



ОАХК «БАРКИ ТОЧИК»

ИССЛЕДОВАНИЯ ТЭО ПРОЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА РОГУНСКОЙ ГЭС



ФАЗА II: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВАРИАНТОВ ПЛОТИНЫ

ТОМ 1: РЕЗЮМЕ

Неофициальный перевод на русский язык. Оригинал на английском языке превалирует в случае обнаружения неточностей в русской версии



ИССЛЕДОВАНИЯ ТЭО ПРОЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА РОГУНСКОЙ ГЭС

ФАЗА II: ВАРИАНТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЕКТА

ТОМ 1: РЕЗЮМЕ

Июнь 2014

Отчет №: P.002378 RP58 Ред. Г

Г	09/06/2014	Интеграция комментариев рецензентов	Различными экспертами	Лучиано Корти	Луи Бузат
В	16/05/2014	Финальная Версия	Различными экспертами	Лучиано Корти	Николя Санс
Б	16/04/2014	Заключительная версия	Различными экспертами	Лучано Корти	Николя Санс
А	29/07/2013	Первое издание	Различными экспертами	Винсент Либод	Николя Санс
Редакция	Дата	Тема редакции	Подготовлено	Проверено	Одобрено

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	11
ТОМ 2: ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.....	13
ГЛАВА 2.1: ТОПОГРАФИЯ	14
ГЛАВА 2.2: ГЕОЛОГИЯ.....	16
1. ВВЕДЕНИЕ	16
2. РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ	18
3. ГЕОЛОГИЯ УЧАСТКА	19
4. УСТОЙЧИВОСТЬ СКЛОНОВ НА СТВОРЕ ПЛОТИНЫ	23
5. ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ	25
6. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЗОНЫ ВОДОХРАНИЛИЩА.....	29
7. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ	31
ГЛАВА 2.3: ГЕОТЕХНИКА.....	34
1 ВВЕДЕНИЕ.....	34
2 ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ УЧАСТКА И ПРОВЕДЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	34
3 ГИДРОГЕОЛОГИЯ	36
4 ОСНОВАНИЕ ПЛОТИНЫ	36
5 ТЕКТОНИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ РАЗЛОМЫ	37
6 ДРУГИЕ ПРОБЛЕМЫ	38
7 ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ	39
ГЛАВА 2.4: СЕЙСМИЧНОСТЬ.....	41
1 ВВЕДЕНИЕ.....	41
2 ВСЕМИРНОЕ ТЕКТОНИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ	41
3 ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТЕКСТ	42
4 СЕЙСМИЧНОСТЬ.....	44
5 ПРЕДПОЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ДОСО.....	44
6 ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ.....	45
7 СЕЙСМИЧНОСТЬ, СВЯЗАННАЯ С БОЛЬШИМИ ВОДОХРАНИЛИЩАМИ	50
8 ПРЕДЛАГАЕМЫЙ МОНИТОРИНГ СЕЙСМИЧНОСТИ	50
9 ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ	51
ГЛАВА 2.5: МЕТЕОРОЛОГИЯ, ГИДРОЛОГИЯ И ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА	52
1. ВВЕДЕНИЕ	52
2. ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ	52
3. ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ПАВОДКАМ.....	53
4. ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОГО МАКСИМАЛЬНОГО ПАВОДКА (ВМП)	54
5. ВЛИЯНИЕ НА ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА.....	55

ГЛАВА 2.6: СЕДИМЕНТАЦИЯ	57
1 ВВЕДЕНИЕ	57
2 ХАРАКТЕРИСТИКИ НАНОСОВ РЕКИ ВАХШ	57
3 ОПЫТ НУРЕКСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	58
4 ОЦЕНКА ГОДОВОГО ТВЕРДОГО СТОКА	59
5 ОБЗОР ДОСТУПНЫХ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ НАНОСАМИ	59
6. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ:	69
ТОМ 3: ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТЫ	71
ГЛАВА 3.1: КРИТЕРИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	72
1 ВВЕДЕНИЕ	72
2 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	72
3 КРИТЕРИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	73
ГЛАВА 3.2: ВЫБОР СТВОРА ДЛЯ ПРОЕКТА, МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ МАШИННОГО ЗАЛА, ТИП ПЛОТИНЫ И ВАРИАНТЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	76
1. ВВЕДЕНИЕ	76
2. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЕКТА ИГП 2009-2010 Г.Г.	76
3. ВЫБОР СТВОРА ПЛОТИНЫ, ТИП И ОСЬ	78
4. ВЫБОР МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ МАШИННОГО ЗАЛА И ТИП	82
5. ВЫБОР ВАРИАНТОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ	83
6. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ	84
ГЛАВА 3.3: ВАРИАНТЫ ПРОЕКТА	85
1 ВВЕДЕНИЕ	85
2 СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТВОРА	85
3 ПЛОТИНА	86
4 ПЕРЕКРЫТИЕ РЕКИ И УПРАВЛЕНИЕ ПАВОДКАМИ ВО ВРЕМЯ СТРОИТЕЛЬСТВА	94
5 ПРОПУСК ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПАВОДКОВ	101
6 МНОГОУРОВНЕВЫЕ ВОДОПРИЕМНИКИ	105
7 МАШИННЫЙ ЗАЛ	106
8 ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	107
9 ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ КАЖДОГО ВАРИАНТА	108
ГЛАВА 3.3 - ПРИЛОЖЕНИЕ 1 – ОЦЕНКА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	115
1 ВВЕДЕНИЕ	115
2 ПРОЕКТ ПЛОТИНЫ – НЕОБХОДИМЫЕ ОБЪЕМЫ МАТЕРИАЛОВ	115
3 ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ	116
4 ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ	125
ГЛАВА 3.3 - ПРИЛОЖЕНИЕ 2 – ОТЧЕТ ПО УСТОЙЧИВОСТИ НАСЫПНОЙ ПЛОТИНЫ	127
1 ВВЕДЕНИЕ	127
2 ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ИГП	127
3 СТАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ, ПРОВЕДЕННЫЙ КОНСУЛЬТАНТОМ	128
4 СЕЙСМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ	130

5	АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ПЕРВОЙ ОЧЕРЕДИ	139
6	ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ	142
ГЛАВА 3.3 - ПРИЛОЖЕНИЕ 3 – ПРОПУСК ПАВОДКОВ ВО ВРЕМЯ СТРОИТЕЛЬСТВА		145
1	ВВЕДЕНИЕ	145
2	КРИТЕРИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	145
3	ПРОЕКТА ОТВОДА ИГП.....	149
4	ОПИСАНИЕ ПРЕДЛОЖЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ ОТВОДА	153
5	ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ	156
ГЛАВА 3.3 - ПРИЛОЖЕНИЕ 4 – ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ ПРОЕКТА.....		162
1	ПОНЯТИЯ, ПРИНЯТЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГИДРОСООРУЖЕНИЙ	162
2	СТРОИТЕЛЬНЫЙ ТОНNELЬ № 3	168
3	ВОДОСБРОСНЫЕ СООРУЖЕНИЯ СРЕДНЕГО УРОВНЯ № 1 И 2	171
4	МНОГОУРОВНЕВЫЕ ВОДОПРИЕМНИКИ	175
5	ВОДОСБРОСНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ВЕРХНЕГО УРОВНЯ.....	176
6	ПОВЕРХНОСТНЫЙ ВОДОСБРОС	180
ГЛАВА 3.3 - ПРИЛОЖЕНИЕ 5 – УПРАВЛЕНИЕ ВМП.....		185
1	ВВЕДЕНИЕ	185
2	ОСНОВНЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ	186
3	АНАЛИЗ РЕШЕНИЯ ПРЕДЛОЖЕННОГО ИГП.....	188
4	ЗАЩИТА РОГУНА ОТ БОЛЬШИХ ПАВОДКОВ	191
5	ЗАЩИТА ВАХША ОТ БОЛЬШИХ ПАВОДКОВ	194
6	ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ	196
ГЛАВА 3.3 - ПРИЛОЖЕНИЕ 6 – ЗАПИСКА ПО НАДВОДНОМУ БОРТУ ИЗ-ЗА ВОЛН		199
1	ВВЕДЕНИЕ	199
2	ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ГИПОТЕЗЫ.....	199
3	РАСЧЕТЫ.....	199
ГЛАВА 3.4 – ЧЕРТЕЖИ		201
ГЛАВА 3.5 – ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОХРАНИЛИЩА.....		205
1	ВВЕДЕНИЕ	205
2	ДААННЫЕ И ПРЕДПОЛОЖЕНИЯ.....	206
3	МЕТОДОЛОГИЯ	214
4	ИССЛЕДОВАННЫЕ СЦЕНАРИИ	219
5	РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ.....	222
6	РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ – ПЕРИОД НАПОЛНЕНИЯ	225
7	ЗАКЛЮЧЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ	233
ГЛАВА 3.6 – СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ		237
1	ВВЕДЕНИЕ	237
2	СПРАВОЧНЫЕ ДОКУМЕНТЫ.....	238
3	ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ	238

4	МЕТОДЫ И ПРОГРАММНЫЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ЭТИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	238
5	КОНФИГУРАЦИИ И ВАРИАНТЫ.....	239
6	УСИЛЕНИЕ СЕТИ	245
7	ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ	249
	ТОМ 4: ИССЛЕДОВАНИЯ РЕАЛИЗАЦИИ	251
	ГЛАВА 4.1: ГРАФИК РЕАЛИЗАЦИИ И МЕТОД СТРОИТЕЛЬСТВА.....	252
1	ВВЕДЕНИЕ.....	252
2	ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ	253
	ГЛАВА 4.2: ОЦЕНКА ЗАТРАТ	257
1	ВВЕДЕНИЕ.....	257
2	МЕТОДОЛОГИЯ	258
3	ПРЕДПОЛОЖЕНИЯ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ ПЛОТИНЫ	260
4	КРИВЫЕ РАСХОДА.....	270
	ТОМ 5: ЭКОНОМИЧЕСКИЙ И ФИНАНСОВЫЙ АНАЛИЗ	273
	ГЛАВА 5.1. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ	274
	РАЗДЕЛ 5.2 ФИНАНСОВЫЙ АНАЛИЗ.....	298
	ТОМ 6: АНАЛИЗ РИСКА	303
1	ВВЕДЕНИЕ.....	304
2	ТЕРМИНОЛОГИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ	304
3	ВЫЯВЛЕНИЕ РИСКА.....	305
4	ОЦЕНКА РИСКА	305
5	ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ.....	310
	ТОМ 7: ЗАКЛЮЧЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ	318
1	ПОДХОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕННЫХ ВАРИАНТОВ	319
2	КОНТЕКСТ ВАРИАНТОВ ПРОЕКТА	320
3	ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ВАРИАНТОВ	324
4	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДПОЧТАЕМОЙ ПРОЕКТНОЙ КОНФИГУРАЦИИ.....	330
5	ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ.....	334
6	ДЕТАЛИ РЕКОМЕНДОВАННОГО ВАРИАНТА	335

Рисунки

Рисунок 1: Топографические данные.....	15
Рисунок 2: Основные разломы около зоны проекта	19
Рисунок 3: Схематический разрез, показывающий скорость горизонтальных движений основных разломов (модифицирован с [3]).....	20
Рисунок 4: Интерпретируемый поперечный разрез правого берега, вид с ЮЗ.....	24
Рисунок 5: Столкновение Индии-Азии и вызванная этим деформация в пределах Евразии, Рогунская ГЭС расположена в западных отрогах Гималаев, характеризующихся интенсивным сокращением.....	42
Рисунок 6: Две интерпретации подземной геологической структуры хребта Петра Первого.....	43
Рисунок 7: Синтетические предположения по максимальному историческому землетрясению	45
Рисунок 8: Сравнение между предполагаемым спектром реакции для 5 % затухания связанное с обоими разломами (Гиссарским и Вахшским).....	48
Рисунок 9 : Гидрографы 10 000 летнего паводка и ВМП	55
Рисунок 10: Эволюция оптимального минимального уровня водохранилища, гарантированной электроэнергии и уровня наносов, в течение времени, для расхода наносов в 100 млн. м ³ /год.....	64
Рисунок 11 : Продольное сечение предложенного поверхностного водосброса	67
Рисунок 12: Поперечное сечение плотины. Вариант с НПУ =1290 м.н.у.м.....	90
Рисунок 13: Продольное сечение ступенчатого водосброса.....	105
Рисунок 14: Гранулометрическая кривая ядра.....	120
Рисунок 15: Спецификации для гранулометрических кривых для мелкозернистого и крупнозернистого фильтров	121
Рисунок 16: гранулометрические кривые крупных фильтров и боковых призм	122
Рисунок 17: Гранулометрические кривые каменной отсыпки и боковой призмы	124
Рисунок 18: Гранулометрические кривые каменной пригрузки	125
Рисунок 19: Расчет поперечного сечения (Трехмерное моделирование устойчивости плотины, Гидропроект, 2009 год)	128
Рисунок 20: Схема поперечных сечений	129
Рисунок 21: Поперечные сечения для динамического анализа – вид сверху	132
Рисунок 22: Распределение спектрального ускорения МРЗ (величина затухания 5%).....	133
Рисунок 23: Сечение 2-1, относительное смещение на различных отметках	137
Рисунок 24: Геометрия плотины 1 очереди.....	140
Рисунок 25: Общий вид – Водоотводные и водосбросные сооружения – Схема ИГП	150
Рисунок 26: Эксплуатационный диапазон тоннелей - ИГП.....	151
Рисунок 27: Проект отвода ИГП	152
Рисунок 28: Вид сверху – Предложенные сооружения отвода.....	154
Рисунок 29: Расположение низовых перемычек	155
Рисунок 30 : НПУ = 1290 м.н.у.м. – Эксплуатационный диапазон сооружений отвода	159
Рисунок 31: НПУ = 1290 м.н.у.м. – Схема отвода по времени.....	159
Рисунок 32: НПУ = 1255 м.н.у.м. – Эксплуатационный диапазон сооружений отвода	160
Рисунок 33: НПУ = 1255 м.н.у.м. – Схема отвода по времени.....	160
Рисунок 34 : НПУ = 1220 м.н.у.м. - Схема отвода по времени	161
Рисунок 35: 3-ий эксплуатационный водосброс - продольное сечение.....	189
Рисунок 36: Глубинный водосброс и эксплуатационный шахтный водосброс – продольное сечение	190
Рисунок 37: Пропускная способность водосбросов ИГП относительно отметки водохранилища.....	190
Рисунок 38: Схема Вахшского каскада	207
Рисунок 39: Объем водохранилищ Рогуна и Нурека относительно отметок.....	209
Рисунок 40 : Объем водохранилища Рогуна НПУ=1290 мнум – влияние наносов	210
Рисунок 41 : Объем водохранилища Рогуна НПУ =1255 мнум- влияние наносов	211
Рисунок 42: Объем водохранилища Рогуна НПУ =1220 мнум- влияние наносов	211
Рисунок 43: Объем водохранилища Нурека – влияние наносов без Рогуна.....	212
Рисунок 44 : График наращивания плотины – НПУ = 1290, 1255 и 1220 мнум	213

Рисунок 45 : Исторический отток Нурекской ГЭС и уровень водохранилища (1991-2008)	216
Рисунок 46: Историческая выработка электроэнергии Нурекской ГЭС (1991-2008)	217
Рисунок 47 : Кривая протяженности оттоков Нурека – Историческая и моделированная)	218
Рисунок 48 : Выработка Вахшского каскада - сравнение вариантов, сценарий (б).....	224
Рисунок 49: Выработка Вахшского каскада - сравнение вариантов, сценарий (а).....	225
Рисунок 50 : Наполнение водохранилища Рогунской ГЭС - Результаты моделирования НПУ=1290 мнум	226
Рисунок 51 : Приток на нижнем конце р. Вахш – наполнение НПУ = 1290 м.н.у.м.....	228
Рисунок 52: Наполнение водохранилища Рогун - Результаты моделирования НПУ = 1255 м.н.у.м.	228
Рисунок 53 : Приток на нижнем конце р. Вахш – Наполнение, НПУ =1255 мнум	230
Рисунок 54 : Наполнение водохранилища Рогун - Результаты моделирования, НПУ = 1220 мнум.....	231
Рисунок 55 : Приток в нижней части р. Вахш – заполнение НПУ – 1220 мнум.....	232
Рисунок 56: Оценка затрат Фазы II, диаграмма.....	258
Рисунок 57: Типичный продольный профиль плотины	262
Рисунок 58: Фазирование плотины–Продольное поперечное сечение	263
Рисунок 59: Система ленточного конвейера	268
Рисунок 60: насыпи плотины – Методология единичной цены.....	269
Рисунок 61: Кривая расхода – Строительные работы	271
Рисунок 62: Кривая расхода – Постоянное оборудование	271
Рисунок 63: Кривая расхода – Администрирование и инженерия	271
Рисунок 64: Кривая расходов – Администрирование и инженерия.....	272
Рисунок 65: Распределение мощностей Таджикистана по типу технологии – Рогун 1290 м.н.у.м., 3,200 МВт	288
Рисунок 66: Ежеквартальный чистый экспорт Таджикистана – Рогун 1290 м.н.у.м., 3,200 МВт	289
Рисунок 67: Разбивка затрат проекта по периоду прогнозирования.....	299
Рисунок 68: Уровень рисков до и после мер по смягчению последствий	307

Таблицы

Таблица 1: Максимально Историческое Землетрясение (МИЗ).....	44
Таблица 2: Оценивание максимального вероятного землетрясения (МВЗ).....	46
Таблица 3: ПУГ и спектр реакции, Боммер и соавторы, 2010 г.....	46
Таблица 4: Горизонтальные средние геометрические ПУГи, МВЗ =МИЗ+0.5 /среднее ПУГ+ 0.5 стандартное отклонение	47
Таблица 5: Горизонтальные средние геометрические ПУГи, МВЗ=МИЗ / среднее ПУГ + 1 стандартное отклонение.....	47
Таблица 6: Оценки ко-сейсмических смещений связанные с МВЗ на Йонахшском разломе	49
Таблица 7: Гидропосты.....	53
Таблица 8: Синтез анализа частоты паводка.....	54
Таблица 9: Эволюция объема Нурекского водохранилища	58
Таблица 10 : Срок эксплуатации напорных водоприемников с подъемом водоприемника.....	65
Таблица 11 : Прогнозируемый максимальный срок эксплуатации Рогунского водохранилища.....	66
Таблица 12: Возможность поэтапного строительства плотины	80
Таблица 13: Сравнение типов плотины – Синтез	82
Таблица 14: Варианты нормального подпорного уровня для исследования и соответствующее обоснование.....	83
Таблица 15: Выбранные проектные мощности	84
Таблица 16: Плотина – <i>Основные характеристики проекта ИГП 2009 г.</i>	87
Таблица 17: Количество материалов. ИГП, Проект 2010 г.....	87
Таблица 18: Обработка основания, ИГП	88
Таблица 19: Рассмотрение/Обработка спецификаций	89
Таблица 20: Строительные этапы	91
Таблица 21: Количество материалов на месте [м ³].	92
Таблица 22: оценка материалов	92
Таблица 23: Объем выемки скальной породы	93
Таблица 24: Расчетный паводок – вероятность возникновения и повторяемость.....	94
Таблица 25: Оценка отвода реки	96
Таблица 26: Структура перекрытия для каждого варианта высоты плотины и каждой фазы строительства	96
Таблица 27: Пиковый и дневной максимальный расход	101
Таблица 28: Количество тоннелей, доступных в конце строительства	102
Таблица 29: Характеристики поверхностных водосбросов	102
Таблица 30: Варианты, которые будут изучаться.....	107
Таблица 31: Основные требуемые объемы для строительства плотины	115
Таблица 32: Оценка потерь и коэффициентов расширения/уплотнения	117
Таблица 33: Основные характеристики материалов для строительства плотины	117
Таблица 34: Критерии сегрегации, (ICOLD 1994).....	119
Таблица 35: Статический анализ – результаты	130
Таблица 36: Расчетное землетрясение ПУГ	132
Таблица 37: Основные собственные частоты сечения 2-1.....	134
Таблица 38: Основные собственные частоты сечения 2-2.....	134
Таблица 39: Основные собственные частоты сечения 2-3.....	135
Таблица 40: Эквивалентные линейные результаты – Частота собственных колебаний плотины	136
Таблица 41: Результаты сейсмического анализа – просадка	138
Таблица 42: Результаты сейсмического анализа – горизонтальные постоянные смещения	138
Таблица 43: Критерии проектирования для плотины первой очереди	140
Таблица 44: Анализ устойчивости плотины первой очереди - результаты	141
Таблица 45: Просадка плотины 1 очереди во время землетрясения – формула Швайсгуда	142

Таблица 46: Расчетные паводки. Диапазоны, которые нужно исследовать (НПУ=1290 м.н.у.м.).....	146
Таблица 47: Расчетные паводки. Диапазоны, которые нужно исследовать (НПУ=1255 м.н.у.м.).....	146
Таблица 48 : Расчетные паводки. Диапазоны, которые нужно исследовать (НПУ=1220 м.н.у.м.).....	147
Таблица 49: Основные характеристики тоннелей отвода ИГП	149
Таблица 50: Водосбросные сооружения высокого уровня, доступные в конце строительства	192
Таблица 51: Основные характеристики поверхностных водосбросных сооружений из таблицы 2 1	193
Таблица 52: Вычисленные нагона волны	200
Таблица 53: вычисленный ветровой нагон.....	200
Таблица 54: Объем водохранилища и регулирования ГЭС Вахшского каскада	206
Таблица 55: Средние фактические водозаборы и возвратный приток с 2005-2011гг. (м ³ /с)	208
Таблица 56: Перспективные водозаборы и возвратный приток (м ³ /с).....	209
Таблица 57: Установленные мощности Вахшского каскада и максимальный пропуск	212
Таблица 58 : Выбранные установленные мощности	213
Таблица 59: Ключевые даты ранней выработки	214
Таблица 60: Период калибровки и симулирования модели	215
Таблица 61: Смоделированные сценарии и варианты	222
Таблица 62: Гарантированная выработка каскада Вахш для всех смоделированных сценариев.....	222
Таблица 63: Вторичная выработка каскада Вахш для всех смоделированных сценариев.....	223
Таблица 64: Средний объем энергии каскада Вахш для всех смоделированных сценариев.....	223
Таблица 65: Наполнение Рогуна - Выработка электроэнергии – НПУ = 1290 м.н.у.м.	227
Таблица 66: Наполнение Рогуна - Выработка электроэнергии – НПУ = 1255 м.н.у.м.	229
Таблица 67: Наполнение Рогуна - Выработка электроэнергии – НПУ = 1220 мнум	232
Таблица 68: запланированные новые соединения 500 кВ	241
Таблица 69: Таджикские Электростанции	244
Таблица 70: Объемы, доступные на складах, [млн. м ³]	261
Таблица 71: Объемы материалов для каждого варианта, [Мм ³].	262
Таблица 72: Вариант 1290 – Источники.....	264
Таблица 73: Вариант 1290 – Объёмы [м ³]	264
Таблица 74: Вариант 1255 - Источник	265
Таблица 75: Вариант 1255 – Объёмы [м ³]	265
Таблица 76: Вариант 1220 - источники	266
Таблица 77: Вариант 1220 – объёмы [м ³]	266
Таблица 78: ТС экономии ОСЗ по чувствительностям @ 10%	285
Таблица 79: ЧТС @ 10% разных проектных вариантов Рогуна по чувствительностям	286
Таблица 80: Чувствительность текущей стоимости (ТС) экономии ОСЗ для Ro1290_3200 при 10% ставке рефинансирования.....	290
Таблица 81: Чувствительность экономической ЧТС для Рогуна 1290 м.н.у.м., 3,200 МВт @ 10% ставка рефинансирования	291
Таблица 82: Источники предположения по финансированию.....	301
Таблица 83: Общая окупаемость по финансовым структурам.....	302
Таблица 84: Таблица оценки риска (млн. долл. США).....	305
Таблица 85: Распределение риска по уровню опасности. До и после мер по смягчению последствий	306
Таблица 86: Резюме таблицы риска	310
Таблица 87: Основные характеристики вариантов плотины	325
Таблица 88 : Электромеханическое оборудование – отметка финальной плотины 1290 м.н.у.м.	325
Таблица 89: Электромеханическое оборудование – отметка финальной плотины 1255 м.н.у.м.	325

Таблица 90 : Электромеханическое оборудование – отметка финальной плотины 1290 м.н.у.м.....	325
Таблица 91 : График выполнения работ - основные данные 1 – время с предварительного контракта (в месяцах).....	326
Таблица 92 : Выработка электроэнергии во время строительства для всех вариантов плотины.....	327
Таблица 93: График проведения работ – основные данные 2 – время после предварительного контракта (в месяцах).....	328
Таблица 94 : Среднегодовая электроэнергия – вариант плотины НПУ 1290 м.н.у.м. .	328
Таблица 95 : Среднегодовая электроэнергия – вариант плотины НПУ 1255 м.н.у.м. .	329
Таблица 96: Среднегодовая электроэнергия – вариант плотины с НПУ 1220 м.н.у.м.	329
Таблица 97: Предполагаемый максимальный срок службы Рогунского водохранилища	329

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий документ представляет собой резюме итогов проектной деятельности, осуществляемой консультантом по части Фазы II исследований Технико-Экономической Оценки строительства Рогунской ГЭС. Исследование Технико-экономической оценки (ИТЭО) было разработано консультантом для Правительства Таджикистана при финансировании Всемирного банка. Консультант ИТЭО состоит из компании Coyne et Bellier, Франция, Electroconsult, Италия, и IPA Соединенного королевства, совместно работающих для проекта Рогунской ГЭС.

Отдельно, но параллельно к этому, была разработана Оценка экологического и социального воздействия (ОЭСВ) другим консультантом. Отчеты по ОЭСВ представляются отдельно от технико-экономического исследования.

В рамках исследований фазы 0, консультант ИТЭО провел оценку мер, необходимых для смягчения потенциального воздействия соляного пласта, имеющегося на створе Рогунской ГЭС. Резюме отчета по фазе 0 ранее был опубликован.

В рамках фазы исследований консультант ИТЭО провел оценку всей ранее проведенной работы по настоящее время по Рогунской ГЭС. Отчет фазы I ранее был опубликован .

В рамках исследований фазы II, консультант ИТЭО оценил существующий проект Рогунской ГЭС (насыпная плотина высотой 335 м и проектной мощностью в 3,600 MW) и исследовал различные варианты вида плотины, высоты плотины, поэтапное строительство, эксплуатацию водохранилища и вопросы безопасности плотины и всеобщей работы ГЭС.

Отчет Фазы II состоит из семи томов, для которых основные предположения, выводы и рекомендации были использованы в настоящем томе.

Том 1 – настоящий документ, действующий как отдельное резюме всего отчета.

Том 2 описывает основные данные, собранные консультантом вместе с анализом, что использовался для получения различных вариантов (топография, геология, геотехника, сейсмичность, метеорология, гидрология и седиментация).

Том 3 относится к проектному подходу, который использовался консультантом для получения вариантов, которые должны быть исследованы, в том числе четкий набор критериев проектирования, обсуждения по выбору участка и типа конструкций, соответствующих контексту и расчетным отчетам для основных компонентов проекта.

Том 4 описывает методологию строительства и предлагаемую последовательность, которая должна быть принята по каждому варианту вместе с подробной оценкой затрат по всем предложенным вариантам.

Том 5 рассматривает экономические и финансовые аспекты различных вариантов.

Том 6 является полным анализом рисков проекта вместе с предлагаемыми мерами по смягчению последствий и рекомендуемыми действиями.

Наконец Том 7 является заключением технико-экономической оценки вместе с обоснованием выбора для рекомендованного варианта для продолжения работ по нему и дальнейшего детального рассмотрения.

ТОМ 2: ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

ГЛАВА 2.1: ТОПОГРАФИЯ

Для исследований ТЭО консультант использовал информацию, представленную в ходе исследований, дополненную дополнительными данными, собранными на объекте:

- Данные, которые представил Барки Точик
 - = Топографическая съемка от 2 км вверх по течению до оси плотины (зона шириной 500м, сетка 10м x 10м)
 - = Цифровая топография участка плотины (изолинии рельефа каждые 20м при максимальной отметке, и каждый 1 м вблизи берега реки);
 - = Аэрофотоснимки (снимок 7.1 x 9.1 км);
 - = Карта масштаба М1:10 000 протяженностью от оси плотины до 10км вниз по течению;
- Цифровая модель отметки по данным ASTER (сетка 30мx30м)
- Пути дорожной сети по Глобальной системе позиционирования (GPS)

В особенности, для исследований по строительству, консультант использовал:

- = Данные ASTER для создания изолиний рельефа каждые 50 м всего строительного объекта,
- = Аэрофотоснимки для размещения автодорог и различных инфраструктур,
- = Исследование автодорог по GPS, чтобы узнать точные профили автодорог.

Нижеуказанный рисунок представляет различные доступные данные по объекту Рогунской ГЭС.

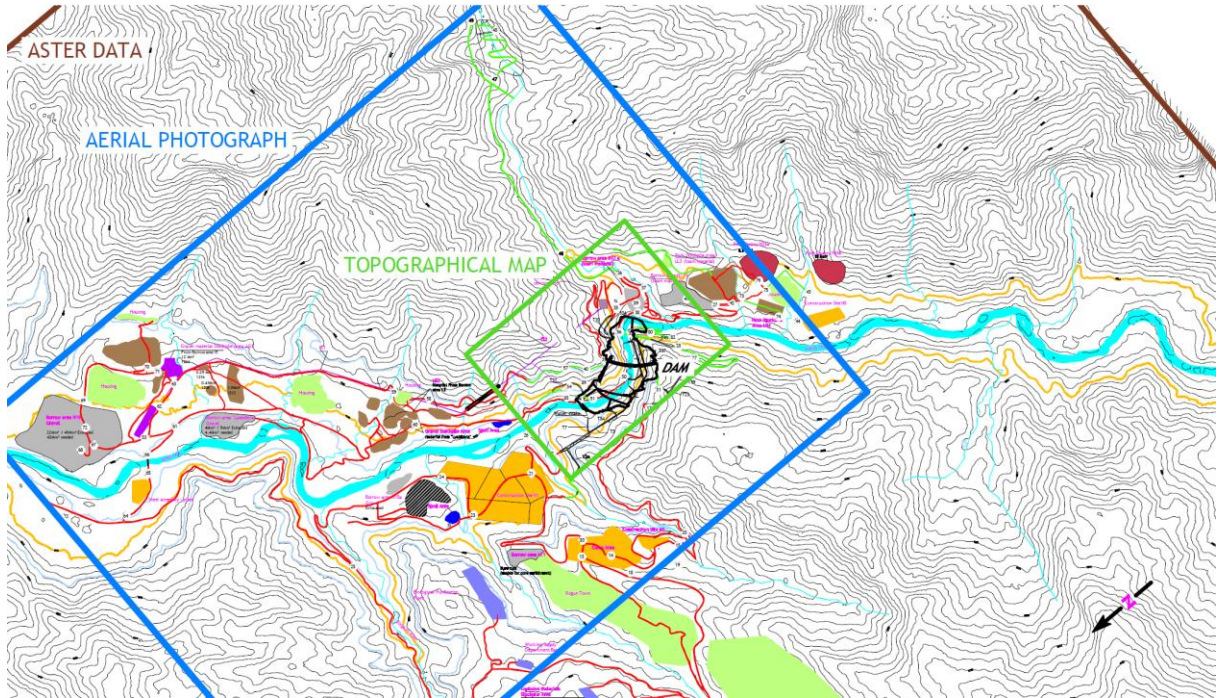


Рисунок 1: Топографические данные

ГЛАВА 2.2: ГЕОЛОГИЯ

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1 Список использованной литературы

- [1] Рогунская ГЭС на реке Вахш, Технический проект. Гидропроект Ташкент 1978 г.
- [2] Инженерно-геологические условия строительства плотины Рогунской ГЭС, А.В. Количко и В. Н. Фил, 1981.
- [3] Технико-экономическое обоснование для фазы 1 строительства плотины первой очереди Рогунской ГЭС. ИГП Москва, 2000 г.
- [4] Инструментальный мониторинг новейшей тектоники в площади строительства Рогунской ГЭС. Ленметрогипротранс ("ОАО" ЛМГТ), г. Санкт-Петербург 2005 г
- [5] Спецификация исходной сейсмичности площади Рогунской ГЭС и определения проектирования параметров воздействия землетрясения. ООО "Центр геодинамических исследований", "РКУ", г. Москва (для Гидроспецпроект) 2005 г.
- [6] Спецификация начальной сейсмичности площади Рогунской ГЭС и характеристика проектируемой сейсмической нагрузки ИГП Москва 2005 г
- [7] Геофизические и инженерно-геологические изыскания для диагностического исследования существующих конструкций подземной части Рогунской ГЭС Геодинамический Исследовательский Центр (ГИЦ), Москва 2005 г.
- [8] Инструментальный мониторинг новейших тектоник в районе строительства Рогунской ГЭС, А.В. Количко, 2005 г.
- [9] Современное состояние подземного машинного зала Рогунской ГЭС, Количко А.В., 2006 г.
- [10] Рогунская ГЭС в Республике Таджикистан, Банковское ТЭО для достройки первой очереди. Геология, геотехника и сейсмические характеристики. ЛИ, 2006 г.
- [11] Сравнительный анализ риска обвалов в зоне водохранилища Рогунской ГЭС для НПУ 1240 и 1290м, ЦСГНО, Москва, 2006 г.
- [12] Отчет о сборе и анализе инженерно-геологических результатов, инфильтрации грунтовых вод, геомеханических, геофизических и других видов исследований в области основных структур для разработки проекта Рогунской ГЭС. ИГП 2009 г.
- [13] Рогунская ГЭС, Концепция достройки проекта, ИГП, 2009. В частности, «Концепция развития первой очереди станции, пояснительная записка» и «Геолого-технические условия».
- [14] ИТЭО проекта строительства Рогунской ГЭС, Первоначальный отчет, 2011
- [15] ИТЭО проекта строительства Рогунской ГЭС, Геологические исследования на правом берегу, 2012

1.2 Ранее проведенные исследования

Полевые исследования и обзоры для предлагаемого проекта начались в 1967 году. Подавляющее большинство геологических и геотехнических исследований проводились в рамках технического проекта, изданного в 1978 году. Результаты этой комплексной работы являются основным ориентиром для всех последующих исследований. Следовательно, дополнительные геологические и геотехнические данные были получены в ходе строительных работ, которые проводились в период между 1976 и 1993 годами. За такой длительный период наиболее ценные данные были получены из прямого мониторинга конвергенции и поведения горных пород и опор в подземных выработках, включающий половину помещения машинного зала и трансформаторного помещения, около 27 км пройденных тоннелей для различных целей.

