



ОАХК «БАРКИ ТОЧИК»

## ИССЛЕДОВАНИЯ ТЭО ПРОЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА РОГУНСКОЙ ГЭС



**ОТЧЕТ ФАЗЫ II (ПРОЕКТ ОКОНЧАТЕЛЬНОГО ОТЧЕТА):  
ВАРИАНТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЕКТА**

**ИСПОЛНИТЕЛЬНОЕ РЕЗЮМЕ**



# ИССЛЕДОВАНИЯ ТЭО ПРОЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА РОГУНСКОЙ ГЭС

## ОТЧЕТ ФАЗЫ II (ПРОЕКТ ОКОНЧАТЕЛЬНОГО ОТЧЕТА): ВАРИАНТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЕКТА

### ИСПОЛНИТЕЛЬНОЕ РЕЗЮМЕ

Июль 2014

Отчет №. P.002378 R P64

В	07/07/2014	Финальная версия	Различными экспертами	Винсент Либод	Луи Буза
А	04/07/2014	Первое издание	Различными экспертами	Винсент Либод	Луи Буза
<b>Редакция</b>	<b>Дата</b>	<b>Тема редакции</b>	<b>Подготовлено</b>	<b>Проверено</b>	<b>Одобрено</b>

## Содержание

<b>РЕЗЮМЕ – ИТЭО ДЛЯ ФАЗЫ II</b>	<b>5</b>
<b>1 ВВЕДЕНИЕ</b>	<b>8</b>
<b>2 КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ПРОЕКТА</b>	<b>8</b>
<b>3 ПОДХОД К ВЫБОРУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ</b>	<b>9</b>
<b>4 РАССМОТРЕННЫЕ АЛЬТЕРНАТИВЫ ПРОЕКТА</b>	<b>9</b>
<b>5 ФАКТОРЫ, УЧИТЫВАЕМЫЕ ПРИ РАЗРАБОТКЕ АЛЬТЕРНАТИВ ПРОЕКТА</b>	<b>10</b>
5.1 Природные условия	10
5.1.1 Геология и соляной клин	10
5.1.2 Сейсмичность	10
5.1.3 Гидрология	11
5.1.4 Седиментация	11
5.2 Существующие сооружения и оборудование	12
5.3 Заполнение и эксплуатация водохранилища	12
5.4 Экологические и социальные воздействия	13
5.5 Прогноз спроса на электроэнергию	13
<b>6 ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЛЬТЕРНАТИВ ПРОЕКТА</b>	<b>14</b>
6.1 Отбор створа плотины, ее типа и оси	14
6.1.1 Створ плотины	14
6.1.2 Тип плотины	14
6.1.3 Ось плотины	15
6.2 Проект плотины	15
6.3 Машинный зал	16
6.4 Управление паводками	17
6.5 Этапы строительства	18
6.6 График выполнения и организационная работа	19
6.7 Концепция ранней выработки	19
6.8 Выработка электроэнергии и дата ввода в эксплуатацию	20
6.9 Инвестиционные расходы	21
6.10 Срок службы проекта	21
<b>7 ОЦЕНКА АЛЬТЕРНАТИВ ПРОЕКТА</b>	<b>22</b>
7.1 Техническая оценка с точки зрения безопасности	22
7.2 Экономическая оценка	22

7.2.1	Региональный план выработки электроэнергии при наименьших затратах	22
7.2.2	Экономический анализ	23
7.2.3	Основные предположения	24
7.2.4	Основная чувствительность	25
7.2.5	Результаты увеличения выработки при наименьших затратах	25
7.2.6	Результаты экономического анализа	27
7.2.7	Дополнительные анализы чувствительности	27
7.2.8	Заключения экономической оценки	28
7.3	<b>ДРУГИЕ СООБРАЖЕНИЯ</b>	<b>28</b>
7.3.1	Срок службы и экономический анализ	28
7.3.2	Устойчивость и долгосрочное управление	29
7.3.3	Возможности для сотрудничества по эксплуатации	29
7.3.4	Безопасность от экстремальных паводков на Вахшском каскаде	30
7.3.5	Изменение климата и исключение выбросов углерода	30
7.3.6	Установленная мощность и максимальная нагрузка	30
7.3.7	Финансовый анализ и финансирование	31
7.4	<b>УПРАВЛЕНИЕ РИСКОМ</b>	<b>31</b>
<b>8</b>	<b>ЗАКЛЮЧЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИЯ</b>	<b>32</b>

## Рисунки

---

Рисунок 1: Плотина – Продольный разрез .....	16
Рисунок 2: Альтернатива 1290 – Сооружения для управления паводками .....	18

## Таблицы

---

Таблица 1: График осуществления – Основные данные 1 – время от предшествующего контракта (в месяцах) .....	19
Таблица 2: Выработка электроэнергии во время строительства для всех альтернатив плотины .....	20
Таблица 3: Среднегодовая энергия – Альтернатива плотины НПУ 1290 мнум .....	20
Таблица 4: Среднегодовая энергия – Альтернатива плотины НПУ 1255 мнум .....	20
Таблица 5: Среднегодовая энергия – Альтернатива плотины НПУ 1220 мнум .....	21
Таблица 6: Предполагаемый предельный срок службы Рогунского водохранилища .....	21
Таблица 7: чистая стоимость и экономия ОСЗ путем чувствительности @ 10% .....	26
Таблица 8: ЧПС @ 10% различных альтернатив Рогунской плотины по всем чувствительностям .....	27

## РЕЗЮМЕ – ИТЭО ДЛЯ ФАЗЫ II

### КРАТКИЙ ОБЗОР

Исследование технико-экономического обоснования (ИТЭО) для проекта Рогунской ГЭС была проведена консорциумом Coyne et Bellier, Франция, Electroconsult, Италия и IPA, Соединенное королевство. Отдельно, но параллельно к тому была разработана Оценка экологического и социального воздействия (ОЭСВ) другим консультантом (Poergy Energy Ltd., Швейцария).

Строительство Рогунской гидроэлектростанции (Рогунская ГЭС) началось в 1980 году, и позже было прервано политическими изменениями в результате обретения независимости Таджикистана. Строительство возобновилось в 2008 году, но лишь с 2012 года начали проводиться ремонтно-восстановительные работы для обеспечения безопасности, в ожидании завершения оценочных исследований.

ИТЭО проводилась в три фазы. Фаза 0 представляет собой оценку потенциального воздействия соляного клина, существующего на створе Рогунской ГЭС. Был сделан вывод о том, что такое воздействие можно устранить с помощью соответствующих смягчающих мер для обеспечения долгосрочной безопасности предлагаемой плотины. Фаза I представляет собой оценку всей предыдущей работы, проведенной на створе Рогунской ГЭС. Было заключено, что при осуществлении указанных коррективных мер, существующие сооружения и оборудование будут пригодными для использования в рамках проекта.

Фаза II представляет собой технико-экономическую оценку различных альтернатив Рогунской ГЭС. Изучались три альтернатива нормального подпорного уровня (НПУ): НПУ 1290 м.н.у.м., 1255 м.н.у.м. и 1220 м.н.у.м. Эти альтернативы соответствуют высотам плотины 335 м, 300 м и 265 м соответственно. Три установленные мощности изучались для каждого НПУ, что привело к девяти альтернативам Рогунской ГЭС, которые изучались.

Проекты предлагаемых альтернатив были разработаны на основе критериев проектирования в соответствии с действующей международной практикой для такого типа плотин, принимая во внимание характерные особенности предлагаемого створа Рогунской ГЭС. Предположения по поводу наполнения водохранилища и последующей эксплуатации проекта соответствуют существующим соглашениям и практике распределения воды на реке Вахш. Принимая во внимание продолжительный период строительства всех альтернатив, была утверждена концепция раннего заполнения и ранней выработки электроэнергии для всех альтернатив. Были подготовлены подробные оценки затрат (включая социальные и экологические) и графики выполнения для каждой альтернативы.

Выводы технической оценки следующие:

- Створ соответствует требованиям для предложенной плотины.
- Каменно-насыпная плотина с центральным непроницаемым ядром является самым подходящим типом плотины для створа Рогунской ГЭС.
- Все три альтернативы плотины могут безопасно выдержать максимальное ускорение грунта, которое соответствует максимальному расчетному землетрясению (МРЗ).
- Качество имеющихся гидрологических данных оценивалось как приемлемое для учета при проведении оценки расчетных паводков, и моделирования эксплуатации водохранилища, а также будущего производства электроэнергии.



- Все альтернативы можно построить с учетом безопасного выдерживания расчетных паводков на различных фазах строительства и экстремальных паводков во время строительства; две самые высокие альтернативы плотины также могут смягчить вероятный максимальный паводок для защиты Нурекской плотины и оставшейся части Вахшского каскада.
- Река Вахш переносит большой объем наносов и Рогунское водохранилище в итоге будет заполнено наносами; расчетный срок службы различных высот плотины варьируется от 115 лет для самой высокой альтернативы плотины до 45 лет для самого низкого альтернатива плотины. Была разработана специальная стратегия конца срока службы для обеспечения безопасности плотины для всех альтернатив плотины.

На основе этой технической оценки консультант заключил, что при условии выполнения указанных корректировок в дизайне проекта и осуществления определенных мер по смягчению и мониторингу можно построить любую из альтернатив проекта Рогунской ГЭС и эксплуатировать на створе Рогунской ГЭС в рамках международных норм безопасности.

Был разработан подробный реестр рисков для проекта для тщательного определения потенциальных будущих рисков для всех альтернатив, если проект будет осуществляться. Было выявлено, что все альтернативы проекта имеют одинаковый перечень рисков.

