

ИССЛЕДОВАНИЯ ТЭО ПРОЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА РОГУНСКОЙ ГЭС

ФАЗА II: ВАРИАНТ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЕКТА

ТОМ 6: АНАЛИЗ РИСКА

Август 2014

Отчет No. P002378. RP53 Ред.Б

Б	07/08/2014	Окончательная версия	А. Лара/В. Либод	А. Лара	Л. Буза
А	31/13/2014	Заключительный проект	А. Лара/В. Либод	А. Лара	Н. Санс
0	11/07/2013	Первая редакция	ALA/YOU/VLI	А. Лара	Н. Санс
Редакция	Дата	Тема редакции	Подготовлено	Проверено	Одобрено

СОДЕРЖАНИЕ

1	ПРЕДПОСЫЛКИ И МАСШТАБ	4
2	ТЕРМИНОЛОГИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ	5
3	ВЫЯВЛЕНИЕ РИСКОВ	6
	3.1 Выявленные риски	6
	3.2 Выявленные воздействия	8
4	ОЦЕНКА РИСКА	10
	4.1 Вероятность нежелательного события	10
	4.2 Оценка суммы ущерба	12
	4.3 Оценка риска	12
5	ОЦЕНКА РИСКА	15
	5.1 Матрица взаимодействия	15
	5.2 Таблицы рисков	15
	5.3 Статистические данные оценки риска	16
	5.4 Технический анализ основных рисков	19
6	ВЫВОДЫ	26
7	ПРИЛОЖЕНИЯ	27
	7.1 Матрица Взаимодействия	27
	7.2 Краткое изложение рисков и таблицы рисков	28

РИСУНКИ

Рисунок 3-1: Матрица Взаимодействия	9
Рисунок 4-1: Типичная ТАБЛИЦА РИСКА.....	13
Рисунок 5-1: Уровень рисков до и после мер по смягчению последствий.....	19

ТАБЛИЦЫ

Таблица 3-1: Классификация причин.....	7
Таблица 3-2: Классификация компонентов проекта	8
Таблица 4-1: Уровни вероятности случая	10
Таблица 4-2: Уровни вероятности случая	11
Таблица 4-3: Уровни воздействия.....	12
Таблица 4-4: Описание различных разделов таблиц рисков	13
Таблица 4-5: Таблица оценки риска [МДСША].....	14
Таблица 5-1: Распределение риска по уровню опасности	16
Таблица 5-2: Определение риска по уровню риска (До и после мер по смягчению последствий)	18

1 ПРЕПОСЫЛКИ И МАСШТАБ

Анализ риска представлен в данном томе в качестве заключения Исследований по Фазе-II Проекта Рогунской ГЭС. Он состоит из компонента Исследований Технико-Экономической Оценки (ИТЭО), разработанного на уровне исследований осуществимости и включает сравнение вариантов высоты плотины и установленной мощности.

Анализ риска представляет главный момент Исследования проекта, так как он подводит итог и определяет главные вопросы, которые могут влиять на техническую осуществимость проекта, притягательность и устойчивость, раскрытые во время разработки исследований.

При разработке Анализа риска должны быть рассмотрены три основные фазы: выявление, оценка и управление. Фаза выявления риска обнаруживает, описывает и уточняет причины, также как и потенциальные воздействия. Фаза оценки риска определяет эти риски и сравнивает их расценки с приемлемыми и допустимыми значениями, которые человек, община или население готовы принять, в виду пользы, которую он или они ожидают от рассматриваемых материалов и мероприятий. И наконец, фаза управления риском является той, в которой предлагаются восстановительные или смягчающие меры для снижения (насколько это возможно) обнаруженных рисков до приемлемого значения и затем осуществляет эти меры и обеспечивает их успешное завершение.

Приведенный здесь документ описывает анализ риска, выполненный Консультантом ИТЭО для семинара по Анализу Риска, который планировалось провести во время встреч в Париже в мае 2013 г.

Цель семинара была двойная: информирование официальных лиц Таджикистана и представителей и экспертов Всемирного Банка о методологии и полученных данных по анализу риска, а также обсуждение с ними предложенных уровней допустимости риска также как и соответствующих смягчающих мер в поисках общего понимания и согласованности, насколько это возможно.

Во время встреч в Париже была возможность только описать методологию и сообщить об основных выводах и предложенных смягчающих мерах. Консультант хочет, чтобы настоящий документ вскоре мог помочь облегчить обсуждения по этим вопросам в форме семинара или любым другим способом, через который голоса и варианты БТ и ВБ/ПЭ могут быть собраны и приняты во внимание.

В настоящем документе описывается методология, используемая Консультантом для подготовки анализа рисков. В нем представлены концепции, определения, перечислены основные риски, предлагается оценка каждого из них (до и после мер по смягчению последствий), а также процедуры управления рисками.

Имеющаяся версия Анализа рисков не учитывает ни экономические и финансовые риски, ни социально-политические риски. Экологические риски должны рассматриваться отдельно в рамках Оценки Экологического и Социального Воздействия (ОЭСВ).

2 ТЕРМИНОЛОГИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ

Риск рассматривается здесь как ситуация, связанная с подверганием опасности. Уровень воздействия определяется как вероятность возникновения нежелательного события (причина) и уровень или степень опасности определяется как сумма ущерба, если это нежелательное событие (эффект или воздействие). Тогда риск измеряется как произведение уровня риска (вероятность возникновения), умноженное на уровень опасности (сумма ущерба).

Так как вероятность возникновения является безразмерной величиной, риск выражается в тех же единицах, что и сумма ущерба, оцененные в соответствии с гипотезой, что происходит непредвиденный случай.

Вероятность возникновения напрямую связана с явлением вероятного возникновения нежелательного события. Причины должны быть отнесены к нескольким категориям, и вероятность возникновения оценивается в соответствии со статистическими данными (исторической базой данных), а также опытом и квалификацией инженера.

