречи по рассмотрению проекта, проведенные в Париже и в Вашингтоне (см. Таблице 2 ниже);
- рассмотрение отчетов в основном офисе (см. Раздел 2 ниже), и
- участие в консультациях с представителями прибрежных стран и вклад в отчетах о консультациях (см. Таблицу 3 ниже).

Таблица 1: Поездки на участок проекта и встречи в Таджикистане, в которых приняла участие ГЭ ИБП

Дата поездки	Место	Участвующий член ГЭ ИБП	
		Лично	Через видео или аудио конференцию
9-16 мая 2011 года	Таджикистан	РГ, ЛСГ	
1-8 августа 2011 года	Таджикистан	РГ, ЛСГ, ПМ, ПА	
сентябрь 2012 года	Таджикистан (посещение участка – независимая геологическая разведка)	ПМ	
9-14 ноября 2012 года	Таджикистан	РГ, ЛСГ	
13-21 февраля 2013 года	Таджикистан	РГ, ЛСГ, ПМ	
28 марта - 4 апреля 2013 года	Таджикистан (независимая проверка существующего ИиМ оборудования)	ДГ	
4-6 апреля 2013 года	Таджикистан (посещение участка – подземное помещение машинного зала:	РМ	

	дополнительные геологические исследования)		
16-19 декабря 2013 года	Таджикистан (1 <sup>ая</sup> встреча по вопросам ОВСО)		ЛСГ
12-14 мая 2014 года	Таджикистан (3 <sup>ья</sup> встреча по вопросам ОВСО)		ЛСГ

Таблица 2: Встречи по рассмотрению проекта в Париже и Вашингтоне, в которых участвовала ГЭ ИБП

Дата поездки	Место	Участвующий член ГЭ ИБП	
		Лично	Через видео или аудио конференцию
17-21 декабря 2012 года	Вашингтон	РГ, ЛСГ	ПМ, ЕТ
21-28 мая 2013 года	Париж	РГ, ЛСГ, ПМ, ЕТ, ГМ (в определенные часы)	
12-21 августа 2013 года	Вашингтон	РГ, ЛСГ, ЕТ (part time)	ПМ
1-4 октября 2013 года	Париж	РГ, ЛСГ, ЕТ (в определенные часы)	
18-27 ноября 2013 года	Вашингтон	РГ (в определенные часы),	ЛСГ
10-17 февраля 2014 года	Вашингтон	РГ	
10-11 марта 2014 года	Париж (2 <sup>ая</sup> встреча по вопросам ОВСО)	ЛСГ	
23-30 апреля 2014 года	Вашингтон	РГ	ЛСГ

Таблица 3: Консультации с представителями прибрежных стран с участием ГЭ ИБП

Встречи по обмену информацией и консультациям с представителями прибрежных стран Дата и место	Обсужденные отчеты / презентации ГЭ ИБП	Участвующий член ГЭ ИБП	
		Лично	Через видео или аудио конференцию
1 17-19 мая 2011 года, Алматы, Казахстан	Отчет о начальном этапе работ	РГ, ЛСГ	
2 6-7 ноября 2012 года, Алматы, Казахстан	Отчет о критериях проектирования, RP06; Геология (обзор), Гидрология (обзор)	РГ, ЛСГ, ПМ	
3 11- 12 февраля 2013 года, Алматы, Казахстан	Отсчет о гидрологии, RP07 Геологические исследования на правом берегу 2012, RP29 Исследование гидродинамического моделирования (обзор)	ЛСГ, ПМ, ЕТ	
4 17-18 и 20 <sup>го</sup> октября 2013 года, Душанбе, Таджикистан	Фаза 0 Сводный отчет, RP38 Фаза I Сводный отчет, RP39	РГ, ЛСГ	ПМ
5 14-17 июля 2014 года	Фаза II Сводный отчет, RP58	РГ, ЛСГ, ЕТ	

Алматы, Казахстан			
-------------------	--	--	--

Отчеты консультаций с представителями прибрежных стран, в том числе вклад ГЭ ИБП доступны на вебсайте ВБ: <http://www.worldbank.org/en/region/eca/brief/rogun-assessment-studies>

## 2. Основные аспекты, которые рассматривала ГЭ ИБП в Оценке ИТЭО

Учитывая, что первоначальное проектирование Рогунской ГЭС проводилось в 1970-х годах и до 1991 года около 70% подземных работ были выполнены согласно первоначальному проекту подход ГЭ ИБП заключался в том, чтобы обеспечить проведение обзора существующих работ, и новых оценок ИТЭО в соответствии с действующей международной передовой практикой, стандартами и руководящими принципами проектирования очень высоких плотин с большим объемом водохранилища.

Некоторые из соответствующих стандартов включают:

- Операционная процедура ОП 4.37 Всемирного банка по безопасности плотин;
- Различные руководящие принципы международной комиссии по большим плотинам (МКБП), а именно: Бюллетень МКБП 59; Бюллетень 82; Бюллетень 95; Бюллетень 120; Бюллетень 148, и т.д.;
- Бюро мелиорационных стандартов по проектированию плотин Соединенных Штатов.

Другим ключевым элементом подхода ГЭ является обеспечение наличия ряда критериев проектирования, исходя из указанных выше международных стандартов и руководящих принципов, которые будут использоваться для ведения исследований.

В ходе проведения исследований ГЭ тщательным образом изучала и проверяла работу Консультанта по ИТЭО, и предоставляла консультации, руководство и рекомендации по мере выявления вопросов.

В настоящем отчете представлена позиция ГЭ ИПД относительно рекомендаций по ИТЭО, и в нем подчеркиваются отличительные вопросы в оценочных исследованиях с точки зрения ГЭ. Отчет следует рассматривать с учетом Сводных отчетов Фазы 0, Фазы I и Фазы II, подготовленных Консультантом ИТЭО. Ключевые соображения Группы экспертов касаются следующих областей:

- Определение критериев проектирования;
- Геологическая оценка;
- Сейсмичность характерная участку и проектирование с учетом сейсмических воздействий;
- Гидрология;
- Отложение наносов;
- Оценочные исследования Фазы 0, Фазы I и Фазы II.

### 2.1 Критерии проектирования

Создание четкого набора критериев проектирования, на основе международных стандартов и руководящих принципов, как основы для всех этапов работы по ИТЭО было ключевой рекомендацией ГЭ ИПД, ранее предложенной в мае 2011 года.

Решающее значение имело решение разработка проекта с учетом выдерживания вероятных максимальных паводков (ВМП), чего не было учтено в проекте ИГП от 2009 года, в котором

использовалась максимальная пропускная способность для сброса паводковых расходов 1: 10 000.

Необходимо разработать систему защиты от паводков для этапа строительства, используя вероятностный подход; необходимо адаптировать допустимую вероятность в планировании строительства (время воздействия) и серьезности возможных последствий в случае паводков. ГЭ признает, что, для того, чтобы управлять гидрологическим риском в течение относительно длительного периода строительства, важно, продолжить строительные работы без значительных перерывов.

Проект должен предусматривать контролирование Максимального расчетного землетрясения (МРЗ), крупнейшее разумно предполагаемое землетрясение, которое представляется возможным в рамках известной в настоящее время или предполагаемой тектонической структуры. Это также является требованием для оценки максимально возможных смещений разломов, связанных с МРЗ, относительно разломов, пересекающих основание плотины и различные подземные сооружения, и обеспечения осуществления надлежащих мер по смягчению движения разломов.

В связи с высоким уровнем отложений наносов рекой Вахш (в порядке 100 гм<sup>3</sup> в год) в критериях проектирования признается тот факт, что ИТЭО необходимо обратить внимание на последствия отложения наносов в долгосрочной перспективе, чтобы обеспечить безопасность плотины на постоянной основе.

По мере продвижения исследований было решено, что в критерии проектирования необходимо также указать, что Рогунское водохранилище должно ослабить воздействие ВМП, чтобы обеспечить защиту от паводков на большой Нурекской плотине, а также и баланс плотин в нижнем каскаде. Максимальная пропускная способность Нурекского водохранилища для сброса паводковых расходов в настоящее время ограничивается повторяемостью паводковых периодов до 1: 10000.