Проводились подробные экономические анализы для различных альтернатив проекта, которые сравнивались со сценариями без проекта. Среди них были следующие:

- Подготовка подробного анализа будущего спроса на электроэнергию в Таджикистане.
- Разработка регионального плана увеличения выработки электроэнергии при наименьших затратах для каждого из девяти альтернатив Рогунской ГЭС а также для альтернатив без Рогунской ГЭС.
- Оценка экономической выгоды каждого альтернатива с учетом воздействия на приведенную стоимость общих системных затрат в Таджикистане, и таким образом определяя альтернатив с наименьшими затратами для Таджикистана.
- Подготовка отдельных экономических анализов для различных альтернатив относительно их чистой приведенной стоимости и экономической внутренней нормы доходности ("EIRR").
- Проведение большого количества анализов чувствительности с целью оценки надежности результатов.

Экономическая оценка показывает экономическую целесообразность всех альтернатив Рогунской ГЭС в рамках широкого диапазона предположений. Альтернатив НПУ 1290 м.н.у.м. с установленной мощностью в 3200 МВт показывает самую высокую экономию общих системных затрат и самую высокую чистую приведенную стоимость экономической выгоды.

Подводя итог вышесказанному, самая высокая плотина (НПУ 1290):

- Может быть построена и эксплуатироваться на створе Рогунской ГЭС в рамках международных норм безопасности;

- Имеет самый долгий срок эксплуатации, и таким образом гарантирует производство электроэнергии при низких затратах на самый долгий период для энергетической системы Таджикистана;
- Может в достаточной мере смягчить вероятный максимальный паводок (ВМП) для защиты всего Вахшского каскада в течение около 100 лет;
- Даст возможность замедления процесса отложения наносов в Нурекском водохранилище и воздействия этих отложений на выработку электроэнергии по всему каскаду;
- Предоставит максимальный потенциал для увеличения потока в засушливые годы для прибрежных стран низовья;
- Является частью плана увеличения выработки электроэнергии при наименьших затратах для Таджикистана по отношению к другим альтернативам Рогунской ГЭС, а также альтернативам без Рогуна; и
- Предоставляет самую высокую чистую приведенную стоимость экономических выгод.

На основе вышеприведенной оценки консультант рекомендовал остановиться на альтернативе Рогуна 1290 НПУ для дальнейшего подробного изучения. Принимая во внимание тот факт, что экономические результаты, предоставляемые различными установленными мощностями относительно одинаковы, на этапе детального проектирования рекомендуется глубже изучить оптимизацию установленной мощности.



## 1 ВВЕДЕНИЕ

Этот раздел является исполнительным резюме оценки, проведенной консультантом в рамках исследования технико-экономического обоснования (ИТЭО) Фазы II для Рогунского проекта. Консультант ИТЭО состоит из консорциума Coyne et Bellier, Франция, Electroconsult, Италия и IPA, Соединенное королевство.

Отдельно, но параллельно к тому была разработана Оценка экологического и социального воздействия (ОЭСВ) другим консультантом (Roggu Energy Ltd., Швейцария).

ИТЭО проводилось в три фазы. Фаза 0 исследований представляла собой оценку мер, требуемых для смягчения потенциального воздействия соляного клина, который существует на створе Рогунской ГЭС. Резюме отчета Фазы 0 уже ранее был опубликован для ознакомления общественности.

Фаза I является оценкой всей предыдущей работы, проведенной по сей день на створе Рогунской ГЭС. Резюме отчета по Фазе I ранее было опубликовано для ознакомления общественности.

Фаза II представляет собой технико-экономическую оценку различных альтернатив Рогунской ГЭС. Была проведена тщательная техническая оценка. Проводились подробные экономические анализы для различных альтернатив проекта и сравнивались со сценариями без проекта. Экономические анализы принимают во внимание социальные затраты и затраты по обеспечению охраны окружающей среды, представленные консультантом по ОЭСВ. На основе технико-экономической оценки консультант рекомендовал одну альтернативу для дальнейшего рассмотрения. Был подготовлен финансовый анализ для рекомендованной альтернативы проекта.

## 2 КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ПРОЕКТА

Рогунский гидроэнергетический проект (Рогунский ГЭП) впервые был задуман в Советском Союзе в 1950х и 1960х как часть регионального развития ряда стран, которые сегодня являются независимыми. Первоначальная цель Рогунского проекта заключалась в поддержке регионального орошения и выработки гидроэнергии. Теперь проект имеет новый план, согласно которому Рогун будет служить в качестве гидроэнергетического проекта с дополнительной выгодой относительно контроля паводков и управления наносами.

Створ Рогунского ГЭП расположен в приблизительно 110 км к востоку от Душанбе, и ГЭС будет располагаться в самом верху запланированного и частично отстроенного гидроэнергетического каскада на реке Вахш. Самую большую важность представляет Нурекская ГЭС в 70 км вниз по течению от Рогуна, которая эксплуатируется с 1980х годов. Нурекская ГЭС включает высокую плотину – 300 метров в высоту, в настоящем самая высокая каменно-набросная плотина в мире. Другие ГЭС на каскаде являются русловыми схемами с небольшой или нулевой водохранилищной способностью.

Строительство Рогунской ГЭС началось в 1982 году, после чего оно было прервано политическими изменениями в результате приобретения независимости Таджикистана и других стран Центральной Азии. Строительство возобновилось в 2008 году, а с 2012 года осуществлялись только работы по поддержанию объекта и обеспечению безопасности в ожидании завершения оценочных исследований по техническим, экономическим,

экологическим и социальным аспектам.

### 3 ПОДХОД К ВЫБОРУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Что касается сферы охвата услуг, определенных в техническом задании, проводилась широкая технико-экономическая оценка, принимая во внимание все имеющиеся работы по проектированию, предоставленные консультанту по ИТЭО. Среди них обновленные проектные схемы, подготовленные российскими консультантами («Институт Гидропроект», Москва) в 2009 и 2010 гг.

Все рекомендации по изменению проекта по результатам этой оценки строго соответствуют критериям проектирования, разработанным консультантом ИТЭО в соответствии с международными принятыми стандартами и современной инженерно-технической практикой для больших гидроэнергетических проектов. Эти критерии проектирования были приняты с целью обеспечения качества, производительности, устойчивости и оптимизации затрат.

Одни и те же критерии проектирования применялись к оценке различных альтернатив проекта, обеспечивая одинаковую основу для оценки этих альтернатив.

### 4 РАССМОТРЕННЫЕ АЛЬТЕРНАТИВЫ ПРОЕКТА

Изучались следующие три альтернативы нормально подпорного уровня (НПУ): НПУ на высоте 1290 м.н.у.м., на высоте 1255 м.н.у.м. и на высоте 1220 м.н.у.м. Они соответствуют отметкам гребня плотины 1300 м.н.у.м., 1265 м.н.у.м. и 1230 м.н.у.м., при соответствующих высотах плотины 335 м, 300 м и 265 м соответственно.

НПУ 1290 является максимальным НПУ, предусмотренным в проекте 1978 года; считалось, что не следует рекомендовать превышение этой высоты в целях безопасности и охраны окружающей среды.

НПУ 1220 является минимальным уровнем для водохранилищного проекта с ожидаемым сроком службы в приблизительно 50 лет. Любая конфигурация с уровнем НПУ ниже 1220 ожидается в качестве русловой схемы, при ограниченном сроке эксплуатации из-за заиления.

НПУ 1255 рассматривался как промежуточная альтернатива.

В дополнение к тому, изучались три установленные мощности для каждого нормального подпорного уровня, что в итоге составило девять альтернатив. Эти альтернативы установленных мощностей следующие:

- НПУ 1290: 3600 МВт, 3200 МВт, 2800 МВт
- НПУ 1255: 3200 МВт, 2800 МВт, 2400 МВт
- НПУ 1290: 2800 МВт, 2400 МВт, 2000 МВт

## 5 ФАКТОРЫ, УЧИТЫВАЕМЫЕ ПРИ РАЗРАБОТКЕ АЛЬТЕРНАТИВ ПРОЕКТА

Проекты предлагаемых альтернатив были разработаны на основе критериев проектирования в соответствии с нынешней международной практикой для такого типа плотин, принимая во внимание особенные характеристики предлагаемого створа Рогунской ГЭС, описанного ниже.

### 5.1 Природные условия

#### 5.1.1 Геология и соляной клин

Всесторонний обзор существующих данных и дополнительные исследования на участке позволили в ходе оценки получить более четкое понимание условий створа, в частности правого берега по нижнему бьефу.

Было подробно исследовано присутствие соляного, расположенного в пределах основания плотины во всех альтернативах. Это является темой отчета Фазы 0, который включает числовые модели и физические исследования, для внимательного рассмотрения этого вопроса. Все альтернативы одинаково подвержены потенциальному воздействию присутствия соляного клина. Разработанные меры смягчения объединяют гидравлическую завесу с цементацией верхушки клина. Был разработан полный план мониторинга в целях обеспечения эффективности принятых мер в течение всего срока службы проекта. Проект включает в себя меры, которые позволяют проводить корректировочные работы, на случай если и когда они потребуются, с целью восстановления эффективности мер смягчения. Анализ показал, что при осуществлении рекомендованных мер смягчения и мониторинга этот риск может быть достаточным образом устранен для обеспечения долгосрочной безопасности предлагаемых альтернатив плотины.

#### 5.1.2 Сейсмичность

Детерминистический подход на основе характеристики разломов вблизи участка был принят с целью оценки параметров сейсмического проекта, которые будут использоваться в рамках Фазы II с целью проверки стабильности различных альтернатив плотины.