Последствиями, также называют воздействие или эффект, упорядоченные согласно подсчитанной стоимости ущерба (прямая стоимость восстановления или замены, а также потеря прибыли) с учетом ее географической протяженности (проектная, местная, региональная...). Воздействия должны быть классифицированы в соответствии со схемой воздействия объектов Рогунской ГЭС (плотины, электростанции, гидравлической системы ...).

3 ВЫЯВЛЕНИЕ РИСКОВ

3.1 Выявленные риски

Первый шаг анализа рисков состоит в выявлении и составлении списка всех возможных рисков, связанных с проектом. Этот шаг осуществляется путем объединения полученных знаний по различным аспектам проекта, различными участниками, привлеченными в проект, и документации предыдущих исследований.

Для того, чтобы нормализовать анализ, представлена классификация различных категорий причин и следствия.

Причины делятся на четыре различные «семьи» источников потенциальных нежелательных событий: естественные причины, технические причины, финансово-экономические и социально-политические причины.

Семья естественных причин включает в себя все явления, обычно описанные естественными науками, тесно связанные с погодой и климатом, гидрология, геология, тектоника, сейсмичностью, геотехникой, механикой горных пород и т.д.

Технические причины в основном связаны с тем, как инженеры и техники действительно используют эти данные, во-первых, чтобы понять местные и региональные особенности природы, а затем проектирование, строительство, эксплуатацию, техническое обслуживание или вывод из эксплуатации или даже демонтаж рассматриваемого проекта.

Рассматриваемыми экономическими и финансовыми причинами являются обстоятельства внешнего рынка, тенденции или изменения (постепенные или резкие), которые могут повлиять на качество, стоимость, выгоды и замедления проекта. В текущем анализе данное семейство причин не рассматривается.

Социально-политические причины являются теми, которые рождаются решениями на местном, национальном, региональном или более высоком уровне, производимые в принимаемой стране или за ее пределами, которые могут повлиять на нормальное (планируемое) развитие проекта и, следовательно, её предполагаемый выход. В текущем анализе это семейство причин не рассматривалось.

Как показано в Таблице 3-1, причины определены до трех уровней детализации для каждой из вышеупомянутых семей причин.

УРОВЕНЬ 1	УРОВЕНЬ 2	УРОВЕНЬ 3
Естественные	Гидрология	Наличие воды
		Наносы
		Паводки во время строительства
		Редкие паводки
		Паводки вызванные прорывом ледниковых озер (GLOFs)
	Геология / Геотехника / Геомеханика	Растворение соли в основании плотины
		Проникновение соли в правый берег
		Значительная неустойчивость нижней части правого берега
		Длительная ползучесть разломов
		Грязевые потоки из сая Обишур и других потоков
		Протекание с водохранилища
		Косейсмические смещения
		Неустойчивость уклона бортов водохранилища
		Материал плотины: несоответствующее исследованию, неподходящий материал
		Сооружения-Каверны: выемка породы
	Тектоника-Сейсмичность	Косейсмические смещения
Выемка плотины: неустойчивости слона		
Погода	Землетрясения	
	Температура	
	Дождь	
	Снег	
Технические	Проектирование	Лед
		Оценка природных условий Исследования проектирования Максимальный напор в туннелях
	Строительство	Строительные/Отводящие туннели: качество строительства Опыт строительства и техника. Оборудование График строительства Контрактные вопросы
		Производство
	Содержание и Эксплуатация	Содержание: Опыт персонала. График и планирование Эксплуатация: Опыт персонала. График и планирование Программы мониторинга
Вывод из эксплуатации	Возможность – Процедуры	
Экономико-финансовые	Рыночные цены	Материалы и оборудование: Условия в настоящее время и в будущем. Доступность. Инфляция.
	Спрос на электроэнергию	Средне- и долгосрочные изменения в спросе
	Финансирование	Наличие денежных средств. Rates. Страхования.
Социально-политические	Социальные	Условия переселения
	Политические на национальном уровне	Налогообложение
		Политические решения
	Политические на Региональном уровне	Несовершенный план для разделяемых ресурсов Эксплуатация водохранилища / наполнение не согласованно

Таблица 3-1: Классификация причин

3.2 Выявленные воздействия

Аналогичным образом, компоненты проекта, которые могут оказаться под воздействием, классифицируются на шесть различных систем: система плотины, система водохранилища, система управления паводками и энергосистемы, системы строительства и доступа..

В таблице 3-2 показана классификация компонентов проекта, которые могут пострадать от нежелательных событий.

Система плотины	Верхний банкет	Система управления паводками	Строительные туннели 1,2,3
	Перемычка		Туннели среднего уровня 1,(2)
	Плотина Стадии 1		Туннели высокого уровня 1, (2), (3)
	Основная плотина		Поверхностный водосброс
Стройплощадка	Размещение рабочих	Система электроэнергии	СР: Водоприемные сооружения
	Строительные оборудования		СР: Подводящие туннели
	Строительные установки		СР: Машинный зал и Трансформаторный зал
Система водохранилища	Обод Водоохранилища		СР: Отводящие туннели
	город Рогун		ЭМО: Турбины
	Карстовые конструкции		ЭМО: Генератор
	Зона Гулизинданского разлома		ЭМО: Трансформаторы
Доступ	Строительный доступ		ЭМО: Кабельные галереи
	Постоянный доступ		ЭМО: Распределительное устройство
			ЭМО: Линии электропередач
		Выработка электроэнергии	

Таблица 3-2: Классификация компонентов проекта

Эти две классификации помогают быстро получить обзор причин и последствий, а также способствуют синтезу данных по рискам.

Четыре семьи причин (разработанные на трех различных уровнях детализации) и шесть систем структуры или функций Проекта (также разработанные на трех уровнях детализации) затем приводят к матрице, называемой **Матрицей Взаимодействия** для облегчения нахождения проектных рисков, отобранных для дальнейшего анализа.