Другие исследования были проведены позднее, после паводка 1993 года и последующего прекращения строительства. Недавние исследования для обновления проекта согласно современным международным стандартам были проведены с 2000 года, для которого наиболее соответствующими ссылки из списка выше, являются [4], [7], [12] и [13].

1.3 Дополнительные исследования 2012 года

Принимая во внимание значительный объем геологических и геотехнических данных предыдущих исследований, в ходе ИТЭО было необходимо проведение лишь органиченного количества дополнительных исследований. Основными целями этой кампании дополнительного исследования являлись:

- Лучшее понимание геологических условий в районе правого берега вниз по течению от оси плотины, для которого был выпущен отдельный отчет для данной важной тематики ([15]).
- Обновление гидрогеологических данных и модели
- Обновление некоторых геотехнических характеристик

Дополнительная программа исследований, указанная ИТЭО, включала следующие особенности:

- Геологическое картирование поверхности в масштабе 1:5 000

- Бурение 4 скважин с общей протяженностью 608 м и 35 испытаниями на проницаемость.
- Профилирование путем преломления сейсмических волн: 3 линии, кумулятивной длиной 2380 м
- Микро гравиметрические измерения: 684 станций на 25 профилей
- Установка 30 станций для мониторинга потенциального движения склона
- Проверка существующих штолен, специально восстановленных для этой цели.
- Родники: измерение расходов, химические анализы
- Бурение и установка пьезометров и измерений (установлено 19 пьезометров и взяты замеры)
- Испытания по откачке в зоне Йонахшского разлома.

Указанная программа была полностью проведена в ходе исследований и должным образом включена в оценку предлагаемого проекта.

2. РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Участок ГЭС находится в зоне контакта южного Тянь-Шаня с поднятым северным хребтом афгано-таджикской депрессии. Блок Таджикской депрессии, где расположена плотина и ее составные сооружения, состоит из мезозойско-третичного континентального и морского осадочного чехла залегающего над Палеозойским фундаментом. Его северной границей является региональная система разлома Иляко-Вахш (Вахшский разлом в зоне реализации проекта). Как следствие высоких сжимающих напряжений и региональных поднятий, мезо-третичный осадочный чехол, ранее отложенный выше Палеозойского фундамента в районе Афгано-Таджикского бассейна, в настоящее время выходит на поверхность в молодых горных хребтах.

Основные структурные элементы выделены на рисунке 2:

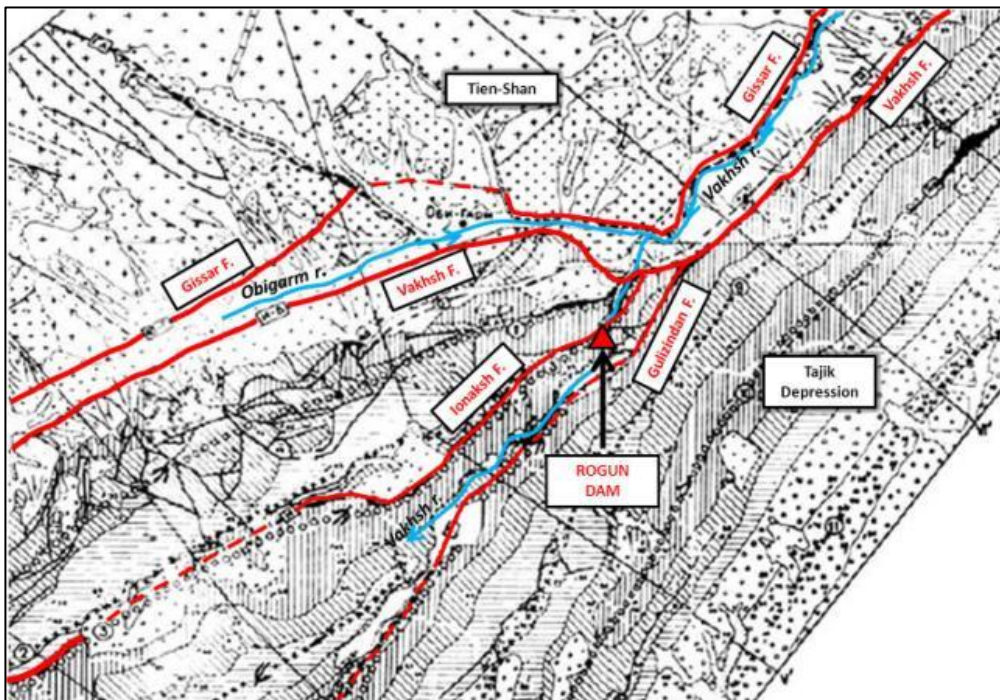


Рисунок 2: Основные разломы около зоны проекта

Вследствие таких высоких тектонических напряжений в зоне реализации проекта, тектонические деформации происходят в виде сейсмических смещений вдоль разломов, проседания, асейсмичные движения особенно связанные с соляной тектоникой, и в виде складкообразования.

3. ГЕОЛОГИЯ УЧАСТКА

На участке плотины, русло реки узкое и профиль долины имеет относительно стиснутую форму в виде «V», с крутыми откосами. Благоприятная морфология для удерживания сооружения является результатом пересечения реки через общие структурные направления и залегания.

3.1 Литология

Основные выявленные литологические группы на створе плотины являются:

- Верхний Юрский соляной пласт (Гаурдакская свита). Он главным образом состоит из соли, вторичного гипса, с тонким красноватым слоем аргиллитов наверху. Максимальная предполагаемая толщина на региональном уровне 400 метров. В зоне проекта, он образует клин, который обрезается Йонахшским разломом. На основании данных из пробуренных скважин и проверки штолен, толщина клина предположительно увеличивается на 15 м на каждые 100 м глубины.

- Нижнемеловая континентальная последовательность. Эта группа, со своим характерным доминирующим красным цветом, включающая в себя главным образом песчаник, слои алевролитов и аргиллитов и редкие, как правило, тонкие, эвапоритовые слои. Толщина этой последовательности на створе плотины составляет порядка 1100 м.
- Морская последовательность, в основном верхнемелового периода. Состоящая из песчаников, алевролитов и сланцев, эта последовательность характеризуется наличием известняков, мергелей и гипсовых слоев.

3.2 Геологические структуры

Основные структурные тенденции на региональном и местном масштабах являются ВСВ-ЗЮЗ. Это направление залегания, основного горизонтального давления, и то, что ось заметна только на створе плотины, а именно Кирбичская синклиналь. Вергентность наслоений является ССЗ. Соответственно, горизонтальное давление, а также поверхность залегания находятся далеко от оси, падают в основном в ЮЮВ направлении. На створе плотины, угол падения горизонтального давления и направления залегания, в основном высокий, более 75° для Йонахшского разлома и 60° для залегания моноклинальных последовательностей вниз по течению от разлома.

3.3 Разломы и основные неоднородности

Общие условия:

Анализ имеющихся данных показывает, что кинематическая модель с участием чистого вертикального поднятия блока между Йонахшским и Гулизинданским разломами, схематически изображенной на следующем рисунке, нуждается в уточнении.

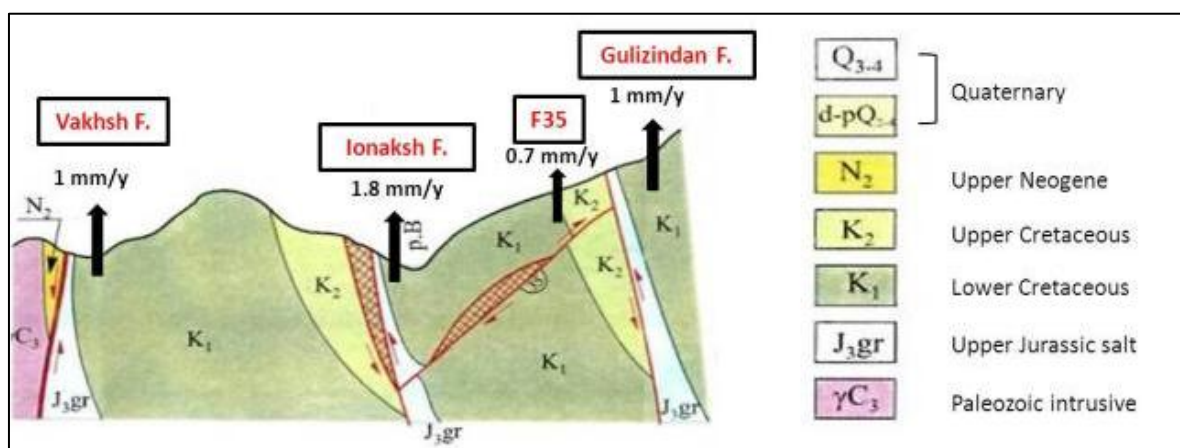


Рисунок 3: Схематический разрез, показывающий скорость горизонтальных движений основных разломов (модифицирован с [3])

На основе анализа результатов мониторинга можно сделать вывод, что тектонический блок, разделенный Йонахшским разломом и разломом 35, поднимается в среднем на 2 мм/год. Тем не менее, дифференциальные поднятия, зарегистрированные между различными станциями, могут означать, что движение блока в целом не является чистым поднятием, но может включать наклон. Такие сложные деформации могут быть размещены по дифференциальным движениям (вращение, наклон) меньших блоков, разделенных незначительными разломами. Увеличенное число соответственно расположенных станций мониторинга поможет определить фактическую кинематическую модель структуры.

Йонахшский разлом

Недавние исследования, включая двух скважин и геофизические исследования, были проведены в ходе ИТЭО для завершения оценки разлома на верхних отметках. Зона разлома характеризуется сильно расслоенными аргиллитами и гипсом (но без соли) висячем боку (юрских отложений) и брекчии в подножье стены (верхний мел). Толщина зоны разлома, в том числе размельченные породы, сильно нарушенных гипсов и неисправностей брекчии разлома в том числе, в несколько десятков метров (от 20 до 80 м [1]). Толщина гипса в зоне разлома варьируется от менее 1 м до более 5 м. Редко видны на поверхности.

Согласно нескольким испытаниям, проведенным в скважинах IF1 и WRB2 на верхних отметках, проницаемость значения является переменной: ниже в невозмущенной зоне в примыканиях плотины (IF1), от умеренной до высокой в опрокинутом участке (WRB2). Наблюдения в цементационной штольне в районе Правого берега, как правило, подтверждают водонепроницаемость висячего крыла (ниже по течению) зоны разлома в нижней части примыкания плотины.

Гулизинданский разлом

Данный разлом сравним с Йонахшским разломом по природе, поведению, размеру и порядку магнитуд скорости смещения скольжения. В отличие от Йонахшского разлома, Гулизинданский разлом не пересекает основание плотины. В свою очередь, он проходит параллельно долине реки, от водохранилища до нижнего бьефа плотины. Низкие значения проницаемости, измеренные в двух скважинах, и высокие скорости продольных сейсмических волн показывают водонепроницаемость зоны разлома.

Разлом 35 и трещины семьи S4

Разлом 35 расположен почти перпендикулярно долине реки, и пересекает её около 100 м ниже от оси плотины. Его ориентация составляет 35-45°/ 330-340°, т.е. падает в сторону верхнего бьефа. Далее в сторону нижнего бьефа, разлом становится невидимым, когда он достигает атипичную зону вниз по течению правого берега с перевернутой последовательностью.

Несколько других крупных трещин, с ориентацией похожей на разлом 35, но с низким или нулевым смещением, пересекают долину реки и основание плотины. Расстояние между этими трещинами изменяется в основном от 20 до 60 метров. Ширина брекчии разлома и глины заполнения равна в основном нескольким сантиметрам, но может достигать от 0,3 до 0,5 м. Среди них, № 70, как сообщается, имеет кумулятивное смещение 10-15 м.

Все эти разломы и крупные трещины являются частью общей семьи S4. Помимо основных разломов, описанных индивидуально, основные изломы этого семейства являются наиболее заметными и стойкими, как правило, на сотни метров.

Трещины этого семейства являются неблагоприятными в нижних стенах выработок. Основные изломы, упомянутые выше, имеют такое же направление вдоль алевролитов и песчаников. Эти изломы в основном неблагоприятны для устойчивости склонов в верхних частях левого устоя, в зоне строительных тоннелей. Сдвиг облицовки на входном портале строительных тоннелей, вероятно, вызван гравитационным скольжением на такой поверхности. Риск скольжения вдоль таких разрывов будет увеличиваться с увеличением порового давления во время наполнения или во время значительного колебания уровня водохранилища.

Субгоризонтальные и неглубокие разрывные нарушения

Субгоризонтальные разрывы заметны во многих местах у створа плотины. Их значение в кинематической модели не вполне ясно, но дециметровые смещения часто связаны с такими разрывами, показывая, что они активно участвуют в корректировке тектонических напряжений.

Поперечные разломы

Разлом 367 обнажается на правом берегу реки Вахш, вблизи перемычки верхнего бьефа и его ориентация является СЗ-ЮВ с крутым падением в ЮЗ. Амплитуда смещения приблизительно оценивается в [1] в диапазоне 150-200м. Ширина зоны дробления достигает 3 - 5 м, а пласт с очень трещиноватыми породами может достигать до 70 м в ширину. На юго-востоке он срезается Йонахшским разломом

Разрывное нарушение одной семьи выводится из выравнивания морфологических элементов вдоль северо-восточной границы атипичной зоны на правом берегу. Он был определен на стадии ТЭО как разлом 24. Полевые наблюдения, такие как жесткий

изгиб пластичных слоев и затухание смещения в нижней части склона, не подтвердили наличия разлома или непрерывного поверхностного разрыва.

4. УСТОЙЧИВОСТЬ СКЛОНОВ НА СТВОРЕ ПЛОТИНЫ

4.1 Оползни, включающие четвертичные отложения

Анализ устойчивости склона, о котором впервые сообщалось в отчете [1], был обновлен в [13]. Основными направлениями с прошлыми и потенциальными оползнями четвертичных отложений приводятся ниже.

- = Левый берег выше входных оголовков тоннелей. Данная зона состоит из больших объемов обломочных отложений. Основание этих отложений находится ниже уровня водохранилища, и вероятность сползания возрастет после наполнения водохранилища. На этом этапе рекомендуются обычные меры по снижению рисков: переформирование склонов, там, где это возможно, дренаж, коллекторы воды, подпорные сооружения
- = Склоны атипичной зоны правого берега. Мощные нагромождения обломочных отложений, в том числе древний оползень в центральной части, широко распространены на этом склоне. Требуются дренаж и переформирование склона.
- = Крутые откосы в аллювиальных террасах, которые пролегают на левом берегу реки Вахш, особенно между устьем Оби-Джушон и каньоном с одной стороны и начиная с устья Обишур, ниже по течению от каньона. Крутые откосы достигают 20-50 м в высоту и могут быть затронуты последовательным размыванием берегов из-за речной эрозии в их основании. Наиболее вероятно, что эрозия будет прогрессирующей, если выщелачивание соли вдоль Вахшского разлома не вызовет более крупных оползней, что является маловероятным случаем.
- = На правом берегу долины Пассимурахо, два оползня на этой территории интерпретируются как изменение склона, вследствие растворения соли в их основании. Рассматриваемые в [1], как типичные для старых оползней в зоне водохранилища, они рассматриваются в соответствующем разделе
- = «Зона между долинами Пассимурахо и правым берегом долины Обигарм. Эта территория, включающая в себя город Рогун и стройплощадку, является особой из-за поднимающихся пластов соли, карстового выщелачивания и многочисленных поверхностных нестабильностей. Зафиксированный ущерб зданиям в городе Рогун связан с оседанием поверхности, как обсуждалось в пункте по геологии водохранилища. Что касается «зоны VI», оползневые и деформационные процессы, в основном поверхностные, будут продолжать развиваться во время наполнения водохранилища. Влияние наполнения водохранилища на выщелачивание и последующие нестабильности должны быть рассмотрены на стадии детального проектирования.

- = На правом берегу по верхнему бьефу, территория соответствующая Кирбичской синклинали и близкой к Йонахшскому разлому, толстые отложения на склоне могут привести к большим оползням.

4.2 Потенциальные оползни на правом берегу по нижнему бьефу

Среди структурно управляемых оползней, отчет ИТЭО описывает древний оползень в атипичной зоне правого берега по нижнему бьефу створа плотины, с примерным объемом 500 млн. м³ (в соответствии с недавней переоценкой в 2009 году ([13]), примерный объем древнего оползня может составлять 75-100 млн. м³).

Предполагаемым механизмом являлись оползни крыльев синклинали вдоль слоев аргиллита и гипса. Недавние исследования и наблюдения во время ИТЭО предполагают, что конфигурация этой конкретной территории происходит от тектонической деформации. Данная тема представлена в отдельном отчете ([15]).

Основываясь на доступные предыдущие и недавние данные, геологическое строение атипичной зоны на правом берегу стало результатом тектонической деформации, в отличие от предположения последовательных массивных оползней и поверхностных ползущих процессов. Тектоническая деформация может быть связана с отслаиванием на эвапоритовых слоях, расположенных в пределах верхней меловой последовательности. Одна возможная интерпретация полевых наблюдений представлена на рисунке ниже.

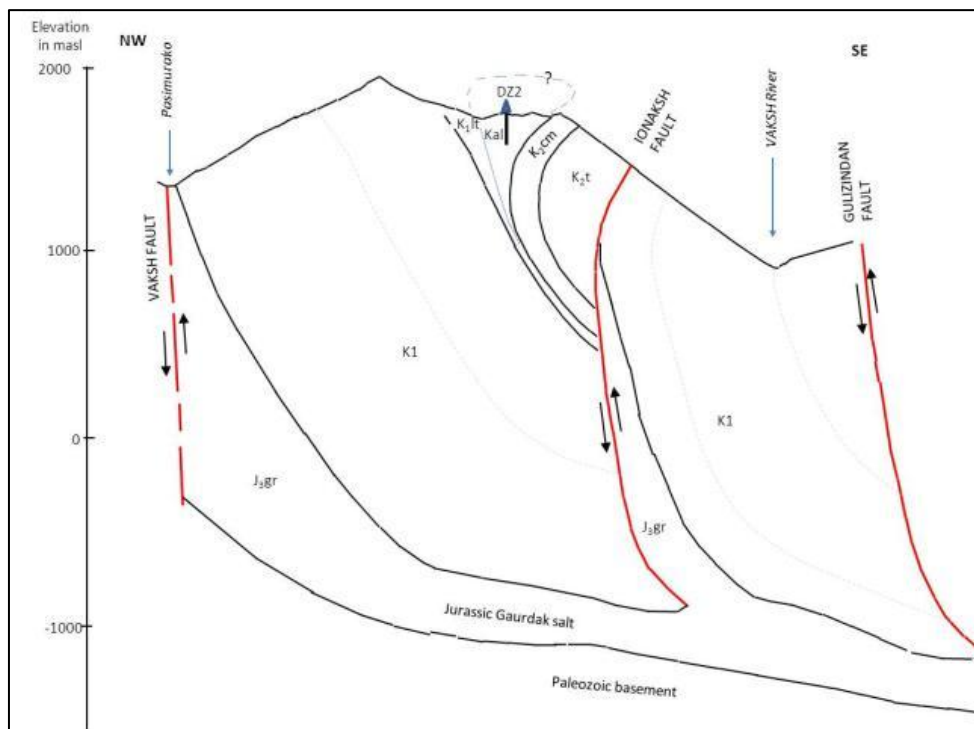


Рисунок 4: Интерпретируемый поперечный разрез правого берега, вид с ЮЗ

Эта интерпретация не претендует на точное воспроизведение реальности. Тем не менее, это включает полевое подтверждение комплексных складок в большом и малом масштабе, выводя вперед модель тектонической деформации для объяснения геологической структуры атипичной территории.

Поверхностные процессы, такие как карстовое выщелачивание, проседание и оползни, также сходятся в переформировании склонов атипичной зоны.

Новая интерпретация предполагает два важных следствия:

- = Повернутая Мезозойская последовательность, не является следствием древнего оползня, а тектонической деформации. В случае схода оползня, зона отклонения является очень слабой зоной. Учитывая, что структурный изгиб лежит глубоко в склоне, как предполагается на этом этапе, тектонический характер считается более благоприятным для стабильности склона.
- = Северо-восточная граница атипичной зоны (разлом 24), могла соответствовать компактному изгибу, в отличие от резкого разрыва или зоны излома. В подробностях, строение может быть комплексным, совмещая изгибы более пластичных слоев (аргиллитов/гипса) и деформации более хрупких слоев (песчаник). Природа и характеристики этой границы важны для размещения и проектирования структур на этой территории. Дополнительные исследования и мониторинг являются обязательными для того, чтобы предоставить надежные вводные данные для окончательного проекта.

4.3 Камнепады

Даже на склонах, которые устойчивы в крупном масштабе, камнепады являются очень частыми. Во время дождей, они проявляются систематически. Основываясь на системе трещиноватостей, размер камней может варьироваться от 0.3 до 2 м. Это уже довольно заметно, но более большие нестабильные скальные породы наблюдаются лишь местами. Камнепады угрожают безопасности персонала, и иногда могут нанести ущерб сооружениям. Рекомендуются стандартные меры для предотвращения таких случаев: чистка наиболее нестабильных блоков, поддержка анкерными болтами, штанговой крепью, проволочными сетками.

5. ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

5.1 Выветривание

Благодаря крутым склонам, продукты выветривания постепенно вымываются, и полоса выветренной скальной породы становится более тонкой. Выветривание только проникает вглубь открытых трещин.

Среди типов пород, сообщается что, аргиллиты формации Обигарм быстро обрушаются после обнажения. Трещины могут развиваться в течение 8 – 12 часов и проникать вплоть до 0.5 м вглубь скальной породы за один день. Они также показывают набухание при поверхностном обнажении, и мутность, вырабатываемая некоторыми мокрыми образцами, говорит о присутствии дисперсионной глины.

Несмотря на чувствительность к выветриванию, предполагается, что аргиллиты трудны для выемки после 0.5-1 м глубины. Среди других видов скальных пород, бурые аргиллиты Юрского периода, расщепленные и перемешанные с гипсом, пролегают над соляным пластом, а также вероятно, что сланцы формаций Лятобанда и Турона наиболее чувствительны к выветриванию и склонны к размягчению.

5.2 Трещиноватость

В большом масштабе, плоскость напластования и трещины семейства S4, формируют наиболее постоянные и заметные большие разрывы. Эти разрывы имеют в основном плоскую поверхность. В малом масштабе, скальный массив подвержен трем и более системам трещин различных направлений.

Скальная порода делится от блочной до очень блочной, с относительно хорошими взаимосвязанными блоками. Эта взаимосвязанность отражена в крутости склонов.

Основываясь на доступных данных, заполнителем в большинстве трещин является гипс, в виде очень тонкого покрытия. Глиняный наполнитель был замечен в очень редких случаях, но наблюдался в многочисленных трещинах во время посещения существующих галерей.

5.3 Гидрогеология

Результаты сотен проведенных тестов в [1] показывают, что скальные породы вокруг Рогунской ГЭС имеют, в целом, слабую водопроницаемость. Значения водопроницаемости были интегрированы как важный параметр для геотехнического зонирования, как, кратко приведены ниже:

- Класс I, на глубину от 7-40 метров от поверхности, приблизительно равен 20 пюжона.
- Класс II, от 15-25 до 40-50 м толщиной под классом I, от 1 до 3 Люжон.
- Класс III, глубиной от 20-80 м до 60-140 м, от 0.2 до 0.8 Люжон.
- Класс IV, с верхней границей на глубине 60-140 м, водопроницаемость меньше 0.1 Люжона.

Анизотропия, обычно связанная с осадочными комплексами, была слабо рассмотрена в первой оценке. Такая анизотропия может быть высокой в переслаивающихся слоях

песчаника/аргиллита. Однако, на створе Рогунской ГЭС, высокое горизонтальное давление нейтрализует большую часть анизотропического эффекта. Этот эффект грубо оценивается в один порядок магнитуды и сконцентрирован местами.

Перед началом этого ИТЭО, было установлено только несколько пьезометров в основании плотины, почти все они располагались около Йонахшского разлома. Во время текущего исследования было установлено 19 пьезометров, чтобы лучше понять общие гидрогеологические условия участка и принять во внимание более точную калибровку моделей. Анализ результатов показал, что грунтовые воды текут в основном в направлении реки. В летний период, когда уровень воды поднимается, река питает грунтовые воды на устоях, следуя градиенту около 3%. Оцененный процент инфильтрации, вероятно, не превышает 10% от осадков.

Особенности подземных вод Йонахшского разлома, а также другие проблемы, связанные с соляным оголовком, обсуждаются в отчете Фазы 0.

5.4 Инженерно-геологическое зонирование

Согласно первоначальному геотехническому зонированию, были выделены 4 класса скальных пород, в основном основывались на степень выветренности, состояния неоднородностей, проницаемость породы и сейсмической скорости волны V_p :

- Класс I относится в основном к верхней границе основания, где выветренный аргиллит, и глиняные заполнения в трещинах песчаника были обнаружены. Толщина увеличивается сверху, от 7 до 40 м. Модуль деформации грунта, которая является наименьшей из всех четырех зон и оценивается между 1.2 – 2.5 Гпа.
- II класс скальной породы лежит под классом I. Толщина варьируется от 15-25 м около уровня реки до 40-50 м в верхних откосах.
- Классы III и IV соответствуют глубоким, мало выветренным скальным породам и степени трещиноватости. Верхняя граница лежит на уровне 20-80 м ниже уровня поверхности для класса III и от 60 до 140 м для класса IV.

5.5 Основание плотины

Выемки, приостановленные на долгий период, должны быть продолжены и очищены и они должны будут дойти до уровня, где основная часть разрывов непроницаема.

Непроницаемое ядро благоразумно расположено в аргиллитах формации Нижний Обигарм. Это толстая последовательность слоев аргиллита имеет природную слабую проницаемость, особенно в скальной породе IV класса. По этой причине предложенная глубина цементационной завесы на этом этапе выглядит достаточной. С другой стороны, было предположено, что поперечное расширение, особенно на правом берегу, нельзя точно определить без определения характеристик границ атипичной

зоны и проведения дополнительных испытаний на водопроницаемость, которые будут охвачены в фазе детального проектирования.

5.6 Помещения машинного зала и трансформаторного помещения

Расположение двух помещений было выбрано таким образом, чтобы они располагались в основном в песчаниках и частично в алевролитах. Местоположение располагается глубоко в склоне, далеко от поверхностного влияния и в пределах зоны, устойчивой к напряжению в породе. Среди крупных вопросов, вызывающих озабоченность являются:

- Высокая скорость конвергенции, зарегистрированная за долгий период после проходки в алевролитах;
- Близость зоны влияния разлома 35

Анализ доступных данных показали в основном неблагоприятную конфигурацию системы трещин S4.

После оценки комплекса машинного зала и трансформаторного помещения был определен возможный вариант мер по укреплению. Однако, стороны, задействованные в проекте договорились о необходимости проведения дальнейших изысканий параметров скальной породы, принимая во внимание работы по укреплению. Таким образом были взяты образцы алевролита скальной породы вокруг машинного зала методом отбора проб трехколонковой трубой (ТКТ) и двух колонковой трубой (ДКТ). Кроме того, были изъяты кубические образцы импользуя пилильный станок.

Образцы были отправлены в лаборатории по анализу механики пород на испытания, включая на классификацию, трёхосное сжатие, испытания на прямой сдвиг, трёхосные многоступенчатые испытания на насыщенность образцов и трёхосные испытания на ползучесть.

В настоящем испытания находятся на стадии завершения. Согласно предварительному изучению, полученные результаты подтверждают параметры скальной породы, принятые в рамках двумерной модели комплекса машинного зала.

5.7 Тоннели

На данном этапе, следующие аспекты были рассмотрены как относящиеся к оценке геологических условий:

- Анализ нарушений, которые повлияли на облицовку существующих тоннелей
- Природа северо-восточной границы атипичной зоны

Нарушения в облицовке тоннелей

Несколько нарушений были выявлены в различных геологических строениях. Предварительными объяснениями на данный момент являются ослабление массива горных пород в связи с (I), близостью к зоне Йонахшского разлома, (II) тектоническими линзами между разломом 35 и нарушение сплошности 111 и аномально высокого напряжения вблизи основного литологического контакта.

Эти происшествия были выделены в различных геологических контекстах, как требующие исследования толщины и состояния облицовки посредством геофизических исследований. Такие исследования уже были проведены в отобранных местах.

Природа северо-восточной границы атипичной зоны

Данных по северо-восточной границе атипичной зоны недостаточно, чтобы провести точную оценку ее природы и характеристики.

Основываясь на полевых наблюдениях, деформация вдоль этого очертания должна быть ниже, чем нарушение вдоль разлома 35. Следовательно, если тоннели проектировались для пересечения разлома 35, они бы пересекали и эту границу. Если проект предусматривает пересечение разлома 35, то проходка разведочной штольни на запроектированных отметках является обязательной, для того, что обследовать граничные очертания и для установки приборов для мониторинга.

6. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЗОНЫ ВОДОХРАНИЛИЩА

Следующие основные характеристики имеют потенциальное влияние на проектирование.

6.1 Эвапоритовые массы и карсты

На левом берегу реки, некоторые предгорья Вахшского хребта состоят из эвапоритовых скальных пород вдоль Вахшского разлома. Видимая часть этих скальных пород, в объеме нескольких миллионов кубических метров или больше, состоит в основном из гипса, но присутствие соли на глубине нельзя исключать. Они также были выявлены в долине Пассимурахо, которая является продолжением очертания Вахшского разлома. Соляной диапир может пролегать в междуречье между долинами Пассимурахо и Оби-Джушон. Все эти явления показывают интенсивные особенности карстового растворения. Растворение и образование карстовых воронок может сопровождаться поверхностными оползнями. Такие процессы уже привели к проседанию в жилых территориях в городе Рогун, нанося ущерб зданиям.