Все три альтернативы плотины спроектированы с учетом выдерживания максимального ускорения грунта, которое соответствует максимальному вероятному землетрясению (по расчётам это составляет 0.71g). Это полностью соответствует международным критериям проектирования плотин такого размера.

Была также проведена независимая вероятностная оценка сейсмической опасности (ВОСО) для использования на этапе детального проектирования. Что касается параметров проектирования, полученных по результатам ВОСО, предварительный анализ показал, что реагирование плотины и сдвиги будут происходить в рамках ограничений, полученных по результатам анализа, выполненного на основе параметров проектирования, полученных от детерминистического подхода.

Ко-сейсмические сдвиги в случае сильных землетрясений были оценены для разломов, проходящих через основание плотины, и соответствующие меры были включены в схему сооружений проекта (тоннели, и т.д.).

Воздействие сейсмичности, связанной с большими водохранилищами оценивалось на

основе данных по Нурекской ГЭС; величина землетрясения, которое может быть вызвано из-за большого водохранилища, в несколько раз ниже максимально расчётного землетрясения.

Было рекомендовано проводить сейсмический мониторинг до, во время и после строительства плотины.

### 5.1.3 Гидрология

Гидрологические данные по притокам на предлагаемом створе Рогунской плотины взяты из следующих источников с охватом периода в 76 лет:

- С 1932 по 1972 – попуск зафиксированный на гидропосте Туткаул.
- С 1973 по 1988 – попуски на Туткаул, воспроизведенные на основе наблюдений на Комсомолобаде (корреляции между этими двумя постами основаны на периодах общей регистрации: 1949-57 и 1963-72).
- С 1988 по 2008 – попуски, рассчитанные на основе притоков Нурекской ГЭС.

Качество наблюдаемых данных было подтверждено как в целом соответствующее и надежное, а также приемлемое для использования при моделировании эксплуатации водохранилища и будущего производства электроэнергии.

Экстремальные паводки, рассматриваемые для защиты Рогунской плотины это вероятный максимальный паводок (ВМП) и паводки с периодом возврата каждые 10,000 лет. Так как попуски на Вахше в основном некоррелированные с осадками, оценка ВМП была основана на методе градусо-день. ВМП расценивался как 7,800 м<sup>3</sup>/с (средне суточное показание) . Паводок с возвратным периодом каждые 10,000 лет, произведенный как 5,700 м<sup>3</sup>/с от выше перечисленных гидрологического ряда.

Проектные паводки для этапа строительства также были произведены от выше перечисленного гидрологического ряда, принимая во внимание период воздействия соответствующего этапа строительства.

### 5.1.4 Седиментация

Исследование вопроса седиментации основывалось на имеющихся данных, включая существующие изыскания по Нурекскому водохранилищу. Для должного рассмотрения неопределенностей использовался консервативный подход с целью определения различных сроков эксплуатации предлагаемых альтернатив, предполагая годовой приток наносов в водохранилище 100 миллионов м<sup>3</sup>/год. Рассчитанный срок эксплуатации различных альтернатив высоты плотины следующий:

- 1290 НПУ 115 лет
- 1255 НПУ 75 лет
- 1220 НПУ 45 лет

Было рекомендовано провести дополнительные исследования по величине и характеристике взвешенных наносов для составления подробной схемы полного плана управления наносами. Это также поможет пояснить прогнозы срока служб.

Заиление водохранилища и движение дельты наносов в сторону плотины может частично контролироваться эксплуатационными условиями водохранилища и модификации уровня

водозаборов в период срока службы проекта для увеличения фазы выработки.

Тем не менее, из-за высокого уровня притоков наносов в реке Вахш, водохранилище в конечном итоге будет заполнено наносами. Поэтому, для всех альтернатив плотины требуется стратегия конца срока службы.

## 5.2 Существующие сооружения и оборудование

Все альтернативы были спроектированы с целью должного включения существующих сооружений, которые были ранее построены на створе Рогунской ГЭС и уже заказанного оборудования. Была проведена тщательная оценка этих сооружений и оборудования в рамках Фазы I. Целью оценки было определить пригодность существующих сооружений и оборудования относительно предлагаемых альтернатив Рогунской ГЭС. Там где необходимо, были спроектированы коррекционные меры с тем, чтобы привести существующие сооружения в соответствие со стандартами безопасности и эксплуатации, требуемые для проекта.

Все вышеперечисленные альтернативы включают существующее оборудование и сооружения, насколько это возможно с тем, чтобы минимизировать всеобщие расходы по проекту.

Каждая альтернатива Рогунской ГЭС спланирована для работы в тандеме с Нурекским водохранилищем для того, чтобы извлечь полную пользу от того, что является основным ресурсом во всем существующем гидроэнергетическом портфеле Таджикистана.

## 5.3 Заполнение и эксплуатация водохранилища

Предположения относительно наполнения водохранилища и последующей эксплуатации проекта отвечают требованиям существующих соглашений и практики водораспределения на реке Вахш.

Будущее использование отведенной доли водных ресурсов Таджикистаном было внесено в модель в соответствии с существующей практикой водораспределения на реке Вахш и выраженного намерения Правительства Республики Таджикистан. Наполнение водохранилища будет проводиться за счет неиспользуемой ныне доли воды Таджикистана; в последующем, Правительство Республики Таджикистан намерено употреблять неиспользованную долю Таджикистана для целей орошения.

На фазе эксплуатации, комбинированные водохранилища Рогун и Нурека будут эксплуатироваться таким образом, чтобы обеспечивать соответствие объема воды, переносимой с летнего на зимний период с тем объемом, который переводится в настоящем времени (4.2 млрд. куб. м.).

Каждый из предлагаемых альтернатив плотины может эксплуатироваться в условиях такого режима; время, необходимое для наполнения водохранилища и выработки электроэнергии основано на этом режиме.

## 5.4 Экологические и социальные воздействия

Параллельно была проведена оценка экологического и социального воздействия (ОЭСВ) консультантом по ОЭСВ на основе технических характеристик предлагаемых альтернатив, определенных в отчете Фазы II.

Анализ экологического и социального воздействия трех альтернатив высоты плотины, проведенный консультантом по ОЭСВ, не привел к исключению какой-либо из предлагаемых альтернатив. Было определено, что экологические и социальные воздействия всех трех альтернатив можно должным образом смягчить – хотя самая высокая плотина требует значительно большего переселения, чем две другие альтернативы высоты плотины.

Все экологические и социальные расходы для различных альтернатив плотины, согласно оценке консультанта по ОЭСВ, принимались во внимание для исчисления всеобщих капитальных затрат каждой предлагаемой альтернативы. В дополнение к тому, годовая стоимость потерянного сельскохозяйственного производства от земель, подвергшихся воздействию водохранилища, для каждой альтернативы проекта была включена в экономический анализ.

## 5.5 ПРОГНОЗ СПРОСА НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ

Был проведен подробный анализ роста внутреннего спроса, включая оценку ныне неудовлетворенного спроса.

Пик спроса на электроэнергию в Таджикистане приходится на зиму. Однако несоответствие, вызванное большим объемом выработки электричества в летний период на основе системы преимущественно основанной на гидроэнергии более высокий спрос зимой ведет к излишку энергии летом и нехватке зимой. В последние годы зимой около 50% спроса оставалось неудовлетворенным в самые суровые месяцы. Неудовлетворенная доля спроса снижается с помощью сброса нагрузки, что достигается за счет отключения подачи электроэнергии определенным частям сети (в основном жилые) на различные периоды времени.

Был проведен детальный анализ будущего спроса на электроэнергию и общий необходимый объем производства в Таджикистане. В нем принимался во внимание ряд расчетов неудовлетворенного спроса, потенциальное будущее воздействие экономического роста и тарифов на электроэнергию, и ожидаемое развитие в энергетической системе страны для внедрения мер рационального использования энергии и снижение потери при передаче и распределении. Среднегодовой темп роста до 2050 прогнозировался в 2.6%, а 25 и 75 перцентиль (что составляет основу низкой и высокой чувствительности) варьируется от 2.0% до 3.6%.

Все альтернативы Рогунской ГЭС будут вырабатывать электроэнергию, которую можно использовать для удовлетворения внутреннего спроса на электроэнергию и предоставить излишек электроэнергии в летний период на экспорт через соединительные сети в соседние страны. Более того, учитывая значительную нехватку, испытываемую в зимний период, все альтернативы будут включать проектную характеристику, позволяющую раннюю выработку электроэнергии в рамках проекта во время фазы строительства.



## 6 ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЛЬТЕРНАТИВ ПРОЕКТА

На основе факторов, приведенных в предыдущем разделе, были разработаны соответствующие схемы и проекты различных альтернатив в достаточных деталях с целью проведения технико-экономической оценки. Одинаковые критерии проектирования использовались при разработке различных альтернатив, все из которых считаются технически возможными.

Основные характеристики альтернатив описаны в настоящем разделе.

### 6.1 ОТБОР СТВОРА ПЛОТИНЫ, ЕЕ ТИПА И ОСИ

#### 6.1.1 Створ плотины

Створ плотины первоначально был отобран на основе следующих соображений:

- Топография на отобранном участке представляет собой очень узкую долину по сравнению с остальной частью реки; это позволяет строительство высокой плотины с относительно ограниченным количеством материалов, таким образом, требует значительно ниже всеобщих затрат.
- Вверх по течению от створа Рогунской ГЭС, вдоль реки проходит Йонахшский разлом по той же оси. Поэтому, если бы ядро плотины расположилось в верхнем створе, то оно проходило бы через активный разлом, что было бы неприемлемо.