На Рисунке 3-1 изображена типичная форма Матрицы Взаимодействия. Окончательная матрица, соответствующая полной оценке рисков вложена в Приложение 7.1 Матрица Взаимодействия.

Эксперты, знакомые с каждой из систем и подсистем вместе с экспертами по возможным причинам проверяют матрицу и определяют, какие причины на какие системы могут оказать воздействие. Если установлено, что может быть любое потенциальное рискованное взаимодействие между данной причиной и определенным компонентом проекта (системы, подсистемы или ниже), то это указывается в матрице взаимодействия (например, с «X» в соответствующей ячейке). Затем разрабатывается отдельная таблица «Оценка рисков» для каждого случая потенциального риска, выявленного в Матрице взаимодействия.

CAUSES		EFFECTS		Systems and Sub-systems that can be impacted upon																							
				Dam system			Construction site			Reservoir system			Access			Flood management system				Power & Energy system							
		Hydrology	Geology / Geotechnics / Seismotectonics	Technical	Economic / Financial	Social	Political at National level	Political at Regional level	Hydrology	Construction	Reservoir	Access	Flood management	Power & Energy	Transmission	Substation	Power plant	Hydroelectric	Thermal	Nuclear	Renewable	Other	Other	Other	Other	Other	
Natural	Hydrology	Water availability																									
		Water quality																									
	Geology / Geotechnics / Seismotectonics	Geotechnical issues	X	X	X																						
		Hydrology																									
		Seismicity																									
		Soil erosion																									
		Water availability																									
		Water quality																									
		Seismicity																									
		Soil erosion																									
Technical	Design	Design errors	X	X	X	X																					
		Human error & faults	X	X	X	X																					
	Construction	Construction management and control																									
		Construction quality	X	X	X	X																					
	Fabrication	Construction quality																									
		Material quality, selection, storage, etc.																									
	Maintenance & Operation	Construction quality																									
		Operational quality																									
	Economic / Financial	Market prices																									
		Energy demand																									
Socio-Political	Political at National level																										
	Political at Regional level																										

Рисунок 3-1: Матрица Взаимодействия

Только те риски, которые имеют значительное воздействие на Проект, были выбраны на уровне ИТЭО - Фазы II для дальнейшей оценки.

В следующих пунктах объясняется, как каждый из выявленных и выбранных рисков оценивается и сравнивается с допустимым уровнем риска и какие смягчающие меры предлагаются для снижения уровня риска до приемлемого значения.

Таблицы рисков были подготовлены с целью продолжения выявления, оценки и управления каждого из выбранных рисков.

4 ОЦЕНКА РИСКА

Оценка риска проведена путем подсчета как вероятности возникновения нежелательного события, так и суммы ущерба, который может произойти, если произойдет нежелательное событие.

4.1 Вероятность нежелательного события

Вероятность данного явления измеряется возможностью происхождения "Р_{occ}", т.е. сколько неблагоприятных случаев происходит из наблюдаемых N-случаев. Это выражается как "1 в N" или просто "1:N".

Масштаб вероятности был установлен с целью облегчения классификации рассматриваемых потенциальных событий. Эта классификация показана в таблице 4.1.

Явления, рассмотренные как "почти точные" имеют возможность возникновения больше чем на 90% или "9:10". Явления, рассмотренные как "возможные" расположены в центральной части кривой повторяемости (гистограммы), составляющие между 1:10 и 9:10. Явления, названные "умеренными", "маловероятными", "редкими" и "очень редкими" имеют вероятность возникновения меньше чем 1:10, 1:100, 1:1.000 and 1:10.000, соответственно.

ВЕРОЯТНОСТЬ	
Категория	Оценка
	1:1
Почти достоверный	0,5
Вероятный	0,1
Умеренный	0,01
Маловероятный	0,001
Редко	0,0001
Крайне редко	

Таблица 4-1: Уровни вероятности случая

Мы определили вероятность возникновения как возникновение одного нежелательного события из наблюдаемых N событий (или из проведенных N тестов или испытаний). Даже можно наблюдать те явления, которые имеют низкую вероятность возникновения, если число N тестов или испытаний становится большим.

В сфере больших проектов гражданского строительства (в частности, в случае проектов гидроэнергетики) "N" можно понимать как количество лет продолжительности службы данной конструкции, с учетом природных явлений, как паводки, землетрясения и т.д. Строительные работы в этих проектах могут стоять в течение нескольких сотен лет (даже если они больше не могут производить энергию или другие услуги). Тогда мы говорим, что проект или конструкция подвергается нескольким рискам, и мы называем их срок службы "периодом воздействия" или "TE".

В таких условиях шансы на неблагоприятные природные явления, которые должны наблюдаться не становятся несущественными, и они могут привести к значительному повреждению или даже к разрушению этих конструкций.

С другой стороны, эти природные явления могут быть связаны с понятием «периодом повторяемости». Это означает, что неоднократно наблюдалось и что, в среднем, она повторяется каждый «TMR» лет. (TMR = средний период повторяемости).

Тогда становится очевидным то, что чем дольше период воздействия проекта TE, тем выше возможность происхождения существенного явления с большим средним периодом возврата TMR. Затем мы можем установить все три действующих параметра "P_{occ}", "TE" и "TMR" с помощью следующего уравнения:

$$P_{occ} = 1 - \left(1 - \frac{1}{TMR} \right)^{TE}$$

В нижеприведенной таблице представлены соотношения трех включенных переменных, предполагая, в качестве примера, период воздействия в 100 лет, и соотношение концепции с вероятностью паводков.