6.2 Сейсмические уступы

Свидетельства землетрясений верхнего четвертичного периода и современного времени были найдены и определены в зоне водохранилища. Анализ фотографий аэросъемки, выполненный в [11], показал присутствие многочисленных характеристик, интерпретированных как сейсмические уступы, распределенные по сегменту, длиной как минимум 15 км вдоль подножия Вахшского водораздела. Две из них заслуживают дальнейшего анализа:

- Между саями Тагикамар и Ходжаалишо, можно связать обвал с древним оползнем с объемом приблизительно от 10 до 15 млн. м³, который может (ре)активизироваться после того, как вода достигнет отметку выше 1250 м.
- На запад от кишлака Талхакчашма, молодой обвал пересекает овраг Танагба. Крутого откоса дальше, на правом берегу реки Вахш не видно, но оползни и карстовые процессы, происходящие в долине Пассимурахо, могут скрыть фактические свидетельства.

6.3 Устойчивость склонов

Были определены значительные потенциальные оползни, согласно недавним оценкам неустойчивости склонов (в ссылке [11]).

Однако по оценкам самая большая проблема связана с механизмом оползней, описанного в [1], согласно которому древние оползни могут достигать нескольких сотен миллионов кубических метров для крупных и 10 млн. м³ для обычных оползней, приведенные в действие растворением солей в основании склона. Такие оползни, скорее всего, могут возникнуть на левом берегу, вдоль разрывных нарушений, с направлением, похожим на разлом 35, падающим под углом 40°-60° по направлению к долине. Основываясь на наблюдениях того, что вся структура скальных пород хорошо сохранилась, отсюда сделан вывод, что оползни развиваются с малой скоростью, схожей оседанию. Два оползня на правом берегу Пассимурахо, с примерными объемами 20-30 млн. м³ даны как примеры.

6.4 Просачивание из водохранилища

Так как река Вахш является предельным уровнем регионального водосбора, то можно исключить боковое просачивание из водохранилища.

Гулизинданский разлом, который идет параллельно долине реки на левой стороне плотины, считался основным водоводом для просачивания воды из водохранилища. Однако результаты геологических и геофизических исследований проведенных на правом берегу долины Обишур, показали, что разлом является водонепроницаемым. Учитывая это условие, был рассмотрен вариант строительства цементационной

галереи длиной в 1 км, проходящей вдоль долины Обишур, как соответствующая мера для предотвращения протечки из водохранилища вдоль этого разлома.

7. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

7.1 Исследования

Количество существующих исследований считается достаточным для оценки осуществимости проекта. Однако, рекомендуются дополнительные исследования по следующим конкретным вопросам и для завершения детального проектирования:

- Природа границы атипичной зоны: разводочная штольня, мониторинг граничной зоны под землей и на поверхности. Завершение восстановления штольни 1034. Если пересекаются основные зоны трещин, обе эти галереи могут быть оборудованы приборами для мониторинга деформации.
- Пьезометрические уровни – в особенности в верхней части правого берега, для проектирования цементационной завесы, и на склоне по нижнему бьефу для проектирования дренажной системы по контролю давления в зоне ядра: бурение с проведением тестов на водопроницаемость и установка пьезометров.
- Геотехнические характеристики строительных материалов
- Мониторинг склонов и смещения разломов.

7.2 Сейсмическая и асейсмическая деформация

На створе Рогунской ГЭС, региональное тектоническое напряжение регулируется деформацией, которая является и сейсмичной, т.е. включает в себя внезапные ко-сейсмичные разрывы и асейсмичной, в основном сдвигами. Эта ползучесть, будучи постоянной, происходит в основном на главных разломах, где выполнялся мониторинг для измерения скорости деформации.

Специальные защитные мероприятия для подземных сооружений, пересекающие основные разрывы с признаками значительного сдвига должны быть спроектированы. Тем не менее, полевые наблюдения и геологические строения в зоне повреждений систем крепи подземных выработок напоминает, что тектонические напряжения частично передаются диффузной деформацией к разрывам отличающиеся от основных разломов.

Рекомендуются дополнительные исследования для проверки причин повреждений всех выявленных участков. Если потребуется, горная порода должна быть обнажена для проверки и установки оборудования для мониторинга. Мониторинг смещений вдоль основных разломов должен быть возобновлен и установлено дополнительное оборудование. Также мониторинг должен быть расширен до главных разрывных

нарушений, показывающих смещение, которое соответствует текущему направлению напряжения.

7.3 Риск оползней

Гравитационный оползень по разрывам семейства S4

На левом берегу, в части верхнего бьефа плотины, включая склоны над строительным и водозаборным тоннелем, риск связан с гравитационным смещением вскрышевания семейства S4. Рекомендуется на стадии детального проектирования точно определить постоянные трещины и провести вычисления по стабильности, учитывая эффект увеличивающегося порового давления после наполнения водохранилища и изменения уровня водохранилища. Среди возможных мер для увеличения предела прочности на сдвиг, являются галереи заполненные железобетоном вдоль разрывных нарушений, которые уже успешно применялись при похожих рисках в других проектах.

Правый берег нижнего бьефа

Отложения на склоне, образовавшиеся в результате оползней не считаются большой проблемой для осуществления проекта, но смягчающие меры (т.е. изменение формы склона, дренаж) обязательны для предотвращения рисков во время строительства и эксплуатации.

Нет доказательств существования неблагоприятных тектонических нарушений сплошности, которые могут стать причиной массивных, структурно контролируемых оползней. Последние данные показали, что геологические строения являются результатами медленной, тектонической деформации. По сравнению с первоначальной моделью оползня, настоящее толкование является более благоприятным для устойчивости склона, принимая во внимание, что горная масса меньше повреждена во время медленной деформации.

Могут наблюдаться условия для местного увеличения порового давления в атипичной зоне. Поэтому рекомендуется спроектировать подходящую дренажную систему для основного склона нижнего бьефа плотины. Для этой цели рекомендуются дополнительные исследования для определения проницаемости и определения уровня подземных вод. Эти исследования должны состоять как минимум из 5 скважин в атипичной зоне, начиная с отметки 1350 м, глубиной 100 – 150 м и достаточной глубины, чтобы определить уровень подземных вод, расположенных на глубине около 100 м.

В целях выявления и отслеживания любых движений склонов в атипичной зоне, потенциальные смещения будут наблюдаться на 30 геодезических станциях, разбросанных на верхней части склона ниже плато. Показания приборов будут браться из 2 базовых станций, расположенных на противоположном берегу.

В заключение, геологическое строение довольно благоприятно для устойчивости склона. Риск сползания горной массы, может увеличиться, если смягчающие меры для контроля порового давления не учитываются.

Риск оползня в водохранилище

Потенциальные оползни могут быть вызваны растворением соли в основании северных склонов Вахшского водораздела и горного хребта Сурхку. Около створа плотины, такие оползни до сих пор развиваются на правом берегу долины Пассимурахо.

Возможность возникновения массивных и внезапных оползней мала, но их нельзя игнорировать без проведения оценки, хотя проводить такую оценку сложно. Самый большой риск возможен чуть выше по течению каньона до устья Оби-Джушон, где массив каменной соли будет непременно в контакте с водохранилищем.

Обычно оползням предшествуют несколько месяцев постепенного открытия трещин в верхних склонах. По этой причине, первой рекомендуемой мерой является внедрение программы мониторинга склонов путем визуального осмотра.

7.4 Селевые и грязевые потоки

Эти потоки являются довольно распространенными явлениями в области проекта и их риски были изучены, начиная с технического проекта, когда строительство защитного сооружения на сае Обишур был рассмотрен. Сильнейшие паводки были зарегистрированы по этому левостороннему притоку, которые привели к временному перекрытию реки Вахш.

Большинство селей происходят во время дождей в мае и июне. В период между 1971 и 1991 годами, они происходили по крайней мере раз в год. Максимальные объемы оцениваются примерно в 3 100 млн. м³ в 1983 году и 1 185 млн м³ в 1992 году.

ГЛАВА 2.3: ГЕОТЕХНИКА

1 ВВЕДЕНИЕ

Геотехнические условия участка проекта Рогунской ГЭС были широко рассмотрены и проанализированы, сначала в глобальном подходе, включая все работы, потом в основном в соответствии с их различными компонентами, с целью оценки осуществимости проекта.

Настоящая глава представляет краткий обзор геологической и сейсмологической среды участка, в том числе выводов из результатов дополнительных исследований, проведенных в 2011-2012 годах в рамках ИТЭО. Это охватывает Йонахшский разлом и соляной пласт, содержащиеся в нем, а также мониторинг движения ползучести этого разлома и разлома 35. Другие конкретные тектонические особенности участка, а также геодинамические вопросы (устойчивость склонов, селей) изучены.

2 ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ УЧАСТКА И ПРОВЕДЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Геологические и инженерно-геологические условия различных скальных образований, формирующих нынешнюю плотину и основания основных сооружений представлены.

Результаты ранее выполненных натурных измерений напряжений (в основном своего рода пере набор кернов) на глубине максимального главного напряжения до 19 МПа ориентированных субпараллельно напластования, в то время как вертикальное напряжение от вскрыши ограничено до 12 МПа. Учитывая высокие сжимающие напряжения, очевидно, действующие перпендикулярно к основным разломам, т.е. Йонахшский и Гулизинданский, можно было бы ожидать максимального главного напряжения примерно перпендикулярно к напластованию. Распределение напряжений на створе плотины, поэтому, кажется, довольно не интуитивно-понятным и предлагается обновление измерения напряжения какой либо другой методикой, чтобы получить больше информации.

Природа и расположение различных выполненных исследований, (исследовательские галереи, скважины, шахты, гидравлические испытания), откуда образцы для тестирования были взяты, представлены. Определение различных геотехнических зон (I до IV), в соответствии с их степенью выветривания и нарушения считается достаточным, а также предлагаемое геометрическое распределение с глубиной.

Выполнялся обзор доступных геотехнических данных. Существуют различные наборы геомеханических параметров, определенные для каждой горной породы, и в них, каждая геотехническая зона. Это в основном составляют путем синтеза данных, поступающих от первоначального проекта 1978 года, некоторые завершены, но информация была получена в период строительства. Точный способ определения

различных геотехнических параметров, следовательно, не всегда четко описан в имеющихся документах.

Затем проводился обзор последующих исследований, проведенных с момента приостановления строительства до сегодняшнего дня, которые показывают, что те же параметры 1978 года, первоначального проекта в значительной степени используются в качестве основы. На самом деле, большинство из этих последующих исследований сосредоточены на обновлении геотехнических параметров пород, где проводятся проходки комплекса подземных выработок, с проведением нескольких обратных анализов конвергенции. Тем не менее, лишь несколько новых исследований проводились в этот период (в основном, геофизика, связанная с подземными работами, в связи с проблемой большого количества конвергенции в машзале). ИГП в своих исследованиях 2009 г. признает этот факт, заявив, что потребуются обновление геомеханических параметров основания плотины, но в основном использует те же данные с 1978 г. для своего проекта.

Выводы из посещения участка консорциумом ИТЭО в целом подтвердили обоснованность данных 1978 г, хотя, полученная прочность на сдвиг горной массы несколько ниже, чем значения 1978 г. Геомеханические параметры, которые будут использоваться для подземных работ, предлагаются на основе геологического индекса прочности породы (GSI). Метод, всемирно известный, делает эти параметры легко адаптированными к другим поверхностным работам через D-параметр, характеризующий повреждение пород, и который может быть доработан для получения геотехнических параметров в других геотехнических зонах (зоны выветривания и разуплотнения). Такие наборы параметров могут быть применены только в том случае, если горная масса не представляет заметной анизотропии в отношении рассматриваемой структуры.

Посещения участка подтвердили в частности наличие нескольких разломов протяженностью в несколько сотен метров, с характеристикой как у Разлома 35 (семейства S4), с заполнением сантиметровой пластиковой глины, наблюдаемой в галереях. Поэтому очевидно, что для нескольких структур, требуется анализ устойчивости прочности на сдвиг швов. Синтетическая таблица параметров сдвига представлена в первоначальном проекте 1978 г. (сцепление и угол трения каждого набора швов и наполнения швов), но то, как они были получены не документировано, и обновление таких данных на месте или путем проведения лабораторных испытаний прочности на сдвиг отобранных образцов необходимо.

В целом, рекомендуется выполнять кампании дополнительных геотехнических испытаний, в соответствии с ныне существующими международными стандартами, так как такие результаты будут важными для международных подрядчиков, в случае если, как было рекомендовано, данный проект будет выполнен и реализован посредством проведения международного тендера.

3 ГИДРОГЕОЛОГИЯ

Что касается гидрогеологии, обзор данных 1978 года показал, что, даже если гидрогеологические условия были хорошо оценены, пьезометры были в основном сосредоточены вдоль Йонахшского разлома и слишком мало в других местах, чтобы осуществить реальное картирование горизонталей стройплощадки (представленная карта, конечно, основана на имеющихся данных, но экстраполированных в соответствии с топографией большей части створа). Консультант ИТЭО попросил пробурить пьезометры в 2011 году, в основном из подземных сооружений, что подтвердило, таким образом, низкий градиент горизонта грунтовых вод в пределах берегов и тот факт, что просачивание воды происходит с берегов в реку в период маловодья, а в период многоводья с реки к берегам из-за сезонной разницы между уровнем воды на берегах и в реке. Так же подтвердился дренажный эффект Йонахшского разлома, но доступные на данный момент данные должны быть дополнены дополнительными наблюдательными скважинами, так как их недостаточно для предоставления достоверного уровня грунтовых вод по всему створу и стройплощадке. Такие данные необходимы, особенно для поправки проекта цементационной завесы.

Основываясь на этих данных, была достигнута гидрогеологическая модель створа, для плотины первой очереди на отм. 1100 м и для варианта плотины с отметкой гребня 1300 мнум. Хотя эта модель должна быть улучшена на этапе подробных исследований, она дает представление об ожидаемом объеме протечек сквозь основания плотины, с общим значением 3,26 м³/с, что является приемлемым, учитывая масштаб плотины.

Предлагаемые улучшения в гидрогеологической модели включают в себя охват большей территории вокруг плотины, включая в частности зону нарушений на правом берегу, некоторую анизотропию гидравлической проницаемости из-за пролегающих разломов и некоторых модификаций в граничных условиях. Должна быть проверена калибровка модели, учитывая все доступные данные (включая записи пьезометров).

4 ОСНОВАНИЕ ПЛОТИНЫ

Геотехнические характеристики основания плотин, в общем, приняты как подходящие для поддержки плотины в ее самом высоком варианте (отм. 1300 м). Структурный анализ основания и оценка устойчивости показала, что риск провала основания может быть исключен.

Тем не менее, чтобы ограничить потенциальные протечки, должны быть приняты меры предотвращения возможного размыва мелких частиц водой в пределах алевролитов Нижнего Обигарма и формации Кызылташ. Это оценивалось как осуществимое путем цементационной завесы, что снизит градиент грунтовых вод в пределах примыканий к

берегу. Присутствие алевролитов Нижнего Обигарма, которые могут быстро видоизменяться в глину, если свободны и насыщаются водой, требует, чтобы верхняя часть основания была удалена непосредственно перед укладкой материала плотины.

Цементация основания должна проводиться под большим давлением (или большим объемом цементации согласно Д. Диру и Г. Ломбарди, если применяется этот метод), учитывая размер окончательной плотины. Это следует выполнить путем заполнительной/укрепительной цементации. Цементационная завеса предполагается до разлома 35, не достигая его, чтобы сохранить природный водонепроницаемый барьер, который предоставляет глина, заполняющая его.

5 ТЕКТОНИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ РАЗЛОМЫ

Изучалась проблема тектонически активных разломов, будь то оседание со скоростью 1 или 2 мм/год, или склонность к сейсмическим сдвигам. Даже если предлагаемый проект ИТЭО пытается как можно больше избегать пересечения с такими разломами, ограниченное количество гидравлических тоннелей не могут избежать пересечения с ними. Такие активные разломы были определены как Йонахшский разлом, разлом 35 и некоторые разломы из семейства S4 между этими двумя основными разломами (как и в случае разлома 70).

Необходимо рассмотреть вопрос ползучести или косейсмических смещений, которые могут достигать 1м в Йонахшском разломе. Было предложено два решения, чтобы позволить происходить смещениям без значительного ущерба. Глубинный размыв скальной породы, кавитация и потеря напора являются тремя явлениями, которых следует опасаться в случае ползучести из-за косейсмических смещений, повреждающих облицовку. В большей степени следует опасаться глубинного размыва, так как он может привести к обвалу и блокированию тоннеля. Решение, которое, скорее всего, будет применено, состоит из увеличения до 2 или 3 м толщины обделки и увеличение сечения, для максимального сохранения сечения.

Потенциальное воздействие таких движений разлома на не-гидравлические сооружения требует местного усиления крепи в соответствующих сооружениях, особенно в машинном зале, где разлом 70 пересекает его. Прогрессирующий наклон блоков между Йонахшским разломом и разломом 35, где расположены машинный зал и основные подземные сооружения, требует строгого мониторинга и предусмотрения мер для возможной повторной центровки оси турбин.

В любом случае, присутствие таких активных разломов потребует регулярной инспекции на протяжении всего времени эксплуатации сооружений.

6 ДРУГИЕ ПРОБЛЕМЫ

Были представлены и проанализированы другие проблемы, связанные с геотехникой, которые представлены и проанализированы.

Устойчивость склонов вдоль трещин S4 (семейство разлома 35, непрерывной с сантиметровым заполнением глиной, с промежутками от 40 до 60 м) уже проявилось как проблема, так как повреждения существующих водоприемных порталов левобережных строительных тоннелей, скорее всего, связаны с ползучестью вышерасположенного склона вдоль такой трещины. В основном это влияет на левый берег в верхнем бьефе плотины, в зависимости от уровня водохранилища. Таким образом, последующие исследования должны точно определить, такие трещины и необходимы проектные стабилизационные работы. Решения для стабилизации склонов в таких условиях уже были спроектированы и внедрены в других проектах при помощи гибких бетонных шпонок на равных интервалах в пределах потенциально сдвиговых трещин. Детальные исследования должны определить наиболее подходящий способ для достижения стабилизации, который может комбинировать гибкие бетонные шпонки (где трещина четко определена) для разгрузки и дренажа склона (над уровнем водохранилища). Необходимо обеспечение долгосрочной устойчивости этих склонов, так как они расположены недалеко или над примыканиями к плотине и водоприемникам.

Атипичная зона, расположенная в нижнем бьефе на правом берегу, с ее большим плато наверху, на отметке около 1800 была признана тектонического происхождения, что отвергает гипотезу старого, большого оползня после исследований 2011-2012 гг. Поэтому не следует опасаться массивного движения всей этой зоны. Тем не менее, так как склоны над рекой Вахш иногда представляют крупные массы коллювия и наносной породы, должны быть применены меры по стабилизации склонов, чтобы предотвратить внезапные падения крупных масс, которые могут перекрыть реку ниже плотины. В пределах этой «атипичной зоны», предполагается, что Йонахшский разлом непроницаемый, поэтому увеличение порового давления должно быть ограничено, но должен проводиться мониторинг по отношению к потенциально неустойчивым массам (чье движение уже отслеживается).

Селевые потоки из сая Оби-Шур, который является левобережным притоком реки Вахш сразу после плотины, возникают почти ежегодно и, перекрыв реку в 1993 году, были частично ответственны за затопление уже пройденных подземных сооружений. Сейчас строится удерживающая плотина, которая должна быть увеличена в высоту, но большая часть объема плотины на текущем этапе строительства уже заполнена. Должны быть проведены дальнейшие исследования для определения, нужны ли дополнительные плотины с улучшенной эффективностью. В любом случае, рекомендуется установить эффективную систему оповещений, которая позволит персоналу быстро принять все меры предосторожности и закрыть все затворы в

ожидании быстрого подъема уровня воды нижнего бьефа, для предотвращения затопления сооружения машзала.

Другие вопросы, связанные с потенциальными оползнями и селевыми потоками в зоне водохранилища должны исследоваться в зависимости от конкретного случая, и соответствующим образом обработаны там, где необходимо. Было подтверждено, что влияние растворения соли во время срока службы проекта не повлияет на плотину, и не следует опасаться существенных протечек из водохранилища.

Для каждого из этих сооружений, предложенных консультантом ИТЭО – в основном камеры затворов водосбросных тоннелей и большой поверхностный водосброс - ожидаемые геотехнические условия были проанализированы, и хотя строительство не может быть везде без проблем, на данном этапе эти сооружения считаются осуществимыми, при условии, что сначала будут проведены детальные исследования и моделирование для подготовки их проектов и применены соответствующие строительные методы и мониторинг.

7 ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

В заключении геотехнической оценки, консультант подчеркивает необходимый мониторинг ползучих (сдвиговых) разломов и связанных наклонных движений блоков, ограниченные этими разломами (ползучесть заметно происходит также вдоль разломов в пределах блока), и детальное исследование и проектирование стабилизационных мер для потенциально неустойчивых масс вдоль левого берега по верхнему бьефу, и передних склонов «зоны нарушений» на правом берегу по нижнему бьефу. Эти пункты считаются очень важными.

Другие рекомендации включают:

- Выполнение обновленных геотехнических изысканий, в соответствии с международно признанными стандартами, особенно в отношении прочности на сдвиг нарушений целостности породы,
- Обеспечение безопасности всего створа плотины перед началом строительства, так как камнепады происходят очень часто (путем очищения или соответствующей крепи),
- Обратная засыпка старых изыскательных штолен или любого другого тоннеля, которые могут допустить нежелательный путь прохождения воды после заполнения,
- Обновление, если возможно, измерений нагрузки,
- Дальнейшие исследования, требуемые для мер по снижению последствий против селевых потоков с сая Оби-Шур.

Хотя точное расположение геологической структуры в этой зоне, ниже уровня водохранилища, неизвестно, скорее, протечка сквозь гипотетические залежи гипса на этой отметке маловероятна, из-за присутствия водонепроницаемого Йонахшского разлома и отсутствие выхода для такого потока.

ГЛАВА 2.4: СЕЙСМИЧНОСТЬ

1 ВВЕДЕНИЕ

Это резюме независимой детерминистической оценки сейсмической опасности (ДОСО) проведенной как часть ИТЭО для предполагаемого Рогунского гидроэнергетического проекта. Ее целью является определение предварительных проектных параметров, на основе которых разные варианты плотины были оценены.

Согласно Техзаданию, на данном этапе исследований, целью оценки сейсмической опасности является получение репрезентативных сейсмических параметров, против которых необходимо обеспечить безопасность каждого варианта плотины. Принятые сейсмические параметры проектирования в данном исследовании, следовательно, будут использованы как входные параметры для проектирования устойчивости компонентов различных вариантов проекта.

Текущая оценка так же предоставляет рекомендации для восстановления существующей сейсмической сети в зоне проекта и обеспечения соответствующего мониторинга сейсмичности около створа до, во время и после предполагаемого строительства.

Также рекомендуется провести всестороннюю оценку сейсмической опасности посвященную выбранному варианту плотины, на следующем этапе проектирования проекта. Это исследование будет основано на современной вероятностной оценке сейсмической опасности (ВОСО).¹

Данное резюме представляет детерменистическую оценку сейсмической опасности проведенной Консультантом и полученные сейсмические параметры проектирования.

2 ВСЕМИРНОЕ ТЕКТОНИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ

Рогунский гидроэнергетический проект расположен в пределах столкновения регионов Индии и Азии и более точно, на севере западного отрога Гималайских гор (Таджикистан), в исключительно запутанной тектонической зоне. Всемирное тектоническое строение и относительное движение различных тектонических блоков показано на рисунке 5.

¹ Была проведена [вероятностная оценка сейсмической опасности](#) (ВОСО) для проекта с целью применения на этапе детального проектирования, хотя она не является частью фазы II. Для параметров проектирования, полученных в результате проведения ВОСО, предварительный анализ показал, что ответное поведение плотины и смещения происходят в пределах ограничений, полученных в результате проведенного анализа расчетных параметров ДОСО для исследования фазы II.



Рисунок 5: Столкновение Индии-Азии и вызванная этим деформация в пределах Евразии, Рогунская ГЭС расположена в западных отрогах Гималаев, характеризующихся интенсивным сокращением.

3 ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТЕКСТ

Створ предполагаемой Рогунской плотины и водохранилище расположены в пределах таджикской депрессии, более точно в пределах Вахшского хребта, который является частью активной деформационной зоны, получившейся в результате кайнозойского столкновения между Индийским и Евразийским тектоническими плитами. Сжатие земной коры между Памиром и Тянь-Шанем является важным последствием этого Индо-Евразийского схождения.

Таджикская депрессия состоит из мезозойско-третичного континентального и морского осадочного покрова, покрывающего палеозойское основание. Складчато-надвиговый пояс управляется отслоением над Юрской солью. Геоморфные наблюдения в этой зоне предоставляют доказательства значительной четвертичной активности вдоль разломов в пределах Таджикской депрессии.

Поскольку доступные геологические карты масштаба 1:200 000 и связанные с ними поперечные разрезы не позволяют получить как геометрию разломов, так и механизмы деформаций достаточной четкости в непосредственной близости от створа плотины, и поскольку северная граница Таджикской депрессии вполне цилиндрическая с Вахшского хребта до хребта Петра Первого, мы использовали работы Гамбургера и соавторов (1992) на северной границе хребта Петра Первого, чтобы понять региональное геологическое строение и более конкретно вовлеченные механизмы активной деформации.

Гамбургер и соавторы (1992 г.) предложили две контрастные структурные модели северо-западной границы хребта Петра Первого, в нескольких километрах выше по течению от створа Рогунской плотины (рисунок 6).

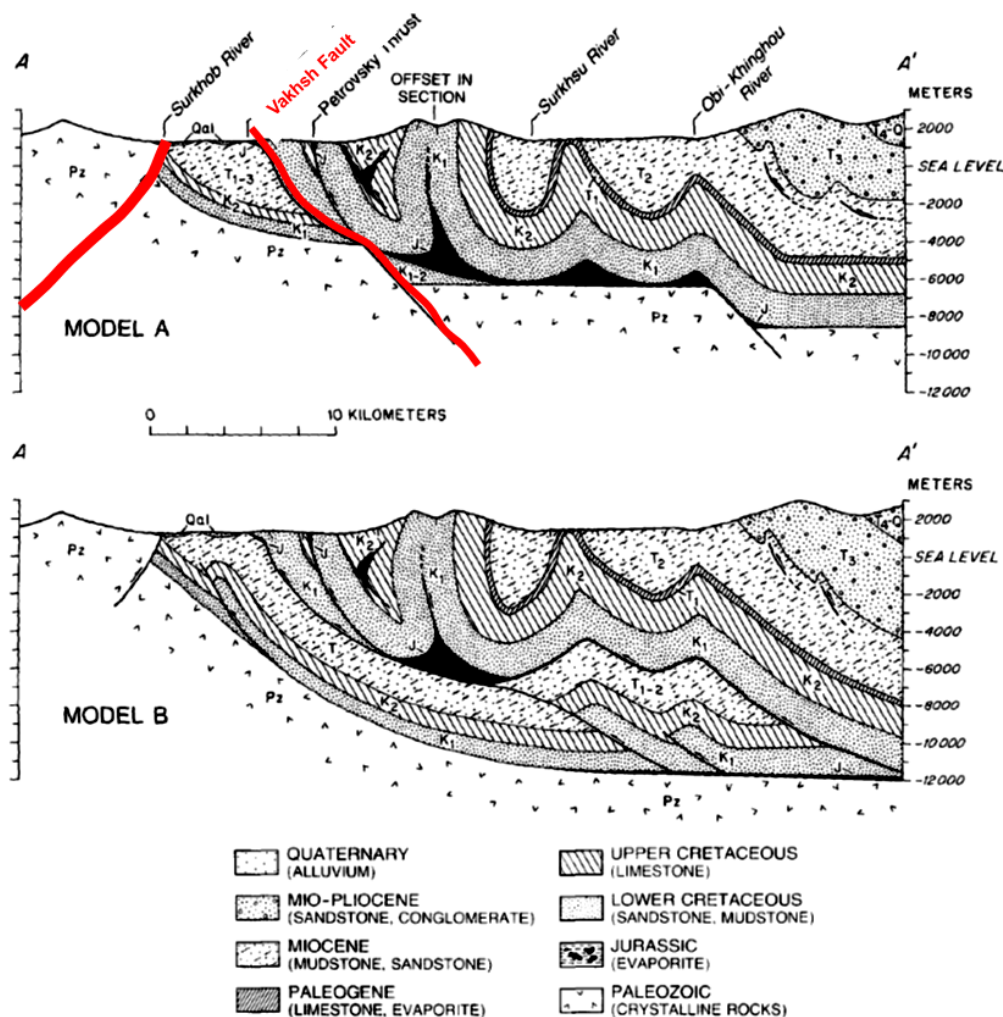


Рисунок 6: Две интерпретации подземной геологической структуры хребта Петра Первого.

Даже если Гамбургер и соавторы (1992) одобряют модель Б, они признают, что имеющиеся данные не могут доказать прямо или противоречить любой из моделей. Возникновение сейсмичности глубже, чем отслоение, поддерживает присутствие разломов земной коры под отслоением (модель А). Предполагается, что эта модель будет представителем механизмов активной деформации на Рогунском участке, и она принята для настоящего диагноза.

Геологические строения на створе плотины обсуждаются в отдельном геологическом отчете ИТЭО. Соответствующие разломы для оценки опасности землетрясений являются следующими:

- Глубокие разломы земной коры: Гиссарские разломы и Вахшский разломы
- Региональные, внутренние разломы Таджикской депрессии: Йонахшский разлом, Гулизинданский разлом.
- Местные разломы: разлом 35, разлом 70.

4 СЕЙСМИЧНОСТЬ

4.1 Региональная сейсмичность

Памир и Тянь-Шань отмечены значительной сейсмичностью, вовлекающей землетрясения земной коры, сконцентрированных вдоль системы разломов, которые формируют их границы (Гиссар-Кокшальская зона разломов и Дарваз-Каракульская зона разломов). В дополнение, плотная концентрация от умеренной до слабой активности наблюдается в пределах толстого наносного заполнения складчато-надвигового пояса Таджикской депрессии.

4.2 Связь основных исторических землетрясений с основными разломами в окрестностях створа плотины

Анализ прошлых землетрясений был основан на:

- Обширный отчет Бабаева и др.. (2005), под названием "Сейсмические условия на территории Республики Таджикистан»;
- Гидроспецпроект, Технический отчет № 2360-ВТК2-001 (2005 г.); и
- Каталог землетрясения CASRI (1895-2005), представленный Институтом сейсмостойкого строительства и сейсмологии Душанбе.

Были исследованы макросейсмические данные для основных землетрясений, связанных с основными сейсмогеническими структурами около зоны проекта. Этими структурами являются:

- Гиссар-Кокшальская система разломов
- Ильяк-Вахшский разлом
- Йонахшский и Гулизинданский разломы

5 ПРЕДПОЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ДОСО

В результате сеймотектонического диагноза, следующие предположения о Максимальном историческом землетрясении должны быть приняты во внимание для оценки сейсмической опасности для технико-экономического обоснования различных вариантов проектирования предполагаемой Рогунской плотины.

Разлом	МИЗ (M _w)	Глубина	Эпицентральное расстояние	Базовое землетрясение
Гиссарский	7.4	10 км	7-8 км	октябрь 21, 1907 июль 10, 1949
Вахшский	6.4	10 км	4-5 км	сентябрь 16, 1924
Йонахшский и Гулизинданский	5.9	5 км	4-5 км	Сентябрь 22, 1930 Январь 22, 1989

Таблица 1: Максимально Историческое Землетрясение (МИЗ)

Вышеуказанные значения МИЗ учитывались для ДОСО Рогунской плотины.

Учитывая эпицентральное расстояние базового землетрясения, связанного со створом плотины: они были, получены с учетом: (I) репрезентативное поперечное сечение механизмов деформации Гамбургера, (II) фактическое местонахождение следов разлома рядом со створом плотины и (III) консервативные предположения о среднем угле падения (70°).