**ГЭ ИБП одобряет принятие критериев проектирования**, которые были обнародованы и обсуждены в ходе 2-ых консультаций с представителями прибрежных стран, проведенных в ноябре 2012 года и которые были обновлены в 2014 году:

<http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/COUNTRIES/ECAEXT/0..contentMDK:23291624~pagePK:146736~piPK:146830~theSitePK:258599,00.html>

## 2.2 Геологическая оценка

Одним из важнейших аспектов Рогунского участка было обеспечение надежной информацией о местной геологии и геотехники. Поскольку участок частично разрабатывался в течение длительного периода времени, существовали обширные геологические данные, датированные 1978 годом. Профессор Пол Маринос из Группы экспертов работал совместно с Консультантом ИТЭО по уточнению геологической обстановки. При необходимости профессор Маринос проводил обследование участка для уточнения заключений Консультанта. Он принимал активное участие в создании программы дополнительных исследований, которые включали оценку правого берега вниз по течению от плотины, где изначально предполагалась возможность существования крупного оползня. Профессор Маринос также принимал непосредственное участие в оценке стабильности подземного помещения электростанции, где наблюдалось значительное смещение. Оценка ГЭ относительно последствий воздействия соляного клина на основании плотины и водохранилища обсуждается в разделе 2.6.

ГЭ считает, что Консультантом ИТЭО надлежащим образом задокументирована геолого-тектоническая обстановка, которая определяет условия района, где расположен участок плотины. Данная информация даёт четкое понимание причин деформирования сооружений на участке плотины, активность разломов и пластичных вторжений эвапоритовых пород

вдоль них, как соляной клин. Кроме того, она обеспечивает пониманием сейсмического режима, который сильно зависит от тектонической ползучести, которая выпускает часть потенциальной сейсмической энергии. Состояние напряжений на местах обусловлено активным сжатием тектоники по всей широте района. Дополнительные измерения напряжений на местах будут необходимы на стадии детального проектирования.

Литологический характер, последовательность и развитие в пространстве образований понятны на участке плотины. Геометрическое расположение оснований и их откос благоприятны для устойчивости опоры и грунтовой плотины. Структурный блок горной массы, где расположена плотина смещается вдоль разделяющих разломов в размере до миллиметра в год. Подъем не однороден и, вероятно, незначительные внутренние дефекты могут спровоцировать дифференциальные деформаций. Эти деформации могут быть размещены на грунтовой плотине, тем не менее, их необходимо учесть при проектировании подземных работ.

В связи с напластованием и незначительными разломами, крупные сохранившиеся стыки могут спровоцировать камнепады. Хотя эти оползни не в состоянии создать масштабную нестабильность, они могут повлиять на стабильность порталов тоннелей. По мнению ГЭ, это не является главным вопросом угрозы, и обычные меры по смягчению могут предотвратить локальную неустойчивость. Подобные случаи оползней описаны в более широком районе, но считается, что их размер или расположение не влияют на осуществимость проекта.

ГЭ считает геологические условия участка плотины соответствующими для устройства фундамента земляной плотины. ГЭ понимает, что нет сомнений в том, что толща пород везде в мире имеет низкий уровень проницаемости, однако для окончательного проектирования завесы из жидкого цемента необходимо провести анализ пространственного распределения проницаемости. На основании информации, полученной по новым скважинам правого опора, за осью плотины, очевидно, что подземный гидравлический барьер разработан внутри опоры. Необходимо предусмотреть расширение завесы внутри опор, однако оно не должно быть аномально длинным. ГЭ подчеркивает необходимость наличия завесы на обоих опорах, и дренажной схемы на выходе из него с тем, чтобы обеспечить стабильность существующих нарушенных зон.

Атипичная зона с правой стороны долины вниз по течению первоначально была интерпретирована (на ранней стадии технико-экономического обоснования в 1978 г.) как результат значительной нестабильности склона, которая в настоящее время, в основном, стабилизировалась. Данные недавнего дополнительного исследования (определенные совместно с ГЭ) и их интерпретация Консультантом ИТЭО представлены в специальном докладе, опубликованном для 3-х консультаций с представителями прибрежных стран, проведенных в феврале 2013 года. ГЭ также отдельно провела оценку очень важного случая относительно возможного старого оползня, который может повлиять на осуществимость проекта. Согласно заключению, данный район, который вызывает озабоченность, является результатом крупномасштабной тектонической деформации, и существующая обстановка не представляет риск для крупномасштабной нестабильности.

Верхние границы атипичной зоны в сторону плотины характеризуется резким поворотом, который нарушает породную массу. ГЭ обследовала эту зону, поскольку она совпадает с зоной выхода, относящейся к сооружениям проекта. ГЭ согласна с тем, что необходимо провести подробную оценку и соответствующую разработку сооружений, пересекающих эту зону на стадии детального проектирования.

Группа экспертов, в целом, согласна с оценкой Консультанта по ИТЭО относительно благоприятной водонепроницаемости водохранилища. ГЭ считает, что разлом Гулизиндон пересекающий по левой стороне зоны плотины, должен представить более низкие показатели условий проницаемости, чем те, которые предусмотрены Консультантом по ИТЭО.

Что касается геотехники района плотины, Консультант по ИТЕО заключает, что инженерно-геологические условия участка Рогунской плотины, хотя и представляют некоторые особенные трудности, не должны поставить под угрозу осуществимость проекта в случае эффективной реализации соответствующих мер по смягчению. Группа экспертов поддерживает данную оценку.

ГЭ поддерживает и подчеркивает необходимость возобновления измерений ползучести известных активных и других разломов, с помощью новой системы мониторинга. Консультант по ИТЭО определил меры для принятия на пересечении главных и второстепенных разломов в туннелях и ГЭ поддерживает эти предложения на данном этапе технико-экономического обоснования. Для со-сейсмических перемещений, которые могут возникнуть, ГЭ поддерживает попытку точно определить возможное место, где может произойти со-сейсмическое движение разлома.

ГЭ одобряет описание и оценку геологических и инженерно-геологических условий в зоне изменений, предложенных консультантом по ИТЭО: камера затворов третьего строительного тоннеля, водосбросные сооружения среднего уровня и поверхностный водосброс. В частности, разрезы на поверхности водосброса не подвержены поступательным или другим крупномасштабным структурным разломам. Относительно инженерной геологии, при земляных работах на водосбросе возникнет вопрос качества породной массы, и необходимо будет разработать склоны с учетом свойств породной массы и критерии разлома.

Обзор аспектов геологии, в том числе зоны низовья на правом берегу, был представлен в ходе вторых и третьих консультаций с представителями прибрежных стран в ноябре 2012 года и феврале 2013.

**Таким образом, ГЭ подтверждает наличие четкого понимания геологии участка и геотехники и считает, что геологические условия участка плотины подходят для устройства каменно-набросной плотины.**

## **2.3 Сейсмичность участка и проектирование с учетом сейсмических воздействий**

Предлагаемый участок Рогунской плотины и водохранилища находятся в Таджикской депрессии, которая является частью активной зоны деформации, произошедшей в результате столкновения Индийской и Евразийской тектонических плит кайнозойской эры. Сокращения земной коры между горных хребтов Памира и Тянь-Шаня является важным следствием данной Индо-Евразийской конвергенции.

Горные хребты Памира и Тянь-Шаня отмечены значительной сейсмической активностью, которая оказывает влияние на Рогунскую ГЭС. Сейсмическая активность на участке Рогунской ГЭС связана со следующими разломами:

- Глубокие разломы земной коры: Гиссарский и Вахшский;
- Региональные, внутренние разломы Таджикской депрессии: Йонахшский и Гулизинданский;
- Местные, второстепенные разломы: наиболее важными являются №.35, №.70.

Эпицентральное расстояние Гиссарского и Вахшского разломов от участка составляет 7-8 км и примерно 4 км соответственно и максимальную историческую магнитуду землетрясений 7.4 и 6.4 баллов соответственно. Йонахшский и Гулизинданский разломы, а также разломы № 35 и №70, пересекают основание плотины. В дополнение к оценке проектных ускорений, оценка сейсмических смещений, которые могут быть вызваны разломами, крайне важна для сейсмической оценки плотины и связанных с ним сооружений. Данный аспект смещения не был рассмотрен должным образом в предыдущих проектах.



Детерминистский анализ сейсмической опасности (ДАСО) был проведен Консультантом по ИТЭО с целью оценки возможного максимального наземного ускорения и движения разломов, которые могут развиваться в течении МРЗ на Рогунском участке. Данный отчет был включен в Отчет Фазы II.

Согласно прогнозам ДАСО, если вдоль Вахш разлома произойдет МРЗ магнитудой 6,9 (максимальная историческая магнитуда плюс 0,5) и на кратчайшем расстоянии к участку плотины (разрыв дистанции около 4 км), то по всей вероятности оно вызовет Максимальное ускорение грунта (МУГ) с самыми высокими показателями. Согласно расчетам показатель МУГ составит 0,71 г.

Что касается сейсмических смещений вдоль разломов, которые пересекают основание плотины, Йонахшский разлом по всей вероятности вызовет сейсмические смещения в порядке от 1,3 м до 2м. Смещения, которые могут быть вызваны второстепенными разломами №35 и №70, скорее всего, могут быть на порядок ниже, в порядке от 10 до 20см.