Соотношение между возможностью, вероятностью события и Средним Периодом Возврата					
на период воздействия TE = 100 лет					
Вероятность	P _{occ}	TMR (лет)	Комментарии, примеры	Переменная Гамбела(Gv)	Коэф. Gv к Gv для 1:10,000
Вероятная	1:10	950 ≈ 1,000	паводок 1 в 1,000 лет	6,86	0,74
Умеренная	1:100	9 950 ≈ 10,000	паводок 1 в 10,000 лет	9,21	1
Маловероятная	1:1,000	99 950 ≈ 100,000	---	11,51	1,25
Редкая	1:10,000	999 950 ≈ 1,000,000	Порядок величины ВМП	13,82	1,50
Очень редкая					

Таблица 4-2: Уровни вероятности случая

4.2 Оценка суммы ущерба

Оценка влияния данного события основана на оценке стоимости повреждений, произведенных случаем, и человеческих жизней потенциально находящихся в опасности. Как показано в таблице 3-2, приведен список компонентов схемы Рогунской ГЭС, находящихся под потенциальным воздействием, и тяжесть воздействия оценивается на гранулометрической шкале, которая определяется следующим образом:

ВОЗДЕЙСТВИЕ	
Категория	Оценка (млн Долларов США)
Незначительное	
Небольшое	1
Умеренное	100
Крупное	1 000
Экстремальное	10 000

Таблица 4-3: Уровни воздействия

4.3 Оценка риска

Оценка риска осуществляется путем объединения (умножения) оценки вероятности наступления нежелательного события и оценки его последствий, если оно произойдет.

Такая комбинация требует, чтобы все причины, вероятно производящие данное воздействие, оценивались для того, чтобы выбрать наиболее важный фактор риска. Таким же образом, если данная причина может производить различные воздействия, должен быть рассмотрен наиболее важный фактор риска.

Для того, чтобы организовать и представить данные и информацию относительно этой оценки рисков, были выполнены "таблицы рисков". Таким образом, каждый выявленный риск анализируется в специальной таблице. На рисунке 4-1 представлена типичная таблица риска. Таблицы рисков, установленные для каждого из рассматриваемых рисков (номер 26), приведены в приложении «0».


Рогунская ГЭС		Конструкция ИТЭО – Фаза II – Оценка риска		08.07.2013	
		Лист №		14	
		Идент. Риска		Гибкость Система плотины	
		Степень риска		До смягчения / После смягчения	
ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ	ПРИЧИНА	ВОЗДЕЙСТВИЕ (В)		Оценка	
	Классификация	Классификация		Риск	
	Описание	Описание		Анализ	
ОПИСАНИЕ (После смягчения)	ПРИЧИНА (П)	Вероятность	ВОЗДЕЙСТВИЕ (В)	Оценка	Риск
	Классификация	Классификация	Классификация	Классификация	Классификация
	Описание	Описание	Описание	Описание	Описание
МЕРЫ ПО СМЯГЧЕНИЮ	ПРИЧИНА (П)	Вероятность	ВОЗДЕЙСТВИЕ (В)	Оценка	Риск
	Классификация	Классификация	Классификация	Классификация	Классификация
	Описание	Описание	Описание	Описание	Описание
ОСТАТОЧНЫЙ РИСК (После смягчения)	ПРИЧИНА (П)	Вероятность	ВОЗДЕЙСТВИЕ (В)	Оценка	Риск
	Классификация	Классификация	Классификация	Классификация	Классификация
	Описание	Описание	Описание	Описание	Описание

Рисунок 4-1: Типичная ТАБЛИЦА РИСКА

Таблицы рисков структурированы в пяти разделах следующим образом:

Общая информация	Итоговая информация: определение риска, номер таблицы, тип риска.
Выявление	Как причины, так и воздействия выявлены согласно ранее определенным спискам.
Оценка (до смягчения последствий)	Как причины, так и воздействия описываются и оцениваются для проведения оценки риска.
Меры по смягчению последствий	Возможные меры по смягчению последствий риска подробно изложены в данном разделе.
Оценка остаточного риска (После смягчения последствий)	Риск повторно оценивается с учетом мер по смягчению последствий. Остаточный риск необходимо сравнить с первоначальной оценкой риска, чтобы оценить эффективность мер по смягчению последствий.

Таблица 4-4: Описание различных разделов таблиц рисков

Градации, принятая для оценки риска выводится из классификаций вероятности и воздействия. Риск оценивается сочетанием (умножением) вероятности случая со стоимостью воздействий. Вероятность или возможность случая являются безразмерной величины, риск принимает те же единицы измерения, что и влияние, которое он может дать. Следовательно, риск выражается в М. долл. США.

		ПОСЛЕДСТВИЕ (Сумма в ДСША)				
ВЕРОЯТНОСТЬ		Незначительное	Небольшое	Умеренное	Большое	Экстремальное
		1	10	100	1 000	
	1 : 1					
Почти точная	9 : 10					
Вероятная	1 : 10					
Умеренная	1 : 100					
Маловероятная	1 : 1 000					
Редкая	1 : 10 000					
Очень редкая						

Таблица 4-5: Таблица оценки риска [МДСША]

Соответствующие цвета выбираются для того, чтобы отразить серьезность риска; от темно-зеленого, до ярко-красного, следуя градации воздействия.

5 ОЦЕНКА РИСКА

Данная глава представляет ход и результаты оценки рисков, на основе описанной выше методологии.

5.1 Матрица взаимодействия

Для того, чтобы облегчить выявление рисков, которые должны быть рассмотрены, была использована матрица взаимодействия, сочетающая заданные семей потенциальных причин риска (с тремя уровнями детализации) с заданными системами проекта и подсистемами, на которые могут воздействовать эти причины.

Приложение "7.2 Матрица взаимодействия" показывает матрицу взаимодействия, используемую в текущем анализе рисков. Двадцать шесть случаев потенциального риска были отобраны для дальнейшего анализа.

В приложении "7.2 Краткое изложение рисков" перечислены 26 случаев, отобранных для дальнейшего исследования. В той же таблице приведен показатель уровня риска до и после применения смягчающих мер.