Следующий рисунок иллюстрирует принципы этих предположений:

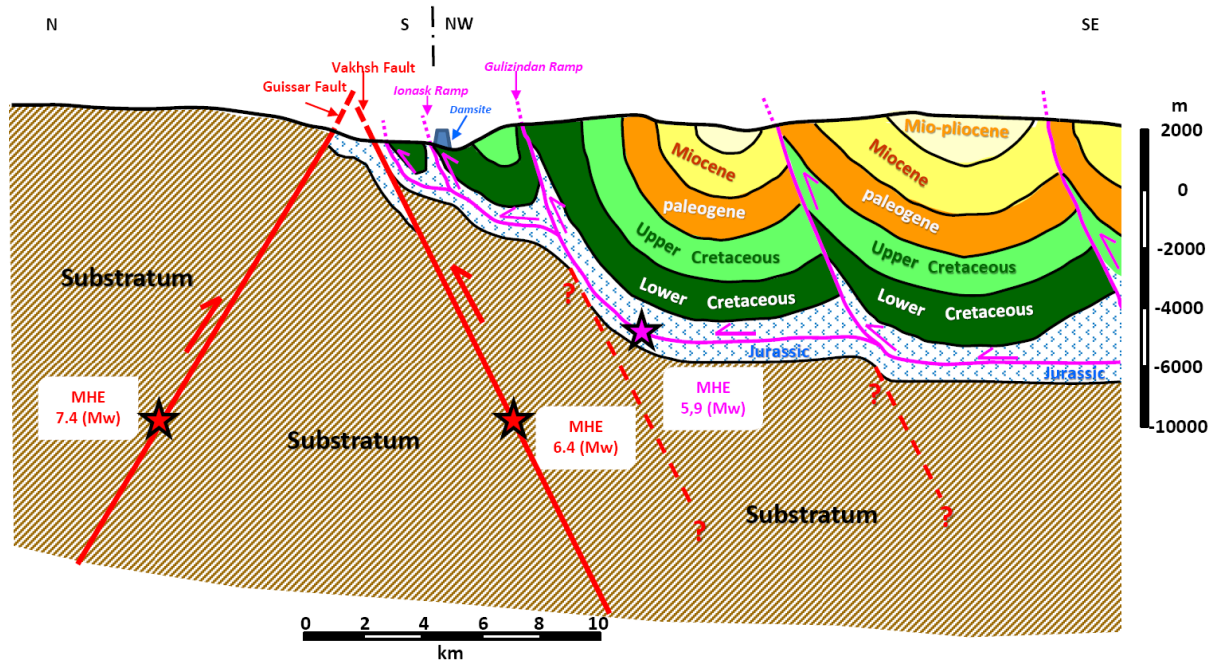


Рисунок 7: Синтетические предположения по максимальному историческому землетрясению

6 ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ

6.1 Предположение по максимальному вероятному землетрясению (МВЗ)

Есть два способа для вычисления колебаний земной коры, связанных с МВЗ:

1. МВЗ=МИЗ, увеличенные на 0.5 единиц магнитуды и параметры колебаний грунта взяты как средние плюс половина стандартного отклонения
2. МВЗ=МИЗ и параметры колебаний грунта взяты как средние плюс одно стандартное отклонение.

Для текущего исследования, было решено принять консервативный подход расчета ПУГ (пиковое ускорение грунта) двумя методами и выбрать наиболее разрушительные результаты, ожидаемые от колебаний грунта на створе плотины.

Предложенные дистанции, глубина и магнитуда, для мощнейших ожидаемых землетрясений в каждом сейсмогенном источнике, представлены в следующей таблице. Дистанция Джойнер-Бор и дистанция разрушений рассчитываются с учетом падений разломов и поверхностных разрушений (ширина разрушений по падению пласта)

оцененным по уравнениям Уэллса и Копперсмита (1994 г.) с магнитудой M_w для МИЗ и МИЗ +0.5, как указано в следующей таблице:

Сейсмогенный источник	МИЗ глубина, широта, расстояния до участка, M_w	МИЗ + 0.5 Глубина, ширина, определения, ширина, расстояния на участке, M_w
Гиссарский разлом	$M_w=7.4$ Глубина очага = 10 км Ширина разрыва по падению=26 км Расстояние Джойнер-Бор = 5 км Расстояние разрыва = 5 км	$M_w=7.9$ Глубина очага = 10 км Ширина разрыва по падению =42 км Расстояние Джойнер-Бор = 5 км Расстояние разрыва = 5 км
Вахшский разлом	$M_w=6.4$ Глубина очага =10 км Ширина разрыва по падению =10 км Расстояние Джойнер-Бор =2.3 км Расстояние разрыва = 6.2 км	$M_w=6.9$ Глубина очага =10 км Ширина разрыва по падению =16 км Расстояние Джойнер-Бор = 1 км Расстояние разрыва = 3.4 км
Ионахшская и Гулизинданская наклонные плоскости	$M_w=5.9$ Глубина очага =5 км Ширина разрыва по падению =6 км Расстояние Джойнер-Бор = 0 км Расстояние разрыва = 2.4 км	$M_w=6.4$ Глубина очага =5 км Ширина разрыва по падению =9 км Расстояние Джойнер-Бор = 0 км Расстояние разрыва = 1.1 км

Таблица 2: Оценка максимального вероятного землетрясения (МВЗ)

ПУГ и спектр реакции вычисляются согласно трем недавним уравнениям прогноза колебаний грунта, выбранным среди наиболее представительных для активных регионов (Боммер и соавторы, 2010 г.) приведены на следующей таблице:

№	Имя	Расстояние	V_{s30} (м/с)
ab10	Аккар и Боммер (2010 г.)	Расстояние Джойнер-Бур	>750
ba08	Бур и Аткинсон (2008 г.)	Расстояние Джойнер-Бур	1000
cb08	Кампбелл и Бозоргния (2008 г.)	Расстояние разрушений	1000

Таблица 3: ПУГ и спектр реакции, Боммер и соавторы, 2010 г.

Для кадого источника землетрясений были рассчитаны горизонтальные средние геометрические ПУГи, предполагающие обратный механизм формирования разломов. Участок расположен на висячем крыле Вахшского и Ионахшского разломов. (см. рисунок 7) Представленные результаты для двух методов расчетов, описанных выше и для каждого УЗСК (уравнение затухания сейсмических колебаний), приведены в следующих таблицах:

МВЗ=МИЗ +0.5 / среднее ПУГ+ 0.5 стандартное отклонение			
УЗСК	ПУГ для Гиссарского разлома (g)	ПУГ для Вахшского разлома (g)	ПУГ для Йонахшского и Гулизинданского разломов (g)
ab10	0.53	0.64	0.59
ba08	0.46	0.59	0.57
cb08	0.47	0.91	0.99
Среднее 3-х УЗСК	0.49	0.71	0.71

Таблица 4: Горизонтальные средние геометрические ПУГи, МВЗ =МИЗ+0.5 /среднее ПУГ+ 0.5 стандартное отклонение

МВЗ=МИЗ / среднее ПУГ + 1 стандартное отклонение			
УЗСК	ПУГ для Гиссарского разлома (g)	ПУГ для Вахшского разлома (g)	ПУГ для Йонахшского и Гулизинданского разломов (g)
ab10	0.78	0.78	0.67
ba08	0.55	0.55	0.60
cb08	0.59	0.78	0.78
Среднее 3-х УЗСК	0.64	0.70	0.68

Таблица 5: Горизонтальные средние геометрические ПУГи, МВЗ=МИЗ / среднее ПУГ + 1 стандартное отклонение

Предложенные МВЗ соответствуют наиболее разрушительному сценарию землетрясения, который является следующим:

- Максимальное историческое землетрясение на Вахшском разломе магнитудой M_w 6.9 и глубиной очага землетрясения 10 км, расположенного на кратчайшем расстоянии к створу плотины (расстояние разрушений ~3.5 км)
- $PGA = 0.71g^2$ (подсчитан на основе среднего плюс половина стандартного отклонения: $0.585g + 0.125g$)

6.2 Спектр реакции на створе плотины

Спектр реакции связанный с Вахшским и Гиссарским разломом была оценена таким же образом. Предложенный спектр реакции для 5% затухания (см. рисунок 8) была подсчитана, используя уравнение Аккар и Боммер (2010, ab10) и Бор и Аткинсон (2008, ba08) и Кампбелл и Бозоргниа (2008, cb08).

Как показано на рисунке 8, Гиссарский разлом и Вахшский разлом, кажется представляют одинаковый уровень псевдо-спектрального ускорения, принимая во внимание точность, связанную с используемым методом. Необходимо внимательно изучить диапазон

² В соответствии с инструментальной сейсмической шкалой Геологической службы США EEIS, значения ПУГ, полученные в пределах $6,5 \text{ м/с}^2$ (0,64 g) до $12,4 \text{ м/с}^2$ (1,24 g), которые будут соответствовать интенсивности 9 баллов по 12 балльной шкале. Такое отношение может быть использовано в целях коммуникации. Однако проектирование плотины должно быть основано на значениях ускорения и не может быть основано на интенсивности.

периодов от 0.3 до 2 секунд, соответствующие преобладаемому периоду колебания плотины.

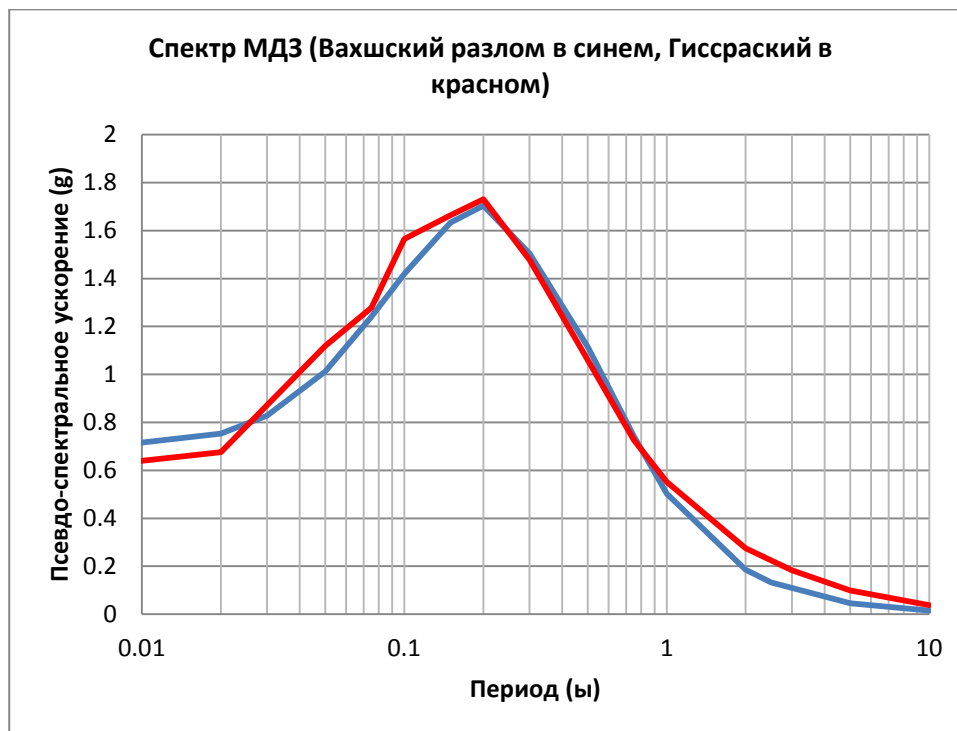


Рисунок 8: Сравнение между предполагаемым спектром реакции для 5 % затухания связанное с обоими разломами (Гиссарским и Вахшским).

6.3 Ко-Сейсмические смещения потенциально влияющие на основание плотины

Косейсмические смещения на критических разломах были оценены согласно отношениям Уэллсу и Копперсмита (1994 г.) для обратной складчатости.

Учитывая местоположение и залегание (направление), Гиссар-Кокшальская система разломов, Ильяк-Вахшская система складчатости и Гулизинданский разлом не могут вырабатывать косейсмичные разрушения прямо в основании плотины. Наоборот, косейсмичные нарушения связанные с (I)Йонахшским разломом и (II) внутренняя деформация блока между Йонахшским и Гулизинданским разломами рассматриваются как относящиеся к сооружениям Рогунской ГЭС.

Для Йонахшских наклонных плоскостей:

Ввиду положения Йонахшских наклонных плоскостей вверх по течению от основания плотины, была выполнена первая оценка потенциального ко-сейсмического смещения вдоль Йонахшского разлома, связанного с МДЗ (M_w 5.9). В данном исследовании, мы оценили и среднее, и максимальное смещение (среднее и среднее $\pm 1\sigma$) полученное от обратного образования разломов (Уэльс и Копперсмит 1994). На данном этапе, мы

предположили, что все значительные ко-сейсмические смещения происходят в плоскости основного разлома. Оценки представлены в таблице 6.

Йонахшский разлом (5.9 Mw)	Среднее значение - 1 стандартное отклонение	Среднее значение	Среднее значение + 1 стандартное отклонение
Максимальное смещение	0.28 м	0.74 м	1.95 м
Среднее смещение	0.22 м	0.54 м	1.30 м

Таблица 6: Оценки ко-сейсмических смещений связанные с МВЗ на Йонахшском разломе

Эти оценки показывают большие неопределенности. Консервативный сценарий заключался бы в принятии значения, полученного путем максимального значения смещения в среднее плюс-один-стандартное отклонение. На основе современных знаний, нельзя игнорировать, что часть смещения происходит путем ползучести и/или вторичного разлома. Эта точка должна быть тщательно рассмотрена в ходе следующего этапа проектирования.

Основание плотины между Йонахшским и Гулизинданским разломами

Должна учитываться возможная внутренняя деформация блока между Йонахшским и Гулизинданским разломами, так как он образует основание плотины и приплотинных сооружений.

Можно предположить, что интенсивное сокращение мезозойского покрытия вызвало формирование антитетических разломов (обратных взбросов), таких как разлом 35, допускающего выталкивание блоков вверх.

Основываясь на таких предположениях, скорее всего деформация вдоль таких второстепенных разломов не связана с глубокими сейсмическими нарушениями вдоль Йонахшского и Гулизинданского разломов, и может быть интерпретирована как снятие напряжения в пределах висячего блока пласта после землетрясения. Учитывая ограниченное распространение этих разломов (несколько сотен метров), Консультант полагает, что максимальное смещение должно быть около одной десятой от деформации ограничивающего разлома, и таким образом, остающимся порядка 10-20 см.

6.4 Проектное землетрясение для фазы строительства

Вероятностная оценка сейсмической опасности (ВОСО) даст спектры реакций для различного возвратного периода что позволит оценить, во время детальной фазы проектирования, условия устойчивости и безопасности плотины и других сооружений во время строительства и эксплуатации Рогунской ГЭС.

7 СЕЙСМИЧНОСТЬ, СВЯЗАННАЯ С БОЛЬШИМИ ВОДОХРАНИЛИЩАМИ

Землетрясения, вызванные водохранилищами, имеют неглубокую глубину очага, относительно маленькую магнитуду и часто возникают сразу после наполнения водохранилища или последующих внезапных изменений уровня воды водохранилища. Обычно, на основе имеющихся данных, такие землетрясения имеют магнитуду менее чем 5 баллов.

На основе мировых данных максимальная наблюдаемая магнитуда явно связанная с землетрясениями, вызванные водохранилищем была 6.3 (за исключением Сычуань/Вэньчуань с Mw 7.9 в Китае в 2008 г и озеро Хебген с Ms 7.1 США 1959 г). Данная магнитуда была зарегистрирована в плотине Койна, 1967, объем водохранилище 2,78 млрд. м³.

Другим подходом оценки возможной вызванной сейсмичностью от предполагаемой Рогунской плотины является рассмотреть сейсмичность, связанная с существующими плотинами в том же регионе. В Таджикистане, Нурекская плотина является одной из самой большой плотины с сейсмическими записями до и после наполнения (Симпсон и Негматуллаев, 1981; Кейт и др. 1982). Сейсмотектоническое строение Нурека схоже со строением Рогунской ГЭС. В случае Нурекской плотины, зафиксированные землетрясения были магнитудой в диапазоне от 1.4 до 4.6 баллов. Наиболее интенсивные вспышки повышенной сейсмичности связаны с быстрым подъемом уровня воды во время первых этапов наполнения. Все мощнейшие землетрясения последовали за снижением скорости наполнения примерно на 0.5 м/день (Симпсон и Негматуллаев, 1981 г.). Увеличение сейсмичности на крупных разломах возле плотины не наблюдалось (Кейт и др. 1982).

Поэтому ожидается, что максимальная магнитуда сейсмичности, вызванной водохранилищем в случае Рогунской плотины менее, чем 5 баллов. Более крупные землетрясения могут быть зафиксированы, если изменения в поле нагрузки влияют на ближайшие активные разломы, но это не увеличит максимальную магнитуду на разломах. Максимальная зафиксированная магнитуда, однозначно связанная с плотиной равна 6.3 баллам. Предусматривалось медленное наполнение водохранилища, чтобы минимизировать влияние сейсмичности, вызванной водохранилищем.

8 ПРЕДЛАГАЕМЫЙ МОНИТОРИНГ СЕЙСМИЧНОСТИ

В контексте Рогуна, предлагается два вида контрольно-измерительной аппаратуры:

- **Сеть аппаратуры для очаговых зон** (акселерометры) для измерения сейсмического поведения плотины при мощных землетрясениях. Для этой цели акселерометры должны быть расположены в чистом поле, подальше от плотины, в откосах плотины и в теле плотины.
- **Микросейсмическая сеть** вокруг плотины и зоны водохранилища, которая сможет зафиксировать фоновую сейсмичность перед началом строительства плотины (обычно рекомендуется хотя бы за 2 года) и сейсмичность во время строительства, первое

заполнение водохранилища и последующие года эксплуатации водохранилища. Оборудованием должны быть цифровые сейсмические станции с сенсорами скорости. Количество оборудования и географическое распределение зависит от желаемого порога магнитуды, размера водохранилища и региональной сейсмической сети уже на месте. От шести до восьми станций является минимумом. Необходимо распределение одной станции на каждые 5 км, если сеть должна фиксировать такие землетрясения как $M \sim 1.0$ баллов.

Консультанты ИТЭО рекомендуют внедрить этот сейсмический мониторинг как можно скорее, чтобы оценить фоновую (базовую) сейсмичность до начала строительства плотины.

9 ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

На основе детерминистической оценки, консультанты пришли к выводу, что предполагаемое Максимальное Возможное Землетрясение (МВЗ) является следующим:

- = Максимальное Историческое Землетрясение на Вахшском разломе с магнитудой 6.9 Mw и глубиной очага 10 км, расположенное на самом коротком расстоянии к створу плотины (расстояние разрыва ~ 3.5 км);
- = Пиковое ускорения грунта = 0,71 g (рассчитанное на основе среднего плюс половины стандартного отклонения).

Для сейсмического проектирования различных структур и элементов большого проекта плотины, ICOLD (2010) рекомендует определение следующих проектных землетрясений:

- = Максимальное Расчетное Землетрясение (MDE);
- = Оценка Безопасности Землетрясения (SEE);
- = Максимальное Проектное Землетрясение (DBE);
- = Расчётное землетрясение при эксплуатации (OBE).

Критерии проектирования связаны с периодом повторения сейсмического колебания грунта. Во время будущей фазы детального проектирования плотины такие критерии проектирования могут быть получены в результате вероятностной оценки сейсмической опасности, которая уже была проведена как отдельное исследование, с учетом эпистемической неопределенности, связанной с предположениями и выбором параметров и процедур.

Консультанты также рекомендуют реализовать этот сейсмический мониторинг как можно скорее для того, чтобы оценить историческую (базовую) сейсмичность до строительства плотины.

ГЛАВА 2.5: МЕТЕОРОЛОГИЯ, ГИДРОЛОГИЯ И ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

1. ВВЕДЕНИЕ

Предполагаемый Рогунский гидроэнергетический проект расположен на реке Вахш, которая течет с памирских гор. На предложенном створе Рогунской плотины сток Вахша охватывает 30390 км² водосборного бассейна. Примерно 30% водосборного бассейна пролегает над 4000 м.н.у.м. в пределах зоны снегов и ледников (включая ледник Федченко, самый длинный ледник в мире за пределами полярных регионов).

Спроектированный створ плотины расположен в 74.6 км вверх по течению от Нурекской плотины, которая представляет самую верховую плотину Вахшского гидроэнергетического каскада. Дальше вниз по течению, река Вахш соединяется с рекой Пяндж, начинающейся в центральном Памире; вместе они формируют реку Амударья, которая является основным притоком Аральского моря.

Вахшский водосборный бассейн в основном пополняется таянием снега и ледников. В регионе преобладает континентальный климат, который характеризуется широким температурным диапазоном в течение года. Особенность климата Центральной Азии заключается в том, что максимальный объем осадков выпадает зимой. Примерно 60% годовых осадков выпадает в течение февраля и марта.

Река Вахш представляет стандартный гидрологический режим, управляемый таянием снегов и ледников. Пик сезона высокого стока приходится на июль, и его средняя продолжительность равна 200 дням.

2. ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Проектные исследования основывались на следующих гидропостах, признанных наиболее представительными и надежными среди распространенной таджикской сети:

Река	Местоположение поста	Водосборный бассейн (км ²)	Период наблюдений
Сурхоб	Гарм	20 000	1932-1994
Сурхоб	Устье	22 840	1973-тек. время
Вахш	Комсомолобад	29 500	1942-1957 1975-present
Вахш	Створ Рогунской плотины	30 390	1973-1977
Вахш	Кишлак Туткаул	31 200	1930-1967
Обихингоу	Кишлак Тавильдара	5 390	1953- тек. время
Обихингоу	Устье	6 660	1941-1975

Таблица 7: Гидропосты

Приток в предлагаемом створе Рогунской плотины выдается из следующих источников, наблюдаемых в течение долгого периода в 76 лет:

Использовался расход, зафиксированный на Туткаульском гидропосте с 1932 по 1972 года,

С 1973 по 1988 года, расход на Туткауле был восстановлен, основываясь на наблюдениях, сделанных в Комсомолобаде. Корреляции между двумя станциями основаны на общих записях (1949-1957 и 1963-1972 гг.),

С 1988 по 2008: расход основывался на притоке Нурекской ГЭС, зафиксированный Нурекской технической службой. Качество этих данных наблюдений было подтверждено как в целом соответствующее и надежное для текущих исследований, а также было подтверждено предыдущими проектировщиками. Точность долгосрочного среднего притока на предлагаемом створе Рогунской была оценена как приемлемая, в качестве вводных данных для моделирования эксплуатации водохранилища и будущей выработки электроэнергии.

3. ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ПАВОДКАМ

Исследование по паводкам было проведено, основываясь на зафиксированных ежедневных и мгновенных пиковых расходах, дневных температурах и месячных/сезонных температурах. Так как записи, полученные для реки Вахш на Туткауле, и транспонированные на предлагаемый створ Рогунской были слишком короткими для оценки паводков с большими периодами возврата, был использован подход станция-год в качестве объединяющей методологии для расширения примеров паводкового расхода, используя индекс Франко-Родиера.

Был проведен статистический анализ на трех разных примерах паводков: записи по Вахшу только для первого примера (111 станций-годов) и Вахшские серии,

расширенные при помощи данных с рек с похожим гидрологическим режимом и климатическими условиями, близкими к горным хребтам, для двух следующих примеров (249 станций-годов и 287 станций-годов). Анализ благоприятствует, во-первых, временным рядам в пределах исследуемого водосборного бассейна, а, во-вторых, записям с гидропостов в близких климатических и географических условиях с долгосрочными рядами. Был проведен кластерный анализ рассматриваемых серий данных для подтверждения непротиворечивости подхода.

Были сделаны следующие заключения по анализу. Они находятся в соответствии с предыдущими исследованиями, и следует отметить, что принятые значения были получены из местного набора данных (111 станций-годов Вахша):

Синтез результатов		
T	Qp	Qdmx
2	2 360	2 250
5	2 780	2 650
10	3 070	2 930
20	3 360	3 200
50	3 750	3 580
100	4 030	3 840
200	4 310	4 110
500	4 660	4 440
1 000	4 950	4 720
2 000	5 260	5 010
5 000	5 640	5 380
10 000	5 970	5 690

T в годах; Qdmx и Qp в м³/с.

Таблица 8: Синтез анализа частоты паводка

4. ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОГО МАКСИМАЛЬНОГО ПАВОДКА (ВМП)

Для оценки вероятного максимального паводка (ВМП), так как расход Вахша почти нескоррелирован с осадками, нельзя использовать стандартный подход в данном случае. Консультант получил свой собственный подход при помощи метода градус-день, где фактор градус-день был скоррелирован по отношению к наблюдаемому расходу в Вахше, для определения ВМП. Данные по температуре были взяты с Анзобского перевала, рассматриваемого как наиболее представительная станция из набора данных.

Следующие вводные данные были признаны соответствующими и представительными: ежедневные расходы на Туткауле/Саригузар, ежедневные

температуры на Анзобском перевале, сезонные осадки в Тавильдаре. Были выбраны данные 40-летнего периода, с 1940 по 1980 года.

Для каждого года из 40-летнего периода был вычислен фактор градус-день, и была сделана корреляция между максимальным дневным расходом и фактором градус-день. Были получены значимые линейные корреляции со значительным R^2 . Параметры линейных отношений варьировались от года к году, но связаны либо с сезонными осадками или с фактором градус-день для явления пика паводка.

Используя эти различные характеристики, консультант смог произвести различные максимизации в соответствии с принятыми процедурами (ВМО и другие). Окончательный выбор ВМП был основан на доступной информации и может рассматриваться как консервативный, так как было выбрано самое высокое значение, получившееся в результате этих максимизаций. Вычисление гидрографов паводка было основано на трех основных паводках, зафиксированных в Туткауле.

	ВМП (дневной) (m^3/c)	ВМП (пик) (m^3/c)	Пик / 5 970
Предложенный ВМП	7 770	8 160	1,42

Hydrographs for 10 000-yr Flood and Probable Maximum Flood

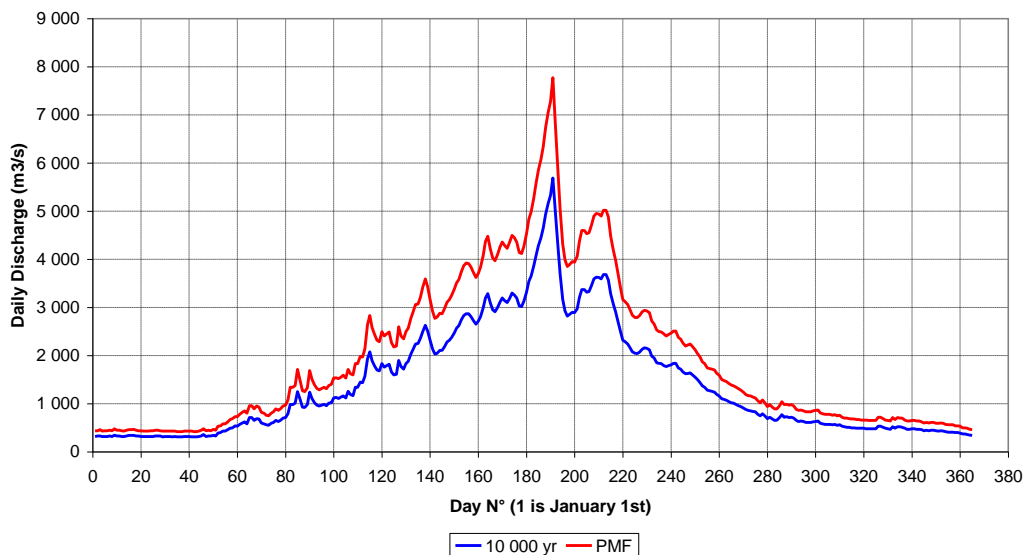


Рисунок 9 : Гидрографы 10 000 летнего паводка и ВМП

5. ВЛИЯНИЕ НА ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

Консультант попробовал разработать свой собственный подход по влиянию на изменение климата, основываясь на анализе тенденции изменения исторических

данных, а так же на доступной литературе по изменению климата в Центральной Азии и Таджикистане. Исследование было проведено в следующих этапах: сначала анализ зафиксированных тенденций, касающихся периода 1930 – 2010 годов для осадков, расхода и температуры. Полученные корреляции были признаны не совсем убедительными, но можно предположить некоторую тенденцию увеличения осадков и расхода. Для ледника Федченко заметно увеличение температуры на 0.5°C а 100 лет, что соответствует существующим моделям.

После этого был сделан обзор литературы для общего понимания текущего состояния прогнозов по изменению климата в Центральной Азии и Таджикистане. Данные, приведенные в исследованиях по истощению Аральского моря, показывают, что согласно прогнозам, к 2080/2100 годам, питание ледниками Аральского моря может исчезнуть. Исследования проведенные таджикскими институтами четко показывают, что ледники уменьшаются. Поэтому было принято решение о проведении специального анализа об исчезновении ледников и попытаться оценить это влияние на режим реки Вахш. После этого конкретного исследования об истощении ледников, консультант попытался провести оценку эволюции расходов Вахша при предположении об увеличивающейся тенденции расхода (на таком же уровне, что и историческая тенденция), связанной со снижением ледникового питания из-за увеличения температуры, как предполагается климатическими моделями.

Эта оценка потенциального влияния изменения климата показала, что наиболее вероятным сценарием является постепенное понижение пиковых объемов паводков из-за более раннего и продолжительного сезона таяния, связанного с увеличением температуры и отступлением ледников. Изменение в распределении годового расхода может также привести к увеличению значения среднегодового расхода. Это подтвердило, что значение ВМП, выбранное независимо от этой ожидаемой тенденции является консервативным, так как можно ожидать снижение пиков в будущем.

Основываясь на предварительной оценке потенциального влияния изменения климата, были даны некоторые рекомендации, чтобы обеспечить интеграцию адаптивных мер по изменению климата в предложенном Рогунском гидроэнергетическом проекте на раннем этапе проектирования. Это позволит учет неопределенности и несоответствий в существующих моделях прогнозирования изменения климата, доступных для Центральной Азии. Основная цель в том, чтобы создать систему мониторинга для раннего выявления изменений в режимах наводнения и осуществлять меры по исправлению положения соответственно.

ГЛАВА 2.6: СЕДИМЕНТАЦИЯ

1 ВВЕДЕНИЕ

Предполагаемый Рогунский проект является крупным водохранилищем с плотиной, где в природном контексте фиксируется очень высокий годовой уровень наносов. Следовательно, проект будет подвержен процессам седиментации, так как водохранилище благоприятно для распределения частиц.

Поэтому это требует оценки жизнеспособности предполагаемых вариантов, относительно седиментации, принимая во внимание воздействие заиления, в частности емкость водохранилища и эксплуатационных ограничений. Это также поднимает необходимость рассмотреть общую озабоченность о долгосрочном поведении крупных водохранилищ и определить соответствующую стратегию конца срока службы, которая должна реализоваться для обеспечения долгосрочной самодостаточной устойчивости проекта.

Настоящая глава содержит полный обзор существующих данных относительно свойств и объема твердых стоков реки Вахш, включая анализ проведенных кампаний по изучению водохранилища Нурекской ГЭС. Это позволяет значительно оценить, на данный этап, объем годового твердого стока в Рогуне.

Вторая часть главы начинается с обзора состояния современных вариантов управления наносами, используемых во всем мире и их применимость к специфике Рогунского проекта.

Третья часть подчеркивает предложенного плана управления наносами для Рогунского проекта во время эксплуатационного этапа, гарантируя, что все варианты спроектированы для самого длительного экономического срока службы вместе с безопасной эксплуатацией. Также приведены соображения по стратегии конца срока службы, для обеспечения устойчивости и безопасности Рогунского проекта в долгосрочной перспективе.

2 ХАРАКТЕРИСТИКИ НАНОСОВ РЕКИ ВАХШ

Всеобъемлющий обзор всей существующей информации был проведен в соответствии с этой оценкой. Это включало сбор имеющихся исходных данных и результатов испытаний, проведенных в прошлом. Оценка существующих кривых распределения зернистости, конкретные измерения веса и записей обогащений привела к оценке надежности основных доступных данных об отложениях. Был подчеркнут важный разброс, и необходимость на дополнительных испытаний отвечающих международным стандартам рекомендовался для следующих этапов исследований, в частности, для

уточнения концентрации взвешенных наносов и распределения по гранулометрическому составу.

3 ОПЫТ НУРЕКСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

3.1 Доступная информация

Одним из важных источников информации для оценки седиментации в реке Вахш является Нурекское водохранилище, которое задерживает входящие наносы с реки, со времени начала наполнения в 1972 году. Было проведено несколько исследований для исследования поведения наносов в Нурекском водохранилище: в 1989, 1994 и 2001 годах:

Запас воды	Объём (км ³)			
	1972	1989	1994	2001
Итого	10.50	8.66	7.96	8.63
Рабочий объём	4.50	3.40	3.06	4.27
Мертвый объём	6.00	5.26	4.90	4.36

Таблица 9: Эволюция объема Нурекского водохранилища

Даже учитывая трансформацию берегов, трудно объяснить увеличение объёма водохранилища между 1994 и 2001 годами:

- В специальном отчете по Нурекскому водохранилищу, эрозия берегов за весь период 1972-2001 годов оценивается в 77 млн. м³, т.е. 2.66 млн. м³/год.
- Ламайер [2] ссылается на отчет исследования 1994 года, где отмечается, что объём трансформации берегов с 1989 по 1994 годы равен 21 млн. м³, т.е. 4.2 млн. м³/год.