Сейсмическая активность, вызванная водохранилищем (СВВ), и ее влияние на проект соответствующим образом рассмотрено на данном этапе проекта. Исследование ДАСО показывает, что СВВ, скорее всего, вызовет землетрясение меньшей магнитуды, чем исторически наблюдаемая максимальная магнитуда. Это в значительной степени поддерживается наблюдениями СВВ, осуществленных до, и в течение первых 10 лет эксплуатации водохранилища Нурекской ГЭС.

Отчет ДАСО рекомендует следующее:

- необходимо также провести Детерминистский анализ сейсмической опасности (ДАСО) на стадии детального проектирования, чтобы определить уровни колебаний грунта для различной периодичности землетрясений<sup>1</sup>;
- необходимо как можно скорее провести сейсмический мониторинг для того, чтобы оценить исходную (базовую) сейсмичность до начала строительства плотины, а затем продолжить мониторинг во ходе и после строительства.

В ходе 3-х консультаций с представителями прибрежных стран в феврале 2013 года был представлен обзор по выбору и выводу параметров сейсмического проектирования.

**ГЭ принимает сейсмические параметры, определенные ДАСО, а также рекомендации, Консультанта по ИТЭО для дальнейшей работы, и считает, что сейсмические риски соответствующим образом учтены на данном этапе технико-экономического обоснования.**

## **2.4 Гидрология – Проектирование с учетом ВМП и возможные последствия для каскада**

### **2.4.1 Данные**

ГЭ одобряет использование Консультантом по ИТЭО полного набора доступных данных о ежемесячном притоке в Рогунскую ГЭС, начиная с 1932 по 2008, вместе с общими данными по отложению наносов, рассчитанных на Нурекском водохранилище, с целью оценки

---

<sup>1</sup> Хотя и не в рамках II –ой фазы исследования, проведена отдельная ДАСО для проекта с целью использования на этапе детального проектирования. Используя расчетные параметры, полученные в результате ДАСО, предварительный анализ показывает, что реакция плотины и смещения находятся в пределах параметров полученных в результате анализа.



потенциальных преимуществ гидроэнергетических и водных ресурсов Рогунского проекта, как часть Вахшского каскада водохранилищ.

Исследование паводков было проведено чтобы рассчитать 1: 10000 паводков в год и ВМП. Анализ был основан на ежедневно записываемых показателях и мгновенных максимальных расходах, суточных температур и ежемесячных/сезонных температур. Статистический анализ проводился на основе данных по реке Вахш 111-летней станции. Согласно расчетам показатели ежедневного и мгновенного пика паводков на 1: 10 000 лет составили 5690 м<sup>3</sup>/с и 5970 м<sup>3</sup>/с соответственно.

В связи с характерной особенностью паводков на реке Вахш, которые по существу, вызываются таянием снега, Консультантом предложен оригинальный подход по оценке паводков, основанный на соотношении подхода градусов в день и наблюдаемыми паводками на реке. В результате процесса максимизации показатели ежедневных и мгновенных ВМП составляют 7770 м<sup>3</sup>/с и 8160 м<sup>3</sup>/с соответственно. Результаты можно рассматривать как консервативные, поскольку отобранные показатели самые высокие в результате процесса максимизации.

Гидрологическая оценка для проекта была обнародована в ходе 3-х консультаций с представителями прибрежных стран в феврале 2013 года.

**ГЭ признает достоверность данных, используемых и полученных результатов с точки зрения 1: 10 000 лет паводков и ВМП.**

#### **2.4.2 Важность смягчения воздействия паводков**

Трансформация паводка будет осуществляться на Рогунской плотине мс НПУ 1255 или НПУ 1290 и предлагаемое регулирование паводков будет в первую очередь снижать объема притока ВМП до пикового значения оттока эквивалентной 1: 10000 лет паводков, которое использовалось в проектах всех водохранилищ и сооружений вниз по течению. Учитывая, что сегодня каскад вниз по течению может вместить объем всего лишь до 1:10000 лет паводка, строительство Рогунской ГЭС (для НПУ 1255 или НПУ 1290) увеличит безопасность нижнего каскада на данный момент, без необходимости осуществления широкомасштабных строительных работ по повышению способности сопротивления паводкам сооружений вниз по течению. Данная повышенная безопасность будет длиться в течение нескольких десятилетий, пока отложение наносов Рогунской ГЭС не снизит её расчетные характеристики.

Для альтернативы НПУ 1220 не было возможности уменьшить ВМП до пикового оттока на уровне 1:1000. Следовательно, для этой альтернативы высоты плотины, Консультант по ИТЭО рекомендует, что Нурекская плотина как минимум потребует добавления поверхностного водосброса, чтобы обеспечить её защиту от ВМП в каскаде.

Безопасность каскада также можно повысить за счет установки системы мониторинга и прогнозирования паводков, позволяющая рационально и оперативно управлять водохранилищем в реальном времени. Использование системы мониторинга и прогнозирования паводков также увеличит готовность к паводкам жителей вниз по течению.

#### **2.4.3 Преимущества управления водными ресурсами в результате включения Рогунской ГЭС в Вахшский каскад**

Рогунское водохранилище станет частью гидроэнергетического Вахшского каскада. Поэтому было проведено компьютерное моделирование функционирования каскада с целью определения возможности управлять каскадом вместе с Рогунским ГЭС таким образом,

чтобы обеспечить эффективное производство энергии за счет всего каскада в полной мере, учитывая потребности стран низовья в воде и обязательства Таджикистана по соглашениям о водном обмене между странами Центральной Азии. Основными предположениями являются следующие:

- текущий переброс 4,2 м.к.м. воды с летнего периода на зимний на Нурекском водохранилище, что представляет собой полное использование регулирующей способности Нурекского водохранилища, и предполагается, что данный объем не будет превышен при совместной эксплуатации Рогунской и Нурекской ГЭС. Таким образом, эксплуатация Рогунского водохранилища не повлечет за собой никаких изменений в режиме сезонного стока вниз по течению Нурекского водохранилища;
- В настоящее время Таджикистан в полной мере не использует свою долю воды, выделяемой в рамках региональных соглашений о разделе водных ресурсов бассейна Амударьи. Объем неиспользованной распределенной воды на реке Вахш в среднем составляет 1,2 мкм в период с 1992 по 2010 гг.. Предполагается, что в будущем доля страны будет использована в полной мере.

Имитационная модель использует полный набор ежемесячного притока в Рогун, начиная с 1932 по 2008 год, и рассматривает период заполнения Рогунского водохранилища, нормальное функционирование каскада и влияние 50 лет отложения наносов. Имитационная модель демонстрирует возможность эксплуатации Рогунской и Нурекской ГЭС и Вахшского каскада в целях эффективного производства энергии, одновременно выполняя действующие соглашения по региональному обмену воды с перебросом не более чем 4,2 мкм воды с летнего на зимний период. Кроме того, было также показано, что водохранилище можно заполнить, исключительно пользуясь разницей между выделенной долей в полном объеме для Таджикистана и текущим годовым потреблением воды в стране.

Также возможно получение дополнительных выгод от эксплуатации Рогунского/Вахшского каскада в исключительно засушливые годы в случае заключения ряда совместных региональных соглашений и принятия обязательств, таких как:

- а. эксплуатация каскада, учитывая долю воды распределяемой МККВ;
- б. ограничение удержания воды в Рогунском водохранилище в особо засушливые годы в течение периода заполнения;
- с. установление правила эксплуатации для управления Рогунским водохранилищем и Вахским каскадом в особо засушливые годы;
- д. создание на месте прозрачной системы мониторинга/прогнозирования и управления.

**Соответственно, ГЭ поддерживает результаты оценки показателей производства Рогунской ГЭС, которые показывают, что можно достичь существенного увеличения производства электроэнергии, если текущий режим стока вниз по течению не изменится, таким образом, соблюдая требования региональных соглашений о разделе воды..**

## 2.5 Отложение наносов

В начале исследований Группа экспертов признала, что управление наносов будет существенным фактором при проектировании Рогунской ГЭС и выборе альтернатив. В предыдущих конструктивных соображениях предполагалось, что приток наносов будет управляться устройством дополнительных плотин выше по течению от Рогунской ГЭС. Однако, в связи с неопределенностью по обеспечению безопасности проекта, критерии проектирования были скорректированы с тем, чтобы проект Рогунской ГЭС учитывал последствия притока наносов в течение полного срока службы на консервативные предположения недопущения в дальнейшем строительства плотин вверх по течению.