5.2 Таблицы рисков

Как описано в предыдущих главах, было разработано двадцать шесть таблиц рисков, для проведения оценки вероятности причин, степени воздействий, последующего риска, чтобы предложить и описать меры по смягчению последствий и, наконец, оценить остаточный риск, после применения смягчающих мер.

Результирующие Таблицы рисков показаны в Кратком изложении рисков.

Следует отметить, что следующий процесс последовал для получения каждой Таблицы риска. Целью этого процесса является обеспечение общей согласованности и технической последовательности и для минимизации субъективности:

- Для каждой таблицы риска был назначен определенный человек, ответственный за её наполнение. Этим назначенным лицом был, в большинстве случаев, эксперт по вопросам, связанным с воздействиями, но также всегда знающий причины.
- В случае сложности, два эксперта были связаны с одной таблицей риска, один по причинам и другой по эффектам,
- Диапазоны вероятности и уровней воздействия, как определено выше, должны были строго соблюдаться, чтобы сохранить согласованность в общем анализе. Для того, чтобы удовлетворять этому условию были подготовлены соответствующие электронные таблицы.
- Подготовленные таблицы рисков были одна за другой проверены человеком, ответственным за Анализ риска.
- Пересмотренные / откорректированные Таблицы рисков затем контролируются и проверяются техническим комитетом, состоящим из Руководителя проекта, технического консультанта и соответствующих экспертов.

За этим процессом, внутренним для Консультанта ИТЭО, должен следовать Семинар по рискам с участием официальных лиц Таджикистана и членов команды и экспертов Всемирного банка. Цель его заключается в способствовании подтверждению уровня рисков, связанных с проектом Рогунской ГЭС, а также проверить и сам анализ и, насколько возможно, достигнуть консенсуса относительно мер по смягчению последствий и способа их реализации.

5.3 Статистические данные оценки риска

Приведенная ниже Таблица 5-1 показывает количество случаев, оцененных на каждом уровне риска и как была снижена их степень опасности соответствующими мерами по смягчению последствий.

Действительно, двенадцать случаев первоначально были оценены в двух самых высоких уровнях риска, а именно "экстремальном" и "большом", и одиннадцать были классифицированы как "умеренные" риски. После предложения и применения мер по смягчению, не осталось ни одного случая на двух самых высоких уровнях риска и только шесть из них остаются на уровне «умеренных» рисков. По этим случаям будут сделаны специальные комментарии.

Дополнительно, Таблица 5-2 показывает расположение (вероятность и степень воздействия) каждого исследуемого случая риска, до и после предложения и применения смягчающих мер.

	ДО СМЯГЧЕНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ	ПОСЛЕ СМЯГЧЕНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ
	6	0
	6	0
	11	6
	2	13
	1	7
Итого	26	26

**Таблица 5-1: Распределение риска по уровню опасности
До и после мер по смягчению последствий**

ДО СМЯГЧЕНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ						
ВЕРОЯТНОСТЬ		ПОСЛЕДСТВИЕ (Сумма в М.ДСША)				
		Незначительное	Небольшое	Умеренное	Большое	Экстремальное
		1	10	100	1 000	
Почти точная	1 : 1			6, 14	4Б, 11	4А, 7, 17
	9 : 10			10А, 13, 21	16	2, 18, 20
Вероятная	1 : 10			5	15В, 19	8А, 12, 15Б
	1 : 100					1, 3, 8Б, 10Б
Маловероятная	1 : 1 000					9
	1 : 10 000		15А			
Редкая						
Экстремально редкая						

ПОСЛЕ СМЯГЧЕНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ						
		ПОСЛЕДСТВИЕ (Сумма в М.ДСША)				
ВЕРОЯТНОСТЬ		Незначительное	Небольшое	Умеренное	Большое	Экстремальное
		1	10	100	1 000	
Почти точная	1 : 1		4Б	4А, 11		
	9 : 10		13, 14	7, 17		
Вероятная	1 : 10		6, 10А, 12	15В, 16, 18	15Б	
	1 : 100		21	5	8Б, 19	20
Умеренная	1 : 1000	9, 15А				1, 2, 3, 8А, 10Б
	1 : 10 000					
Маловероятная						
Редкая						
Экстремально редкая						

Таблица 5-2: Определение риска по уровню риска (До и после мер по смягчению последствий)

Эти таблицы необходимо читать вместе с кратким изложением рисков и таблицами рисков в Приложениях.

5.4 Технический анализ основных рисков

Как показано в таблице 5-1, до применения мер по смягчению последствий, 23 выявленных риска имели расценку более высокую или равную «умеренной»: 6 были классифицированы как "экстремальные", 6 как "большие" и 11 как "умеренные".

После запланированных мер по смягчению последствий все "экстремальные" и "большие" риски снизились на один или два уровня по степени опасности, оставляя только шесть случаев (группа А) на уровне "умеренного" риска.

	Уровень риска				Причина	Влияние
	Катастрофический	Крупный	Умеренный	Незначительный		
А	4A 7 17 20	11 15B			Наносы Соляной пласт Качество пород Расчетный напор Ползучесть разломов Сейсм. Смещение	Управление паводка Безопасность плотины Безопасность выработки Управление паводка Управление паводка Управление паводка
	18 2	4B 12 16 8A			Строительства СТ Паводки Наносы Селевые потоки Материалы плотины Край водохранилище	Управление паводка Безопасность плотины Мощность и Электроэнергия Управление паводка Безопасность плотины Безопасность плотины
В			6 14 10A 13 21 15C		Землетрясения Оползни Оползни Утечка с водохранилище График строительства Сейсм. Смещения	Безопасность плотины Безопасность строительство Безопасность плотины Мощность и электроэнергия Перерасходы Мощность и электроэнергия Перерасходы, дополнительные
			19 1 3 8B 10B		Проектирование, данные Паводки GLOF Соль-Гипс Оползни	задержки Безопасность плотины Безопасность плотины Обвал во время строительство Управление паводка
До:	6	6	11		=23	
После:			6	17	=23	

Рисунок 5-1: Уровень рисков до и после мер по смягчению последствий

Шесть случаев в группе «А» (сниженные с "экстремальных" и "больших" до "умеренных") действительно имеют причины, тесно связанные с функциями, которые делают проект Рогуна особенным: четыре естественные причины (наносы, сейсмичность, активный разлом с соляным заполнением, локально низкое качество породы) и одна причина проектирования (высокий гидравлический напор на затворы в гидро-туннелях), которая тесно связана с тем, что плотина Рогунской ГЭС, должна стать мировым рекордом по высоте.