Это несоответствие также было отмечено в предыдущих исследованиях.

Таким образом, консультант рассматривает исследования 1972-1989 годов как наиболее надежные и правдоподобные серии измерений, когда Нурекское водохранилище заполнялось на 108 млн. м³/год.

3.2 Дальнейшая кампания в Нурекском водохранилище

Для долгосрочного устойчивого управления наносами Рогунского водохранилища требуется четкое понимание не только годового объёма наносов и соответствующей потери объёма водохранилища, а так же и схемы расположения наносов в эксплуатационный срок водохранилища. Для получения такого рода информации, процесс седиментации Нурекского водохранилища с момента начала заполнения в 1972 году является отличным источником информации.

Поэтому требуется проведение следующих исследований в Нурекском водохранилище во время следующей фазы исследований:

- Батиметрическое исследование седиментации водохранилища с использованием эхолотирования
- Продольные и поперечные сечения расположения наносов в водохранилище
- Русловые образцы отложений наносов
- Образцы грунта из поверхностных склонов отложений
- Изменения годового уровня воды в водохранилище и соответствующие расходы воды
- Измерение концентрации взвешенных наносов и гранулометрическое распределение на разных глубинах в водохранилище для различного речного расхода

4 ОЦЕНКА ГОДОВОГО ТВЕРДОГО СТОКА

Различные гидрометрические методы, использованные в исследованиях ИГП – такие как прямые измерения взвешенных наносов и донных наносов в реке Вахш и исследовании интенсивности смыва из участка водосборного бассейна – привели к оценке итогового годового твердого стока от 87 до 125 млн. тонн. Принимая во внимание вес наносов в 1.4 тонны/м^3 это соответствует годовому твердому стоку между $62 \text{ и } 89 \text{ Мм}^3$.

В соответствии с гидрообъемному методу, примененному к Нурекскому водохранилищу и на основе наиболее надежных доступных батиметрических исследованиях, приблизительная скорость отложения наносов в Нурекском водохранилище равна $100 \text{ млн. м}^3 \text{ в год}$.

Все это ведет к выводу, что годовой твердый сток реки Вахш находится в диапазоне от 87 до 140 млн. тонн в год, или от $62 \text{ до } 100 \text{ млн. м}^3 \text{ в год}$.

Этот диапазон неопределенности может быть сужен на данном этапе исследований. В целях этого исследования (в частности определение срока эксплуатации проекта), в качестве консервативного подхода, значение в $100 \text{ млн. м}^3/\text{год}$ рассматривается как типовое предположение по твердому стоку наносов в реке Вахш.

5 ОБЗОР ДОСТУПНЫХ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ НАНОСАМИ

5.1 Перечень возможных мер:

Для гарантирования устойчивости и безопасности проекта, можно рассматривать возможные меры снижения воздействия от седиментации:

В ходе исследований были рассмотрены следующие возможные меры по снижению последствий и их применимость к характерным условиям Рогуна:

- регулирование стока
- верховые шлюз-регуляторы
- обход водохранилища
- внеурловое водохранилище
- эффективные правила эксплуатации
- тактические дноуглубительные работы
- Промывание

5.2 Снижение поступающих наносов

5.2.1 Регулирование водосборного бассейна

В случае Рогуна, водосборная площадь очень большая и почва по природе низкого качества и подходит для лесонасаждений или конкретных сельскохозяйственных методик (обваловка, террасирование...). Поэтому такой метод будет иметь очень ограниченное воздействие на общий объем поступающих наносов.

5.2.2 Верховые шлюз-регуляторы

Вариант верховых шлюз-регуляторов может состоять из улавливания или аккумуляирования поступающих наносов на верховых притоков Вахша вверх по течению от Рогунского водохранилища. Это требует очищения уловителя от наносов после каждого паводка. В случае Рогуна, такое решение не может быть применено, учитывая объем наносов, который нужно убирать ежегодно.

5.2.3 Внеурловое водохранилище

Внеурловое водохранилище состоит из отвода реки во время периода активного поступления наносов в специальное водохранилище за пределами русла реки, например в маленький приток. В случае Рогуна, топография не подходит для такого решения: потому что притоки являются долинами с крутыми склонами, места для аккумуляирования в их верхней части являются очень маленькими по сравнению с годовым твердым стоком.

5.2.4 Обход водохранилища

Это решение состоит в отводе паводковых наносов от водохранилища: во время высокого паводка река отводится от водохранилища по специальному водоводу, который достигает основного русла реки ниже плотины.

В случае Рогуна, довольно прямая форма водохранилища делает данное решение трудным для внедрения. Более того, сброс наносов в Нурекское водохранилище может только добавить проблем для Нурекской ГЭС. Технические проблемы, связанные с размывом наносов и высокая стоимость такого крупного и длинного тоннеля, дает

основание предположить, что такой обходной тоннель не осуществим. Более того, годовой объем наносов не сконцентрирован на коротком периоде времени.

5.3 Управление наносами в пределах водохранилища

5.3.1 Эффективные правила эксплуатации

Седиментация водохранилища и прогрессирование наносов в сторону плотины до определенной степени может контролироваться условиями эксплуатации водохранилища (включая модификацию уровня водоприемников в течение эксплуатационного срока проекта, для увеличения фазы выработки).

Согласно исследованиям эксплуатации водохранилища, годовая сработка водохранилища равна 30 м для самого высокого варианта (10% от максимальной глубины водохранилища), 50 м для среднего (17%) и 80 м для самого низкого варианта (33%). Чем выше вариант, тем менее он чувствителен к годовой сработке.

Однако для устойчивого управления наносами такого большого водохранилища, в любом случае рекомендуется корректировать правила эксплуатации водохранилища в соответствии со схемой седиментации. Это включает поднятие уровня водоприемников, когда поднимается уровень наносов до основания плотины, для увеличения срока эксплуатации системы выработки. Предложенный план управления наносами во время эксплуатации проекта описан в следующем пункте.

5.3.2 Тактические дноуглубительные работы

Тактические дноуглубительные работы состоят из локализованных дноуглубительных работ в наиболее важных участках: напорные водоприемники и оголовки водосбросов. В случае Рогуна, такие дноуглубительные работы могут быть локализованы через несколько десятилетий, когда передовые слои наносов будут близко подбираться к напорным водоприемникам. Однако учитывая годовой объем наносов, тактические дноуглубительные работы могут не принести значительного эффекта по защите водоприемников от закупоривания.

5.4 Удаление наносов из водохранилища

5.4.1 Промывание водохранилища

Промывание состоит из использования тоннеля нижнего уровня, для удаления уже отложенных наносов водохранилища, благодаря скорости потока и их транспортировки ниже плотины.

Такое решение изучалось Консультантом, но позже было от него отказались, так как считалось, что это решение не жизнеспособное ввиду того факта, что ему пришлось бы работать под высоким напором. Были также отмечены другие недостатки, связанные с природой сая Оби-Шур, который является единственно возможной точкой сброса для тоннеля, начинающегося от зоны напорных водоприемников.

5.4.2 Промывание и отведение мутьевого потока

Промывание состоит из пропуска загруженного потока через водосбросные сооружения до оседания наносов в водохранилище.

Промывание было подтверждено как эффективное средство в ряде крупных плотин по всему миру. Но, учитывая и тип наносов, и тип плотины, это неприменимо к Рогуну. Крупные промывные затворы не могут быть установлены на нижнем или среднем уровне Рогунского водохранилища, для пересечения плотины, так как это насыпная плотина.

Пропуск мутьевых потоков состоит из использования течения созданное плотностью воды в водохранилище, чтобы перенести наносов вниз по течению от плотины, посредством особых тоннелей или через турбин. В случае Рогун, мутьевой поток может быть пропущен через турбины, с использованием многоуровневого водоприемника, представленного в §5.7.4. Однако дополнительные испытания потребуются для полного понимания характеристики взвешенного вещества в мутных потоках. Это поможет в оценке преимущества его прохождения через гидроэлектростанцию и потенциально отрицательного воздействия на электро-механическое оборудование.

Следует отметить, что учитывая большую неопределенность параметров этого явления (среднегодовой сток, объем мелкозернистого материала, плотность, объем мутьевых потоков, которые достигают водоприемников, воздействие на запас воды в Нуреке, и т.д...), Консультант не рассматривал пропуск мутьевых потоков через турбины в определении эксплуатационного срока каждого из вариантов, использованных в экономическом анализе вариантов проекта.

5.4.3 Механическое удаление

Выемка наносов при помощи дноуглубительных работ, гидровысасывателем или сухая выемка производится на многих водохранилищах мира. В Рогуне, объем годового твердого стока является очень большим для такого метода. Таким образом, механическое удаление является неосуществимым решением в случае Рогунской плотины.

5.5 Замена потеряннного запаса

В случае Рогун, подъем уровня плотины не является предусматриваемым решением, так как она уже достигает практического решения, особенно в рамках пропуска паводков и рассеивания энергии. С другой стороны, может быть предусмотрено строительство новых плотин, даже учитывая то, что не решит проблему седиментации, а лишь отодвинет ее вверх по течению. Техническая и экономическая осуществимость створов вверх по течению от Рогунской плотины все еще должна быть оценена, что не входит в рамки данного исследования. Этот вариант не обеспечивает никакого

долгосрочного решения проблемы седиментации всего каскада, так как это только откладывает проблему заполненных наносами плотин на долгосрочную перспективу.

5.6 ПЛАН УПРАВЛЕНИЯ НАНОСАМИ ДЛЯ РОГУНСКОГО ПРОЕКТА

5.7 Эксплуатационная фаза проекта

5.7.1 Уменьшение емкости в течение эксплуатационного срока проекта

Основываясь на годовом твердом стоке в 100 млн. м³, кривая объема водохранилища может быть вычислена при помощи метода, предложенного Бюро мелиорации США (1987 г.). Эта упрощенная процедура не учитывает изменения в эффективности ловушек и схемы расположения наносов с течением времени. Однако этот метод достаточен для этого уровня исследования, с учетом других неопределенностей, особенно с оценкой годового твердого стока.

Эта кривая представлена в разделе эксплуатации водохранилища (том 3, глава 3.5).

5.7.2 Ранняя выработка

Так как начало ранней фазы выработки запланировано во время строительного периода Рогунского проекта, будет необходимо адаптировать подачу воды к агрегатам № 5 и 6 для различных уровней водохранилища.

Следствием выработки электроэнергии при низком уровне воды в водохранилище, когда объем воды маленький, является то, что риск проникновения наносов в напорный водосброс может быть высоким.

Специальные устройства, разработанные ИГП и сохраненные консультантом в предложенных схемах, предназначены для защиты машинного зала от попадания наносов во время фазы ранней выработки.

5.7.3 Влияние на объем регулирования и выработку электроэнергии

В случае спаренной эксплуатации Рогунского и Нурекского водохранилищ, будет происходить следующее, по мере того, как наносы задерживаются в Рогунском водохранилище:

- Фаза 1: По мере снижения активного объема Рогуна, амплитуда годовых колебаний уровней водохранилища (необходимая для регулирования расходов реки) увеличивается для компенсации потери полезного объема водохранилища. Регулирование сбрасывания (увеличение зимнего расхода) не затрагивается, но напор в конце зимы снижается. Следовательно, электроэнергия может быть немного затронута, если снижение напора является значительным по сравнению с общим напором.
- Фаза 2: Когда понижение уровня водохранилища (необходимо для регулирования расхода) слишком важно, должна быть пересмотрена оптимальная спаренная эксплуатация Рогуна и Нурека должны быть

пересмотрены: Нурекское водохранилище начинает свой вклад в регулирование потока путем снижения зимнего напора. Выработка электроэнергии постепенно падает.

Было проведено несколько моделирований для оценки выработки электроэнергии на различных временных этапах, предполагая, что общий расход наносов равен 100 млн. м³/год, и что все наносы задерживаются в Рогуне (никакого допущения для мутьевого потока в качестве консервативного подхода).

Это представлено на следующем графике:

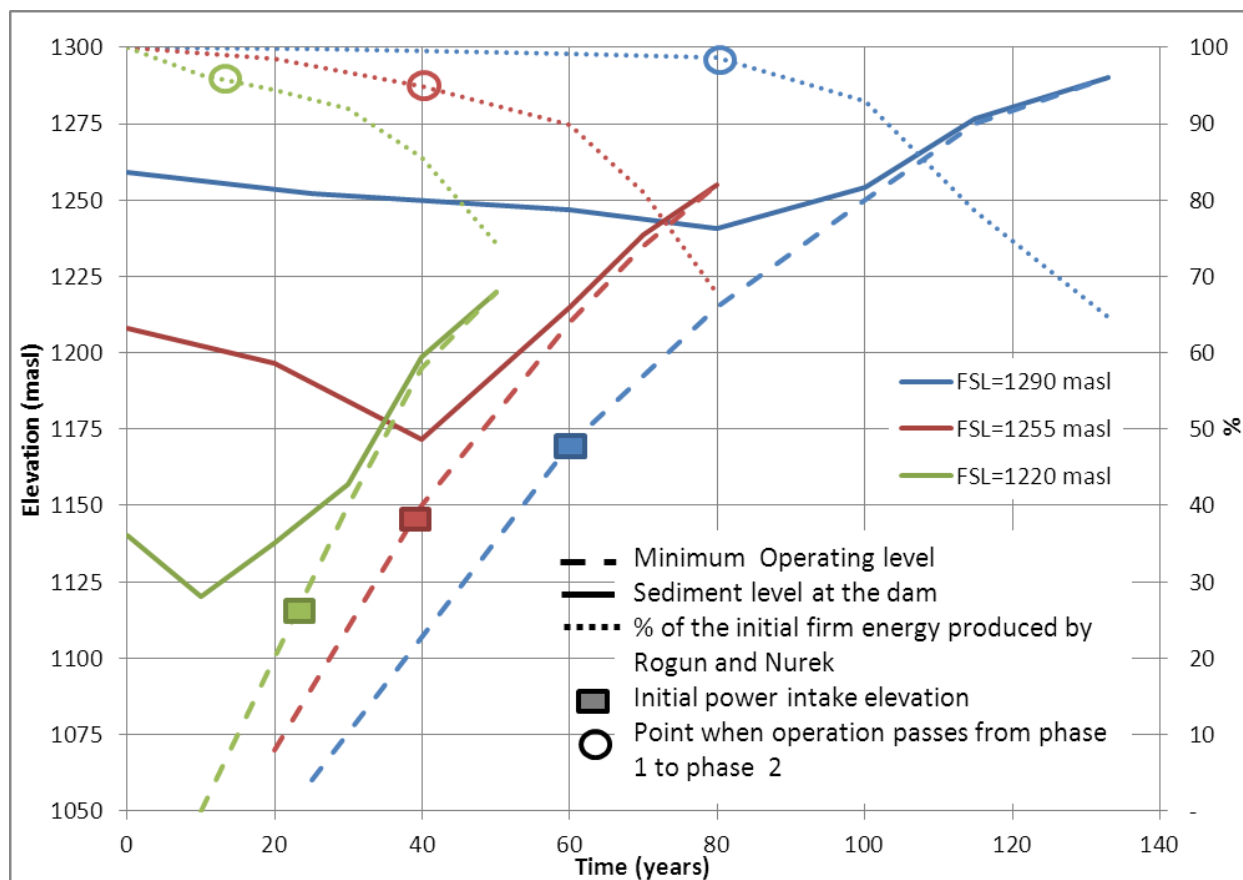


Рисунок 10: Эволюция оптимального минимального уровня водохранилища, гарантированной электроэнергии и уровня наносов, в течение времени, для расхода наносов в 100 млн. м³/год

Можно заметить, что выработка электроэнергии начинает падать на приблизительно 5%:

- Через 20 лет для самого низкого варианта;
- Через 40 лет для среднего варианта;
- Через 90 лет для самого высокого варианта.

Затем во время фазы 2, когда минимальный эксплуатационный уровень вновь начинает расти, кривая электроэнергии продолжает медленно снижаться, и происходит изменение склона, когда новый минимальный уровень водохранилища достигает минимального уровня. Затем кривая более крутая и выработка электроэнергии быстро снижается.

5.7.4 Поднятие уровня напорных водоприемников

Параллельно сработке полезного объема и модификации спаренной эксплуатации Рогуна и Нурека, другим решением по управлению наносами может быть подъем напорных водоприемников.

Естественно, как можно заметить на предыдущем графике, закупоривание напорных водоприемников произойдет гораздо раньше сработки мощности регулирования для двух самых высоких вариантов. Без специального проекта или специальных мер, выработка электроэнергии может быть ограничена эксплуатационным сроком водоприемника.

Поэтому Консультант предлагает специальный проект водоприемников, который продлит срок службы станции. Порог напорного водоприемника останется на той же отметке, но будет заанкерено бетонное сооружение на склоне берега и оно будет оборудовано несколькими затворами на нескольких отметках. Это позволит открывать и закрывать затворы по мере подъема наносов, и адаптироваться отметку напорного водоприемника по мере надобности.

Благодаря этому устройству, которое фактически позволяет поднять уровень водоприемников, эксплуатационный срок выработки электроэнергии продлевается и адаптируется к эксплуатационному сроку водохранилища. На последних верхних метрах водохранилища, поток не будет обезыливать естественным путем. Поэтому рассматривается, что это сооружение может использоваться до того момента, когда наносы достигнут НПУ минус резерв безопасности 15 м. Следующая таблица представляет эксплуатационные сроки выработки электроэнергии Рогуна, которые были рассмотрены в экономических и финансовых исследованиях вариантов:

Вариант плотины (НПУ)	1290	1255	1220
Эксплуатационный срок (лет) (с 100 млн.м ³ /год)	115	75	45

Таблица 10 : Срок эксплуатации напорных водоприемников с подъемом водоприемника

5.7.5 Влияние на электромеханическое оборудование

На электромеханическое оборудование Рогуна наносы будут влиять только спустя долгий период эксплуатации: водохранилище служит илоотделителем и вода

проходящая через турбины будет чиста от наносов, пока не будет достигнут порог водоприемника. Сегодня это происходит в Нуреке.

Когда мутные потоки достигают особое сооружение входного портала будет необходимо принять решение о том, пропускать ли взвешенные наносы через турбины или удалить их используя более высокий затвор входного портала. Требуются дополнительные испытания для полного понимания характеристики взвешенного материала в мутных потоках. Это поможет в оценке преимуществ прохождения такого материала через гидроэлектростанцию и потенциального отрицательного воздействия на электро-механическое оборудование.

Когда крупнозернистый материал достигнет верхнего положения специального водоприемника, оборудование будет эродировано крупнозернистыми частицами наносов и машинный зал должен будет быть выведен из эксплуатации.

В обоих случаях, должно быть принято долгосрочное управление наносами, для обеспечения баланса между притоком наносов и оттоком и гарантирования долгосрочной безопасности. Это подробно описано в следующем параграфе.

5.8 Долгосрочное управление наносами и устойчивость:

5.8.1 Определение конца срока эксплуатации:

Как уже указывалось, основываясь на прогнозируемом диапазоне стока, максимальный срок эксплуатации водохранилища (когда машинный зал выводится из эксплуатации с финальным водоприемником на уровне НПУ – 15 м) может быть вычислен для каждого варианта.

	Общий объём(млн. м ³)	100 млн. м ³ /год
НПУ=1290 м.н.у.м.	13 300	115 лет
НПУ=1255 м.н.у.м.	8 600	75 лет
НПУ=1220 м.н.у.м.	5 200	45 лет

Таблица 11 : Прогнозируемый максимальный срок эксплуатации Рогунского водохранилища

5.8.2 Управление наносами в конце срока службы:

Рогунский проект в первоначальном проекте состоял только из тоннельных водосбросов с глубинными водоприемниками. Неотъемлемым риском для такого типа проектов является кавитация, вызванная высокой скоростью воды и деградацией, вызванной появлением абразивных наносов.

Риски кавитации из-за высокой скорости воды могут быть удовлетворительно решены средствами соответствующего гидротехнического проекта и при помощи соответствующей аэрации. Таким образом глубинные водоприемники могут быть безопасно использоваться в первые десятилетия эксплуатации Рогуна, по пропуска чистой воды, если будут спроектированы соответствующие аэрационные характеристики.

Однако в какой-то момент абразивный материал достигнет тоннельных водосбросов и будет нанесен важный ущерб. Такой риск будет неприемлим для Рогунского проекта через десятилетия, когда крупнозернистые наносы будут пропускаться через водосбросные тоннели и могут вызвать выход сооружения из строя.

Более того, согласно проекту Консультанта по пропуску паводков, эти тоннельные водосбросы должны защитить Рогун и весь низовой каскад от ВМП, благодаря трансформации стока Рогунского водохранилища. Так как возможность трансформации стока будет снижаться со временем, эта защитная функция разработана для ограниченного периода.

Поэтому будет обязателен поверхностный водосброс со свободной поверхностью, с соответствующей аэрацией и рассеивающим устройством для долгосрочного периода, чтобы безопасно пропускать расчетный паводок, когда водосбросные тоннели будут выведены из эксплуатации из-за наносов.

Консультант разработал проект для такого поверхностного водосброса,. Рассеивающее устройство состоит из последовательных водобойных колодцев, которые позволяют контролировать скорость воды в канале до приемлимых значений.

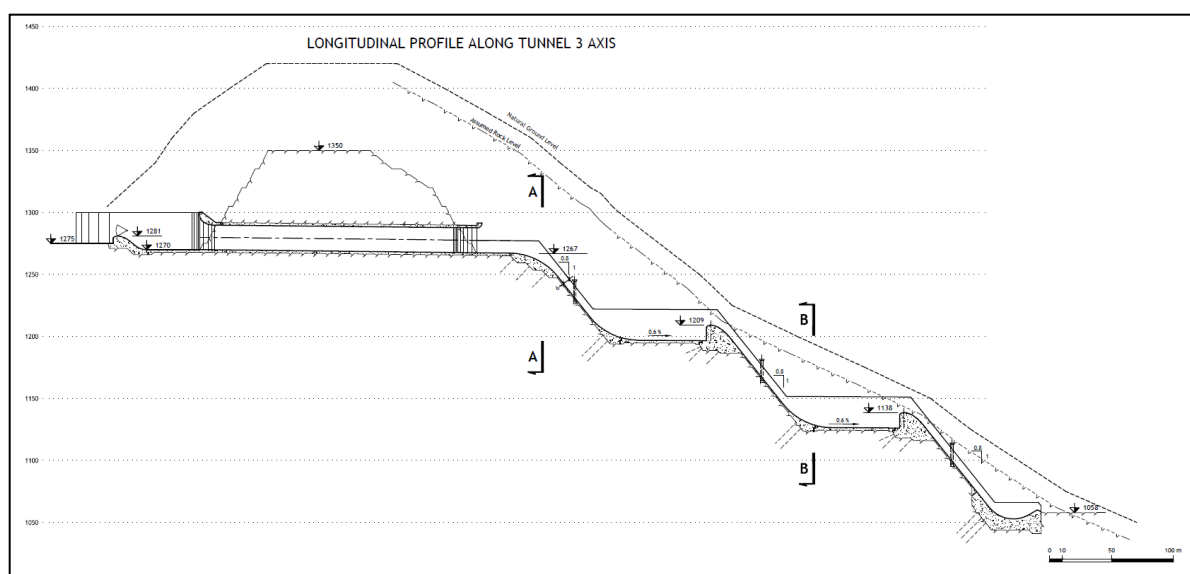


Рисунок 11 : Продольное сечение предложенного поверхностного водосброса

В долгосрочном периоде, поверхностный водосброс так же сможет пропускать наносы и управлять балансом наносов, когда станция и другие водосбросные сооружения будут выведены из эксплуатации. Это может быть решением для более долгого управления крупными наносами в долгосрочный период и предотвращения экстремальных проблем безопасности плотины. Это потребует крупных эксплуатационных затрат во время первых лет эксплуатации, из-за крупных наносов пропускающихся каждый паводковый сезон.

Окончательным вариантом по завершению срока эксплуатации может быть демонтаж затворов поверхностного водосброса, позволяя наносам врезаться и проходить через водосброс и нижележащий скальный массив в течение нескольких десятилетий. Этот сценарий предусматривает, что врезающаяся река может обойти сооружение плотины, которое будет заброшено, и будет медленно пропускать наносы ниже по течению. Могут быть рассмотрены другие варианты на период 100 лет и более, чтобы обеспечить долгосрочную безопасность заброшенного сооружения, но поверхностный водосброс может рассматриваться как потенциальный ответ для предотвращения чрезвычайных сценариев для безопасности Рогунского проекта, в случае если не будут найдены другие инженерные решения в долгосрочном будущем.

5.9 Вахшский каскад

В настоящее время наносы реки Вахш задерживаются в Нурекском водохранилище. В будущем, если Рогун не будет построен, Нурек постепенно будет заполняться наносами. В среднесрочной перспективе будут затронуты некоторые сооружения (например напорный водоприемник, глубоинный водосброс) и в долгосрочной перспективе встанет вопрос о безопасности проекта.

К тому времени, река Вахш не будет иметь возможности регулирования, которая значительно снизит выработку электроэнергии зимой.

Пропуск паводков в Нуреке так же будет проблемой, так как водосбросная система Нурека состоит в основном из тоннельных водосбросов, которая, как описывается выше, не может справиться с водой с наносами. Общая пропускная способность Нурека в этом случае будет гораздо ниже значения ВМП.

Строительство Рогуна значительно снизит скорость заполнения Нурекского водохранилища наносами, обеспечивая регулирование реки на значительный дополнительный период времени и отсрочки необходимости реконструкции системы пропуска паводков с учетом проблемы наносов.

Эта важная характеристика Рогунского проекта, с учетом общей устойчивости Вахшского каскада.

6. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ:

Твердый сток реки Вахш был оценен в 100 млн м³/год (это значение соответствует возможному верхнему пределу). Оценка твердого стока Вахша должна быть завершена при помощи использования современного отбора образцов и проведения подробного исследования седиментации в Нурекском водохранилище до фазы детального проектирования.

В зависимости от варианта, максимальный срок эксплуатации всего водохранилища находится в пределах 45 лет для самого низкого варианта, 75 лет для среднего и 115 лет для самого высокого из вариантов.

Человек не сможет контролировать седиментацию в реке Вахш, в лучшем случае он может отсрочить и/или ограничить ее влияние на предлагаемый Рогунский проект и предложить решение в конце срока эксплуатации, обеспечивающее баланс наносов когда плотина будет выведена из эксплуатации.

На данном этапе исследований и учитывая доступные данные, могут быть сделаны некоторые общие рекомендации в рамках проектирования и эксплуатации:

- Полный законченный поверхностный водосброс необходим как долгосрочная мера для безопасного пропуска паводков и их твердых частиц.
- Эксплуатация и Рогуна и Нурека будет адаптирована под отложение наносов в Рогунском водохранилище.
- Должен быть построен многоуровневый напорный водоприемник для увеличения срока службы станции и водохранилища.

В долгосрочной перспективе, водохранилище будет полностью заполнено наносами и годовая нагрузка наносов будет пропускаться через поверхностный водосброс. Каждый год придется проводить важные работы по техническому обслуживанию для ремонта повреждений, вызванных переносом наносов в водосбросном канале, но зато будет гарантирована безопасность плотины. Через несколько десятилетий такой ситуации может быть предусмотрен сценарий для конца срока эксплуатации, включая предложенный поверхностный водосброс в качестве байпаса реки.

Могут потребоваться дальнейшие исследования и физическое гидравлическое моделирование для проектирования полного плана по управлению наносами, используя опыт Нурека. Таким образом, рекомендуется следующее:

- Детальный анализ седиментации Нурека, благодаря новым исследованиям, включая батиметрические исследования эхолотирования, отбор кернов, измерение концентрации взвешенных наносов и гранулометрический состав;

- Детальное моделирование схемы седиментации Нурека и Рогуна, включая поведение возможных мутьевых потоков;
- Анализ возможного воздействия на постоянное оборудование, возникающее в результате пропуска мутных потоков через многоуровневые водоприемники; всякий раз, когда исследования показывают неприемлимое негативное воздействие, многоуровневые водоприемники будут использоваться только для продолжения эксплуатирования станции, в то время как наносы будут уже выше входных порталов подводных тоннелей;
- Оптимизация управления паводками для всего каскада. .

ТОМ 3: ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТЫ

ГЛАВА 3.1: КРИТЕРИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

1 ВВЕДЕНИЕ

Текущие критерии проектирования будут использоваться для нулевой, первой и второй фазы проекта. Эти критерии применимы к любому компоненту Рогунского проекта, спроектированного для долгосрочной эксплуатации. Критерии проектирования применимы к любой части существующих сооружений. Это означает, что если необходимо, рассматриваемые существующие сооружения должны быть поправлены чтобы соответствовать критериям проектирования.

2 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Пункт		Описание	Ссылка
Классификация риска плотины		<ul style="list-style-type: none"> - Определение класса риска. - Определение выбора расчетного паводка и расчетного землетрясения. 	ICOLD Бюллетень 148 и 82
Расчетный паводок	Общий	Определение соответствующей пропускной способности проекта.	
	10,000-летний паводок	Основывается на региональном подходе.	
	Внроятный максимальный паводок (ВМП)	<p style="text-align: center;"><u>Получение ВМП</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Данные: Расход, осадки, температура. - Первый этап: дневной расход в зависимости от температуры. - Второй этап: дневной расход в зависимости от фактора градус-день. - Третий этап: максимизация полученных результатов. - Изменение климата (повышение температуры). - Паводок из-за таяния ледника (дополнительный сухой надводный борт). - Оползни, вызванные заполнением водохранилища. 	получение максимальных возможных осадков 1986 года
	Паводок во время строительства	<ul style="list-style-type: none"> - Периодичность во время строительства, основанная на вероятностном подходе (не больше, чем 1/1000). - Критерий: Уровень водохранилища < (отметка плотины – сухой надводный борт) - Критерии для эксплуатации тоннеля: напор, ограниченный 120 м в нормальных условиях или существующих сооружениях и 150 м в экстремальных условиях для новых тоннелей - Достаточное дублирование в системе 	
Геологические/технические данные		Проектирование будет использовать предыдущие изыскания и дополнительные изыскания, проведенные в 2012 году.	

Сейсмические параметры проектирования	Рассматриваются два уровня землетрясений: - МВЗ (Максимальное вероятное землетрясение) - РЗ (Расчетное землетрясение)	ICOLD бюллетень 148
Седиментация	Никаких недавних измерений	ИГП 2009 г.