Ограниченные данные доступные по объему отложения наносов, распределения частиц и характеристик на реке Вахш послужили сдерживающим фактором в ходе проведения исследований ИТЭО. Результатом стало консервативное предположение 100 гм<sup>3</sup> наносов в реке за год (но в действительности данная цифра может колебаться до 60 гм<sup>3</sup> за год). Это предположение приемлемо для этого технико-экономического исследования, но потребует проведения дальнейшей более подробной оценки в ходе этапа проектирования и эксплуатации, как это было предложено Консультантом по ИТЭО.

Предварительные заключения относительно вариантов управления наносами изучались со следующим выводом: «управление наносами в реке Вахш не представляется возможным; в лучшем случае можно было бы отсрочить и/или ограничить их влияние на проект Рогунской ГЭС и предложить решение в конце срока эксплуатации, обеспечивая баланс наносов, когда плотина будет выведена из эксплуатации».

ГЭ поддерживает точку зрения Консультанта ИТЭО о том, что «основными задачами управления наносами являются, во-первых, гарантирование безопасности плотины во все времена, и во-вторых, гарантирование эксплуатации электростанции как можно дольше».

Полученные расчеты относительно срока службы проекта варьируются, по меньшей мере, от 115 лет в случае альтернативы самой высокой плотины (1290 м над уровнем моря), по меньшей мере, до 45 лет в случае альтернативы самой низкой плотины (1220 м над уровнем моря).

В предыдущих проектах используются исключительно тоннельные водосбросы для строительства, и для защиты от паводков в долгосрочной перспективе. ГЭ поддерживает альтернативный подход включения поверхностного водосброса, чтобы обеспечить безопасность плотины в долгосрочной перспективе.. Для обеспечения эффективности затрат строительных работ поверхностный водосброс может быть построен в несколько этапов в течение всего срока реализации проекта, и его окончательная форма позволит полностью обойти реку, и наносы, тем самым обеспечить защиту плотины. Этап конца срока реализации проекта будет включать удаление затворов поверхностных водосбросов, что в конечном итоге обеспечит разрушение водосброса и постепенную эрозию через породы в результате естественных процессов, что представляет собой «направляемый процесс эрозии». С концептуальной точки зрения это является разумной альтернативой, и, по мнению Группы экспертов скала, на правой опоре, обеспечит достаточное сопротивление, чтобы он «медленно разрушался» во избежание неожиданного высвобождения больших объемов осадка вниз по течению. ГЭ высоко ценит подход, примененный в этих исследованиях по рассмотрению сценария конца срока службы, и включения соответствующих мер безопасности плотин в проектную разработку. ГЭ считает, что это наилучшая практика в планировании гидроэнергетического проекта.

Группа экспертов тесно сотрудничает с Консультантами по ИТЭО в выработке своих соображений относительно механизмов продления срока службы проекта. Предлагается инновационное многоуровневое сооружение забора с тем, чтобы электростанция могла продолжать функционировать, по мере повышения уровня наносов значительно выше основного горизонта впускных тоннелей ГЭС. Для альтернативы 1290 м над уровнем моря наносы могут достичь впускного уровня за 60 лет (и примерно за 23 года для альтернативы 1220 м над уровнем моря), следовательно, рассмотрение путей продления срока проекта было жизненно важным. Дальнейшие проектные работы необходимы для подтверждения и оптимизирования устройства впускного сооружения, уделив особое внимание устройству затворов в таких вопросах, как: риск коррозии; уплотнение; практические аспекты эксплуатации, в том числе очистки решетки водозаборного сооружения.

По мере постепенного отложения наносов возникнет слой очень мелких осевших частиц, залегающих на донные наносы на основании водохранилища. Имеющиеся данные из Нурекского водохранилища показывают, что большая часть наносов входят в этот резервуар в виде мутных течений, которые могут переносить мелкие наносы к плотине до того, как

они оседают на дно. Этот процесс также ожидается на Рогуне, и эти осадки в конечном итоге пройдут через турбины.

Существуют два варианта для решения текущей проблемы мутности воды:

1. Использование многоуровневого пропускного сооружения, проходящего над туннелем машинного зала для отведения воды, поступающей из возвышенностей по мере поступления наносов, чтобы замедлить прохождение мелких частиц через машинный зал и, следовательно, задерживать их потенциальное эрозивное воздействие на турбины;

ИЛИ

2. Использование многоуровневого пропускного сооружения, проходящего под туннелями машинного зала для отвода мутной воды, содержащей мелкие частицы, раньше, чем они достигнут машинного зала. Такой подход может позволить задержать наносы, содержащие грубый песок и их оседание в области туннеля подачи воды в машинный зал, тем самым продлить срок службы проекта путем уменьшения наносов.

Вариант 1 был принят в качестве консервативного подхода для этого технико-экономического анализа ИТЭО, признавая риск потенциально опасных последствий эрозии для турбин вследствие притока наносов.

ГЭ отмечает, что существует также возможность расширения многоуровневого впускного сооружения ниже горизонта данного сооружения второго варианта, который является относительно низкочастотной мерой, позволяющей обеспечить гарантированную возможность, даже если он не используется, так как было бы невозможно с легкостью модифицировать подобное устройство в проекте после ввода в эксплуатацию. Это является вопросом для дальнейшего рассмотрения в ходе детального проектирования, в очередной раз подчеркивая вопрос, связанный с дизайном соответствующих затворов, упомянутых выше.

Следует отметить, что когда мелкие осевшие наносы, в конечном счете, проходят через станцию, скорее всего, будет необходима замкнутая система охлаждения для ИиМ оборудования с тем, чтобы избежать засорения охлаждающих водных фильтров.

В настоящее время считается, что мелкие наносы, осевшие в мутных течениях состоят из очень тонкой глины и глинистого ила, однако точные размеры зерен и твердость не известна. В итоге Группа экспертов, считает, что дальнейшее детальное изучение требуется до определения окончательной реализации вариантов 1 или 2. Ключевая проблема поднятая, в частности, г-ном Гаммером касается эрозионного воздействия на турбины и связанных с ними компонентов очень больших машин, которые не возможно сразу отремонтировать, если будет нанесено значительное повреждение, и он не поддерживает прохождение мелких наносов через турбины. Консультанты ИТЭО отметили эти проблемы в своем докладе, и уже это является вопросом осторожного детального проектирования. Подробная информация о составе речных отложений в реке Вахш, переносимых мутным течением теперь должна быть получена путем отбора проб из водохранилища и мутной воды из Нурекского водохранилища.

**Таким образом, ГЭ признает, что сценарий конца срока службы проекта с водохранилищем заполненным отложениями наносов является уместным и значительно отличается от предыдущих проектных решений. Тем не менее, требуется больше работы по определению режима управления наносами в течение срока службы проекта, и это является приоритетной задачей на стадии детального проектирования.**

## 2.6 Фаза 0: Геологическое и геотехническое исследование соляного клина в основании плотины и водохранилища

Геологические и геотехнические исследования Консультантом солевого клина в основании водохранилища были тщательно проанализированы ГЭ в связи со значительными последствиями, связанными с долгосрочной безопасностью плотины.

Работа Консультанта ИТЭО является всеобъемлющей и гидрогеологические условия в настоящее время хорошо изучены, где соль, залегающая только вдоль Йонахшского разлома, как предполагается, будет выдавливаться с расчетной скоростью 2,5 см в год, и перекрывается глинистым пластом. ГЭ принимает принципы и анализ Консультантом ИТЭО механизма и процесса выщелачивания и выдавливания соляного клина. Учитывая неопределенность ряда параметров, тщательно продуманный параметрический анализ входит в работу по ИТЭО. Отличия от результатов предыдущей модели ИГП не связаны с используемыми принципами, а со значениями параметров, и, как следствие, результаты более консервативны. Кроме того, два категории решающих вводных данных в значительной степени основаны на предположениях: скорости выдавливания соляного клина и глинистого пласта. Согласно мнению ГЭ скорость выталкивания более низкая, вероятно, меньше, чем 2,5 см/год и пласт защитной глины над соляным клином представляется более значительным.

Группа экспертов согласна с тем, что для решения крайне неблагоприятных условий, накладываемых наличием эвапоритового диапира в основании плотины, можно предпринять практически возможные меры по смягчению последствий. Устройство гидравлической завесы и цементация должны рассматриваться вместе. Одно покрывает возможные недостатки другого. И такие недостатки могут иметь место, даже если будут доступны более точные данные и меньше предположений при моделировании. Группа экспертов отмечает, что при анализе был использован консервативный фактор безопасности от 3 до 5.

Эти меры по смягчению последствий требуют реализация сложной системы мониторинга, которая работает непрерывно, наряду с мерами в чрезвычайных ситуациях с тем, чтобы ремонтные работы в будущем могли восстановить полную функциональность работ в случае возникновения вопросов. Предложение заключается в обеспечении повторной цементации завесы, когда плотина будет функционировать, чтобы учесть риск возможного повреждения завесы в результате выдавливания соли. То же самое относится к эффективности гидравлической завесы.