Эти соображения остаются в силе, и выбранный створ считается приемлемым для предлагаемой плотины.

#### 6.1.2 Тип плотины

Рассматривался ряд возможных типов плотины. Среди них была каменно-насыпная плотина с непроницаемым ядром, бетонная арочная плотина, каменно-насыпная с бетонной поверхностью, гравитационная плотина уплотнённая катком бетона (УКБ), арочная гравитационная плотина УКБ, каменно-насыпная с земляным ядром и бетонной облицовкой зуба верховой грани, а также каменно-насыпная плотина с земляным ядром с бетонной облицовкой низовой подошвы.

Пригодность каждого типа плотины оценивалась для конкретной характеристики створа Рогунской ГЭС, включая следующие аспекты:

- Высота предлагаемой плотины
- Способность выдержать большие сейсмические явления
- Способность адаптироваться к соляному клину
- Исключение чрезмерного давления на алевролит в основании плотины
- Способность выдержать дифференциальные осадки



- Способность выдерживать недооценку паводков
- Возможность поэтапного строительства и постепенного наполнения водохранилища
- Продолжительность строительства

На основе детального сравнения было заключено, что каменно-насыпная плотина с центральным непроницаемым ядром является наиболее подходящим типом плотины для створа Рогунской ГЭС.

### **6.1.3 Ось плотины**

Схема плотины была рассмотрена, принимая во внимание характеристику створа Рогунской ГЭС (расположение соляного клина, тектонических признаков, оголовков строительных тоннелей, и т.д.). Было заключено, что ось плотины, в том виде, котором она представлена согласно первоначальному проекту, должна сохраняться для трех альтернатив высоты плотины.

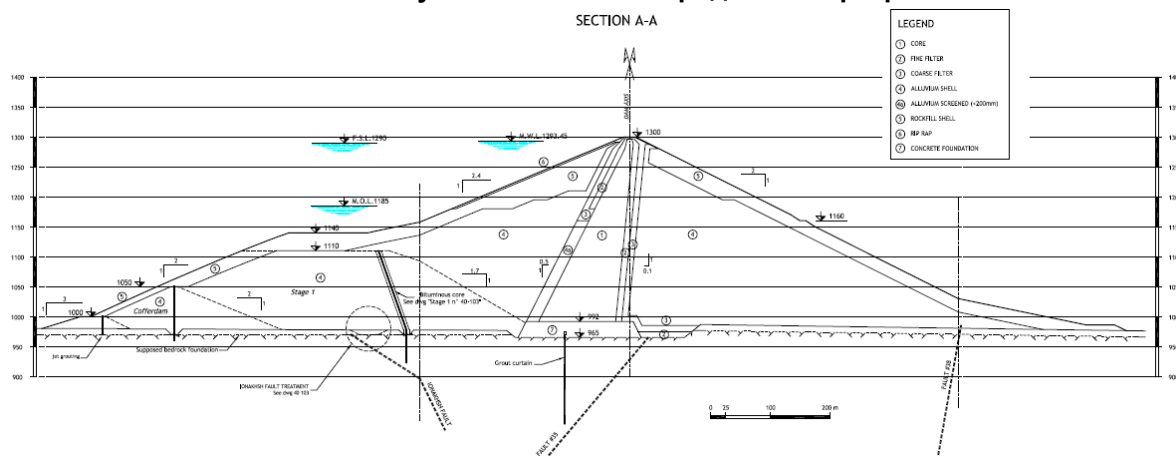
## **6.2 Проект плотины**

Для разработки проекта плотины проводились анализы реагирования плотины на экстремальные сейсмические явления (МРЗ с максимальным ускорением грунта в 0.71g) и оценивались сдвиги. Эти анализы проводились для трех различных поперечных сечений плотины: одно в русле реки, одно на правом берегу и одно на левом. Соответствующая высота плотины в этих поперечных сечениях варьирует от 160 м до 335 м. Это позволяет изучить чувствительность результатов относительно высоты плотины.

Результаты показывают, что даже если динамическое поведение немного отличается от одной высоты плотины к другой, общий сдвиг будет в одинаковом диапазоне величины. Поэтому следующие выводы относятся к каждому из трех альтернатив плотины, и они используются для расчета соответствующего типичного поперечного сечения плотины (смотрите ниже):

- Откосы плотины должны быть следующими: 2H/1V вниз по течению и 2.4H/1V вверх по течению над большим уровнем берегового вала и 2H/1V ниже. Эти откосы считаются достаточными для обеспечения стабильности плотины.
- Принимая во внимание диапазон обнаруженных горизонтальных сдвигов, толщина фильтров и переходов должна составлять не менее 10 м для обеспечения их эффективности даже в случае сильного землетрясения.
- Надводный борт должен составлять не менее 6 м для выдерживания оседания, которое может произойти при сильном землетрясении.
- В верхней части плотины (верхние 50 м), вместо аллювия необходимо использовать каменную насыпь, так как у нее более высокий угол трения.

Рисунок 1: Плотина – Продольный разрез



С такими проектными характеристиками, безопасность Рогунской плотины обеспечивается в статистических и сейсмических условиях.

Также проводился анализ стабильности плотины этапа 1 (промежуточный этап строительства основной плотины, позволяющий раннюю выработку электроэнергии). Результаты показывают, что откосы вверх и вниз по течению плотины этапа 1 являются достаточными для обеспечения стабильности этой фазы строительства.

Принимая во внимание, что перемычка состоит из того же материала, того же откоса вверх по течению, более пологого откоса вниз по течению, и меньшей высоты по сравнению с плотиной этапа 1, стабильность перемычки также обеспечена.

Проводилась подробная оценка существующих строительных материалов. По проведенной оценке имеется достаточный объем подходящих строительных материалов для насыпи плотины и для бетонного заполнителя на створе Рогунской ГЭС для всех альтернатив.

Был разработан план обеспечения аппаратурой для должного мониторинга работы водохранилища по всему сроку его службы.

### 6.3 Машинный зал

Машинный зал уже частично построен в осадочном комплексе, состоящем из песчаника и алевролита. Нынешний статус машинного зала подробно обсуждался в рамках оценки Фазы I, в которой нынешняя ситуация описывалась и ход развития проведенных анализов был представлен в виде отчета.

В заключение, был разработан ряд мер по укреплению, состоящих из анкерных креплений длиной 35 м на обеих боковых сторонах и стабилизации/укреплении толщи пород колонны между машинным залом и трансформаторным помещением в зоне агрегатов 5 и 6, путем установки стальных свай с тщательно установленными клапанами для того, чтобы позволить укрепительную цементацию. В качестве одного из возможных вариантов может быть выполнена интенсивная укрепительная цементация и установлена предварительно напряженная арматура с двумя концами, проходящими насквозь стержня, установленного между двумя кавернами. Наиболее приемлемое решение должно быть более детально изучено и рассмотрено на этапе проектирования.

Оценивая стабильность существующих сооружений, также рассматривались возможные альтернативные расположения машинного зала. Было заключено, что при выполнении укрепительных мер, нынешнее расположение является наиболее подходящим как для графика выполнения и с экономической точки зрения.

Максимальная установленная мощность, рассматриваемая в исследованиях альтернатив составляет 3,600 МВт, что является мощностью, с учетом которой нынешнее сооружение было спроектировано. Таким образом, существующий машинный зал может вместить вырабатывающее оборудование в соответствии с различными предлагаемыми альтернативами в исследованиях, без необходимости внесения значительных модификаций.

#### 6.4 Управление паводками

Проводились подробные исследования для обеспечения проекта безопасным управлением паводками на фазе строительства и в последующем на фазе эксплуатации. По результатам этих исследований было нужно несколько модификаций к проекту 2010 года.