3 КРИТЕРИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Пункт		Описание	Ссылка
Плотина	Надводный борт	Учитывая паводки из-за таяния ледников, неустойчивость склонов и постоянные просадки.	Бюро мелиорации США
	Промежуточные строительные этапы	Соответствующее водосбросное сооружение для пропуска расчетного паводка на любом этапе.	
	Насып	<p style="text-align: center;"><u>Устойчивость</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Устойчивость проверяется двухмерным анализом - Минимальный фактор безопасности варьируется между 1.2 и 1.5. - Трехмерный анализ будет проводиться в исследованиях следующих этапов <p style="text-align: center;"><u>Протечки</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Особое внимание должно быть уделено соляному куполу и основанию плотины/перемычки и боковым призмам плотины - Должна быть разработана цементационная завеса. <p style="text-align: center;"><u>Оседание</u></p> <p>Долгосрочное оседание насыпи плотины и ее основания для обеспечения достаточного надводного борта.</p>	Бюро мелиорации США, №13 – раздел 4
	Фильтры и переходы	<ul style="list-style-type: none"> - Критерии фильтров касающиеся процентного отношения мелкозема, для суглинка, песка, глины, глинистых и гравия. - Критерии для предотвращения сегрегации: минимум D10 и максимум D90. - Метод Кенни и Лау /критерий Терзаги: проверить, является ли почва основания внутренне устойчивой. 	Бюро мелиорации США, 1994. ICOLD, бюллетень 95
	Региональная сейсмичность	<ul style="list-style-type: none"> - Рекомендации по основанию, армированный бетон, поперечный склон основания через зону ядра, контакт основания/ядра, нормальный фильтр и дренажные зоны, верховые и низовые переходные зоны, надводный борт,... <p>Детерминированная оценка сейсмической опасности будет проведена на этом этапе исследований.</p>	ICOLD бюллетень 120
	Пересечение разломов	<p style="text-align: center;"><u>Насыпь</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Проект плотины должен учитывать движение разлома в основании и смещение. В пределах расстояния 50 м от активного разлома толщина любого слоя в направлении движения активного разлома должна быть как минимум в 1,5 раза больше, чем смещение разлома. <p style="text-align: center;"><u>Тоннели</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Долгосрочное движение разломов не должно влиять на гидравлические тоннели. - Уменьшить пересечение активных разломов (особенно для напорных участков). - Ожидается техническое обслуживание 	

Пункт		Описание	Ссылка
	Соляной пласт	<ul style="list-style-type: none"> - Должна быть установлена система мониторинга. - Должен быть определен план работ при непредвиденных обстоятельствах. 	
Гидротехнические сооружения	Напорные водоводы	<ul style="list-style-type: none"> - Будет принят независимый водовод для каждого гидроагрегата. - Размеры тоннеля основаны на концепции экономичного диаметра. 	
	Водосбросные сооружения	<ul style="list-style-type: none"> - Максимальный уровень водохранилища по сравнению с отметкой гребня, учитывая максимальную осадку. - 10 000-летний паводок: N-1 входов или n-1 затворов → MWL < RL - ВМП: N выходов или n затворов → MWL < RL - Бетонная обработка поверхности для предотвращения кавитации (из-за высокой скорости потока) и эрозии (из-за потока наносов). 	
	Другие сооружения	<p>Специальные критерии проектирования для: входных порталов, водоприемников, входных порталов и верховых концов волноломов, низовых концов волноломов, поворотов, расходящиеся переходные участки, соединения в водоводах.</p> <p>Специальные мероприятия по устойчивости склонов над водоприемниками.</p> <p>Долгосрочная безопасность системы пропуска паводков, необходимость в поверхностном водосбросе, когда тоннели будут выведены из эксплуатации из-за накопления наносов в водохранилище.</p>	
Подземные сооружения	Фаза I	<p>Во время этой фазы проекта, доступный проект для уже построенных сооружений будет рассмотрен для оценки их соответствия проекта. Это включает существующий проект всех тоннелей, шахт, камер и выработок типа машинного зала и трансформаторного помещения.</p> <p>Тоннели должны быть спроектированы (рекомендуемые меры усиления или новая обделка) таким образом, чтобы сооружения могли противостоять следующее:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Нагрузки из-за взаимодействия обделки и скального массива. • Сейсмические нагрузки; • Давление воды, не меньше чем 200 кПа для всех участков выше разлома №35 и 100 кПа для участков ниже по течению от него. <p>Должны быть проведены подробные расчеты для определения подробностей схемы вмешательства, которая может быть адаптирована к местным условиям, в связи с характеристиками горного массива и местоположения сооружения.</p>	
	Фаза II	<p>Во время этой фазы будут приняты простые эмпирические критерии проектирования, основанные на:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Грубой оценке характеристик породного массива; - Предварительном определении размеров временной крепи, основываясь на классификации Бартон, где это применимо; - Предварительное определение размеров толщины обделки, как функции характеристик горного массива. Толщина обделки может варьироваться между 1/9 и 1/12 диаметров тоннелей и шахт. 	
	Землетрясение	<p>Должны быть оценены сейсмические воздействия на устойчивость выработок и тоннелей учитывая:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Статические и динамические геотехнические свойства скальных пород. - Выбор основных параметров различных материалов из скальных пород. 	

Пункт		Описание	Ссылка
Эксплуатационные критерии схемы	Эксплуатируемые плотины	<p>Рогунская плотина будет спроектирована таким образом, чтобы пропускать ВМП. Моделирование эксплуатационного режима сброса воды в Рогуне будет частью модели эксплуатации каскада, включая трансформацию паводковой волны в водохранилище.</p> <p>Если возможно, то Рогун будет спроектирован для трансформации ВМП, чтобы ограничить сброс ниже по течению от Рогуна, до пропускной способности паводков Нурекского проекта.</p> <p>Для эксплуатационной фазы Рогунского проекта, Правительство намерено ограничить пересброс воды с вегетационных притоков Рогуна на невегетационные попуски вниз по течению от Нурека до 4.4 млрд. м³, что является тем объемом, которое в текущее время пропускается при эксплуатации Нурекского водохранилища, полностью используя его весь полезный объем. Этот эксплуатационный режим не изменит режим стока ниже по течению.</p>	
	Скорость заполнения и срабатывания	<p>Оно будет управляться таким образом:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Спровоцированная сейсмичность, зафиксированная в Нуреке, может быть минимизирована во время эксплуатации Рогуна. - Опасности, связанные с оползнями на берегах водохранилища могут быть минимизированы. - Требования низовья по потребности в воде. Правительство хочет заполнить водохранилище Рогуна используя часть воды, выделенную для Таджикистана согласно текущим соглашениям и практике. 	
	Низовые плотины	<p>Должны быть проведены исследования по необходимости и осуществимости сооружений для обеспечения безопасного опорожнения водохранилища в случае чрезвычайной ситуации. Скорость опорожнения водохранилища должна обеспечивать безопасность плотины.</p>	
	Выработка электроэнергии	<p>Исследования по эксплуатации водохранилища имеют цель оптимизирования выработки электроэнергии, в соответствии с потребностью в воде в низовьях.</p> <p>Будут изучаться варианты ранней выработки в период строительства.</p>	
Управление наносами		<p>Должны быть рассмотрены меры по снижению последствий, направленные на долгосрочные воздействия седиментации, для демонстрации того, что безопасность плотин может обеспечиваться очень продолжительный период времени. Например, водохранилище поддерживаемое на высоком уровне:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Приводит к снижению полезного объема, - Но задерживает наносы подальше от водоприемников в течение длительного периода. <p>Особое внимание должно быть уделено потенциальному разжижению наносных отложений, в случае землетрясения.</p>	
Низовая зона оползня		<p>Необходимо спроектировать меры по снижению последствий в зоне оползня, на правом берегу, сразу после плотины и напротив долины Обишур. Это включает дренажные системы, меры по стабилизации склонов.</p>	

ГЛАВА 3.2: ВЫБОР СТВОРА ДЛЯ ПРОЕКТА, МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ МАШИННОГО ЗАЛА, ТИП ПЛОТИНЫ И ВАРИАНТЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. ВВЕДЕНИЕ

Исследования по Рогунской ГЭС были начаты в 1963 году, завершены в 1978 году, пересмотрены в 1981 году, когда Нурек был введен в эксплуатацию. В первоначальном проекте нормальный подпорный уровень водохранилища (НПУ) был равен 1290 м.н.у.м. и высота плотины была 335 м. В 2009 году, компания Рогунская ГЭС назначила институт Гидропроект города Москва (ИГП) провести исследования по достройке строительства Рогунской ГЭС. В 2011 году, Барки Точик назначило консорциум Coyne et Bellier/Electroconsult/IPA для оценки проекта в том виде, как он представлен в текущих исследованиях. Данный отчет является общим обзором существующей информации, приводящий к определению предложенных вариантов, которые будут изучаться в рамках данной оценки.

2. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЕКТА ИГП 2009-2010 Г.Г.

2.1. Плотина, водохранилище и машинный зал

- Насыпная плотина высотой 335 м над уровнем основания с установленной мощностью 3600 МВт.
- Первоначальный объем водохранилища при нормальном подпорном уровне (НПУ – 1290 м.н.у.м.) будет около 13,3 млн. м³
- Общий объем засыпки будет равен 71.4 млн. м³, 7.2 млн. м³ из которых представляют водонепроницаемое центральное ядро
- Подземный машинный зал расположен на левом берегу: он содержит шесть идентичных агрегатов по 600 МВт, расположенных в машинном зале высотой 70 м, 21 м в ширину и 220 м в длину.

2.2. Водосбросные сооружения при завершении

2.2.1. Первоначальный проект 2009 года

- В проекте ИГП 2009 года, сооружения для пропуска паводка во время строительства первой очереди до отм. 1060 м.н.у.м., состоят из двух строительных тоннелей с пропускной способностью 3290 м³/с на отм. 1033 м.н.у.м. (называемых строительными и эксплуатационными тоннелями 1-го и 2-го уровня).

- Первый пропускной тоннель на правом берегу (так называемый 3-й строительный тоннель) первоначально был предусмотрен на отм. 1060 м.н.у.м.
- Во второй очереди, тоннель (строительный и эксплуатационный тоннель 3-го уровня) был предусмотрен на правом берегу, на более высокой отметке, с водоприемником на уровне 1165 м.н.у.м.
- Дополнительно к этой системе была предусмотрена система водосбросных сооружений состоящая из: водосбросного тоннеля с водоприемником на отм. 1145 м.н.у.м. и вертикального шахтного водосброса.

2.2.2. Изменения в проекте 2010 года

Основными изменениями в проекте 2010 года являются:

- Предыдущий строительный тоннель 3-го уровня был изменен на тоннель, полностью независимый от других, с входным порталом на отметке 1035 м.н.у.м.
- Строительный и эксплуатационный тоннель 3-го уровня первоначально располагавшийся на отм. 1165 м.н.у.м. был понижен до отм. 1145 м.н.у.м.

2.3. Ранняя выработка

С начала Рогунских исследований в 70-х годах, было запланировано поэтапное строительство, чтобы начать выработку электроэнергии до завершения плотины. Меньшая плотина, встроенная в основную, позволяет поднимать уровень водохранилища до завершения строительства плотины. Эта плотина первой очереди имеет отметку гребня на 1110 м.н.у.м. Также были спроектированы временный водоприемник и два временных агрегата для осуществления ранней выработки.

2.4. Существующие сооружения

На данный момент несколько сооружений уже построено или частично построены. (Постоянные сооружения, сооружения конфигурации первой очереди плотины). Отчет 1-й фазы подробно рассматривает эти сооружения, а так же их текущее состояние.

Подземные работы, выполненные по Рогунскому проекту, составляют общую длину около 28 км и могут быть поделены на различные группы, согласно их роли во внедрении проекта и их специфических функциях:

- Постоянные сооружения
- Сооружения конфигурации первой очереди
- Временные сооружения

Оценка нынешнего состояния всех существующих сооружений и необходимость для ремонтных или укрепительных работ были проведены в отчете по Фазе 1 данного исследования.

3. ВЫБОР СТВОРА ПЛОТИНЫ, ТИП И ОСЬ

3.1. Створ плотины

Створ плотины Рогуна был выбран русскими в советское время и не пересматривался с 1981 года. Консультант не нашел никаких документов подтверждающих этот выбор, но понял причины:

- Специфическая топография демонстрирует очень узкую по сравнению с оставшейся рекой долину, которая позволяет построить высокую плотину с довольно ограниченным количеством материала.
- Выше по течению от Рогунского створа, Йонахшский разлом проходит вдоль реки по той же оси. Таким образом, ядро плотины может быть расположено поперек активного разлома, что неприемлемо.
- По мнению консультанта этот участок подходит для возведения предлагаемой плотины.

3.2. Сравнение вариантов плотин

3.2.1. Общее

Вкратце, без рассмотрения любых других соображений по гидрологии или геологии, технические аспекты проектирования и строительства очень высоких арочных плотин или каменно-насыпных плотин с внутренними «непроницаемыми» ядрами полностью освоены.

Касательно гравитационной RCC и каменно-насыпной плотины с бетонным покрытием нет никаких ссылок на плотины такого типа, выше, чем 200 м. Несомненно, будет нерезонно предлагать арочную RCC или даже арочно-гравитационный вариант для такой высокой плотины. С другой стороны, опять без рассмотрения гидрологии и геологии, нет никаких причин для отвержения комбинации RCC блоков, не выше, чем 150 м. с каменно-насыпной плотинной с внутренним «непроницаемым» ядром.

3.2.2. Чувствительность к сейсмическим явлениям

На самом деле, если хорошо спроектирована и хорошо построена, чувствительность тела плотины к сейсмическим явлениям является незначительной, каким бы не был тип плотины. На самом деле, возникновение значительных повреждений в плотинах из-за землетрясения довольно редко. Резонным заключением является то, что среди всех предложенных вариантов есть некоторое сомнение относительно каменно-

насыпной плотины с бетонной поверхностью. Дополнительно, ремонт бетонных плит потребует полное опустошения водохранилища, что будет крайне проблематично (повторное заполнение водохранилища займет примерно от 10 до 15 лет).

3.2.3. Возможные меры по снижению последствий

Есть три основных типа разломов, которые могут вызвать обеспокоенность для различных типов плотин: Йонахшский разлом, разлом 35, разлом 70. Поэтому следует избегать любого бетонного сооружения, обеспечивающего водонепроницаемость плотины в этой зоне; очень велик риск возникновения трещин или даже разрывов из-за движения разломов. С этой точки зрения каменно-насыпные плотины с бетонной поверхностью, RCC гравитационные и арочные плотины выглядят очень рискованными. С другой стороны, каменно-насыпная плотина с непроницаемым ядром может принимать движения от разломов, в любом случае, невозможно даже локально заблокировать движение активных разломов; поэтому эти движения должны быть приняты телом плотины.

3.2.4. Риск, связанный с растворением соли в Йонахшском разломе

Риск, связанный с растворением соли в Йонахшском разломе, а так же соответствующие меры по снижению последствий детально описаны в отчете нулевой фазы. Наиболее чувствительной относительно такого риска является каменно-насыпная плотина с бетонной поверхностью. Предлагаемая техника снижения последствий является комбинацией гидравлической завесы и цементацией оголовки соляного пласта. С соответствующим проектом, мониторингом и обслуживанием, этот риск может быть значительно снижен.

3.2.5. Чувствительность к аргиллитам /алевролитам/глинистых пород

Аргиллиты/алевролиты/глинистые породы (обозначенные как алевролиты в этом разделе) представлены в различных формациях, находящихся в основании плотины. Согласно проведенным исследованиям, долгосрочный модуль этого материала меньше 4 Гпа. Однако высокая бетонная гравитационная плотина требует основания с долгосрочным высоким модулем эластичности. Уровень нагрузки, вызываемый каменно-насыпными плотинами (и с внутренним непроницаемым ядром и с бетонным покрытием) на основание меньше. Если долгосрочные просадки по результатам расчетов чересчур высоки, возможным решением будет углубление основания плотины.

3.2.6. Чувствительность к разностным просадкам

Такая высокая плотина может быть подвержена значительным разностным просадкам, из-за более низкой деформативности песчаника по сравнению с алевролитом. Так как напластование является субвертикальным, есть несколько мер снижения последствий;

возможно углубление основания плотины поможет снизить разностные просадки до приемлемых величин.

3.2.7. Чувствительность к недооценке паводков или недостаточные водосбросные сооружения

Недооценка паводка или неэффективные водосбросные сооружения могут привести к переливу плотины (и возможному прорыву плотины). Этот риск может быть снят при помощи довольно консервативных критериев проектирования и чрезвычайно тщательной оценки паводка. В частности использование вероятного максимального паводка для этого проекта обязательно.

3.3. Другие факторы, рассматриваемые для сравнения вариантов плотин

Строительство по этапам

Для проекта Рогуна 2009 года, упоминается две очереди: первая очередь (отметка гребня плотины на 1110 м.н.у.м.), вторая очередь (отметка гребня плотины на 1300 м.н.у.м.).

Ниже, таблица представляет для каждого варианта следующее:

- Первое, возможность поэтапного строительства,
- Затем возможность регулярного повышения уровня водохранилища в пределах каждого этапа.

Вариант плотины	Возможность поэтапного строительства	Возможность регулярного повышения водохранилища для каждого этапа
Каменно-насыпная плотина с непроницаемым ядром	Легко	Да
Бетонная или RCC арочная	Сложно или невозможно	Сложно или невозможно
Гравитационная RCC	Да	Да
Каменно-насыпная с бетонной поверхностью	Да	Нет
RCC арочная гравитационная	Да	Сложно или невозможно
Каменно-насыпная плотина с земляным ядром с бетонной облицовкой зуба верховой грани	Да	Да
Каменно-насыпная плотина с земляным ядром с бетонной облицовкой низовой подошвы	Да	Да

Таблица 12: Возможность поэтапного строительства плотины

3.3.1. График строительства

Согласно исследованиям, проведенным ИГП, общая продолжительность строительства Рогунской плотины для НПУ 1290 м равна около 14 лет. Имея общий объем плотины около 70 млн м³, средняя скорость укладки, включая все материалы около 420 000 м³/месяц.

Общая продолжительность строительства близка к 14 годам для всех вариантов (проект ИГП, каменно-насыпная плотина с бетонным покрытием, RCC плотина, арочная плотина). Однако очевидным преимуществом насыпных плотин является то, что несколько строительных тоннелей уже построено и значительная часть подготовленных работ завершена.

3.3.2. Другие компоненты Рогунского проекта

Несколько компонентов проекта, которые не зависят от типа плотины, такие как система отвода, машинный зал, трансформаторное помещение. Естественно, большая часть работы уже осуществлена, и эти компоненты необходимо использовать по максимуму.

3.4. Выбор типа плотины

Синтез элементов сравнения ранее рассмотренных типов плотин, описанных выше, приведен в таблице 13.

Тип плотины	Примеры плотин выше 200 м	Чувствительность к движениям вдоль разломов	Риск, связанный с накоплением соли в Йонахшском разломе	Чувствительность к качеству породы	Чувствительность к переливу через плотины	Регулярное наполнение водохранилища во время строительства
Каменнонабросная плотина с глинистым ядром	Green	Green	Orange	Green	Orange	Green
Бетонная арочная плотина	Green	Red	Green	Orange	Yellow	Red
Гравитационная плотина с бетоном уплотненный катком	Orange	Red	Green	Yellow	Yellow	Green
Каменнонабросная плотина с бетонным экраном	Orange	Red	Orange	Green	Orange	Red
Бетонная гравитационная арочная плотина или арочная плотина	Red	Red	Green	Orange	Green	Red
Каменнонабросная плотина с грунтовым ядром с бетонным блоком срезающее до пяты верховой грани плотины	Green	Red	Orange	Yellow	Orange	Green

Каменнонабросная плотина с грунтовым ядром с бетонным блоком срезающее до низовой пяты плотины	■	■	■	■	■	■
--	---	---	---	---	---	---

■	Проблематично
■	Проблематично, но можно решить путем применения подходящих мер
■	Элемент, которого необходимо изучить тщательно
■	Не проблематично

Таблица 13: Сравнение типов плотины – Синтез

В заключение, решение с каменно-насыпной плотинной с внутренним непроницаемым ядром, которое предложено и спроектировано для Рогунского проекта, является наиболее подходящим типом плотины. Критерии проектирования для этой плотины должны быть адаптированы к специфическим условиям на створе, которыми являются: активные разломы, присутствие соли в Йонахшском разломе, высокая сейсмичность, риски паводков из-за прорыва ледниковых озер и неустойчивость берегов водохранилища.

3.5. Местоположение оси плотины

Ввиду топографических условий, есть небольшая возможность значительно сдвинуть ось каменно-насыпной плотины с внутренним непроницаемым ядром. Поэтому в следующих этапах проекта может быть предложено очень ограниченные изменения расположения оси плотины.

4. ВЫБОР МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ МАШИННОГО ЗАЛА И ТИП

Выработка машинного зала уже частично построена, а так же несколько сооружений строго связанных с ней.

Были замечены определенные проблемы во время инспекций, проведенных консультантом, которые потребовали интерпретации и анализа в свете оценки пригодности сооружения для включения в проект.

Полученные в результате выводы после проведения моделирования консультантом, подтверждают, что текущее состояние выработки критическое и что при ранее предложенных проектных решениях ее устойчивость не может быть достигнута. Поэтому консультантом предложен набор стабилизационных мер, которые включают активные и пассивные анкеры, а также адаптацию мультипакерных труб с манжетами (MPSP), которая усилит разгруженную скальную породу «зоны целика» между двумя выработками и может быть использована для укрепительной цементации. Возможные варианты к предложенным наборам укрепительных мероприятий можно изучить и оценить детально в последующих этапах проектирования.

Оценивая устойчивость существующих сооружений, обращалась внимание на возможные варианты решения нынешнего местоположения машинного зала.

Поэтому в любом случае, учитывая текущий ход работ, существующее решение признано самым подходящим с точки зрения графика осуществления и с экономической точки зрения.

5. ВЫБОР ВАРИАНТОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Консультант изучал три варианта нормально подпорного уровня, которые приведены в таблице ниже.

Нормальный подпорный уровень (НПУ)	Обоснование
Отм. 1290 м.н.у.м.	<p>Это максимальный НПУ предусмотренный в проекте 1978 года. Не рекомендуется превышать эту высоту по причине безопасности и экологического благосостояния.</p> <p>Данная конфигурация будет эксплуатироваться в режиме полной блокировки наносов, с ожидаемым сроком от 150 до 200 лет, потому что ни одна из стратегий управления наносами не осуществима в виду высоты плотины.</p> <p>Модификация / вывод из эксплуатации плотины в долгосрочной перспективе должна быть учтена в экономическом анализе.</p>
Отм. 1255 м.н.у.м.	Промежуточная высота. Необходимо оценить осуществимость управления наносами.
Отм. 1220 м.н.у.м.	Это минимальный уровень для проекта водохранилища с ожидаемым сроком службы водохранилища в минимум 50 лет. Любая конфигурация с НПУ ниже 1220 ожидается в виде русловой схемы как плотина первой очереди. Стратегии управления наносами, направленные на устойчивость проекта, могут быть возможными на данной высоте.

Таблица 14: Варианты нормального подпорного уровня для исследования и соответствующее обоснование

В дополнение к тому изучались три проектные мощности на каждый отдельный нормальный подпорный уровень, что в целом составляет девять исследованных вариантов. Эти варианты приведены в таблице ниже.

	НПУ = 1220 м.н.у.м.	НПУ = 1255 м.н.у.м.	НПУ = 1290 м.н.у.м.
Высокая установленная мощность	2 800 МВт	3 200 МВт	3 600 МВт
Средняя установленная мощность	2 400 МВт	2 800 МВт	3 200 МВт

Низкая установленная мощность	2 000 МВт	2 400 МВт	2800 МВт
--------------------------------------	-----------	-----------	----------

Таблица 15: Выбранные проектные мощности

6. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Консультант рассмотрел:

- Тот же створ плотины и ось, что ИГП 2009 года,
- Тип плотины: каменно-насыпная плотина с непроницаемым ядром,
- Существующий машинный зал, который может отвечать требуемым условиям безопасности и выполнить те исходные цели, для которых был построен,
- Консультантом были изучены 3 установленные мощности для каждого из трех вариантов НПУ.

Следовательно, оценка и выбор лучшего варианта основывается на 9 вариантах (три высоты плотины и три проектные мощности для каждой высоты плотины).

ГЛАВА 3.3: ВАРИАНТЫ ПРОЕКТА

1 ВВЕДЕНИЕ

Данная глава резюмирует описание и обоснование проекта для 9 вариантов проекта Рогун, сделанных Консультантом на основе оценки ИГП 2009 года.

Несколько приложений прилагаются к данной главе для детальной разработки подхода проектирования, которому следовал консультант ИТЭО в своем выборе вариантов:

- Приложение 1: Оценка строительного материала
- Приложение 2: Отчет об обеспечении устойчивости насыпной плотины
- Приложение 3: Управление паводками во время строительства
- Приложение 4: Гидравлика проектных компонентов
- Приложение 5: Управление ВМП
- Приложение 6: Записка о надводных бортах из-за волн

2 СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТВОРА

2.1 Расположение внутри регионального геологического строения

Створ Рогунской плотины расположен в центральном горном регионе Таджикистана, где преимущественно находятся высокие горные хребты, и происходит интенсивное складчатости осадочной толщи под высоким тектоническим напряжением. Зона является тектонически активной, с основными активными разломами, расположенными в непосредственной близости от стройплощадки (региональный Гиссаро-Кокшальский и Ильяк-Вахшский разлом, а также относительно меньших размеров Йонахшский и Гулизинданский).

2.2 Природа пород основания плотины

Относительно природы пород основания, осадочная толща стройплощадки плотины в основном состоит из чередования менее прочного аргиллита и алевролита с более прочным песчаником и нередко представленным гипсом. Более ранние образования верхнемелового периода и палеогена дополнительно представляют слои известняка, сланца или мела.

2.3 Каменная соль Йонахшского разлома

Каменная соль, относящаяся к образованию Гаурдак, представлена вдоль двух основных тектонических разломов (Йонахшский и Гулизиндан), также как и диапиры вдоль Ильяк-Вахшского разлома, выше по течению от створа плотины.

2.4 Геоморфологические особенности створа плотины

2.4.1 Общий вид

Узкое ущелье на створе плотины имеет V-образную форму, с крутыми крыльями наклона от 40 до 60 градусов, с локально крутыми скалами вдоль течения реки, особенно в образованиях песчаника.

2.4.2 «Зона оползня» на правом берегу

Правый берег реки Вахш охарактеризован своеобразным морфологическим образованием,

Однако следует отметить присутствие больших потенциально нестабильных масс в передней части образования, в основании которого накапливается большое количество наносов, вызываемых обрыванием склонов. Русло реки Вахш было сдвинуто с правого берега от 70 до 90 м по этой причине в период 1978-2005 годов.

3 ПЛОТИНА

3.1 Проект ИГП по плотине

3.1.1 Описание

3.1.1.1 Проект

Рогунская плотина, спроектированная ИГП (2009 г.) описана ниже:

Пункт	Описание
Высота плотины	335 м
Объем	71.7 млн. м ³
Объем непроницаемого центрального ядра	7.2 млн. м ³
Объем выемки	4.6 млн. м ³
Отметка гребня	1300 м.н.у.м.
Нормальный подпорный уровень	1290 м.н.у.м.
Склон низовой призмы	2H/1V
Склон верховой призмы (до 1140 м.н.у.м.)	2H/1V

Склон верховой призмы (над 1140 м.н.у.м.)	2.4H/1V
Толщина непроницаемого ядра	От 140 м до 8 м
Фильтры	Мелкозернистые и крупные, на обеих сторонах ядра
Глубина цементационной завесы	100 м
Низовой склон 1 очереди	1.7H:1V

Таблица 16: Плотина – Основные характеристики проекта ИГП 2009 г.

3.1.1.2 Вычисление устойчивости плотины

Приложение 1 представляет полный анализ прочности плотины. Первый параграф представляет документы ИГП предоставленные Консультанту по этой теме и их оценку. Основные элементы резюмированы здесь.

Имеющиеся документы включают: устойчивость откосов плотины, вычисление двухмерной статичной и динамичной модели конечных элементов, и вычисление трехмерной статичной и динамичной модели конечных элементов.

3.1.1.3 Материалы плотины

Количества, определенные проектом ИГП, 2010 приведены в таблице ниже:

Часть плотины	Характерный размер	Количество
[-]	[мм]	[м ³]
Ядро	-	7 247 000
1-ый переходный слой	0 – 10	4 893 000
2-ой переходный слой	0 – 40	
Напорный нижний переходный слой	0 - 80	
Аллювиальная упорная призма	≤700	39 567 000
Каменная призма	≤700	17 753 000
Каменная наброска	300 – 1000	1 497 000
Бетонная плита	-	481 000
ВСЕГО		71 438 000

Таблица 17: Количество материалов. ИГП, Проект 2010 г.

3.1.1.4 **Обработка основания**

Обработка основания, предложенная ИГП, описана ниже для каждой фазы строительства: предварительная перемычка, перемычка, плотина первой очереди и основная плотина.

Фаза строительства	Обработка основания
Верховая перемычка	Никакой специальной обработки основания.
Перемычка	Удаление неустойчивых берегов и нависающих скальных пород.
Плотина 1 очереди	Диафрагма предусмотренная ИГП заанкерирована в бетонную плиту.
Основная плотина	Удаления аллювия ручного русла, а также слабый слой скальных пород (зона 1) и замена их бетоном.

Таблица 18: Обработка основания, ИГП

3.1.2 **Комментарии**

3.1.2.1 **Проект**

В качестве общего замечания, проект выглядит соблюдающим правила безопасности для проекта плотины такой высоты.

Однако, следует заметить что:

- Консультант не нашел информации или чертежей по работам по выемке для основания ядра.
- Две смотровые штольни, пересекающие водонепроницаемое ядро от берега до берега и расширяющиеся в основании плотины, спроектированы на отметках 1120 и 1240.
- Водонепроницаемая мембрана первой очереди неприемлема.
- Консультанту не была предоставлена информация об устанавливаемой на окончательной плотине системе мониторинга.

3.1.2.2 **Вычисления по прочности плотины**

В общих чертах, для реальной оценки существующих исследований устойчивости не было предоставлено достаточно информации.

Тем не менее, можно отметить, что постоянные смещения плотины, найденные в двухмерном анализе конечных элементов очень малы (менее 1 м), что нереально учитывая размер сооружения и интенсивность землетрясений.

3.1.2.3 *Материал плотины*

Следующая таблица резюмирует корректирующие действия, которые необходимо выполнить для того, чтобы данные материалы удовлетворяли технические характеристики. Также предоставлен список предметов, требующих дальнейшего исследования.

Источник (Карьер/Карьерная зона)	Обработка для соответствия спецификациям
Карьерная зона 15	Удаление материалов > 700 мм, что составляет около 2-3% (для аллювиальных упорных призм)
Лабидара	Удаление булыжников > 100 мм, что составляет около 13 - 16 % (для переходных слоев)
Карьерная зона 17	Уменьшение влажных материалов до 10-12 %. Удаление материалов > 200 мм. Увеличение мелкозернистого материала (*)
Карьеры 26 А и Б	Физические и механические характеристики должны быть протестированы и точно определены.

Таблица 19: Рассмотрение/Обработка спецификаций

3.2 Предлагаемый проект

Стройплощадка Рогуна очень сжатая для проекта предполагаемого размера и расположение плотины определяется многими ограничениями:

- Водоприемники существующих строительных тоннелей: напорная призма плотины должна быть установлена ниже этих водоприемников.
- Йонахшский разлом: противодиффузионная диафрагма основной плотины или плотины первой очереди не должна пересекать Йонахшский разлом, и должна быть установлена ниже него. Это делается для того, чтобы ограничить давление на трещины Йонахшского разлома, что увеличивает растворение соли.
- Разлом 35: ядро основной плотины не должно пересекать этот разлом, чтобы избежать неравномерного смещения и сдвигов внутри ядра.

Поэтому, Консультант не изменил ось плотины и оставил ее такой, как планировалось ИГП, для всех трех вариантов плотины.

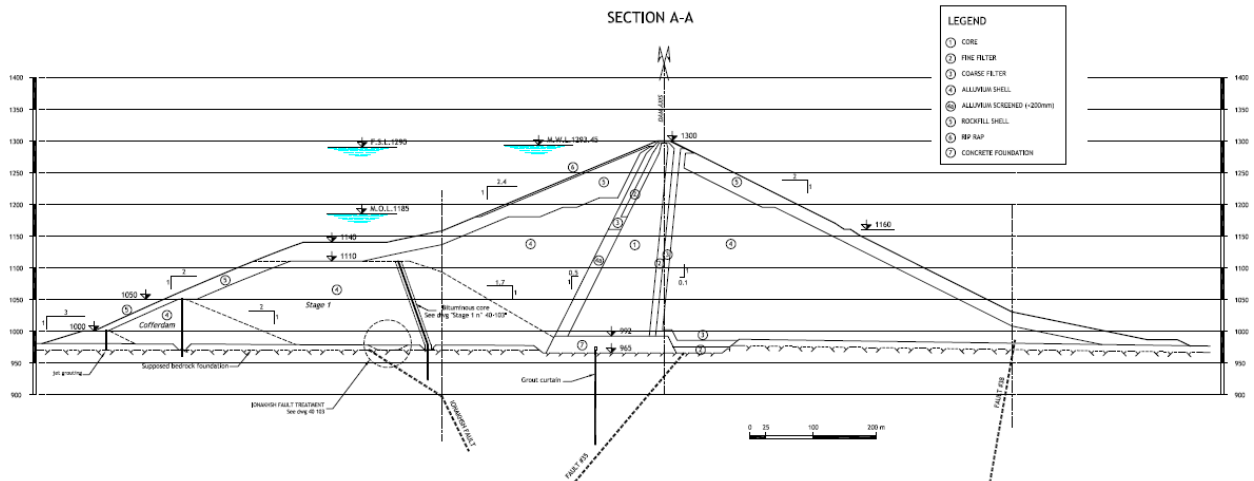


Рисунок 12: Поперечное сечение плотины. Вариант с НПУ =1290 м.н.у.м..