Эти три пункта: меры защиты; мониторинг; и восстановление, в случае возникновения проблемы с первоначальными мерами, будут считаться детальными вопросами проектирования.

Геологические и геотехнические исследования соляного клина, и связанные комментарии Группы экспертов будут обнародованы на 4-х консультациях с представителями прибрежных стран в октябре 2013 года.

**Таким образом, ГЭ принимает анализ Консультанта по ИТЭО относительно растворения и выдавливания соляного клина вдоль Йонахшского разлома. Предлагаемые меры по смягчению последствий, также поддерживаются, так как они были разработаны с высоким уровнем геотехнического фактора безопасности. Надежная система мониторинга должна быть задействована в полном объеме в течение срока службы плотины с тем, чтобы включить меры, предложенные для корректирующих действий, которые будут осуществляться при необходимости.**



## 2.7 Фаза I: Оценка существующих работ на Рогунской ГЭС

Цели Фазы I исследования заключались в определении полезности существующих работ для потенциального развития в будущем предлагаемого проекта, а также их соответствия для включения на постоянной основе в окончательный план проекта.

В рамках Фазы I рассматривались существующие работы:

- подземные – такие как подземные помещения для машинного зала и трансформаторов, строительные тоннели СТ1 и СТ2 и несколько других подземных сооружений;
- наземные - такие как подъездные дороги, карьеры, транспортировка материалов, строительные участки, существующее электро-механическое оборудование и общее устройство участка.

Отчет Фазы I был обнародован в сентябре 2013 года и обсужден в ходе 3-х консультаций с представителями прибрежных стран.

В целом ГЭ отмечает, что:

- **необходимо провести значительные ремонтные работы по модернизации двух существующих строительных тоннелей (СТ1 и СТ2), что было включено в смету расходов;**
- **ремонтные работы необходимы для удовлетворительной стабилизации помещения машинного зала и "опорной" зоны между машинным и трансформаторным залом;**
- **существующее электрооборудование для блоков 5 и 6 оценивается как подходящее для использования в соответствии с планом;**
- **на участке имеются соответствующие строительные материалы.**

### Строительные тоннели СТ1 и СТ2

Консультант по ИТЭО обнаружил, что:

- в своем нынешнем состоянии СТ1 и СТ2 не соответствуют техническим требованиям в отношении безопасности и готовности к эксплуатации, требуемых международно-признанными критериями и стандартами проектирования;
- в тоннелях необходимо провести значительные коррективные работы;
- особое внимание нужно будет уделить тем районам, где пересекаются разломы № 35 и № 70.

Рекомендуемые коррективные работы включают следующее:

- установка дренажных систем через обшивку тоннелей или дренажных галерей;
- укрепление сооружений путем добавления дополнительной железобетонной обшивки и полной цементации стыковых штырей;
- установка высокопрочных анкерных болтов для стабилизации туннельного лотка в некоторых отрезках;
- дополнительная цементация вдоль участков, где измерялась высокая проницаемость масса породы;
- принятие специальных мер, где тоннели пересекают разломы № 70 & № 35, с тем чтобы предусмотреть относительное движение туннельных сегментов.

**Для СТ1 и СТ2 ГЭ согласна с: проведенными оценками; применяемой методологией; и предложенными коррективными работами.** Те же коррективные работы будут необходимы для всех альтернатив высоты плотины.

### Подземный комплекс машинного и трансформаторного залов

Подземные помещения расположены в горной породе, где в глубине левого упора доминирует песчаник, но с присутствием алевролита в местах расположения Агрегатов 5 и 6. Мониторинг схождения подземного помещения машинного зала показал слабость в поведении горной породы алевролита, влияющей на стабильность зоны, отведенной для установок 5 и 6. Исследование и тестирование проводилось при непосредственном участии Группы экспертов. Стабильность подземных помещений подробно описана в Отчете Фазы I. ГЭ поддерживает заключение о прогрессирующей деформации в связи с повреждением горной породы связанной со старением существующих соединительных штырей.

Консультант по ИТЭО рекомендует осуществить меры по стабилизации подземного помещения для установок №5 и 6 до проведения любых работ по разработке грунта в этих помещениях. Меры по стабилизации включают следующее:

- установка соединительных штырей в обоих подземных помещениях выше уровня текущих работ по разработке грунта;
- усиление и стабилизации горной породы в «опорной зоне» между двумя подземными помещениями. Это будет достигнуто с помощью системы Многослойной соединенной трубы (МССТ).

ГЭ считает, что можно реально обеспечить стабильность подземных помещений в результате выполнения вышеуказанных стабилизационных работ. ГЭ рекомендует:

- продолжить мониторинг смещений подземных помещений;
- обновить численную модель с тем, чтобы учесть смещения и все новые данные тестирования;
- определить степень предлагаемых стабилизационных работ в "опорной зоне" и вместе с системой МССТ, выявить другие практические меры по укреплению "опорной зоны", включая изучение возможности применения стоек;
- предусмотреть достаточные средства на случай непредвиденных обстоятельств в смете, чтобы покрыть расходы по укрепительным мерам, которые могут быть предприняты;
- проводить на месте тестирование соединительных штырей до подробного проектирования, в том числе испытание штырей и их головок на месте пробного тестирования цементации горной массы с использованием системы МССТ.

#### Другие подземные сооружения

Консультант по ИТЭО провел оценку нескольких других подземных сооружений, в основном постоянных и временных транспортных тоннелей. В этих случаях:

- не было отмечено никаких признаков структурной неустойчивости;
- были отмечены дефекты, которые связаны с отделкой поверхности обшивки, наличие пчелиных сот в бетоне, выступающей из нее арматуры и неконтролируемый приток воды. Хотя эти недостатки должны быть устранены, в целом они не ухудшают состояние безопасности работ.

#### Строительные материалы

Четыре карьеров/карьерных участков считаются пригодными для предоставления строительных материалов. К ним относятся:

- Карьерный участок 15 (КУ15): материалы для рыхлых склонов, фильтров и заполнения бетона;
- Запасы карьерного участка Лабидара: для перехода и фильтров (первичный источник);
- Карьерный участок 17 (КУ17): для ядра плотины;
- Карьер 26 (К26): для каменной оболочки и отсыпи.



Объемы материала, необходимого даже для альтернативы самой высокой плотины доступны в карьерах/карьерных участках и связанные с ними хранилищах. Следующие вопросы рекомендованы для дальнейшего изучения на этапе детального проектирования:

- КУ 17: материал для ядра – необходимо улучшить (добавить мелкозернистый материал из другого источника (КУ21) для повышения водонепроницаемости; удаления частиц >200мм; также нужно будет уменьшить содержание влаги);
- КУ 15: необходимо разработать детальную программу выемки материала из этого карьерного участка, так как он будет затоплен на ранних стадиях строительства.

Транспортировка набережных материалов будет происходить следующим образом:

- Перемычка: с помощью грузовиков/самосвалов;
- Основная плотина: с помощью конвейерной системы (частично на открытом воздухе, а частично в туннелях);

Консультант по ИТЭО рекомендует спроектировать и установить новый конвейер, потому что существующее оборудование не может быть экономно отремонтировано.

**ГЭ поддерживает выводы и рекомендации оценки строительных материалов.**

### Существующее электро-механическое оборудование

ГЭ, в лице Джона Гаммера, провела подробный обзор существующего оборудования и пришла к следующему выводу:

- существующие установки 5 и 6 хорошо разработаны для времени, когда они были изготовлены, и не требуют серьезной модификации. Рекомендуется пересмотреть дизайн транспортеров (которые еще должны быть изготовлены) с использованием современных методов CFD, с целью повышения эффективности и производительности;
- необходимо изучить склонность к повреждению илом гидравлических каналов турбины должны быть изучены;
- общая схема и, в частности машинного зала хорошо разработаны, и никаких серьезных изменений в оборудование не предусматривается. Следует обратить внимание на меры, необходимые, чтобы избежать загрязнения маслом водных путей;
- поэтапная разработка, как это предусмотрено в первоначальной схеме является безопасным и целесообразным.

## 2.8 Фаза II: Варианты определения проекта

### 2.8.1 Определение альтернатив

В соответствии с требованиями ТЗ ИТЭО, Консультантом изучены три альтернативы нормального подпорного уровня (НПУ) и три альтернатив установленной мощности для каждого НПУ - в общей сложности девять альтернатив. Эти варианты приведены в таблице 4 ниже.