Шесть случаев, в группе "А", тогда являются характеристикой проекта Рогунской ГЭС. Их расценка, все еще может быть снижена на один уровень, но было стратегически решено на данном этапе исследований, оставить их на уровне «умеренного», чтобы выступать в качестве напоминания о природных особенностях проектирования проекта. Они должны напомнить, что на следующих этапах разработки проекта (как только будет выбран наиболее удобный вариант проекта) должны быть разработаны дальнейшие исследования и усовершенствования проектирования. Они должны быть тщательно обсуждены в посвященном этому Семинаре по рискам, для достижения консенсуса между всеми сторонами, и для того, чтобы признать их значимость в разработке проекта.

Другие риски (группы "Б" и "В" на Рисунке 5-1), были снижены до уровня «небольшие» риски.

Текущий анализ рисков приводит тогда к выводу, что остаются несколько умеренных рисков, но их характеристика еще может быть улучшена в следующих этапах проекта. На данном этапе исследований, все другие риски были снижены до уровня "небольшие" риски или меньше.

На основе текущего технического анализа рисков, проект Рогунской ГЭС может продолжить свою разработку и может быть разумно предусмотрено детальное проектирование выбранного варианта.

Экологические, экономические, финансовые, а также социально-политические риски не были проанализированы в настоящем анализе, который фокусируется в основном на технических рисках.

В следующих параграфах концептуально описано положение каждого из шести случаев риска, принадлежащих группе "А". Они являются самыми высокими рассчитанными случаями риска, остающимся на уровне «умеренных» рисков, как напоминание о необходимости мер по смягчению последствий или необходимости консенсуса. Во всех этих случаях консультант ИТЭО считает, что они могли бы быть классифицированы на уровне «небольших» рисков, но, опять же, они сохраняются там, как напоминание о дальнейших исследованиях, разработках или требуемых действиях.

Наносы (случай риска "4А"):

Скудная растительность и крутые склоны реки в районе бассейна реки Вахш облегчают передвижение и транспортировку большого и абразивного гранулированного материала (песок, гравий и камни) вдоль реки в будущее водохранилище.

Через несколько до нескольких десятков лет (в зависимости от варианта высоты плотины) абразивный материал достигнет входного канала гидро-туннелей,

предназначенный для выброса паводка, подвергая опасности плотину и весь проект. Вследствие этого был добавлен поверхностный водосброс в проект на большой высоте, для того, чтобы радикально продлить безопасный срок службы проекта.

Этот водосброс, который увеличивает стоимость проекта, не должен быть установлен в полную мощность в самом начале срока службы проекта. Но без такого поверхностного водосброса весь проект должен быть демонтирован в среднесрочной перспективе или просто вообще не построен.

В свою очередь этот водосброс становится проблемой сам по себе, так как он станет мировым рекордом по объему высоты напора. Обратите внимание, что он должен безопасно передать обратно в реку большой поток мощности. Сила потока (сток умноженный на напор) может быть потенциально выгодной (поток через электростанцию) или потенциально убыточным (поток над плотиной или вдоль небезопасного водного пути). В случае самого высокого варианта высоты плотины Рогунской ГЭС, энергия может составить целых 24 000 МВт ($\approx 8,000 \text{ м}^3/\text{с} \times 300 \text{ м}$).

Дальнейшие исследования и исследования, которые далее будут проводиться на следующих этапах проекта в целях повышения знаний о наносах (характеристики и количество), для проверки и консолидации предлагаемого проектирования для поверхностного водосброса и оценить возможности того, когда будет необходима часть и совокупность поверхностного водосброса.

Активный разлом с соляным заполнением (случай риска “7”):

Ионахшский разлом является активным, поверхностным, региональным надвигом, субвертикально пересекающим часть вверх по течению каменно-набросной плотины. Кроме того, его сейсмический потенциал (рассмотренный ниже при описании случая риска №15Б) имеет особенность соляного заполнения. Этот материал, характеризующийся пластичностью, выталкивается вверх в виде соляного клина глобальным С-Ю региональным состоянием сжатия. С другой стороны возможность растворения соли в водной среде будет активирована путем создания водохранилища, сокращая высоту соляного клина.

Движение соляного клина по направлению вверх является противоположным эффекту растворения соли. В настоящее время долгосрочное равновесие этих двух направлений может быть изменено как только будет поднято водохранилище, изменяя градиенты давления воды в зоне разлома в окрестностях плотины.

Могут быть предусмотрены три возможных случая:

- Нынешние условия равновесия между двумя противоположными тенденциями преобладают. В таком случае клина внутри Ионахшского разлома плотина не "замечет" наличие соляного. Это означает, что дополнительный риск не должен быть рассмотрен. Ионахшский разлом можно наблюдать "только" в качестве источника сейсмических землетрясений и смещений. Этот аспект повреждение рассматривается отдельно.
- Преобладает движение соляного клина вверх. В таком случае дециметровый пластиковый клин мог перейти в основание плотины Стадии-1, 130 метровой каменно-набросной плотины, со скоростью несколько миллиметров или несколько сантиметров в год. Это влияние не должно происходить, так как водохранилище (особенно на ранних стадиях) увеличит давление градиентов и, следовательно, приведет к растворению соли. И, если это произойдет,

последствия выталкивания пластикового клина к каменно-набросной плотине (более 100 м в высоту) кажется незначительными.