Зонирование материалов, рекомендуемое Консультантом, включает от верхового к низовому:

- = Каменная наброска на верховом откосе выше минимального эксплуатационного уровня;
- = Слой каменной наброски толщиной минимум 20м;
- = Случайный аллювиальный материал;
- = Крупнозернистый фильтр толщиной 10м;
- = Мелкозернистый фильтр толщиной 10м;
- = Ядро

Больше информации по различным характеристикам материала приведено в Приложении 1.

3.3 Этапы плотины

Строительство Рогунской плотины пройдет в несколько строительных этапов: предварительная перемычка, перемычка и плотина первой очереди, описанных ниже в таблице 3-5.

Строительный этап	Описание
Верховая перемычка	Используется для перекрытия реки. Сделана из крупных блоков и смешанного материала заполнения
Перемычка	Отметка гребня=1050 м.н.у.м. Верховые и низовые откосы=2Н/1V Объем=2.27 млн. м ³

		Включает битумное ядро
Плотина 1 очереди	Общее	Промежуточный этап основной плотины, допускающий раннюю выработку.
	НПУ=1290 м.н.у.м.	Отметка гребня=1110 м.н.у.м.
	НПУ=1255 м.н.у.м.	Отметка гребня =1090 м.н.у.м.
	НПУ=1220 м.н.у.м.	Отметка гребня =1075 м.н.у.м.
Основная плотина	НПУ=1290 м.н.у.м.	Отметка гребня =1300 м.н.у.м. Объем=74 млн.м ³
	НПУ=1255 м.н.у.м.	Отметка гребня =1265 м.н.у.м. Объем =55 млн.м ³
	НПУ=1220 м.н.у.м.	Отметка гребня =1230 м.н.у.м. Объем =35 млн.м ³

Таблица 20: Строительные этапы

3.3.1 График выполнения работ

График выполнения работ необходим для оценки преимуществ и недостатков различных вариантов в зависимости от графика строительных работ и выработки электроэнергии.

Он был сделан, принимая ту скорость укладки материалов, которая указана в «Графике выполнения работ и методах строительства» (Том 4 Глава 1).

Для всех вариантов размеры плотины первой очереди были оптимизированы. Это также привело к оптимизации последовательности ввода в эксплуатацию промежуточных этапов, для обеспечения ранней выработки во время строительства для каждого варианта.

3.3.2 Выработка электроэнергии

Наиболее важный вопрос относительно выработки электроэнергии во время строительства – это энергия в зимний период. Были приложены все усилия для оптимизирования выработки электроэнергии в зимний период, в пределах тех ограничений по воде, согласованных между прибрежными странами.

3.4 Материал плотины

В настоящее время четыре карьера/карьерные зоны признаны подходящими и соответствующими техническим характеристикам и ограничениям проекта:

- Карьерная зона 15, в основном материал для аллювиальных боковых призм, переходных слоев и фильтров,

- Кавальеры из карьерной зоны Лабидора будут использоваться для переходных слоев и фильтров,
- Карьерная зона 17 для ядра плотины,
- Карьер 26 для каменно-набросной призмы и каменной наброски.
- Инертный материал для бетона предлагается перерабатывать из материалов карьерной зоны 15.

Материал / Вариант		Вар. 1290	Вар. 1255	Вар. 1220
1	Аллювиальная призма	43,063,864	33,182,921	18,924,605
2	Каменно-набросная призма	17,365,059	12,475,052	9,352,361
3	Битумное ядро	23,704	20,148	17,778
4	Ядро	6,992,490	5,104,518	3,714,728
5	Мелкозернистый фильтр	2,466,655	1,350,195	747,638
6	Крупнозернистый фильтр	3,154,955	2,033,519	2,000,334
7	Каменная наброска	554,675	368,629	302,589
ВСЕГО		73,621,402	54,534,982	35,060,033

Таблица 21: Количество материалов на месте [м³].

Материалы	Оценка
Материалы фильтров	В основном извлекаются из Лабидора. Если недостаточны, то извлекаются из карьера №15.
Заполнители бетона	Покрываются излишним материалом из карьера №15.
Материалы ядра	Ожидается всесторонний анализ влияния мелкозернистого содержания на водонепроницаемость, чтобы поправить требуемое содержание мелкозема и адаптировать процессы необходимые для соответствия этим спецификациям.
Содержание влажности в карьере №17	Контроль влажности был учтен в оценке затрат путем рассмотрения специальных условий хранения

Таблица 22: оценка материалов

3.5 Обработка основания

Состояние основания плотины было оценено в Геотехническом Отчете (отчет Фазы 2, Том 1, Глава 3). Объем выемки, необходимый для основания приведен ниже.

НПУ=1290 м.н.у.м.	НПУ=1255 м.н.у.м.	НПУ=1220 м.н.у.м.
2.34 млн м. ³	1.73 млн м. ³	1.64 млн м. ³

Таблица 23: Объем выемки скальной породы

3.6 Обработка соляного пласта и влияние на плотину

Данная тема была отдельно рассмотрена в отчете фазы 0, где были оценены все риски, связанные с присутствием соли в основании плотины и меры по снижению последствий, направленных на их снижение до приемлемого уровня. Был составлен полный план мониторинга для обеспечения того, что эффективность этих рекомендованных мер будет поддерживаться на оптимальном уровне в течение всего срока эксплуатации проекта.

3.6.1 Описание

Данная зона тектонически очень активна, и выполненные до 1978 года геодезические измерения показали оползание почвы Йонахшского разлома и Разлома 35 со скоростью от 1,5 до 2 мм в год.

Что касается эвапоритов, в особенности соли, выщелачивание является очень быстрым явлением и может привести к значительным последствиям.

3.6.2 Меры по снижению последствий

С выполнением гидравлических и противофильтрационных барьеров, соответствующей системой мониторинга, и способностью выполнять восстановительные работы если и когда потребуется, тщательный анализ возможных сценариев показывает, что вопрос выщелачивания в Йонахшском разломе не влияет на осуществимость проекта.

3.7 Оснащение плотины приборами и аппаратурой

3.7.1 Основная плотина

Система мониторинга является единственным способом слежения за поведением плотины после строительства, и за тем, чтобы оно соответствовало ожидаемому поведению. Поэтому очень важно его планирование на ранних этапах исследования.

Движения плотины будут наблюдаться благодаря:

- Топографическим рефлексорам, установленным на гребне плотины и откосах;
- Осадочным ячейкам, установленным в теле плотины;
- Акселерометрам, установленным на гребне плотины и основании.

Система мониторинга плотины также должна включать:

- Общую топографическую сеть, по крайней мере, с 6 ориентирами, которые можно принимать за постоянные (нет движения).
- Серия пьезометров и топографических рефлексоров на обоих берегах.

3.7.2 Соляной пласт

Для наблюдения соляного пласта рекомендации даны в отчете Фазы 0 и они были включены в общие рекомендации по мониторингу для плотины.

4 ПЕРЕКРЫТИЕ РЕКИ И УПРАВЛЕНИЕ ПАВОДКАМИ ВО ВРЕМЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

4.1 Общие требования

Управление процессом перекрытия реки и паводков во время строительства Рогунского проекта является сложным вопросом, который подвержен воздействию и ограничен несколькими факторами:

- Гидрология реки и график строительства;
- Топография строительной площадки;
- Существующие сооружения;
- Раннее наполнение водохранилища и ранняя выработка электроэнергии.
- Следующая таблица представляет выбранную вероятность возникновения для защитного уровня во время строительства и соответствующей повторяемости для каждого варианта плотины.

		Перемычка	1 очередь	Завершение основной плотины
Вероятность возникновения		1/100	1/100	1/200
Возвратный период (лет)	НПУ = 1290 м.н.у.м.	100	400	1200
	НПУ = 1255 м.н.у.м.	100	300	1000
	НПУ = 1220 м.н.у.м.	100	200	600

Таблица 24: Расчетный паводок – вероятность возникновения и повторяемость

- Строительные тоннели №1 и 2 должны работать при максимальном напоре 120 м и их максимальный расход желательнo не должен превышать 1600 м³/с/тоннель.
- Максимальный напор, выдерживаемый в тоннелях в период строительства составляет 120 м. Это значение может быть превышено на 30 м, т.е. 150 м, при экстремальных условиях, таких как высокий паводок или землетрясение.
- Отложившиеся наносы в реке вниз по течению от водосбросных сооружений и из-за оползня из сая Оби Шур необходимо удалить.

4.2 Схема ИГП по перекрытию реки и управлению паводками во время строительства

Согласно схеме ИГП, от перекрытия реки до завершения основной плотины, используются 6 различных сооружений для отвода и сброса паводков:

- Строительный тоннель 1-го уровня (СТ1)
- Строительный тоннель 2-го уровня (СТ2)
- Строительный тоннель 3-го уровня (СТ3)
- Эксплуатационный тоннель 3-го уровня (ЭТ3)
- Глубинный водосброс
- Эксплуатационный шахтный водосброс (ЭШВ). Глубинный водосброс и эксплуатационный шахтный водосброс разделяют один и тот же низовой тоннель и выходной портал.

Этап	Оценка
Перемычка	Пропускная способность =2900 м ³ /с
1 очередь	Защищена от ВМП
Между 1-й очередью и отметкой 1185 м.н.у.м.	<p>Когда уровень водохранилища поднимается до 1110 м.н.у.м., СТ2 и СТ3 способны пропустить 4400 м³/с, если пропускная способность СТ2 ограничена частично, путем закрытия затворов и если полностью открыть 5200 м³/с.</p> <p>На отм. 1185 м.н.у.м., совмещенная пропускная способность СТ2, СТ3 и глубинного водосброса равна 6400 м³/с, и половина этого проходит через СТ3.</p>

Над отм. 1185 м.н.у.м.	<p>Над уровнем 1185 м.н.у.м., финальные водосбросные сооружения обеспечивают отвод реки. На этой отметке ЭТ №3 и глубинный водосброс способны пропустить 4650 м³/с, т.е. меньшая пропускная способность, чем в предыдущей фазе.</p> <p>После завершения плотины, ЭТ3 и глубинный водосброс возможно сможет выдерживать напор в 145 м при нормальном режиме работы, который больше, чем ограничение, которое консультант считает приемлемым для этого типа сооружений.</p>
------------------------	--

Таблица 25: Оценка отвода реки

4.3 Схема управления отводом реки и паводками во время строительства, предлагаемая консультантом

Вся первоначально предложенная система отвода реки была рассмотрена и обновлена на основании критериев проектирования, определенных консультантом ИТЭО. Это привело к экстенсивным изменениям проекта и считается, что это будет улучшение общей безопасности проекта, и в краткосрочной и долгосрочной перспективе. Следующая таблица представляет сооружения для перекрытия реки для каждого варианта высоты плотины и каждой фазы строительства.

	Перемычка	плотина первой очереди	Завершение заключительного этапа плотины
НПУ=1290 м.н.у.м.	СТ1 + СТ2 + СТ3	СТ 1 + СТ 2 + СТ 3	ВССУ1+ВССУ2+ВУ1+ВУ2
НПУ =1255 м.н.у.м.			ВССУ1+ВУ1+ВУ2+ВУ3
НПУ =1220 м.н.у.м.			ВССУ1+ВУ1

Таблица 26: Структура перекрытия для каждого варианта высоты плотины и каждой фазы строительства

Высота отметки гребня перемычки установлена на уровне 1050 м.н.у.м., т.е. на 15 метров выше той, которая предусматривалась ИГП.

4.3.1 СТ1 и СТ2

Существующие строительные тоннели первого и второго яруса разрабатываются параллельно на расстоянии между осями от приблизительно 45 до 58 м, входные порталы этих тоннелей расположены непосредственно вверх по течению предварительной перемычки, недалеко от оголовка подводящего тоннеля этапа 1, а высота отметки дна установлена на уровне 989.6 м.н.у.м. для тоннеля 1 и 998.8 м.н.у.м. для тоннеля 2.

Учитывая, что техническая оценка тоннелей, содержащаяся в отчете по Фазе 1, заключила, что тоннели не приемлемы в их настоящей форме для целей их проектировки, необходимы соответствующие меры улучшения их структурной стабильности. Рекомендованные меры состоят из, утановки анкеров, выполнение дренажной системы и дополнительной железобетонной облицовки, минимум 30 или 40 см толщины на своде, и минимум 50 см на лотке в подковообразной форме.

Снижение внутреннего поперечного сечения тоннелей в определенной степени влияет на их пропускную способность. Обновленная кривая расхода в окончательной конфигурации, вычисленная консультантом ИТЭО показывает, что после строительства новой облицовки каждый тоннель может пропускать поток порядка 1325 м³/с на отм. 1035 м.н.у.м. и 1525 м³/с на отм. 1050 м.н.у.м.

Если рассматривать ситуацию, в которой в СТ2 еще не установлены сегментные затворы, то эти цифры становятся равны 1575 м³/с на отм. 1035 м.н.у.м. и 1810 м³/с на отм. 1050 м.н.у.м.

К двум строительным тоннелям применимы следующие эксплуатационные диапазоны:

- До отм. 1035, полностью установленным с оборудованием, тоннели могут эксплуатироваться со всеми открытыми затворами, пропуская общий максимальный поток в 2650 м³/с, и 2900 м³/с, если СТ2 эксплуатируется по временной конфигурации, без сегментных затворов;
- С 1035 до 1050, СТ2 должен эксплуатироваться с установленными сегментными затворами, максимальный пропуск 3050 м³/с;
- Над отм. 1050 м.н.у.м., в любом случае поток будет таким, что возникнет гидравлический прыжок (*скачок*). Таким образом, необходимо восстановить первоначальные отметки речного русла. При необходимости можно ограничить поток, держа один из трех затворов закрытым.

Согласно проведенным исследованиям по управлению паводками, и с учетом критериев, предложенных для эксплуатации водосбросных сооружений, должна быть установлена пропускная способность на разных отметках. Эти анализы подтвердили необходимость строительства третьего строительного тоннеля, уже предложенного ИГП.

4.3.2 Строительный тоннель №3

Согласно последнему проекту ИГП, предусмотрен строительный тоннель на правом берегу реки, который необходим для дополнения пропускной способности существующих строительных тоннелей. В настоящем вдоль верхового участка приблизительно первые 400 метров проделана проходка тоннеля в соответствии с верхушкой, достигая начала верхового перехода предлагаемых ремонтной/аварийной

камеры затворов. Заказчик согласился осуществить меры улучшения в проект, предложенный консультантом ИТЭО в процессе строительства. Считается, что статус работ, осуществленных по сегодняшний день, позволяет вносить любые изменения.

Концепция и местоположение этого тоннеля в большей степени было подтверждено консультантом ИТЭО, с некоторыми поправками в трассе тоннеля, необходимыми для размещения различных гидротехнических сооружений.

Верховой участок строительного тоннеля №3 был расположен по такой же схеме, которая была предложена ИГП и на такой же отметке водоприемника, т.е. 1035 м.н.у.м.

Напорный участок тоннеля, с круговым поперечным сечением диаметром 15.0 м, около 810 м в длину до камеры основных (*сегментных*) и аварийных затворов. После этой камеры было принято подковообразное поперечное сечение 14.5 м в ширину и 9.75 м до лотковой части с круговым арочным сводом, достигающим максимальной высоты в 17.0 м.

Тоннель пересечет и Йонахшский разлом, и разлом 35, примерно через 700 м после водоприемника и примерно за 100 м до выходного портала, соответственно.

Поэтому, чтобы выдержать эффекты сползания и/или возможные крупные сдвиги в результате сейсмической активности, для обоих разломов будет применяться очень толстая мощная армированная бетонная обделка, разделенная на короткие участки (кольца) вдоль зоны сдвиговых напряжений: в случае дифференциальных движений они могут сместиться, но внутреннее пространство тоннеля останется целым.

В дополнение к этому предлагается оборудовать первую камеру затвора плоскими затворами, которые могут эксплуатироваться при потоке с максимальным напором. Это бы позволило в случае повреждения внутренней обделки и блокировании низовых затворов закрыть тоннели, чтобы можно было провести ремонтные работы.

Чтобы предотвратить кавитацию, предусмотрен ряд мер. Среди них стальная облицовка вдоль участков около затворов, где скорость воды порядка 41 м/с, обеспечение аэрации после затворов и постепенный переход к текущему поперечному сечению,.

На выходном портале тоннеля планировался короткий желоб, примерно 90 м в длину, с носком отброса струи, расположенным на несколько метров выше, чем уровень воды в реке (1004.3 м.н.у.м.). Рекомендуется предварительная выемка водобойного колодца, согласно прогнозу возможного размывания.

Такой тоннель сможет пропускать 1325 м³/с при уровне воды в водохранилище на отм. 1055 м.н.у.м. и 2450 м³/с, когда вода достигнет отм. 1100 м.н.у.м.

Все характеристики строительного тоннеля 3 остаются неизменными для всех вариантов плотины.

4.3.3 Водосбросные сооружения среднего уровня ВССУ1 и ВССУ2

Водосбросное сооружение среднего уровня №1 (ВССУ1)

Водосбросное сооружение среднего уровня №1 необходимо для защиты плотины, начиная с отметки воды 1100 м.н.у.м., которая рассматривается как ограничение для нормальной эксплуатации СТ1 и СТ2 (напор 120 м).

Основные характеристики напорного участка тоннеля такие же, что и у строительного тоннеля №3. отметка лотковой части тоннеля на месте портала равна 1085.0 м.н.у.м. Тоннель оборудован ремонтной камерой затворов и камерой затворов основных и аварийных затворов.

Расположение водоприемника предусматривает бетонный желоб около 300 м в длину, сделанного из коротких участков, около 30 м в длину, пересекающий верховую насыпь плотины до портала подземного участка, поэтому тоннель начинается немного ниже по течению после пересечения Йонахшского разлома. Возможные смещения на участке Йонахшского разлома могут возникнуть без нарушения водного пути в тоннель.

Отметка выходного портала около 1075 м.н.у.м., что примерно на 100 м выше, чем речное русло: поэтому следует внимательно рассмотреть проблему пропуска потока, который равен 3700 м³/с, в реку для предотвращения нежелательного эффекта размывания, который может вызвать неустойчивость берега.

Изучались различные варианты для выходных порталов ВССУ1, и они представлены в приложении 4 настоящей главы. И наконец, был сделан выбор в пользу использования каскадной системы, предусмотренной на выходном портале поверхностного водосброса, состоящей из желоба и водобойных колодцев.

Отметка выходного портала ВССУ1 расположена очень близко к носку поверхностного водосброса.

Напорный участок тоннеля, диаметром 15 м, разделяется на два круговых тоннеля с внутренним диаметром в 10.8 м, каждый оборудованный камерой основных и аварийных затворов, проходящих по одинаковым осям с поверхностным водосбросом и связанных с двумя соответствующими каналами.

Таким образом, это решение было принято для ВССУ1, с учетом следующих преимуществ:

- Уменьшенное количество выходных порталов на левом берегу реки Вахш;

- Меньший удельный поток на выходном портале и соответственно пониженное размывание речного русла;
- Избегается пересечение с разломом 35 и других сдвиговых зон;

Все характеристики ВССУ1 остаются неизменными для всех вариантов плотины.

Такие же условия, что были спроектированы для СТ3, рекомендуется выполнить и здесь, чтобы снизить риски кавитации.

Водосбросное сооружение среднего уровня №2

Возможность сбрасывать поток в поверхностный водосброс была также проанализирована для этого гидротехнического сооружения, но была признана неприменимой ввиду разных гидротехнических и геометрических условий.

Поэтому для ВССУ2 было принято решение со спиральными шахтами.

Водоприемник расположен на отм. 1140 м.н.у.м. и напорный участок тоннеля и диаметр поперечного сечения равен 15.0 м. Тоннель оборудован камерой ремонтных затворов и камерой основных и аварийных затворов. После камеры основных и аварийных затворов было принято поперечное сечение 15.8 м в ширину и 17 м в высоту, разделенное на две половины стеной толщиной 1.80 м, каждая половина течет в вортесный шахтный водосброс, который сбрасывает воду в реку через безнапорный отводящий тоннель, оборудованный желобом и носком струи.

Применение спиральных шахт становится все более и более частым, и никаких недостатков в связи с их поведением замечено не было, даже если существующие прототипы видимо не работают под такими же мощными потоками, что предусматриваются для Рогуна. Консультант считает, что при соответствующем испытании модели, это решение может быть принято для Проекта.

Были проведены специальные мероприятия на месте пересечения отводящими тоннелями разлома 35 и других сдвиговых зон, похожие на те, что были приняты в случае СТ3.

Для ВССУ2 расход воды достигает 3710 м³/с при максимальном исключительном напоре 150 м, по 1855 м³/с на каждом портале.

Геометрические характеристики верхового участка, эксплуатационные режимы и принятые меры для ВССУ2 для избежания проблем кавитации концептуально одинаковые с теми, что использовались для ВССУ1.

4.3.4 Тоннели высокого уровня

Схема перекрытия завершена для высокоуровневых тоннелей, которые также используются в качестве водосбросов. Их описание, таким образом, представлено в следующем пункте.

5 ПРОПУСК ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПАВОДКОВ

5.1 Критерии проектирования

Паводки, от которых должна быть защищена Рогунская плотина, являются ВМП и паводок с 10000-летним возвратным периодом, как указано в критериях проектирования, которые являются следующими:

Возвратный период	Пик м ³ /с	Дневной м ³ /с
10 000 лет	5970	5690
ВМП	8160	7770

Таблица 27: Пиковый и дневной максимальный расход

Предполагая N водосбросов и n затворов для поверхностного водосброса:

- Для паводка с 10000-летним возвратным периодом и с N-1 водосбросами или с n-1 затворами поверхностного водосброса(ов) (n-2 если количество затворов больше чем 6), максимальный уровень воды не должен быть выше верхней части ядра плотины.
- Для ВМП, с N водосбросами и n затворами поверхностного водосброса, максимальный уровень воды не должен быть выше верхней части ядра.

Дополнительно должны учитываться несколько принципов безопасности:

- ВМП является исключительным экстремальным событием, во время которого доступ к электростанции может быть опасным или недоступным. Поэтому турбины не могут рассматриваться как устройства для пропуска воды в общей пропускной способности Рогуна, а будут рассматриваться только специальные отдельные водосбросные сооружения.
- Из практики консультанта и согласно его рекомендациям не следует опираться только на тоннельные водосбросы: они могут подвергаться эксплуатационным проблемам и они не поддаются изменениям в связи с любыми вариациями выше расчетного расхода.

- Максимальный нормальный напор воды в тоннеле должен быть ограничен 120 м, как уже было указано выше.

Все водосбросные сооружения должны быть независимыми. Рекомендуется как можно больше избегать пересечения разломов и применять специальный проект, когда невозможно избежать такого пересечения, чтобы справиться с частью смещений и поддерживать целостность сооружения.

Также, предполагается, что Рогунское водохранилище может защищать нижний каскад путем сброса ВМП.

5.2 Водосбросы

Согласно исследованиям по пропуску паводков во время строительства, следующие тоннельные водосбросы остаются доступными в конце строительства как водосбросы верхнего уровня:

Вариант плотины	Количество доступных тоннелей	Количество затворов на каждый тоннель	Отметка водоприемников тоннелей
НПУ = 1220 м.н.у.м.	1	3	1140 м.н.у.м.
НПУ = 1255 м.н.у.м.	3	3	1 на 1145 м.н.у.м. и 2 на 1165 м.н.у.м.
НПУ = 1290 м.н.у.м.	2	3	1190 м.н.у.м.

Таблица 28: Количество тоннелей, доступных в конце строительства

Эти тоннели остаются в эксплуатации, так как эксплуатационный напор не превышает критериев, зафиксированных консультантом (120 м), пока отложения наносов не достигнут соответствующего уровня водоприемников.

Дополнительно, будут доступны модули поверхностных водосбросов, со следующими общими характеристиками:

Вариант плотины	Кол-во затворов на каждый водовод/модуль	Ширина затворов	Отметка порога
НПУ = 1220 м.н.у.м.	4	8м	1214 м.н.у.м.
НПУ = 1255 м.н.у.м.	4	8м	1249 м.н.у.м.
НПУ = 1290 м.н.у.м.	4	8м	1284 м.н.у.м.

Таблица 29: Характеристики поверхностных водосбросов

Для каждого варианта было исследовано несколько комбинаций водосбросных сооружений (количество и типы), с учетом критериев проектирования и принципов безопасности, а также их чувствительность к соответствующим параметрам.

5.2.1 Рекомендации

Вариант НПУ = 1220 м.н.у.м.

Рекомендуется применить на Рогуне вариант с двумя поверхностными водосбросами и 1 тоннелем. Также рекомендуется добавить как минимум поверхностный водосброс в Нуреке, для гарантирования защиты плотины от ВМП. Стоимость этих работ взята в расчет как минимальное значение для сооружений, которые должны быть построены на каскаде, если будет выбран этот вариант.

Вариант НПУ = 1255 м.н.у.м.

Рекомендуется применить на Рогуне вариант с 3 тоннелями и 1 поверхностным водосбросом.

Вариант НПУ = 1290 м.н.у.м.

Рекомендуется применить на Рогуне вариант с 1 поверхностным водосбросом и 2 тоннелями.

Долгосрочная перспектива

В долгосрочной перспективе, когда заиление водохранилища будет предотвращать попуск паводков через водосбросные тоннели высокого уровня, вся конфигурация поверхностного водосброса – состоящая из трех модулей – будет необходима для всех вариантов плотины.

5.2.2 Водосбросные тоннели верхнего уровня

Водосбросы верхнего уровня состоят из группы тоннелей, работающих при максимальном напоре около 80-110 м с индивидуальной максимальной пропускной способностью около 1500 м³/с.

Они были расположены примерно на 30 м выше, чем напорные водоприемники, для гарантирования того, что они останутся в рабочеспособном состоянии максимально долго, даже когда наносы достигнут подводящих тоннелей.

Самый верхний из тоннелей расположен примерно в 15-20 м ниже по течению от Йонахшского разлома, чтобы максимально снизить вероятность влияния смещения или сдвигов на устойчивость сооружения.

Каждый тоннель был оборудован камерами ремонтных затворов и камерами основных и аварийных затворов, согласно концепции принятой в других тоннелях.

Высота отметки и количество высокоуровневых водосбросных тоннелей для различных вариантов высоты плотины следующая:

- Вариант с НПУ 1290: два водосбросных сооружения высокого уровня (ВСВУ) с оголовком на отметке 1,190.0 м.н.у.м.
- Вариант с НПУ 1255: три ВСВУ, из которых один с оголовком на отметке 1,145.0 м.н.у.м. а остальные два с оголовком на отметке 1,165.0 м.н.у.м.
- Вариант с НПУ 1220: одно ВСВУ с оголовком на отметке 1,140.0 м.н.у.м.

Относительно выходных порталов, рассеяния энергии и попуска потоков в реке, были проанализированы различные варианты, учитывая риски, связанные с кавитацией из-за высокой скорости воды и потенциального эффекта размывания, который может вызвать неустойчивость берегов.

Решение, состоящее из шахтных водосбросов в этом случае не рассматривалось, ввиду требуемой высоты шахты.

Цель в виде контроля кавитационных рисков и рассеивания максимума энергии была достигнута благодаря каскадной системе желобов и камер гашения энергии потока, таким образом, значительно снижая проблему размывания реки. Детали этого сооружения представлены в приложении 3.

Вышеуказанное решение было принято для всех предлагаемых ВТВУ, адаптируясь к морфологическим условиям и разнице в общей отметке склонов и высот желобов.

5.2.3 Поверхностный водосброс

Поверхностный водосброс, как сооружение пропуска паводков на финальном этапе, должен заменить в долгосрочной перспективе сооружения по пропуску паводков, запланированных для начала полезной эксплуатации проекта (пропускные сооружения первого этапа). Его пропускная способность должна быть равна, соответственно, пиковому расходу вероятного максимального паводка (ВМП), и должен быть спроектирован и построен таким образом, чтобы эрозионные повреждения, вызванные наносами, проходящих через него, могли быть легко починены путем изолирования части водосброса.

Сооружение водосброса состоит из трех независимых водоводов, каждый из которых представляет отсек с контролирующим порогом, оборудованный 4 пролетами с затворами, безнапорным тоннелем, проложенным через высокий холм на правом берегу, открытым ступенчатым желобом с промежуточным рассеиванием энергии, при помощи камер гашения и носком отброса струи в конце желоба. Также рекомендуется водобойный колодец в русле реки.

Только один «модуль» потребуется на начальном этапе эксплуатации проекта для вариантов с НПУ 1290 и 1255 м.н.у.м., в то время как два модуля приняты для варианта с НПУ 1220 м.н.у.м. Для двух самых высоких вариантов, вследствие необходимости сохранения потока, пропускаемого с Рогуна в пределах значений, которые могут гарантировать, что безопасность Нурека не нарушается.

Окончательная полная конфигурация, состоящая из трех модулей, будет необходима в долгосрочной перспективе, когда наносы водохранилища будут мешать пропуску паводков через другие гидротехнические сооружения, в частности водосбросные тоннели верхнего уровня.

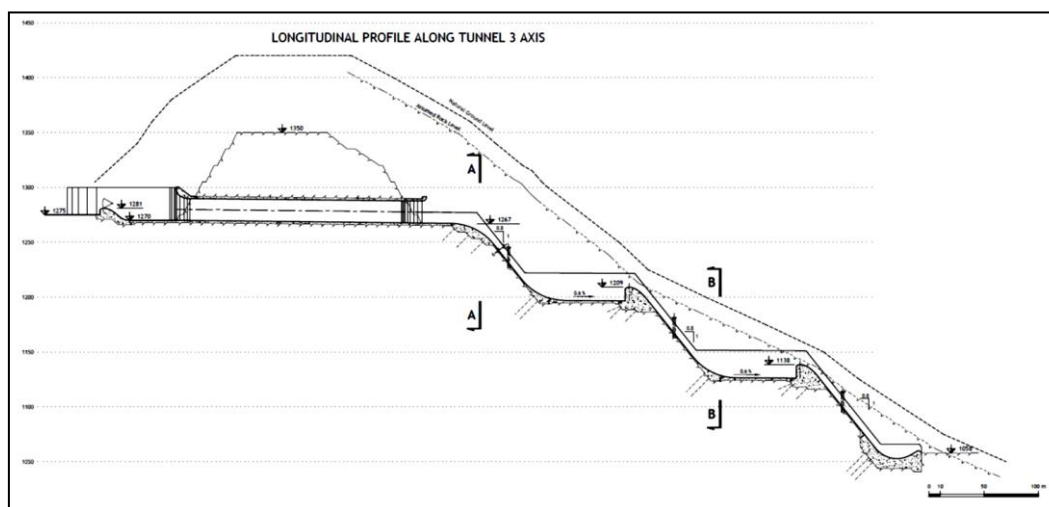


Рисунок 13: Продольное сечение ступенчатого водосброса

6 МНОГОУРОВНЕВЫЕ ВОДОПРИЕМНИКИ

Общий годовой твердый сток реки Вахш оценивается в диапазоне от 87 до 140 млн. тонн в год, или от 62 до 100 млн м³ в год, что представляет серьезный недостаток для станции, так как это имеет значительное влияние на полезный срок эксплуатации проекта и на выработку электроэнергии.

Были проанализированы возможные варианты для снижения такого отрицательного влияния, для выявления наиболее эффективного, которое может быть внедрено в пределах разумной стоимости.

Была проанализирована возможность проводить хотя бы промывание наносов через тоннели, расположенные на левом берегу, сразу после напорных водоприемников и в конце была не принята, из-за различных недостатков в эксплуатации.

Таким образом, вместо обычного водоприемника с одиночным входом, были предложены многоуровневые водоприемники, которые позволяют принимать поток из

водохранилища на разных отметках. Выгода предложенных водоприемников является двойной: с одной стороны можно доставлять воду в напорные водоводы, даже когда наносы будут выше, чем отметка напорного тоннеля, таким образом, продлевая жизнь станции на несколько десятилетий; и с другой стороны также возможен пропуск мутьевых потоков, если этот вариант покажет себя как жизнеспособный, через турбины, что так же может иметь эффект для продления срока, когда нужно будет выводить станцию из эксплуатации.