Таблица 4: Альтернативы Фазы II

	НПУ = 1220 мнум	НПУ = 1255 мнум	НПУ = 1290 мнум
<b>Высокая установленная мощность</b>	2 800 МВт	3 200 МВт	3 600 МВт
<b>Средняя установленная мощность</b>	2 400 МВт	2 800 МВт	3 200 МВт

<b>Низкая установленная мощность</b>	2 000 МВт	2 400 МВт	2800 МВт
--	-----------	-----------	----------

Для всех вариантов Консультантом рассмотрен тот же участок плотины, ось плотины и тип плотины (Смотрите раздел 2.8.2 ниже). Кроме того, было сделано предположение, что существующее подземное помещение машинного зала будет использоваться во всех альтернативах.

## 2.8.2 Выбор участка и типа плотины

### Ось плотины

Генеральный план плотины на Рогунском участке ограничен рядом факторов:

- Расположение входного портала существующих строительных тоннелей: основание плотины вверх по течению необходимо установить ниже этих водозаборов;
- Йонахшский разлом: водонепроницаемый компонент главной плотины или плотины 1 стадии не должен пересекать Йонахшский разлом, и должен быть установлен вниз по течению от него. Это требование представляет собой заключение исследования Фазы 0. Его цель заключается в ограничении порового давления градиентов и растворения соли вдоль Йонахшского разлома;
- Разлом № 35: основное ядро плотины не должно пересекать данный разлом, чтобы избежать перепада в движении и сдвиге в пределах ядра в случае сейсмического движения вдоль разлома;
- Река Обишур является ограничивающим фактором вниз по течению, так как она расположена близко к порталам туннелей вниз по течению.

Ось плотины, выбранный в первоначальном проекте ИГП отвечает всем вышеперечисленным критериям, и Консультант не внес изменения в ось плотины. Эта ось была сохранена для трех альтернатив плотины. **ГЭ согласна с этим выбором оси плотины.**

### Выбор типа плотины

Несколько типов плотин были рассмотрены Консультантом по ИТЭО:

- Земляная плотина с непроницаемым ядром;
- Бетонно-арочная плотина;
- Каменно-набросная плотина с бетонной облицовкой (КПБО);
- Плотина, уплотненная бетоном с помощью роликовых транспортеров (ПУБ);
- Арочно-гравитационная ПУБ;
- Арочная ПУБ.

Земляная плотина с непроницаемым ядром выбрана в качестве предпочтительного типа плотины на основе рельефа, доступа, доступных материалов, наличия активных разломов (Йонахш, Гулизиндон и №35), наличие соли в Йонахшском разломе, высокой сейсмичности и требований к регулярному заполнению водохранилища в ходе строительства. Этот тип плотины, также было выбран в первоначальном проекте Рогунской ГЭС. Как показано в проекте ИГП, склоны вверх и вниз по течению сохраняются. Тем не менее, Консультант по ИТЭО внес некоторые изменения в поперечном сечении (расширение каменно-набросного слоя, толщиной не менее 20 м в обоих направлениях сторон, расширение на 10 м грубых и мелких фильтров), что особенно улучшают сейсмические характеристики плотины.

Общий объем материала, необходимого для различных альтернатив, выглядит следующим образом:

- НПУ 1290 мнум – 73.6  $\text{гм}^3$
- НПУ 1255 мнум – 54.5  $\text{гм}^3$

- НПУ L 1220 мнум – 35.0 гм<sup>3</sup>

**Группа экспертов согласна с выбором земляной плотины с непроницаемым ядром, и с улучшениями в сечении, рекомендуемой Консультантом по ИТЭО.**

### **2.8.3 Изменение русла реки и управление паводками в ходе строительства**

#### **Общие требования**

Строительство плотины Рогунской ГЭС будет состоять из несколько этапов: строительство предварительной перемычки, перемычки, плотины 1-го этапа и строительство основной плотины. Следовательно, для обеспечения безопасности плотины важны вопросы отведения русла реки и управления паводками на всех этапах строительства, однако по нескольким параметрам имеются ограничения:

- гидрологические характеристики реки и график строительства;
- топография участка;
- состояние существующих строительных тоннелей СТ1 и СТ2 (см раздел 2.7);
- косейсмическое смещение вдоль Йонахшского разлома (см раздел 2.3);
- ранее заполнение водохранилища и ранняя выработка электроэнергии в ходе реализации 1-ой стадии;
- максимально допустимый гидравлический напор в строительных тоннелях (разрешено 120 м в нормальном режиме эксплуатации, 150 м допускается в экстремальных ситуациях, таких как высокий уровень паводков и землетрясения)

#### **Предлагаемые водоотводные сооружения**

Принимая во внимание вышеуказанные ограничения, несколько водоотводных сооружений были рассмотрены для различных альтернатив плотины. Они включают в себя следующие:

- восстановленные существующие строительные туннели СТ1 и СТ2;
- третий строительный туннель, СТ3;
- водосброс среднего уровня 1 и 2 (ВСУ1 и ВСУ2);
- туннели высокого уровня 1, 2 и 3 (ВУ1, ВУ 2 и ВУ 3).

#### **Стадия 1, строительство перемычки:**

На этих стадиях используются СТ1 и СТ2 (после восстановления) и модифицированный СТ3 (по правому берегу реки, как предусмотрено в проекте Института Гидропроекта) для отвода воды в ходе строительных работ по всем альтернативам плотины.

Первоначально, проект ИГП не предусматривал строительство СТ3 на стадии отвода реки. Однако, в ходе исследований ИТЭО было отмечено, что СТ3 необходим для увеличения пропускной способности существующих строительных тоннелей СТ1 и СТ2.

Расположение СТ3 в основном подтверждается Консультантом ИТЭО. Так как принятый маршрут туннеля проходит через разломы Йонахша и №35, в схему туннеля ИГП были предложены изменения, чтобы туннель мог выдержать возможные большие перемещения во время сейсмических явлений. Изменения включают толстую, железобетонную облицовку, разделенную на короткие отрезки (кольца) вдоль досягаемости участков сдвига. В случае возникновения дифференциального движения данный механизм позволит смещение колец, однако полость туннеля, останется неизменным.

Дальнейшие корректировки схемы СТ3 ИГП были предложены с тем, чтобы учесть некоторые гидравлические требования, а также восстановление облицовки туннеля и ворот.

Следует отметить, что, в 2011 году, РАО запустил строительство СТЗ в соответствии с проектом ИГП. К июлю 2012 года, когда земляные работы были приостановлены по просьбе ВБ до завершения ИТЭО и оценок ОЭСВ, около 400 м тоннеля был частично отработано. **ГЭ отмечает, что очень важно, чтобы предлагаемые изменения в проект ИГП СТЗ были выполнены до завершения и ввода в эксплуатацию СТЗ.**

#### **В ходе строительства основной плотины**

Строительные водоотводные сооружения на время строительства управляются через:

- водосброс среднего уровня 1 и 2 (ВСУ1 и ВСУ2);
- тоннели высокого уровня 1, 2 и 3 (ВУ1, ВУ 2 и ВУ 3).

Тоннели среднего и высокого уровня необходимые для каждой альтернативы:

- НПУ 1290: СУ1 и СУ2, ВУ и ВУ2
- НПУ 1255: СУ1, ВУ1, ВУ2 и ВУ3
- НПУ 1220: СУ1, ВУ1

**Таким образом, ГЭ одобряет предлагаемый подход к управлению строительными водоотводными сооружениями и отмечает, что в целях ограничения риска перелива после изменения русла реки строительство должно идти непрерывно.**

#### **2.8.4 Управление экстремальным уровнем паводков**

Несколько альтернатив водосбросных сооружений и стратегий регулирования паводков были проанализированы по трем альтернативным размерам плотин, учитывая возможность ограничить воздействие экстремальных паводков вниз по течению от Рогунской ГЭС до пикового значения паводков 1:10,000 лет, используемого для проектирования нижнего каскада. Эффективные решения найдены для альтернатив НПУ 1255 и для НПУ 1290. Для альтернативы НПУ 1220 объем водохранилища недостаточен для подавления ВМП и необходимы дополнительные сооружения для повышения потенциала каскада в регулировании паводков. Для Нурекской ГЭС рекомендуется дополнительное водосбросное сооружение в случае НПУ 1220 м н.у.м.

В частности, решение, где предусматриваются 2 тоннеля высокого уровня и один водосброс среднего уровня (необходимого для строительства), дополненные 1 поверхностным водосбросом (что важно в виду потенциального отсутствия затворов и тоннелей), может обеспечить приемлемым уровнем защиты Рогунской ГЭС с НПУ 1290 м н.у.м. от НПУ.