- Преобладает движение соляного клина вниз. Это происходит только тогда, когда скорость растворения больше, чем возрастание скорости из-за сжатия соляного клина. Скорость растворения сначала будет возрастать при плотине стадии-1 и цементационная завеса будет управлять потоком вдоль зоны основания. Эта ситуация должна длиться вплоть до десяти лет. Потом, когда взята основная плотина и ее цементационная завеса контроль градиента давления воды вокруг соляного клина будет резко снижен из-за соответственного положения завесы. Это означает, что скорость растворения падает до значений, аналогичных текущему состоянию равновесия.

Оценочные исследования показали, что если эта ситуация сохранится, могут возникнуть декаметровые обвалы вдоль разлома в зоне существенного извлечения соляного клина. Если эти обвалы становятся непрерывными вдоль досягаемости, где разлом пересекает оконечность плотины и, если он погружает основание на больше, чем 25 м, безопасность плотины (в частности, ядро плотины) может оказаться под влиянием на значительном уровне.

Имеющаяся информация о возможности растворения и о восходящем показателе соляного клина показывает, что шансы на достижение этой ситуации, в частности, в короткий период службы плотины Стадии-1, незначительны. Несмотря на это, предлагается ввести в действие мониторинг и меры по смягчению последствий, чтобы управлять и следить за градиентами давления воды в критический период. Также были рекомендованы дальнейшие исследования для следующих стадий проектирования, цель состоит в том, чтобы иметь полное представление о задействованном процессе.

Вероятность и последствия, связанные с этой ситуацией сохранены на уровне "умеренных", чтобы подчеркнуть необычную особенность проектирования Рогунской ГЭС и напомнить о важности дальнейших изучений и исследований. Они должны подтвердить целесообразность мер по смягчению последствий, предлагающих соответствующую безопасность для всех участвующих сторон.

Локально низкое качество породы (случай риска "17"):

Проходка каверны машинного зала началась несколько десятилетий назад в геологическом контексте песчаников, которые следуют из Запада на Восток алевролитами. Измерения сходимости еще не показали устойчивость смещения стенки, особенно в зоне алевролита. Исключительно большая сходимость наблюдается после работ, возобновленных в 2008 году.

Эти измерения действительно послужили доказательством того, что установленная опора породы не предотвратила горную массу от повреждений в больших масштабах, особенно в слабых зонах алевролитов. Обвал или частичное разрушение конструкции каверны машинного зала стало риском.

В этом случае риска причинами являются "почти точные". В случае возникновения обвала каверны, из-за стоимости ремонта и потери выгоды, эффекты составят "крупные" или "экстремальные" в установленном масштабе, даже если ничья жизнь не находится в опасности.

Были уже предложены срочный мониторинг и меры по смягчению последствий. В соответствии с принятыми масштабами вероятности и влияния этой ситуации можно было бы рассматривать как имеющий "небольшой" остаточный уровень риска.

Несмотря на это, было принято решение выйти из этой ситуации одним из немногих случаев по-прежнему составляющим "умеренный" риск, чтобы привлечь внимание сторон на необходимость принятия срочных мер.

Высокий гидравлический напор на затворов и гидравлических тоннелей (случай риска "20"):

Управление паводками во время строительства, в соответствии с существующим проектированием (ИГП, 2010) гарантируется с помощью туннелей СТ-1, СТ-2 и СТ-3 для самого низкого уровня воды и туннели ЗЛО (туннель рабочий 3-го уровня) и ROP (Глубинный водосброс). Их оголовки находятся на уровне реки (СТ-1 и СТ-2), на высоте 1035 для СТ-3 и на отметке 1145 для двух других.

Для того, чтобы предложить достаточную пропускную способность при каждой высоте поверхности воды водохранилища во время строительства, несколько туннелей должны работать в одновременно в случае паводков и каждый туннель должен служить в течение большого радиуса напоров. Это произойдет в течении периода не менее 15 лет для того, чтобы покрыть будущую глубину залегания водохранилища, составляющую более 300 метров.

Принятые расчетные напоры являются во всех случаях выше, чем 150 м, а в частном случае СТ2 максимальное давление на затворы немного ниже, чем 200 метров.

Консультант ИТЭО считает эти напоры на затворы слишком рискованными. Действительно, высокий напор в сочетании с высокими скоростями работающих на постоянной основе в течение нескольких лет без перерыва, не считаются совместимыми с требуемым уровнем безопасности. В нынешних условиях если только один туннель выходит из строя, то весь проект будет в опасности.

Для того, чтобы избежать этой ситуации консультант ИТЭО требует, чтобы был принят максимальный напор на затворы 120м ,и, чтобы скорость потока ограничивалась соответствующим образом. Но данный расчетный критерий "математически" увеличивает количество туннелей, необходимых для безопасного прохода паводка во время строительства.

В соответствии с новыми условиями проектирования риски значительно ниже, но нет статистики, чтобы измерить или оценить первоначальные и остаточные риски. С другой стороны, даже если стоимость мер по смягчению последствий (два дополнительных туннеля в случае самого высокого варианта плотины) не является существенной по отношению к общей прямой стоимости проекта, возникла критика по этой смягчающей мере со стороны заинтересованных сторон.

По этим причинам этот случай риска нам сохранен как "умеренный" риск для того, чтобы продолжить работу над этим, находясь в поисках консенсуса между сторонами.