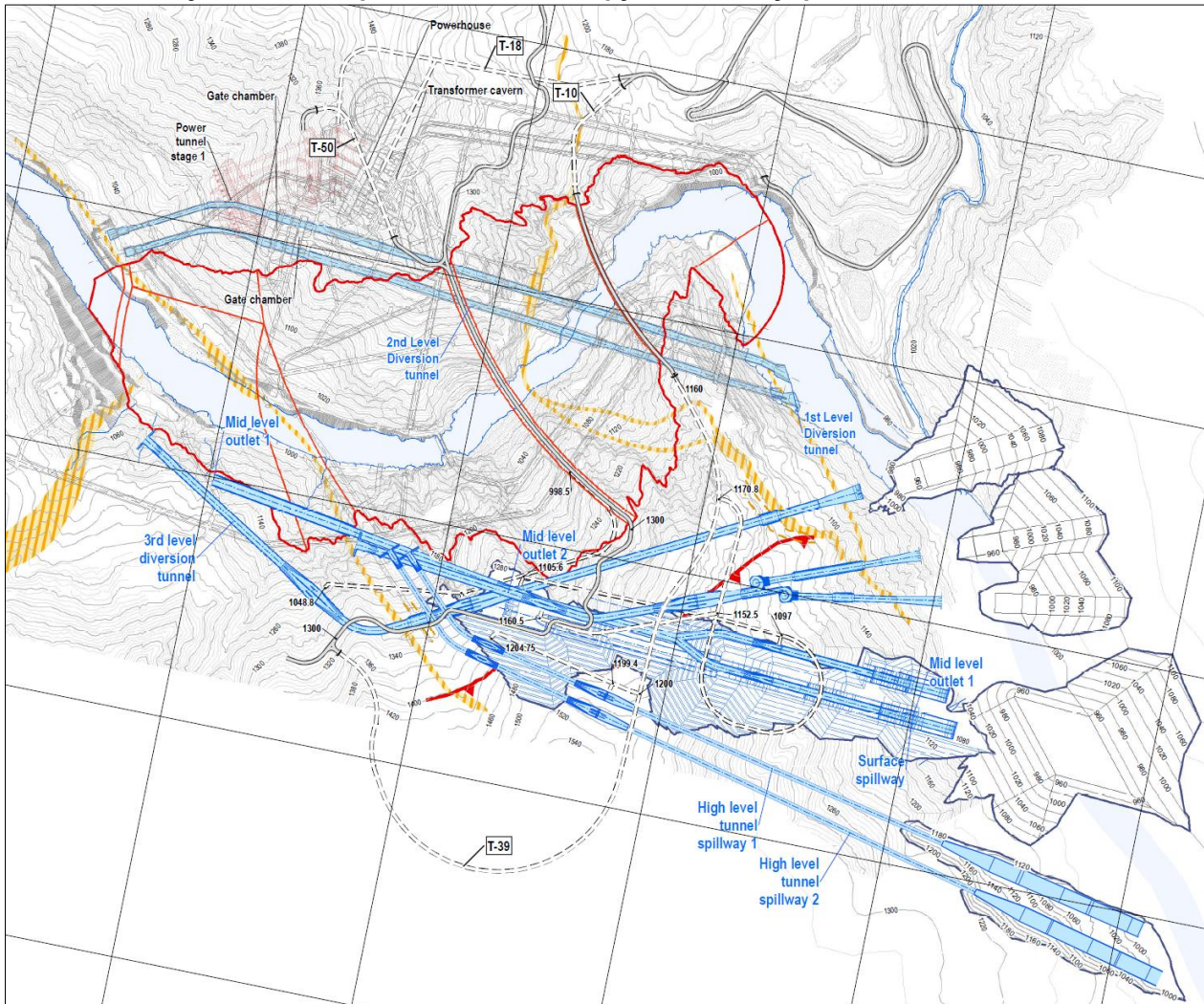
Управление паводками во время строительства требует более высокой перемычки и завершения третьего строительного тоннеля, а также завершения исправительных мер для двух существующих строительных тоннелей. Во время последующих фаз строительства, потребуются ряд новых тоннелей по мере наполнения водохранилища.

Для фазы эксплуатации, предусматривались модифицированные меры управления проектными экстремальными паводками, включающие оба тоннеля и модули поверхностного водосброса. Эти меры отличаются для каждого отдельного альтернатива высоты плотины.

Первоначальный проект Рогуна предусматривал лишь водосбросы тоннеля с глубинными водозаборами. Присущие риски при таком проекте заключаются в кавитации, вызванной высокой скоростью потока воды и деградацией, вызванной внедрением абразивных наносов. Поэтому было разработано долгосрочное решение с тем, чтобы безопасно пройти через проектный паводок, когда водосбросные тоннели будут выведены из строя по причине заиливания.

Существующая Нурекская плотина вниз по течению от Рогуна, а также и другие проекты Вахшского каскада спроектированы без учета выдержки вероятного максимального паводка, в соответствии с требованиями существующей международной практики. Альтернативы 1290м и 1255м имеют намного больше дополнительной пользы, а также защищают весь нижний каскад, включая Нурек, путем аккумуляирования определенной части паводка. Более низкая альтернатива 1220м не обеспечит защиту каскада и потребует больших дополнительных инвестиций для обеспечения защиты каскада от вероятного максимального паводка.

**Рисунок 2: Альтернатива 1290 – Сооружения для управления паводками**



## 6.5 Этапы строительства

Строительство Рогунской плотины запланировано в несколько фаз строительства: предварительная перемычка, перемычка, плотины 1 очереди и плотина в полную высоту.

Предварительная перемычка используется для того, чтобы приступить к перекрытию реки, и строится из больших блоков отсыпанного закладочного материала.

Высота гребня перемычки составляет 1,050 м.н.у.м. и включает битумное ядро.

Плотина этапа 1 является промежуточным этапом плотины в полную высоту спроектированная для возможности ранней выработки электроэнергии. Высота отметки гребня плотина 1 очереди составляет 1110 м.н.у.м. для 1290 НПУ, 1090 м.н.у.м. для 1255 НПУ и 1075 м.н.у.м. для 1220 НПУ.



## 6.6 График выполнения и организационная работа

Все альтернативы были тщательно проанализированы для получения детального графика строительства. В результате различные периоды строительства для трех альтернатив проекта представлены в следующей таблице:

	НПУ 1290	НПУ 1255	НПУ 1220
Утверждение ИТЭО и решение ПРТ о продолжении проекта	0	0	0
Дата перекрытия реки	28	28	28
Конец строительства перемычки	36	36	36
Конец строительства плотины 1 очереди	58	53	49
Конец строительства плотины	163	142	120

**Таблица 1: График осуществления – Основные данные 1 – время от предшествующего контракта (в месяцах)**

Степень, до которой сооружения, существующая инфраструктура и подходные тоннели должны быть разработаны для строительных работ масштаба предлагаемого Рогунского проекта, одинакова для всех его альтернатив. Выполнение любой из альтернатив потребует постоянного контроля качества и организации на участке. Необходимо отметить, что основная разница в периоде строительства связана с размещением заполняющего материала плотины. Это означает, что деятельность с высоким уровнем риска и непредвиденных обстоятельств, таких как подземные сооружения и тоннели, имеет одинаковые признаки во всех трех альтернативах. В итоге, в частности в данном, увеличение периода строительства не обязательно означает увеличение выполнения рисков по какой-либо из альтернатив.

Для всех альтернатив проекта из-за очень сложной природы проекта и сжатого графика, консультант рекомендует тщательно отобрать опытного и высококвалифицированного основного подрядчика /подрядчиков (и потенциальных суб-подрядчиков), а также проектировщиков и инженеров заказчиков.

## 6.7 Концепция ранней выработки

Принимая во внимание большую продолжительность периода строительства для всех предлагаемых альтернатив плотины, была принята концепция раннего наполнения и выработки для всех альтернатив. Это позволит раннюю выработку во время долгого этапа выполнения (заполнения) проекта.

Во время строительства, эксплуатация Рогуна была также оптимизирована с тем, чтобы увеличить производство электроэнергии от всего каскада как можно раньше со следующими основными результатами:

Альтернатив плотины	НПУ 1290 мнум	НПУ 1255 мнум	НПУ 1220 мнум
Время достижения обычного режима эксплуатации	16 лет	13 лет	9 лет
Дополнительная энергия, выработанная на каскаде во время строительства по сравнению с альтернативой “без Рогуна”	111 ТВт-ч	69 ТВт-ч	37 ТВт-ч
Эквивалентные годы обычного режима эксплуатации	7.7 лет	5.5 лет	3.7 лет

**Таблица 2: Выработка электроэнергии во время строительства для всех альтернатив плотины**

## 6.8 Выработка электроэнергии и дата ввода в эксплуатацию

Для базового сценария ожидается следующая среднегодовая выработка различными альтернативами при нормальном режиме работы:

Альтернатива плотины НПУ 1290 мнум	
Мощность	Среднегодовая энергия в ГВт
3600 МВт	$E_{\text{Рогун}} = 14\,398$
3200 МВт	$E_{\text{Рогун}} = 14\,288$
2800 МВт	$E_{\text{Рогун}} = 14\,066$

**Таблица 3: Среднегодовая энергия – Альтернатива плотины НПУ 1290 мнум**

Альтернатива плотины НПУ 1255 мнум	
Мощность	Среднегодовая энергия в ГВт
3200 МВт	$E_{\text{Рогун}} = 12\,391$
2800 МВт	$E_{\text{Рогун}} = 12\,295$
2400 МВт	$E_{\text{Рогун}} = 12\,072$

**Таблица 4: Среднегодовая энергия – Альтернатива плотины НПУ 1255 мнум**

Альтернатива плотины НПУ 1220 мнум	
Мощность	Среднегодовая энергия в ГВт
2800 МВт	$E_{\text{Рогун}} = 10\ 121$
2400 МВт	$E_{\text{Рогун}} = 10\ 037$
2000 МВт	$E_{\text{Рогун}} = 9\ 800$

**Таблица 5: Среднегодовая энергия – Альтернатива плотины НПУ 1220 мнум**

## 6.9 Инвестиционные расходы

Подробная оценка затрат (включая анализ стоимости за единицу) была установлена для каждой из девяти предлагаемых альтернатив с одинаковым уровнем точности. Эти оценки затрат использовались в экономическом сравнении альтернатив.

### 6.10 Срок службы проекта

На основе подсчитанного притока наносов, предельный срок службы водохранилища (когда уже управление водохранилищем будет невозможным) следующий для каждого из альтернатив.

	Срок службы
НПУ=1290 мнум	115 лет
НПУ =1255 мнум	75 лет
НПУ =1220 мнум	45 лет

**Таблица 6: Предполагаемый предельный срок службы Рогунского водохранилища**

Годовой приток наносов в 100 миллионов.м<sup>3</sup> / год был предположен для получения этих показателей. Возвышение водоприемников в период срока службы проекта было предложено, чтобы увеличить срок службы каждого альтернатива проекта насколько это максимально возможно.

Проект показывает поверхностный водосброс с достаточной аэрацией и устройством для рассеяния в целях безопасного управления проектными паводков (т.е. ВМП) когда водосбросные тоннели перестанут работать из-за блокировки наносами.

На этом этапе срока службы этот поверхностный водосброс может также попускать твердые стоки и управлять балансом наносов, задолго после пуска станции и водосбросных тоннелей.