**ГЭ одобряет результаты и рекомендации по управлению экстремальным уровнем паводков, и подчеркивает необходимость создания системы мониторинга и прогнозирования паводков, которую необходимо задействовать до начала строительных работ.** Прогнозирование паводков особенно актуально даже на начальном этапе в силу более высокой вероятности отказа на этапе строительства: 5% в течение первых 2 лет строительства перемычки, 1% в следующие 4,5 лет стадии 1 и 0,5% в последующие 8 лет строительства основной плотины для плотины НПУ 1290 м н.у.м.

#### **2.9 Исследования, связанные с реализацией**

Консультант ИТЭО разработал детальный график строительства для каждой альтернативы высоты плотины на основе тщательной оценки методов строительства, которые могут быть практически использованы на участке. Особое внимание уделено оценке темпов размещения отсыпки плотины, которые могут быть достигнуты. Учитывая очень большие объемы материала во всех альтернативах плотины, темп размещения окажет существенное влияние на общую продолжительность проекта. Важнейший момент, которого следует отметить, это

то, что предлагаемые программы работы основаны на использовании новой техники, способной достичь высоких темпов производства, которого достаточно на участке.

Консультантом ИТЭО проведены тщательные расчеты стоимости для альтернативы самой высокой плотины, на основе которых получена смета расходов двух альтернатив плотин высотой ниже. Каждый элемент работ предусматривает средства для непредвиденных затрат. Средства на непредвиденные расходы в среднем составляют 11%, что считается приемлемым для проекта, где большая часть подземных работ уже выполнена и, как следствие, геологический риск при строительстве хорошо осознан. Эксперт, нанятый Всемирным банком, самостоятельно проверил методологию расчета и результаты. Несмотря на данный подход тщательного расчета стоимости, во время экономического анализа проведена оценка сценария сметной стоимости плюс еще 20% чтобы проверить экономическую жизнеспособность проекта.

Для эффективного выполнения работ было предложено разработать два пакета контрактов:

1. Пакет общих подготовительных работ до изменения русла реки.
2. Основной контракт работ от изменения русла реки до завершения.

В связи с очень сложным характером проекта и жестким графиком, Консультант по ИТЭО рекомендует направить все усилия на тщательный отбор, на основе международных конкурсных торгов, опытных и высококвалифицированных подрядчиков для выполнения Главного Контракта работ. **Данный подход, основанный на проведение международных конкурсных торгов, настоятельно поддерживается ГЭ.**

В связи с важностью этой высокой плотины ГЭ рекомендует наём высококвалифицированных и опытных проектировщиков и инженеров.

С целью обеспечения соблюдения стандартов качества ГЭ также рекомендует привлечь внешнего эксперта для ведения надзора за проектированием и строительно-монтажными работами.

Значительное количество рекомендаций представлены Консультантом по ИТЭО в результате проведения исследований по ТЭО. Данные рекомендации представлены в опубликованном Отчете Резюме ИТЭО Фазы 2 и приложения А «Резюме основных рекомендаций исследований, тестов и изысканий, которые надлежит выполнить на следующих ранних стадиях Проекта».

**Поддержка Группы экспертов проекта зависит от включения всех рекомендаций ИТЭО (приложение А опубликованного Отчета Резюме ИТЭО) в окончательное проектное решение.**

## 2.10 Экономический и финансовый анализ

Как отмечено в таблице 4, разработаны региональные планы расширения на основе наименее затратного производства электроэнергии для девяти возможных вариантов проектного решения Рогунской ГЭС, наряду с вариантом без учета Рогунской ГЭС. Консультант ИТЭО воспользовался амбициозным, и достаточно сложным подходом к моделированию, что потребовало разработки региональной модели энергетического рынка для создания полностью взаимосвязанной энергосистемы Центральной Азии (ЭСЦА), состоящей из Таджикистана, Кыргызстана, Узбекистана, Казахстана, Туркменистана, Пакистана и Афганистана. В рамках модели произведен количественный расчет общих затрат системы для ЭСЦА с тем, чтобы можно было бы определить наименее дорогостоящий вариант для Таджикистана. Отдельные экономические анализы были проведены для девяти вариантов проектных решений Рогунской ГЭС с использованием результатов анализа наименьших затрат.

ГЭ может сообщить, что в связи со сложностью моделирования, исходные предположения были тщательно протестированы, в частности, путем строгой критики Всемирным банком, и что срок исследования был продлен до получения модели, которая соответствующим образом отображающей текущую и прогнозируемую ситуацию в регионе.

Оценка стоимости проекта, использованная в качестве вклада в экономический анализ включает экологические и социальные расходы, помимо основных строительных затрат для каждой из альтернатив. Затраты по окружающей среде были рассчитаны Консультантом ОЭСВ, и включают прямые затраты на переселение плюс потери сельскохозяйственного производства, которые отличаются для каждой альтернативы высоты плотины.

Обширный анализ чувствительности имело большое значение для проверки надежности вклада каждой альтернативы строительства Рогунской ГЭС в разработку плана с наименьшими расходами, а также его экономической жизнеспособности. Этот анализ охватывал изменение спроса на электроэнергию, изменение капитальных затрат, изменение затрат теплового топлива, разнообразные региональные взаимосвязанности. Результаты экономического планирования и с учетом наименьших затрат свидетельствуют об очевидном предпочтении альтернативы плотины НПУ 1290. Эта альтернатива прошла дополнительную проверку по сценариям импорта газа в Таджикистан, отставания от графика, гидрологического изменения, колебания цен продажи, и задержек в экспортных продажах из Рогуна. С учетной ставкой, составляющей 10%, вариант самой высокой плотины показал особую устойчивость к широкому спектру сценариев чувствительности. В качестве примера, учитывая задачу прогнозирования затрат для крупных гидроэнергетических проектов, проект НПУ 1290 обеспечивает стабильный доход (учетная ставка- 10%) даже в случае перерасхода на 31%, в дополнение к 11% непредвиденных затрат проекта на случай чрезвычайных ситуаций.

Важно признать, что, как только Рогунская ГЭС высотой 1290 достигнет полной проектной мощности, она может удовлетворить энергетические потребности Таджикистана в зимнее время в течение около 12 лет, пока спрос в Таджикистане не вырастет настолько, что потребует дополнительный объем электроэнергии из других источников.

Экономика проекта Рогунской ГЭС подкрепляется экспортной продажей летних излишков электроэнергии, и Пакистан является весьма вероятным экспортным рынком. Экспорт и региональный обмен электроэнергией потребует развития дополнительных региональных соединительных линий передачи и ГЭ отмечает, что для этого потребуются значительное региональное сотрудничество, в случае необходимости полной реализации преимуществ Рогунской ГЭС.

### **Проектная мощность**

В то время как вариант НПУ 1290 с проектной мощностью 3200 МВт продемонстрировал самые высокие показатели с точки зрения планирования наименьших затрат и перспективы экономической чистой приведенной стоимости (ЧПС), Консультант по ИТЭО признает, что требуется дополнительный анализ, чтобы установить оптимальную проектную мощность.

ГЭ решительно поддерживает необходимость проведения такого дальнейшего анализа. Общая проектная мощность 3200 МВт подразумевает наличие шести агрегатов каждая мощностью 533,3 МВт. Тем не менее, значение шести агрегатов из 600 МВт следует рассматривать с точки зрения регулирования и восстановления системы, избыточного содержания станции и пиковой возможности в более долгосрочной перспективе. Кроме того, решение ограничить два существующих агрегатов 600 МВт до 533,3 МВт требует как экономическое, так и техническое обоснование.

### **Финансирование и безопасность плотины**



В задачу ГЭ ИБП не входит предоставление комментариев, особенно по финансовым вопросам для проекта Рогунской ГЭС. Тем не менее, с точки зрения ГЭ ключевой вопрос безопасности плотины перекрывается задачей финансирования. Как отмечалось в разделе 2.8.3, строительство защитного сооружения от паводков для проекта предполагает, что, как только будет изменено русло реки, насыпной грунт плотины будет постоянно размещаться вплоть до его завершения. Поэтому безопасность плотины будет поставлена под угрозу, если возникнет перерыв на несколько лет по любой причине во время размещения насыпного грунта. В качестве одного из средств смягчения этого риска, важно обеспечить финансирование основных работ по договору, связанных с размещением плотины, тоннелей для сброса паводковых вод и затворов, до отвода русла реки.

## Резюме

**ГЭ поддерживает рекомендацию альтернативы плотины НПУ 1290 с экономической точки зрения и решительно поддерживает необходимость дальнейшего анализа, чтобы определить предпочтительный уровень проектной мощности.**

### 2.11 Оценка рисков

Консультант по ИТЭО провел официальный анализ рисков для подтверждения ряда вопросов технического риска, связанных с проектом. Каждый риск имеет определенный набор мер по смягчению, которые предназначены для снижения остаточного риска до приемлемого уровня. ГЭ был вовлечен в части обсуждения оценки риска и провел обзор матрицы остаточного риска.