Ползучесть в разломах, влияющая на гидравлические туннели (случай риска "11"):

Помимо интенсивных, резких движений, происходящих вдоль разломов во время землетрясений, также происходят длительные, "почти" непрерывные (ползучести) движения вдоль разломов, как результат после размещения блока. В 1970-80-е годы кампании измерения выявили темпы ползучести около 3 мм / год для Йонахшского разлома и около 2,3 мм / год вертикальной составляющей для Разлома №35.

Когда происходят эти соответствующие движения (независимо от какого-либо непосредственного землетрясения), они могут воздействовать деформированием основания плотины; они могут произвести прогрессивный наклон оси турбин, а также могут привести к повреждению обделок гидравлического туннеля там, где туннели пересекают эти разломы.

Расположение ядра плотины было выбрано так, чтобы избежать ползучих разломов. Помимо этого, каменно-набросные плотины хорошо подходят для размещения этих деформаций (0,3 м в 100 лет). Кроме того, ключевые элементы такие, как фильтры и переходы были увеличены, чтобы лучше способствовать принятию соответствующих движений. Отклонение оси турбин может компенсироваться механической перенастройкой оси, когда кумулятивные деформации требуют этого. Туннели, пересекающие ползучие разломы тогда могут стать компонентами проекта более чувствительными к этой естественной причине.

Действительно, даже твердая обделка туннелей не может выдержать кумулятивных больших сдвиговых напряжений. Если это произойдет, и оси туннеля претерпят дифференциальные смещения, произойдут дополнительные потери напора, возникнут кавитационные риски и (в случае утечки воды через расколотые участки) может произойти разрушение туннеля. Этот последний случай кажется физически наиболее критическим условием.

Временные туннели для управления паводками во время строительства будут работать на протяжении ограниченного периода времени (всегда меньше 10 лет). Тогда последствия не могут быть существенными, но, в любом случае, проектные меры по смягчению последствий были реализованы как для постоянных, так и для временных туннелей. Они состоят из расширения участка вместе с глубокой герметизацией зон разломов или (для небольших участков) обделок, допускающих определенный уровень деформаций, но разработанных с целью избежать утечки.

Во всех случаях (для основания плотины, для оси турбины, а также для тоннелей, пересекающих ползучие разломы) должна быть реализована дополнительная кампания измерения и должна быть установлена последующая система мониторинга.

Сейсмичность (случай риска “15Б”):

Проект Рогунской ГЭС находится в сложных сейсмо-тектонических условиях, где были определены активные разломы с возможностью значительных колебаний и сдвигов.

Сама плотина расположена в тектоническом блоке между Ионахшским и Гулизинданским разломами, двумя региональными надвигами. Нынешняя сейсмическая оценка оценивает косейсмические смещения величиной в 1 м вдоль этих разломов, сопутствующие МСЕ (максимально допустимое землетрясение). Местные разломы, вмещающие деформацию блока могли, в аналогичных условиях, пережить косейсмические смещения величиной порядка 0,1 м до 0,2 м.

Верхняя часть самой плотины находится на Ионахшском разломе, а также Строительный тоннель №3 и Выпускное отверстие среднего уровня №1 пересекают этот элемент в их верхних частях. Эти туннели диаметром в 15 м способствуют управлению паводков во время строительства. Их роль в сохранении безопасности плотины важна. Вероятность наступления таких событий (связанных с МСЕ) уменьшается, а период воздействия (период строительства) также является коротким. Но последствия могут быть важны в случае возникновения.

Меры по смягчению последствий были предусмотрены (расширение участка и укрепление вместе с дополнительным набором затворов вверх по течению, чтобы обеспечить контроль и ремонтные работы). Он представляет собой дополнительную стоимость, но это считается необходимостью для того, чтобы снизить риск до приемлемых пределов.

На последующих этапах проекта должно быть пересмотрено уточнение оценки сейсмических смещений и должны быть уточнены технические решения с целью выполнения.

6 ВЫВОДЫ

Текущий анализ рисков был проведен как завершение Фазы-II Исследований Технико-Экономической Оценки проекта Рогунской ГЭС, как разработано до настоящего времени.

В настоящем отчете описываются процедуры выявления рисков, а также методы и диапазон оценки риска, предлагаются меры по смягчению последствий, после чего переоцениваются остаточные риски. Специальные таблицы рисков были разработаны для каждого из 26 случаев риска, рассмотренных в данном исследовании.

Только шесть случаев остаются на уровне «умеренных» рисков после применения предложенных мер по смягчению, ни одного не остается на более высоких уровнях. Их расчеты все еще можно сократить на один уровень, но было стратегически решено оставить их на уровне «умеренного» чтобы выступать в качестве напоминания о природных особенностях проекта. Они должны напоминать, что на следующих этапах проекта (как только будет выбран наиболее удобный вариант проекта) должны быть разработаны дальнейшие исследования и усовершенствования проектирования. Они должны быть тщательно обсуждены на посвященном этому Семинаре по рискам, для достижения консенсуса между всеми сторонами, и для того, чтобы признать их значимость в разработке проекта.

Источниками этих шести оставшихся рисков являются пять естественные причины (наносы, сейсмичность, активный разлом с соляным заполнением, локально низкое качество породы, ползучесть разломов) и одна причина проектирования (слишком высокий гидравлический напор на затворах в гидро-туннелях), которая тесно связана с тем, что Рогунской плотины, чтобы стать мировой рекорд по высоте. Эти пять случаев риска затем следует рассматривать как характерные сложности и трудности проекта.

Экологические, экономические, финансовые, а также социально-политические риски, не были оценены в этом анализе.

На основе этих выводов текущего технического анализа рисков, проект Рогунской ГЭС может затем продолжить свою разработку для следующего этапа исследований, то есть рабочий проект выбранной альтернативы.

Дальнейшие исследования и усовершенствования проектирования должны быть выполнены на следующих этапах проекта, как только будет выбран вариант высоты плотины.

7 ПРИЛОЖЕНИЯ

7.1 Матрица Взаимодействия

7.2 Краткое изложение рисков и таблицы рисков