Для всех альтернатив предельный вариант управления в конце срока службы будет снятие затворов с поверхностного водосброса, таким образом, позволяя наносам проходить через водосброс в течение нескольких десятилетий. Этот сценарий предусматривает, что река будет проходить сооружение плотины и медленно попускать наносы вниз по течению.



Строительство Рогунской ГЭС значительно снизит наносы, отложенные в Нурекском водохранилище, обеспечив продолжительную возможность регулирования стока реки на значительно больший период, также отсрочивая необходимость восстановления системы выпуска паводков относительно вопроса заиления. Это важная характеристика проекта Рогун относительно всеобщей устойчивости Вахшского каскада.

## 7 ОЦЕНКА АЛЬТЕРНАТИВ ПРОЕКТА

### 7.1 Техническая оценка с точки зрения безопасности

Для каждой альтернативы Рогунской ГЭС был разработан соответствующий проект, принимая во внимание все соответствующие аспекты включая существующие сооружения, геология местности, сейсмичность, отложение наносов, паводки во время строительства и экстремальные паводки.

На основе этих исследований было заключено, что при внесении конкретных модификаций в проект и осуществлении определенных мер смягчения и мониторинга, можно построить любой из альтернатив Рогунской ГЭС и эксплуатировать на створе Рогунской ГЭС в рамках международных норм безопасности.

### 7.2 Экономическая оценка

Региональный план увеличения выработки при наименьших затратах (с охватом Таджикистана, Узбекистана, Туркменистана, Афганистана, Пакистана, Киргизской Республики и Казахстана) был разработан для каждой из девяти альтернатив Рогунской ГЭС а также и для альтернатив без Рогуна. Общие системные затраты (ОСЗ) для объединённой региональной энергетической системы были подсчитаны для каждого из этих планов увеличения выработки. Экономическая выгода каждого альтернатива была оценена путем определения воздействия на чистую стоимость (ЧС) ОСЗ в Таджикистане, и таким образом определяя альтернатив с наименьшими затратами для Таджикистана. Отдельные экономические анализы были далее подготовлены для различных альтернатив проекта относительно их чистой приведенной стоимости (ЧПС) и экономической внутренней нормы дохода (EIRR), используя результаты анализов наименьших затрат.

#### 7.2.1 Региональный план выработки электроэнергии при наименьших затратах

Анализ наименьших затрат охватывает период с 2013 по 2050 год (“Горизонт прогнозирования”), а модель создает мощности и распределяет электростанции в Таджикистане и соседние страны с целью удовлетворения спроса при минимальных ОСЗ для региона с объединённой сетью. ОСЗ включают годовые погашения капитальных затрат, фиксированных и переменных затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание, затраты на топливо и затраты использования межсистемных ЛЭП. Модель позволяет передавать электроэнергию между странами на основе чистой пропускной способности (ЧПС) межсистемных линий. Потоки импорта и экспорта определяются разницей между маргинальными затратами на выработку и фактической ситуацией спроса и предложения в каждой из стран.

Для оценки стоимости проекта относительно энергетической системы Таджикистана, экономия общесистемных затрат высчитывалась путем сравнения ОСЗ в рамках следующих

сценариев:

- Без Рогуна: Анализ плана увеличения выработки при наименьших затратах, который исключает проект для определения эталонного плана увеличения выработки и потенциального экспорта.
- С Рогуном: Одинаковые планы увеличения выработки электроэнергии, предполагая, что каждый альтернатив Рогунского проекта будет строиться на твердой основе.

Альтернатива, которая приносит самую большую экономию затрат считается альтернативой с наименьшими затратами для Таджикистана. Экономия системных затрат исчисляется в виде чистой стоимости в 2013 по 10 процентной дисконтированной ставке.

Две самые высокие альтернативы Рогунского проекта также обеспечивают защиту всему Вахшскому каскаду вниз по течению, а затраты на обеспечение такой же защиты в ОСЗ для альтернативы без Рогуна и альтернатива 1220 НПУ принимались во внимание.

Значительный объем строительных работ уже проделан на створе Рогунской ГЭС, включая значительную часть подземных работ. В случае, если проект не будет продолжаться, затраты на ликвидацию строительной площадки включены в ОСЗ для альтернативы без Рогуна.

Технический срок службы зависит от времени заполнения водохранилища наносами и этот аспект включен путем исчисления стоимости после 2050 года, как чистая стоимость годовой экономии с 2050 года до конца прогнозируемого технического срока службы. Предполагалось, что годовая экономия в 2050 будет снижаться линейно до нуля в конце прогнозируемого срока службы рассматриваемого альтернатива. Учитывая, что в действительности воздействие заиления будет постепенным и значительным лишь в последние несколько лет срока службы проекта, это представляет консервативную оценку выгод от альтернатив проекта.

### **7.2.2 Экономический анализ**

Вторая оценка жизнестойкости Рогуна была проведена путем экономического анализа, состоящего из сравнения выгод и затрат для каждой из альтернативы проекта. Экономические затраты определены на той же основе что и анализ экономии ОСЗ. Экономическая выгода принимает во внимание прямую материальную выгоду, получаемую от реализации вырабатываемого электричества и от более широкой социальной экономической пользы от строительства ГЭС и эксплуатации.

Экономическая стоимость вырабатываемой электроэнергии на Рогунской ГЭС происходит от удовлетворения внутреннего спроса и экспорта, через межсистемные ЛЭП в соседние страны. Экономическая стоимость этих продаж была подсчитана используя маргинальные (устраненные) затраты по выработке, согласно тому как определено моделью. Что касается альтернатив проекта, которые обеспечивают предотвращение паводков, подсчитанные устраненные затраты по предоставлению подобной защиты от паводков в отсутствие проекта были включены в качестве дополнительной пользы проекта в экономическом анализе для тех альтернатив, которые обеспечивают такую защиту вниз по течению.

Затраты по проекту включают затраты на переселение и обновление инфраструктуры, а экономический анализ принимает во внимание годовую стоимость потерянного сельскохозяйственного производства от земель, подвергшихся воздействию водохранилища для каждой из альтернатив.

### 7.2.3 Основные предположения

Таджикистан располагает определенным объемом залежей угля, но не имеет газа и зависит от гидроэлектростанций (ГЭС) для подачи большего объема электричества внутри страны.

Большая часть потенциала ГЭС страны, включая 3,000 МВт Нурекской плотины, расположена на реке Вахш, поток которой в основном формируется за счет сезонного таяния ледников и снега. Самая высокая интенсивность потока и таким образом выработки на ГЭС летом, а зимой она значительно снижается.

**Варианты нового строительства:** В моделировании увеличения выработки при наименьших затратах включен ряд русловых и плотинных гидропроектов, включая различные альтернативы Рогунской ГЭС и 4,000 МВт Даштиджумской плотины, в качестве альтернативы новых строений для возможного выбора моделью согласно экономической выгоде. Выработка на основе русловых ГЭС увеличивается еще больше к летним месяцам, чем на основе Рогуна, и таким образом эти проекты вырабатывают больше летних излишек относительно такого же объема выработки зимой. Было разрешено строительство новых станций на основе угля в масштабе имеющихся ресурсов угля. Таджикистан имеет ограниченный потенциал возобновляемых источников энергии, таких как ветер, геотермальные, использование отходов, и солнечную энергию, и поэтому эти технологии не рассматривались как значимый альтернатив увеличения выработки для этого моделирования. Импорт газа для выработки энергии и для отопления городских помещений рассматривался в анализе чувствительности.

**Межсистемное соединение с соседними рынками:** Для моделирования базового сценария было предположено, что между Таджикистаном и Узбекистаном нет прямого межсистемного соединения, хотя модель показывает, что торговля электроэнергией между Таджикистаном и Узбекистаном будет производиться через Кыргызскую Республику. Линия передачи CASA-1000 как ожидается, соединит Таджикистан и Кыргызстан с Пакистаном через Афганистан к 2017 году с мощностью в 1,000 МВт. В настоящем имеется межсистемная линия между Афганистаном и Таджикистаном со свободной пропускной способностью сети в 110 МВт. Проект CASA-1000 также увеличит мощность на дополнительные 300 МВт. Анализ чувствительности оценивает воздействие, если проект CASA-1000 не будет осуществляться по плану.

Дополнительно к существующим и запланированным межсистемным сетям, модель также позволяет строительство потенциальных новых межсистемных сетей между Таджикистаном, Кыргызстаном и Пакистаном на экономической основе согласно экономике относительной выработки в соседних странах.

Пакистан является относительно большим энергетическим рынком с максимальным спросом в летнее время, который в настоящем испытывает значительные нехватки мощностей круглый год. В результате значительной нехватки электроэнергии в летний период и высоких затрат на выработку в стране, Пакистан является весьма вероятным рынком для экспорта летней излишки энергии Таджикистана. Афганистан тоже имеет очень низкую норма электрификации и сейчас страна испытывает большую нехватку мощностей, и поэтому она зависит от импорта. Кыргызстан имеет значительный потенциал гидроэнергетики, а энергетический сектор страны во многом похож на сектор Таджикистана. Хотя маловероятно, что Кыргызстан столкнется с нехваткой электроэнергии в летнее время, когда гидроэнергии больше, как и в Таджикистане, его межсистемные линии с Узбекистаном и Казахстаном дают альтернативные пути передачи энергии в эти страны, а также из этих стран.