Шесть рисков все еще классифицируются как "умеренные" в ожидании реализации предлагаемого пакета смягчающих мер. Источники шести оставшихся рисков относятся к отложению наносов, сейсмичности, Йонахшскому разлому с наличием соляного клина, локально низким качеством породы, ползучести разломов и с риском слишком высокого уровня гидравлического напора на затворах гидро-тоннелей. Предполагается, что после реализации мер по смягчению последствий, эти риски будут снижены до приемлемого уровня. Тем не менее, осмотрительность будет необходима в ходе детального проектирования и этапов строительства, чтобы обеспечить достижение этого.

Экологические и социальные риски рассматривались в рамках ОЭСВ. ГЭ ИБП подтверждает, что выводы ОЭСВ необходимо рассматривать в комбинации с техническими соображениями с тем, чтобы гарантировать принятие, как минимум, международной наилучшей практики по всем аспектам предлагаемого проекта Рогунской ГЭС.

**ГЭ ИБП считает, что тщательная технико-экономическая оценка рисков проведена, и что после эффективной реализации предлагаемых мер по смягчению уровень остаточного технического риска, возможно, снизится до приемлемого уровня.**

## 3. Вопросы, касающиеся фазы детального проектирования и реализации

Консультант по ИТЭО представил основные элементы проекта уровня осуществимости, на основе международных стандартов проектирования, что удовлетворительным образом соответствует целям проекта Рогунской ГЭС.

Тем не менее, поддержка проекта Группой экспертов зависит от ВСЕХ концепций проектных решений, рекомендованных в ходе ИТЭО, которые учитываются на стадии



детального проектирования (согласно опубликованному Отчету Резюме ИТЭО Фазы 2 и приложения А «Резюме основных рекомендаций исследований, тестов и изысканий, которые надлежит выполнить на следующих ранних стадиях Проекта»).

Кроме того, следует признать, что необходимо рассмотреть и уточнить целый ряд вопросов при детальном проектировании и на стадии строительства проекта. В то время как они включены в полном объеме в рекомендациях Консультанта по ИТЭО, ГЭ отмечает следующие элементы, имеющие особое значение.

#### Детальное проектирование

- ГЭ одобряет проведение дальнейших исследований, предложенных Консультантом по ИТЭО, которые обращают внимание на следующее:
  - подробные данные о качестве горных пород и пьезометрических условиях опор;
  - границы вверх по течению атипичной зоны вниз по течению от правой стороны плотины;
  - тенденция ползучести активных разломов;
  - состояние напряжений на местах;
  - качество горной массы в подземных разработках;
  - исследование и мониторинг потенциально нестабильных зон вокруг плотины и на водохранилище;
  - геотехнические характеристики строительных материалов;
  - схема гидравлической завесы, на глубине под плотиной, а также боковая, где будет необходимо несколько дополнительных скважин для подтверждения окончательной схемы.
  - полномасштабные испытания предлагаемых укрепляющих мер до начала разработки детального плана корректирующих мер по DT1, DT2 и подземных помещений машинного и трансформаторного зала.

#### План готовности к чрезвычайным ситуациям

- Стандартный анализ прорыва плотины и связанных карт затопления необходимо включить в разработку Плана готовности к чрезвычайным ситуациям, который должен быть подготовлен до начала заполнения водохранилища.

#### Строительство

Будет необходимо:

- провести интенсивный мониторинг и обновление численной модели для подземных помещений в ходе дальнейшей выработки до конечных высот;
- убедиться о подтверждении финансирования как минимум для строительных и гидромеханических работ начиная с изменения русла до завершения плотины. Конструкция сооружений для регулирования паводков на этапе строительства предполагает, что строительство проекта будет продолжаться без значительного перерыва. Если отсутствие финансирования или другое событие приведет к существенным задержкам в завершении строительных/механических работ, в этом случае будет необходимо пересмотреть скорость наполнения и эксплуатацию водохранилища для поддержки адекватного потенциала по управлению паводками;
- обеспечить качественный контроль на уровне международных стандартов.

#### Эксплуатация

- При эксплуатации водохранилища уровень никогда не должен подниматься выше основного гребня внутри плотины;
- Объем сброс воды вниз по течению всегда должен быть в соответствии с обусловленным эксплуатационным режимом.

Таким образом, поддержка проекта Группой экспертов зависит от выполнения ВСЕХ рекомендаций Консультанта по ИТЭО, предложенных в процессе оценки в течение следующих этапов проекта.

#### 4. Участие ГЭ ИБП в процессе обмена информацией с прибрежными странами и проведения консультационных встреч

До настоящего времени, представители ГЭ ИБП приняли участие в пяти консультационных встречах с представителями прибрежных стран, как показано в таблице 3 выше, и довольны тем, что процесс консультаций позволил выявить и обсудить целый набор технических вопросов.

Представители прибрежных государств и НПО участвовали в заседаниях и комментарии, сделанные в ходе заседаний, были приведены в консультационных резюме, которые доступны общественности на веб-сайте Всемирного банка.

Группа экспертов считает, что процесс прозрачный и отмечает, что всем представителям прибрежных стран была предоставлена возможность высказать свои замечания по подготовленным документам, и что полученные комментарии были надлежащим образом рассмотрены в работе Консультанта по ИТЭО. Ключевые вопросы, которые были затронуты, сосредоточены на аспектах безопасности плотины, и на сброс воды вниз по течению при строительстве и эксплуатации. Широкий набор ответов был подготовлен в ответ на все поднятые вопросы, которые доступны на веб-сайте Всемирного банка.

#### 5. Заключительное утверждение

Группа экспертов по инженерным вопросам и вопросам безопасности плотины считает, что Исследованием технико-экономической оценки для Рогунской ГЭС за последние три года:

- рассмотрены все вопросы на уровне технико-экономического проекта с достаточной степенью технической должной осмотрительности;
- предложены альтернативы плотины, где международные стандарты качества были включены в проекты технико-экономического уровня;
- проведена всесторонняя оценка экономической жизнеспособности различных вариантов высоты плотины с использованием региональной модели энергетического рынка для полностью взаимосвязанной региональной энергетической системы;
- рассмотрены технические риски проекта и рекомендован соответствующий набор смягчающих мер для их эффективного решения.

Несмотря на вышесказанное, ГЭ ИБП отмечает, что все еще есть вопросы, требующие рассмотрения на стадии детального проектирования, в первую очередь, чтобы:

- определить конфигурацию оптимальной проектной мощности;
- оптимизировать меры для управления наносами на стадии эксплуатации проекта;
- подтвердить стабилизационные мероприятия для подземного помещения машинного зала.

По мнению ГЭ, результаты этих подробных оценок не повлияют на осуществимость проекта.

ГЭ подтверждает, с точки зрения безопасности плотины, важность того, чтобы сделать все возможное для завершения строительства плотины через непрерывный процесс, как только будет начато изменение русла реки. В частности, ГЭ рекомендует до начала отвода русла реки обеспечить полное финансирование тех аспектов работ, которые связаны с

возведением плотины, туннелями по отводу паводков и связанных с ними установками затворов.

С технико-экономической точки зрения ГЭ ИБП поддерживает рекомендацию Консультанта по ИТЭО относительно дальнейшего детального рассмотрения альтернативы плотины НПУ 1290 м над уровнем моря, так как:

- основные вопросы безопасности плотин можно приемлемым образом решить;
- с точки зрения отложения наносов, данная альтернатива обеспечивает максимальный срок службы проекта;
- в ней учитывается воздействие наносов на Нурекское водохранилище, в среднесрочной перспективе;
- она улучшит ситуацию с безопасностью связанной с экстремальным наводнением на Вахшском каскаде в целом и позволит выдержать Вероятный максимальный паводок (ВМП);
- это самая экономичная альтернатива с четкой маржей доходности и её положительные экономические показатели надежны для широкого круга сценариев.

Данное утверждение сделано при условии выполнения ВСЕХ рекомендаций, предложенных Консультантом по ИТЭО в процессе оценки, в течение следующих этапов реализации проекта (согласно опубликованному Отчету Резюме ИТЭО Фазы 2 и приложения А «Резюме основных рекомендаций исследований, тестов и изысканий, которые надлежит выполнить на следующих ранних стадиях Проекта»).

Кроме того, ГЭ ИБП отмечает, что решение приступить к развитию конкретной альтернативы не основано только на технико-экономических соображениях. Необходимо учесть рекомендации Оценки экологического и социального воздействия в сочетании с техническими соображениями, чтобы как минимум гарантировать принятие международной передовой практики по всем аспектам предлагаемого проекта Рогунской ГЭС.