#### **7.2.4 Основная чувствительность**

Для принятия во внимание неопределенности вокруг вводных данных, использованных для планирования увеличения выработки при наименьших затратах, использовалась чувствительность с целью оценки надежности подсчитанной экономии затрат и экономической стоимости каждого альтернатива Рогунского проекта к вариациям экономических и других условий. Основная рассматриваемая чувствительность охватывает изменения четырех переменных величин, определенных как оказывающие возможное воздействие на ОСЗ:

- Спрос: Сценарии роста спроса на электроэнергию для Таджикистана.
- Затраты на топливо: Предположения цен на топливо для Центральной Азии, включая Таджикистан.
- Общие инвестиционные затраты (ОИЗ): Варианты ОИЗ новых построений, включая различные потенциальные электростанции в Таджикистане и соседних странах, при этом сохраняя данные для проекта неизменными.
- Чистая пропускная способность: Мощность межсистемных сетей из Таджикистана в Пакистан, Кыргызстан и Узбекистан (включая воссоединение сети с Узбекистаном).

Средний, высокий и низкий варианты были определены для этих четырех переменных величин. Базовый альтернатив предполагал, что главный прогноз для всех переменных величин и восемь чувствительностей было изучено в свою очередь, изменяя каждую переменную величину на его высокий и низкий показатель. Общая средневзвешенная вероятность экономии ОСЗ и экономическая чистая приведенная стоимость для каждого альтернатива Рогунского проекта подсчитывалась на этой основе.

Чувствительность с дисконтированной ставкой 8% и 12% также анализировалась.

#### **7.2.5 Результаты увеличения выработки при наименьших затратах**

Нижеприведенная таблица показывает чистую стоимость экономии ОСЗ для базового сценария и восемь чувствительностей, а также результативную средневзвешенную вероятность.

**Таблица 7: чистая стоимость и экономия ОСЗ путем чувствительности @ 10%**

	Базовый	Высокий спрос	Низкий спрос	Высокое топливо	Низкое топливо	Высокие ОИЗ	Низкие ОИЗ	Высокая ЧПС	Низкая ЧПС	Средневзвешенная вероятность
1290, 3600 МВт	1,678	1,854	628	1,881	1,215	2,509	554	1,051	1,485	<b>1,453</b>
1290, 3200 МВт	1,707	1,825	679	1,929	1,238	2,531	560	1,072	1,542	<b>1,479</b>
1290, 2800 МВт	1,701	1,452	688	1,897	1,248	2,522	538	1,071	1,552	<b>1,437</b>
1255, 3200 МВт	1,495	1,687	621	1,729	1,103	2,399	580	948	1,353	<b>1,341</b>
1255, 2800 МВт	1,497	1,344	648	1,739	1,099	2,410	529	944	1,436	<b>1,314</b>
1255, 2400 МВт	1,524	468	635	1,672	1,106	2,395	541	937	1,380	<b>1,218</b>
1220, 2800 МВт	1,389	1,432	723	1,381	983	2,047	356	936	1,111	<b>1,174</b>
1220, 2400 МВт	1,387	728	734	1,315	980	2,034	348	927	1,155	<b>1,100</b>
1220, 2000 МВт	1,342	69	710	1,329	933	1,980	424	866	1,228	<b>1,022</b>

Результаты показывают, что альтернативы проекта Рогунской ГЭС будут иметь всеобщее полезное воздействие на систему электроэнергетики в Таджикистане во всех альтернативах чувствительности, от 69 миллионов долл. США для самой низкой альтернативы Рогунской ГЭС с высоким ростом спроса до выше 2.5 миллиардов для самой высокой плотины в случае альтернатива высоких ОИЗ. Самая высокая альтернатива плотины (1290 мнум) в целом показывает самую большую пользу по всем чувствительностям, кроме случая низкого спроса, при котором более низкая необходимость в мощностях приводит к чуть более низким ОСЗ для меньших альтернатив плотины. На практике, если рост спроса прогнозируется как менее быстрый, новое строительство может быть отложено или приведет к поправкам графика выполнения проекта.

Результаты моделирования альтернатива выработки при наименьших затратах во всех альтернативах (без Рогун и с Рогун) показывают необходимость строительства минимум одной большой плотины (Рогун или Даштиджум) вместе с несколькими новыми русловыми ГЭС. Таджикистану также понадобится полагаться на импорт из (или через) Кыргызской Республики для увеличения внутренней выработки.

Как только начнется строительство проекта, прогнозируемая стоимость электроэнергии будет ниже в рамках альтернатив с Рогун, чем без него.

Обмен электроэнергией между странами в целом схож во всех альтернативах, включая сценарий без Рогун. Таджикистан по прогнозам станет чистым экспортером в рамках всех альтернатив, экспортируя в Пакистан и Афганистан в летнее время и импортируя из (или через) Кыргызстана зимой. Самый большой объем экспорта составляет Пакистан, где экспортные межсистемные сети почти полностью используются летом, когда спрос на электроэнергию пиковый в Пакистане, а в Таджикистане наблюдается избыток энергии. И наоборот, пик спроса на электроэнергию других соседей Таджикистана приходится на зиму, что ограничивает возможности Таджикистана экспортировать в те страны летом.

### 7.2.6 Результаты экономического анализа

Для экономического анализа польза от проекта состоит из стоимости выработки для внутреннего пользования и на экспорт, а также защиты от паводков, которая обеспечивается двумя более

**Таблица 8: ЧПС @ 10% различных альтернатив Рогунской плотины по всем чувствительностям**

	Базовы	Высок й спрос	Низкий прос	Высок. опливо	Низк. опливо	Высоки ОИЗ	Низкие ИЗ	Высокая ПС	Низкая ПС 10%	Среднев звешенн ая вероятн ость
1290, 3600 МВт	819	852	720	1,080	523	1,222	366	766	780	<b>795</b>
1290, 3200 МВт	863	887	765	1,121	559	1,244	420	808	819	<b>835</b>
1290, 2800 МВт	878	792	769	1,132	561	1,251	405	820	767	<b>825</b>
1255, 3200 МВт	729	768	648	951	460	1,074	302	663	667	<b>699</b>
1255, 2800 МВт	758	715	678	973	471	1,102	331	690	747	<b>722</b>
1255, 2400 МВт	748	578	699	982	495	1,087	332	704	641	<b>701</b>
1220, 2800 МВт	656	656	640	887	402	943	312	629	398	<b>618</b>
1220, 2400 МВт	667	534	650	889	404	919	326	637	435	<b>613</b>
1220, 2000 МВт	635	431	614	848	389	874	286	601	435	<b>575</b>

высокими альтернативами плотины вниз по течению от Вахшского каскада. Результаты

ЧПС отображенные в таблице ниже показывают, что более высокие первоначальные затраты самых высоких альтернатив плотины перевешиваются выгодой в будущем. Альтернативы самых высоких плотин имеют самую высокую ЧПС по всем альтернативам.

Вышеприведенные результаты показывают, что альтернатив 1290 НПУ 3200 МВт во первых имеет самую высокую экономию ОСЗ и самую высокую экономическую ЧПС.

### 7.2.7 Дополнительные анализы чувствительности

В дополнение к основным чувствительностям, обсужденным ранее, был проанализирован ряд дополнительных чувствительностей с целью оценки надежности экономии ОСЗ и экономической ЧПС альтернатива 1290 НПУ 3200 МВт. Были определены некоторые основные показатели безубыточности (т.е. степень до которой определенный параметр будет нужно изменить из базового альтернатива для уменьшения выгоды или стоимости проекта до нуля).

Эти дополнительные анализы охватывали следующее:



- Модифицированный базовый сценарий, исключая межсистемные линии CASA и позволяющий лишь экономическое расширение межсистемной сети.
- Импорт газа для выработки электроэнергии и отопления городских помещений.
- Дополнительные сценарии низкого роста спроса.
- Задержка в начале строительства Рогунской ГЭС.
- Продление графика строительства Рогунской ГЭС.
- Вариации в затратах на Рогунскую ГЭС.
- Достигнутые цены за реализацию энергии на Рогунской ГЭС внутри страны и от экспорта.
- Польза от снижения выбросов парниковых газов ("CO<sub>2</sub>").
- Задержка в получении доходов от экспорта.

Результаты этих анализов показывают надежность пользы и стоимости этого конкретного альтернатива Рогунской ГЭС широкому ряду возможных будущих результатов, при очень больших движениях переменных величин, необходимых для изменения выводов.

### **7.2.8 Заключение экономической оценки**

Экономическая оценка показывает экономическую жизнеспособность всех альтернатив Рогунской ГЭС в рамках ряда предположений.

Альтернатив НПУ 1290 мнум с установленной мощностью 3200 МВт показывает самую высокую экономию ОСЗ и самую высокую ЧПС экономической пользы. Приростные издержки осуществления самого высокого альтернатива компенсируются за счет приращенных выгод, получаемых во время срока службы проекта. Эти результаты усиливаются наличием более низкой дисконтированной ставки, что придает больше веса долгосрочной выгоде от проекта.

С чисто экономической точки зрения, самый высокий альтернатив плотины и промежуточная установленная мощность (НПУ 1290 мнум и 3200 МВт) является наиболее привлекательной альтернативой.

## **7.3 Другие соображения**

### **7.3.1 Срок службы и экономический анализ**

Различные альтернативы плотины имеют совершенно разные сроки службы (115 лет, 75 лет и 45 лет для НПУ 1290 мнум, НПУ 1255 мнум и НПУ 1220 мнум соответственно). Разница в сроке службы между предлагаемыми альтернативами плотины является значительным фактором, так как Рогунский проект является большой инвестицией для Правительства Республики Таджикистан и основным ресурсом, как во всем энергетическом секторе страны, так и региона.

В дополнение к выработке на Рогуне на значительный период, самая высокая плотина также



предоставит значительно более долгую задержку в отложении наносов на Нурекском водохранилище. Когда Нурекское водохранилище будет заилено, выработка электроэнергии на всем каскаде значительно пострадает. Таким образом, воздействие большей ёмкости водохранилища самой высокой плотины будет длиться намного дольше срока службы, указанного выше.

При высоких дисконтированных ставках, имеются ограничения в отражении воздействия основных экономических параметров после 40 до 50 лет, и таким образом экономический анализ не достаточно отражает относительное воздействие вариаций сроков службы. Это очевидно по результатам чувствительности, проведенной с 8% дисконтированной ставкой, которая показывает значительно больше чистой выгоды для более долгого срока службы самого высокого альтернатива плотины.

Так же кажется верным рекомендовать, что такое стратегическое инвестирование для Республики Таджикистан не следует решать на основе исследований в течение 40 лет, а рассматривать в качестве наследия для будущих поколений. Это важный аргумент в пользу самого высокого альтернатива плотины (НПУ 1290 мнум), который имеет наиболее долгий срок службы, гарантируя производство энергии при низких затратах на самый долгий срок Таджикской энергетической системе.

### **7.3.2 Устойчивость и долгосрочное управление**

Как обсуждалось ранее, управление концом срока службы такого большого ресурса потребует планирования на этапе проектирования проекта, и принятия соответствующих мер, в не зависимости от высоты плотины. Это потребует больших инвестиций (например, управление поверхностным водосбросом, который используется для эвакуации потока реки, когда плотина будет заполнена наносами).

Консультант рекомендует создание фонда снятия с эксплуатации как можно раньше, используя часть доходов от проекта для финансирования таких затрат по завершению срока службы. Финансирование такого фонда будет легче для проекта с более долгим сроком службы, который будет приносить пользу дольше. Это еще один фактор в пользу альтернатив с более долгим сроком службы.

### **7.3.3 Возможности для сотрудничества по эксплуатации**

Целевой режим работы любой из альтернатив Рогунской ГЭС не воздействует на сезонный характер движения потока вниз по течению от Нурека, так как он соответствует соглашениям и практике водораздела. Однако, при таком режиме работы, самое большое водохранилище с НПУ 1290 мнум и промежуточное водохранилище с НПУ 1255 мнум, не будет полностью использоваться, и будет иметь большой неиспользованный полезный объем водохранилища.

Это может представить потенциальную возможность для сотрудничества в рамках всего бассейна Амударьи, представив дополнительный полезный объем, который можно будет мобилизовать в засушливые годы для поддержания нужд в орошении стран бассейна. Самый высокий альтернатив плотины предоставляет самый большой потенциал для аккумулирования и связанную с ним экономическую выгоду. Будет необходимо внедрить компромиссные механизмы между задействованными странами для более эффективного использования этих выгод, а также для обеспечения долгосрочной жизнеспособности такого подхода совместного использования выгод.

### **7.3.4 Безопасность от экстремальных паводков на Вахшском каскаде**

Нурекская плотина, в настоящем самая высокая каменно-набросная плотина в мире, а также остальная часть Вахшского каскада не спроектирована для выдерживания ВМП в соответствии с требованиями существующей международной практики.

Моделирование показывает, что лишь альтернативы проекта с НПУ на высоте 1290 мнум и 1255 мнум могут достаточно смягчить ВМП для защиты сооружений внизу по течению от затопления. Такое смягчение не может быть обеспечено низкой альтернативой плотины (НПУ1220 мнум), и поэтому потребует выполнения больших работ по усовершенствованию на сооружениях каскада внизу по течению.

Для обеспечения такой положительной выгоды для безопасности каскада на самый долгий период времени, было бы более эффективно осуществить альтернатив НПУ 1290 мнум.

Инвестиции для работ по усовершенствованию сооружений на нижнем каскаде в любом случае потребуются, когда полезный объем будет потерян для всех альтернатив проекта; для самого высокого альтернатива это произойдет намного позже.

Все альтернативы требуют установления системы прогноза паводков для обеспечения достаточной информированности о потенциальных паводках.

### **7.3.5 Изменение климата и исключение выбросов углерода**

Проекты водохранилищ создаются с возможностью большей адаптации к вариациям расхода реки из-за изменения климата. Дополнительный объем водохранилища для регулирования стоков, имеющийся в двух самых высоких плотинах и неиспользованные в нынешнем моделировании могут дать больше гибкости при гидрологических вариациях. Такая усиленная гибкость может проявиться в возможности борьбы с более обширными паводками или в более эффективном управлении в засушливые годы. Кроме того, объем водохранилища можно использовать для аккумуляции более раннего стока до момента, когда он будет необходим для целей орошения в странах бассейна вниз по течению.

Это говорит в пользу альтернатив с большим неиспользованным полезным объемом более высоких альтернатив плотины.

Более того, выработка на основе проектов водохранилища может заменить выработку на основе ископаемого топлива, приводя к снижению выбросов двуокиси углерода (CO<sub>2</sub>). Чем больше годового производства энергии, тем меньше выбросов и таким образом потенциальная польза от сбережения выбросов CO<sub>2</sub>. Этот аргумент идет в пользу самого высокого альтернатива плотины.

### **7.3.6 Установленная мощность и максимальная нагрузка**

В плане увеличения выработки при наименьших затратах, разработанном для Таджикистана и соседних стран, говорится что природная чистая выгода от добавления установленной мощности для определенной высоты плотины ограничена. Среднегодовая выработка (измеряемая на основе энергии, МВт) от каждой из альтернатив очень схожа и не зависит от установленной мощности. Выгода от дополнительной пиковой мощности ограничена недостатками межсистемных линий и уровнем достигаемых цен в Таджикистане и Пакистане (что является первоосновным экспортным рынком для Таджикистана). Это объясняет, почему альтернатив 3600 МВт с НПУ 1290 мнум менее привлекателен, чем 3200 МВт, согласно проведенному экономическому анализу.

Однако больше нет никаких критериев для рассмотрения, таких как альтернатив увеличения установленной мощности на более позднем этапе. Одним из возможных решений может быть сохранение одной ниши агрегата пустой и решение установить еще один агрегат позже. Более того, если дополнительные издержки по добавлению одного агрегата не большие, необходимо отметить что этот дополнительный агрегат может дать больше гибкости в производственной системе, позволяя периоды приостановки для технического обслуживания без потери всеобщей годовой выработки энергии. Приростные затраты можно возратить за счет устраненных потерь выработки во время технического обслуживания. Этот аспект необходимо изучить более подробно на следующей фазе исследований, в качестве дальнейшей оптимизации установленной мощности.

### **7.3.7 Финансовый анализ и финансирование**

Изучались четыре гипотетических структур финансирования для альтернативы с НПУ 1290, 3200 МВт комбинируя различные элементы (а) полного правительственного самофинансирования на основе акций, (b) льготного кредита от иностранного государства, (c) многосторонних и коммерческих займов, и (d) выпуска иностранных облигаций. Финансовые структуры получают внутренние ставки дохода около 12 процентов.

По соображениям безопасности, наращивание насыпи плотины должно происходить без какого-либо прерывания, как только строительство будет начато, и таким образом очень важно обеспечить наличие полного финансирования соответствующего контракта до начала строительства.

Требования к финансированию очевидно выше для альтернативы самой высокой плотины, но и объем производимой энергии будет больше. Результаты анализов наименьших затрат показывают, что требования к финансированию для предоставления такого же уровня выработки энергии будет наименьшим для альтернативы самой высокой плотины.

## **7.4 Управление риском**

Был разработан подробный реестр рисков для проекта для полного определения потенциальных будущих рисков для всех альтернатив, если проект будет реализовываться. Все альтернативы проекта показали одинаковый перечень рисков.

Для каждого определенного риска были рекомендованы осуществимые меры смягчения. Задача состояла в каждом случае сократить риски до приемлемого уровня в соответствии с указанным качеством, безопасностью, производительностью и требованиями к устойчивости.

## 8 ЗАКЛЮЧЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИЯ

Как отмечалось выше, исследования по технической оценке показали, что если внести конкретные модификации в проект и осуществить определённые меры смягчения и мониторинга, можно строить любую из альтернатив проекта Рогунской ГЭС и эксплуатировать на створе Рогунской ГЭС в рамках международных норм безопасности.

На основе соображений, приведенных в предыдущем разделе, консультант рекомендует впредь подробно рассматривать альтернатив самой высокой плотины (НПУ 1290 мнум). Этот альтернатив станет основным ресурсом в системе производства энергии Таджикистана, а также регионального энергетического рынка, предоставляя устойчивое низко затратное производство на самый долгий срок. Он также обеспечит защиту Вахшского каскада от экстремальных паводков без дополнительных инвестиций на самый долгий период, исключая сложные и затратные восстановительные работы на каскаде. В дополнение к обеспечению выработки энергии на Рогуне на значительно более долгий период, самая высокая плотина также предоставит соответственно более длительную задержку в отложении наносов в Нурекском водохранилище, и последующее неблагоприятное воздействие на выработку электроэнергии на всем каскаде.

На основе проведенного анализа получается, что промежуточная установленная мощность будет достаточной (3200 МВт), из-за разницы в первоначальном инвестировании в оборудование и ограниченной выработке от большей установленной мощности. Однако так как экономические результаты, предоставленные различными установленными мощностями для этой высоты плотины относительно одинаковые, рекомендуется изучить аспекты оптимизации установленной мощности на детальном этапе проектирования.

Был дан ряд рекомендаций о дополнительных исследованиях и анализах для подробного проектирования проекта.