Решение многоуровневого водоприемника, предложенное для Рогуна, состоит из наклонного бетонного лотка, опирающегося на склон берега в соответствии с входными порталами напорных водоводов, оборудованное отверстиями на различных отметках до отметки гребня плотины.

7 МАШИННЫЙ ЗАЛ

Машинный зал, расположенный в комплексе осадочных пород, состоящих из песчаника и алевролита, примерно 21 м в ширину, 69 м в высоту и 220 м в длину.

Текущее состояние машинного зала уже подробно обсуждалось в оценке Фазы 1, в которой были подчеркнуты существующие проблемы и описан ход работ по проводимым анализам.

В заключение был предложен комплекс стабилизационных мер, которые включают анкера длиной 35 м на обеих боковых стенах и стабилизацию/усиление скальной породы целлика между выработками машинного зала и трансформаторного помещения в зоне агрегатов №5 и 6, что должно быть достигнуто путем установки стальных свай, с правильным расположением клапанов для укрепительной цементации (мультипакерная система труб). В качестве возможного варианта, можно провести интенсивную кампанию по укрепительной цементации и установить арматуру с двумя головками, проходящими через всю колонну между двумя выработками. Самое приемлемое решение необходимо оценить подробно на более позднем этапе проектирования.

Размещение соответствующим образом распределенной системы мониторинга перед началом следующих этапов проходки рассматривается как обязательное.

Максимальной установленной мощностью из рассматриваемых вариантов является 3600 МВт, т.е. мощность, для которой было спроектировано текущее сооружение. В добавление к вышеуказанному, машинный зал может вмещать генерирующее оборудование, соответствующее различным вариантам, предлагаемым в исследованиях, которое предусматривает такое количество агрегатов, что и в первоначальной схеме, без необходимости значительных модификаций.

8 ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Согласно проекту, выполненному ИГП для плотины с НПУ = 1290 м.н.у.м., машинный зал оборудован шестью агрегатами с радиально-осевыми турбинами, каждый по 600 МВт и работающих при барицентрическом напоре 268 м. Проект предусматривает предварительную схему для начала выработки, когда плотина находится в стадии строительства.

Как указано в других разделах отчета, были проанализированы следующие варианты:

	НПУ = 1220 м.н.у.м.	НПУ = 1255 м.н.у.м.	НПУ = 1290 м.н.у.м.
Высокая уст. мощность	2 800 МВт	3 200 МВт	3 600 МВт
Средняя уст. мощность	2 400 МВт	2 800 МВт	3 200 МВт
Низкая уст. мощность	2 000 МВт	2 400 МВт	2800 МВт

Таблица 30: Варианты, которые будут изучаться

Предварительно для каждого варианта были определены количество агрегатов, мощность и другие основные характеристики, как указано в таблице раздела «Основные данные для каждого варианта».

Электрогенерирующие агрегаты были определены с учетом мощности не выше, чем первоначальный проект, который равен порядка 600 МВт.

Для всех вариантов было принято одинаковое количество агрегатов, с учетом текущего хода работ, поэтому поток может быть равномерно распределен в двух существующих отводящих тоннелях.

Принимая во внимание то, что уже имеется два отводящих тоннеля, в которых проделана проходка, количество агрегатов, которые необходимо установить парами, чтобы все гидравлические характеристики были одинаковыми в обоих из них. Увеличение количества агрегатов вызовет проблемы в схеме проекта и потребует изменения уже проделанных работ, которые на данном этапе считаются невозможными.

Поэтому единственное возможное изменение количества агрегатов состоит в сокращении их количества из шести до четырех. Такое изменение окажет весьма незначительное воздействие на общие затраты станции, но будет подразумевать увеличение установленной мощности для всех вариантов проекта, кроме варианта 2000 МВт.

Обоснованность агрегатов с мощностью выше ныне предусматриваемой необходимо внимательно исследовать. В дополнение к тому, проблему транспортировки очень больших агрегатов необходимо принять во внимание, включая возможные серьезные

проблемы в будущем в случае необходимости проведения ремонтных работ. Очевидно снижая установленную мощность с 600 МВт до более низких значений, будет легче разрешить проблемы с транспортировкой.

9 ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ КАЖДОГО ВАРИАНТА

9.1 Плотина

	НПУ = 1290 м.н.у.м.	НПУ = 1255 м.н.у.м.	НПУ = 1220 м.н.у.м.
Гребень плотины	1300 м.н.у.м.	1265 м.н.у.м.	1230 м.н.у.м.
Уровень основания	965 м.н.у.м.	965 м.н.у.м.	965 м.н.у.м.
Высота плотины	335 м	300 м	265 м
Длина гребня	660 м	565 м	500 м
Ширина гребня	20 м	20 м	20 м
Уровень ядра гребня	1296.25 м.н.у.м.	1261.25 м.н.у.м.	1226.25 м.н.у.м.
Максимальный уровень воды	1293.45 м.н.у.м.	1257.25 м.н.у.м.	1220.25 м.н.у.м.
Минимальный эксплуатационный уровень	1185 м.н.у.м.	1161 м.н.у.м.	1137 м.н.у.м.
Полезный объем водохранилища	10 300 млн м ³	6 454 млн м ³	3 927 млн м ³
Общий объем водохранилища	13 300 млн м ³	8 550 млн м ³	5 220 млн м ³
Среднегодовой приток	20 100 млн м ³	20 100 млн м ³	20 100 млн м ³
Склоны плотины	Верхний бьеф 2.4 H/1V Нижний бьеф 2 H/1V	Верхний бьеф 2.4 H/1V Нижний бьеф 2 H/1V	Верхний бьеф 2.4 H/1V Нижний бьеф 2 H/1V
Отм. первой очереди	1110 м.н.у.м.	1090 м.н.у.м.	1075 м.н.у.м.
Толщина ядра гребня	8 м	8 м	8 м
Склоны ядра	Верхний бьеф 0.5 H/1V Нижний бьеф -0.1 h/1V	Верхний бьеф 0.5 H/1V Нижний бьеф -0.1 h/1V	Верхний бьеф 0.5 H/1V Нижний бьеф -0.1 h/1V
Толщина фильтров	Верхний бьеф: 2 слоя 10 м каждый над минимальным эксплуатационным уровнем и один слой 10 м под ним Нижний бьеф: 2 слоя по 10 м каждый	Верхний бьеф: 2 слоя 10 м каждый над минимальным эксплуатационным уровнем и один слой 10 м под ним Нижний бьеф: 2 слоя по 10 м каждый	Верхний бьеф: 2 слоя 10 м каждый над минимальным эксплуатационным уровнем и один слой 10 м под ним Нижний бьеф: 2 слоя по 10 м каждый

9.2 Сооружения для отвода реки

	НПУ = 1290 м.н.у.м.	НПУ = 1255 м.н.у.м.	НПУ = 1220 м.н.у.м.
СТ1			
<i>Общая длина тоннеля</i>	1439.5 м	1439.5 м	1439.5 м
<i>Напорный участок (D-образный)</i>	96.55 м ²	96.55 м ²	96.55 м ²
<i>Нижний уровень водоприемника</i>	989.60 м.н.у.м.	989.60 м.н.у.м.	989.60 м.н.у.м.
<i>Верхний уровень водоприемника</i>	1020 м.н.у.м.	1020 м.н.у.м.	1020 м.н.у.м.
<i>Расчетный напор</i>	120 м	120 м	120 м
<i>Минимальный эксплуатационный уровень</i>	989.60 м.н.у.м.	989.60 м.н.у.м.	989.60 м.н.у.м.
<i>Максимальный эксплуатационный уровень</i>	1110 м.н.у.м.	1110 м.н.у.м.	1110 м.н.у.м.
<i>Расчетный расход</i>	2490 м ³ /с	2490 м ³ /с	2490 м ³ /с
СТ2			
<i>Общая длина тоннеля</i>	1420.7 м	1420.7 м	1420.7 м
<i>Напорный участок (D-образный)</i>	96.55 м ²	96.55 м ²	96.55 м ²
<i>Нижний уровень водоприемника</i>	1001.80 м.н.у.м.	1001.80 м.н.у.м.	1001.80 м.н.у.м.
<i>Верхний уровень водоприемника</i>	1020 м.н.у.м.	1020 м.н.у.м.	1020 м.н.у.м.
<i>Расчетный напор</i>	120 м	120 м	120 м
<i>Минимальный эксплуатационный уровень</i>	1001.80 м.н.у.м.	1001.80 м.н.у.м.	1001.80 м.н.у.м.
<i>Максимальный эксплуатационный уровень</i>	1110 м.н.у.м.	1110 м.н.у.м.	1110 м.н.у.м.
<i>Расчетный расход</i>	2490 м ³ /с	2490 м ³ /с	2490 м ³ /с
СТ3			
<i>Общая длина тоннеля</i>	1560 м	1560 м	1560 м
<i>Диаметр напорного участка</i>	15 м	15 м	15 м
<i>Уровень водоприемника</i>	1035.0 м.н.у.м.	1035.0 м.н.у.м.	1035.0 м.н.у.м.
<i>Уровень выходного портала</i>	1023.45 м.н.у.м.	1023.45 м.н.у.м.	1023.45 м.н.у.м.
<i>Расчетный напор</i>	150 м	150 м	150 м
<i>Минимальный эксплуатационный уровень</i>	1035 м.н.у.м.	1035 м.н.у.м.	1035 м.н.у.м.
<i>Максимальный эксплуатационный уровень</i>	1160 м.н.у.м.	1170 м.н.у.м.	1165 м.н.у.м.
<i>Расчетный расход</i>	3694 м ³ /с	3694 м ³ /с	3694 м ³ /с

Данные относятся к условию максимального исключительного напора.

9.3 Водобросные сооружения

9.3.1 Водобросное сооружение среднего уровня

	НПУ = 1290 м.н.у.м.	НПУ = 1255 м.н.у.м.	НПУ = 1220 м.н.у.м.
Водобросное сооружение среднего уровня №1			
<i>Общая длина тоннеля</i>	1464.0 м	1464.0 м	1464.0 м
<i>Диаметр напорного участка (круговой)</i>	15 м	15 м	15 м
<i>Уровень водоприемника</i>	1083.50 м.н.у.м.	1083.50 м.н.у.м.	1083.50 м.н.у.м.
<i>Уровень выходного портала</i>	1077.60 м.н.у.м.	1077.60 м.н.у.м.	1077.60 м.н.у.м.
<i>Расчетный напор</i>	150 м	150 м	140 м
<i>Минимальный эксплуатационный уровень</i>	1100.0 м.н.у.м.	1100.0 м.н.у.м.	1100.0 м.н.у.м.
<i>Максимальный эксплуатационный уровень</i>	1215.0 м.н.у.м.	1210 м.н.у.м.	1210 м.н.у.м.
<i>Расчетный расход</i>	3686 м ³ /с	3564 м ³ /с	3564 м ³ /с
Водобросное сооружение среднего уровня №2			
<i>Общая длина тоннеля</i>	1117.0 м		
<i>Диаметр напорного участка (круговой)</i>	15 м		
<i>Уровень водоприемника</i>	1140 м.н.у.м.		
<i>Уровень выходного портала</i>	1026.80 м.н.у.м.		
<i>Расчетный напор</i>	150 м		
<i>Минимальный эксплуатационный уровень</i>	1215 м.н.у.м.		
<i>Максимальный эксплуатационный уровень</i>	1270 м.н.у.м.		
<i>Расчетный расход</i>	3710 м ³ /с		

Данные относятся к условию максимального исключительного напора.

9.3.2 Тоннели верхнего уровня

	НПУ = 1290 м.н.у.м.	НПУ = 1255 м.н.у.м.	НПУ = 1220 м.н.у.м.
Тоннель верхнего уровня № 1			
<i>Общая длина тоннеля</i>	1264.1 м	1385.7 м	1416.8 м
<i>Диаметр напорного участка (подковообразный)</i>	10 м	10 м	10 м
<i>Уровень водоприемника</i>	1190 м.н.у.м.	1145 м.н.у.м.	1140 м.н.у.м.
<i>Уровень выходного портала</i>	1177.70 м.н.у.м.	1131.74 м.н.у.м.	1126.30 м.н.у.м.
<i>Уровень выходного сооружения</i>	1000.00 м.н.у.м.	1000 м.н.у.м.	1000 м.н.у.м.
<i>Длина выходного водосброса</i>	440.3 м	376.6 м	367.3 м
<i>Расчетный напор</i>	100 м	110 м	80 м
<i>Минимальный эксплуатационный уровень</i>	1190 м.н.у.м.	1145 м.н.у.м.	1140 м.н.у.м.
<i>Максимальный эксплуатационный уровень</i>	1290 м.н.у.м.	1255 м.н.у.м.	1220 м.н.у.м.
<i>Расчетный расход</i>	1570 м3/с	1640 м3/с	1410
Тоннель верхнего уровня № 2			
<i>Общая длина тоннеля</i>	1410.1 м	1501.6	
<i>Диаметр напорного участка (подковообразный)</i>	10 м	10 м	
<i>Уровень водоприемника</i>	1190 м.н.у.м.	1165 м.н.у.м.	
<i>Уровень выходного портала</i>	1176.57 м.н.у.м.	1151.66 м.н.у.м.	
<i>Уровень выходного сооружения</i>	1000 м.н.у.м.	1000 м.н.у.м.	
<i>Длина выходного водосброса</i>	415.9 м	385.6 м	
<i>Расчетный напор</i>	100 м	90 м	
<i>Минимальный эксплуатационный уровень</i>	1190 м.н.у.м.	1165 м.н.у.м.	
<i>Максимальный эксплуатационный уровень</i>	1290 м.н.у.м.	1255 м.н.у.м.	
<i>Расчетный расход</i>	1570 м3/с	1490 м3/с	
Тоннель верхнего уровня № 3			
<i>Общая длина тоннеля</i>		1585.1 м	
<i>Диаметр напорного участка (подковообразный)</i>		10 м	
<i>Уровень водоприемника</i>		1165 м.н.у.м.	
<i>Уровень выходного портала</i>		1149.85 м.н.у.м.	
<i>Уровень выходного сооружения</i>		1000 м.н.у.м.	
<i>Длина выходного водосброса</i>		371.2 м	
<i>Расчетный напор</i>		90 м	
<i>Минимальный эксплуатационный уровень</i>		1165 м.н.у.м.	
<i>Максимальный эксплуатационный уровень</i>		1255 м.н.у.м.	
<i>Расчетный расход</i>		1490 м3/с	

Данные относятся к условию максимального исключительного напора.

9.3.3 Многоуровневый водоприемник

	НПУ = 1290 мнум	НПУ = 1255 мнум	НПУ = 1220 мнум
<i>Разработанная длина водоприемного сооружения</i>	312.5 м	259.1 м	205.8 м
<i>Внутренние габариты водоприемника</i>	16 x 12 м	16 x 12 м	16 x 12 м
<i>Отметка верхнего водоприемника (Агрегаты 1, 2, 5, 6)</i>	1167 мнум	1140 мнум	1115 мнум
<i>Отметка нижнего водоприемника (Агрегаты 3, 4)</i>	1152 мнум	1130 мнум	1150 мнум
<i>Кол-во активных водоприемников</i>	4	3	2
<i>Отметка верхних активных водоприемников</i>	1179.3 мнум	1154.3 мнум	1129.3 мнум
<i>Отметка нижних активных водоприемников</i>	1104.3 мнум	1104.3 масл	1104.3 мнум
<i>Расчетный напор затворов водоприемника</i>	140 м	130 м	115 м

9.3.4 Поверхностный водосброс

	НПУ = 1290 м.н.у.м.	НПУ = 1255 м.н.у.м.	НПУ = 1220 м.н.у.м.
Первый этап			
<i>Количество модулей</i>	1	1	2
<i>Количество тоннелей</i>	2	2	4
Окончательный этап			
<i>Количество модулей</i>	3	3	3
<i>Количество тоннелей</i>	6	6	6
Ширина тоннеля (D-образная)	9.40 м	9.40 м	9.40 м
Высота тоннеля (D-образная)	15 м	15 м	15 м
Высота падения	224 м	189 м	154 м
Кол-во промежуточных водосбросов	2	2	1
Ширина промежуточных водосбросов	33 м	33 м	33 м
Расчетный расход (ВМП)	7800 м ³ /с	7800 м ³ /с	7800 м ³ /с
Уровень порога	1284 м.н.у.м.	1249 м.н.у.м.	1214 м.н.у.м.
Уровень конца носка отброса струи	1060 м.н.у.м.	1060 м.н.у.м.	1060 м.н.у.м.
Минимальный эксплуатационный уровень	1284 м.н.у.м.	1249 м.н.у.м.	1208 м.н.у.м.
Максимальный эксплуатационный уровень	1300 м.н.у.м.	1265 м.н.у.м.	1230 .у.м.

9.4 Машинный зал и электромеханическое оборудование

Отметка плотины финальной конфигурации 1290 м.н.у.м.

Общая установленная мощность (МВт)	3600	3200	2800
Количество агрегатов	6	6	6
Кол-во заново использованных агрегатов (*)	2	2	2
Мощность Рмакс (МВт)	615	533.3	466.7
Мощность Рмин (МВт)	360	270	245
Напор Нмакс (м)	320	320	320
Напор Нмин (м)	185	185	185
Напор Нпроектный (м)	285	285	285
Число оборотов в минуту	166.7	166.7	166.7

Отметка плотины финальной конфигурации 1255 м.н.у.м.

Общая установленная мощность (МВт)	3200	2800	2400
Количество агрегатов	6	6	6
Кол-во заново использованных агрегатов (*)	2	2	2
Мощность Рмакс (МВт)	533.3	466.7	400
Мощность Рмин (МВт)	260	225	200
Напор Нмакс (м)	285	285	285
Напор Нмин (м)	131	131	131
Напор Нпроектный (м)	210	210	210
Число оборотов в минуту	125	125	125

Отметка плотины финальной конфигурации 1220 м.н.у.м.

Общая установленная мощность (МВт)	2800	2400	2000
Количество агрегатов	6	6	6
Кол-во заново использованных агрегатов (*)	2	2	2
Мощность Рмакс (МВт)	466.7	400	333
Мощность Рмин (МВт)	190	170	145
Напор Нмакс (м)	250	250	250
Напор Нмин (м)	107	107	107
Напор Нпроектный (м)	190	190	190
Число оборотов в минуту	125	125	150

(*) Применение окончательных рабочих колес с момента ввода в эксплуатации

ГЛАВА 3.3 - ПРИЛОЖЕНИЕ 1 – ОЦЕНКА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

1 ВВЕДЕНИЕ

Этот отчет должен рассматриваться как продолжение отчета первой фазы по строительным материалам, который предназначен для оценивания существующих сооружений, включая заготовленные материалы. В этом отчете консультант устанавливает технические спецификации для материалов, которые должны быть уложены в тело плотины, чтобы оценить общую пригодность определенных источников материалов и, следовательно, установить осуществимость различных исследованных вариантов. Эта оценка так же учитывается в оценке затрат по вариантам проекта, разработанной в 4 томе отчета фазы II.

2 ПРОЕКТ ПЛОТИНЫ – НЕОБХОДИМЫЕ ОБЪЕМЫ МАТЕРИАЛОВ

Объемы материалов, необходимые для каждого варианта, разработанные консультантом ИТЭО являются следующими:

	Часть плотины	Вариант 1 300 м Объем	Вариант 1 265 м Объем	Вариант 1 230 м Объем
	<i>[-]</i>	<i>[м³]</i>	<i>[м³]</i>	<i>[м³]</i>
1	Ядро	6 992 490	5 130 207	3 714 728
2 - 3	Мелкозернистые фильтры	5 621 610	3 383 714	3 366 184
	Крупнозернистые фильтры			
4	Материалы боковых призм	43 063 864	33 182 921	18 924 605
5	Каменная засыпка / Каменная призма	17 365 059	12 475 052	9 352 361
6	Каменная пригрузка	554 675	368 629	302 589
7	Бетонная плита под ядром	354 405	329 782	308 811
Итого	<i>(за искл. бетонной плиты)</i>	73 597 698	54 540 523	35 660 467

Таблица 31: Основные требуемые объемы для строительства плотины

Следующие разделы этого отчета основаны на объемах материалов для варианта на отм. 1300 м. Так как это вариант плотины, который требует наиболее важные объемы

материалов, выводы, касающиеся доступности материалов для этого варианта будут применимы для более низких вариантов.

3 ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ

3.1 Источник материалов

На данный момент, 4 карьера рассматриваются как подходящие и адаптированные в соответствии с спецификациями и ограничениями проекта:

- Карьерная зона 15, в основном материал для аллювиальных боковых призм, переходных слоев и фильтров,
- Кавальеры из карьерной зоны Лабидора будут использоваться для переходных слоев и фильтров,
- Карьерная зона 17 для ядра плотины,
- Карьер 26 для каменно-набросной призмы и каменной наброски.
- Инертный материал для бетона предлагается перерабатывать из материалов карьерной зоны 15.

Объемы, необходимые для плотины доступны в карьерах и связанных с ними кавальерах. Для материалов фильтров, приоритетом должно быть использование материалов уже доступных для использования и находящихся в кавальерах после выемки из карьера Лабидора. Однако объемы в этом кавальере недостаточны и недостающие объемы должны быть добыты из карьера №15 и обработаны, чтобы соответствовать спецификациям для фильтров. Особое внимание должно быть уделено своевременной выемке материала из карьера №15, так как этот карьер будет затоплен на ранних этапах строительства.

Необходимое количество заполнителей бетона покрывается излишним материалом из карьера №15, который представляет крупный гранулометрический состав, адаптированный для целей заполнителей бетона и при помощи специальной обработке и выбора подходящих материалов.

Была сделана первая оценка потерь и коэффициентов расширения/уплотнения, и результаты суммированы в следующей таблице с адаптацией количества материала с учетом рекомендаций консорциума по ИТЭО по проекту плотины:

Карьер		15	Лабидора	17	26 а	26 б	11
Тип материала		Галечник	Галечник	Суглинок	Скальная порода	Скальная порода	Чистая глина
Объем в карьере [млн. м ³]	Первоначальный общий объем	49.0	5.0	17.0	5.5	18.0	-
	Извлеченный объем	22.0	4.0	2.5	0.8	0.0	-
	Требуемый объем	42.0	4.4	6.6	19.3		-
Коэффициент в связи с расширением по выемки	%	12.0%	12.0%	20.0%	35.0%	35.0%	
Процент потерь из-за плохого качества материала	%	11.6%	2.0%	4.1%	10.0%	10.0%	
Транспортные потери	%	0.1%	0.1%	0.1%	2.1%	2.1%	
Коэффициент уплотнения	%	9.0%	9.0%	15.0%	10.0%	10.0%	
Общий коэффициент	%	91%	101%	100%	108%	108%	-
Соответствующие объемы в карьере	[млн. м ³]	46.6	4.4	6.8	5.1	12.9	-

Таблица 32: Оценка потерь и коэффициентов расширения/уплотнения

3.2 Характеристики материалов

Следующая таблица представляет основные характеристики материалов, как определено исследованиями и изысканиями.

		Dry unit weight	Saturated unit weight	Porosity	Friction angle	Cohesion	Deformation modulus	Poisson's ratio	Permeability	Moisture at placement
Dam zone		γ_{dry}	γ_{sat}	n	ϕ	C	E	ν	K	
		[kN/m ³]	[kN/m ³]	[-]	[°]	[MPa]	[MPa]	[-]	[cm/s]	[%]
1	Core	23,6	23,9	0,19	31	0,03	40	0,36	$A \cdot 10^{-6}$	9 - 11 %
2	Fine transition	22,1	23,2	0,22	36	0	55	0,32	$3 \cdot 10^{-2}$	5%
3	Coarse transition	22,6	23,5	0,2	40	0	65	0,3	$5 \cdot 10^{-2}$	5%
5	Alluvium shoulders	23,1	23,8	0,18	39	0,05	80	0,27	0,1	5%
4	Rockfill	19,9	21,9	0,3	42	0,03	60	0,28	0,5	-

Таблица 33: Основные характеристики материалов для строительства плотины

Анализ устойчивости плотины подтвердил эти характеристики.

3.3 Спецификации для сортировки материалов

3.3.1 Представление критериев проектирования

Основные проектные спецификации касаются определения гранулометрических кривых для материалов. Определения этих гранулометрических кривых подпадают под действие критериев проектирования представленных в отчете по критериям проектирования (консультант ИТЭО). Критерии проектирования по гранулометрическим кривым основаны на бюллетене 1994 - ICOLD 95 и просуммированы ниже:

- **Внутренняя устойчивость (свойство само-фильтрации).** Более крупные фракции фильтра по отношению к более маленьким фракциям должны соблюдать критерии удержания. Если материал широко градуирован по гранулометрическому составу, более вероятна сегрегация при обработке и укладке и внутренняя устойчивость может стать серьезной проблемой.
- **Функция удержания.** Фильтр должен предотвращать миграцию частиц с прилегающих материалов призмы или ядра. Таким образом, мелкозернистый фильтр должен предотвращать миграцию мелкозернистых материалов ядра; крупнозернистый фильтр должен предотвращать миграцию мелкозернистого фильтра. Критерий, привязанный к этой функции, определяется в зависимости от характеристик грунта основания (грунт основания соответствует грунту, который будет защищен. Например: грунтом основания мелкозернистого грунта фильтра является материал ядра.)
- **Предотвращение сегрегации.** И мелкозернистый и крупнозернистый фильтр не должны разделяться во время строительства. Должна проводиться обработка, погрузочно-разгрузочные работы, складирование, повторная выемка, погрузка, распределение или уплотнение для уменьшения сегрегации (расслоения). Следующая таблица представляет критерии, которые соединяют минимум материала D_{10} с максимумом D_{90} .

Minimum D ₁₀ mm	Maximum D ₉₀ mm
< 0.5	20
0.5-1.0	25
1.0-2.0	30
2.0-5.0	40
5.0-10	50
10-50	60

Таблица 34: Критерии сегрегации, (ICOLD 1994)

3.3.2 Спецификации для сортировки материалов

Основываясь на критериях проектирования, представленных в предыдущих параграфах, сортировка материалов определена и представлена в следующем разделе.

3.3.2.1 Материал ядра

Первой и основной точкой интереса по материалам ядра является содержание мелкозернистого материала. Согласно стандартам ASTM, используемых консультантом, мелкозернистое содержание определяется процентом материалов с размером частиц равным или менее 0.08 мм.

Строение ядра плотины состоит матрицы крупных элементов, которые обеспечивают скелет ядра и определенную жесткость, требуемую для предотвращения чрезмерной просадки. Мелкозернистые фракции предназначены для заполнения пустот между крупнозернистыми элементами и обеспечения свойств водонепроницаемости ядра. Поэтому ожидается, что мелкозернистые фракции материала ядра должны полностью заполнить пустоты между крупнозернистыми элементами.

Такое требование должно быть подробно исследовано, путем полномасштабной кампании испытаний на месте и при помощи крупногабаритного лабораторного оборудования, чтобы учесть полное гранулометрическое распределение материалов ядра. Второй вопрос, на который следует обратить внимание, является предотвращение сегрегации во время укладки материала ядра. Гранулометрическая кривая, определенная ИГП для материала ядра определяет содержание мелкозернистого материала от 13% до 33%. Следует отметить, что определенная гранулометрическая кривая для ядра плотины Нурека, которая является основным эталоном в похожих вопросах, показывает содержание мелкозернистого материала от 22% до 57%.

Ввиду отсутствия текущего экспериментального подтверждения того, что низкое содержание мелкозернистого приемлемо для требуемых характеристик материала ядра, консорциум ИТЭО рекомендует более высокое содержание мелкозернистого материала, не менее 20% (похоже на опыт Нурека) и со следующей гранулометрической кривой:

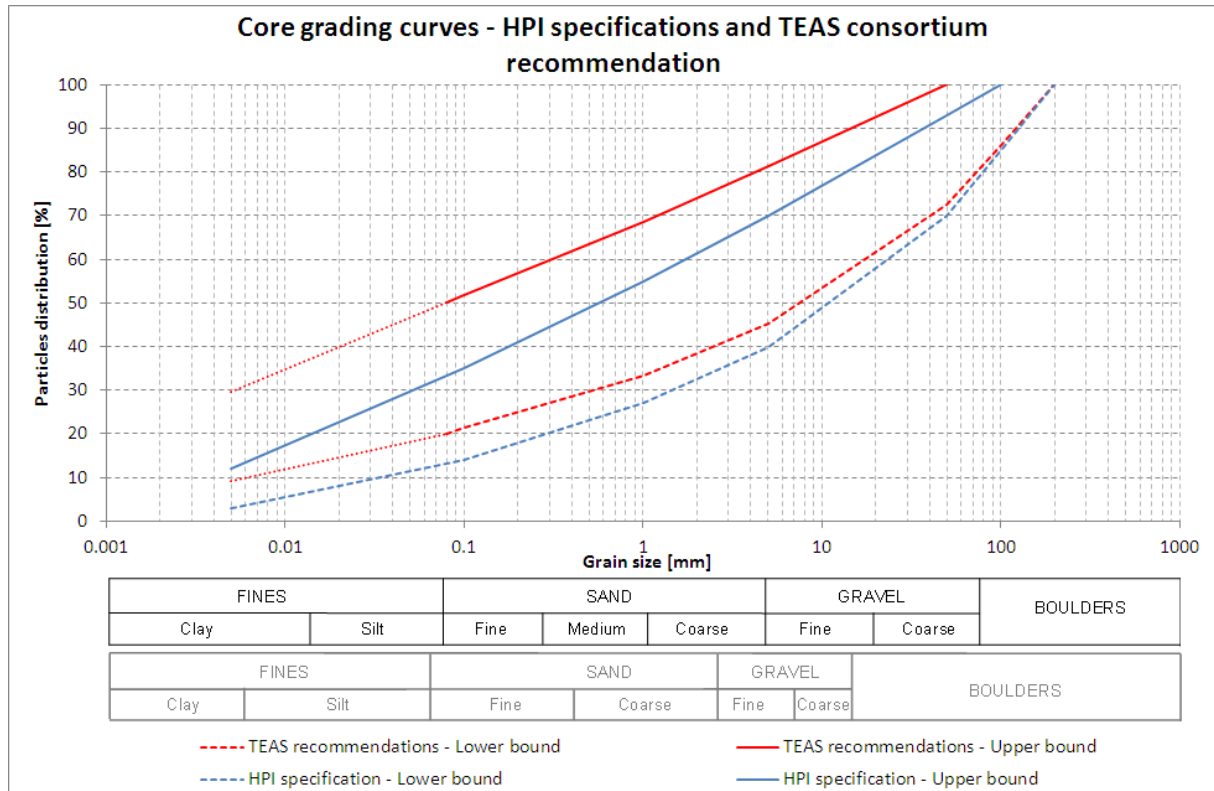


Рисунок 14: Гранулометрическая кривая ядра

Касательно материалов ядра, ожидается всесторонний анализ влияния содержания мелкозернистого материала на водонепроницаемость, чтобы поправить требуемое содержание мелкозернистого материала, и адаптировать необходимые процессы для соответствия этим спецификациям. Основываясь на своем опыте, консорциум по ИТЭО считает, что должен быть применен консервативный подход для этого ИТЭО. Поэтому в оценке затрат было заложено, что будет проводиться перемешивание материалов карьера №17 с мелкозернистым материалом, чтобы повысить содержание мелкозернистого материала для ядра плотины. Мелкозернистые материалы были определены в достаточном количестве из различных источников.

Важно отметить, что испытания по проницаемость материалов, представляющих крупные размеры (и крупные частицы) не могут быть проведены в лабораторных условиях, так как ограничения размеров испытательных приборов предполагают, что образцы будут с пониженным содержанием важной части более крупных элементов.

Это является причиной того, почему консультант настаивает на проведении испытаний на месте, особенно для оценки проницаемости, чтобы испытать материал в том виде, в каком он будет уложен в плотину и подтвердить, сможет ли низкое содержание мелкозема достигнуть водонепроницаемости, требуемой для долгосрочной целостности ядра. Эти испытания могут быть проведены на этапе детального проектирования, если будет принято решение о продолжении проекта.

Также поводом для беспокойства является содержание влажности карьера №17, поэтому контроль влажности должен был учтен в оценке затрат, путем рассмотрения специальных условий хранения.

3.3.2.2 Материалы фильтров

Критерии удержания и сегрегации помогают определить следующие гранулометрические кривые, которые должны соблюдаться материалами фильтров:

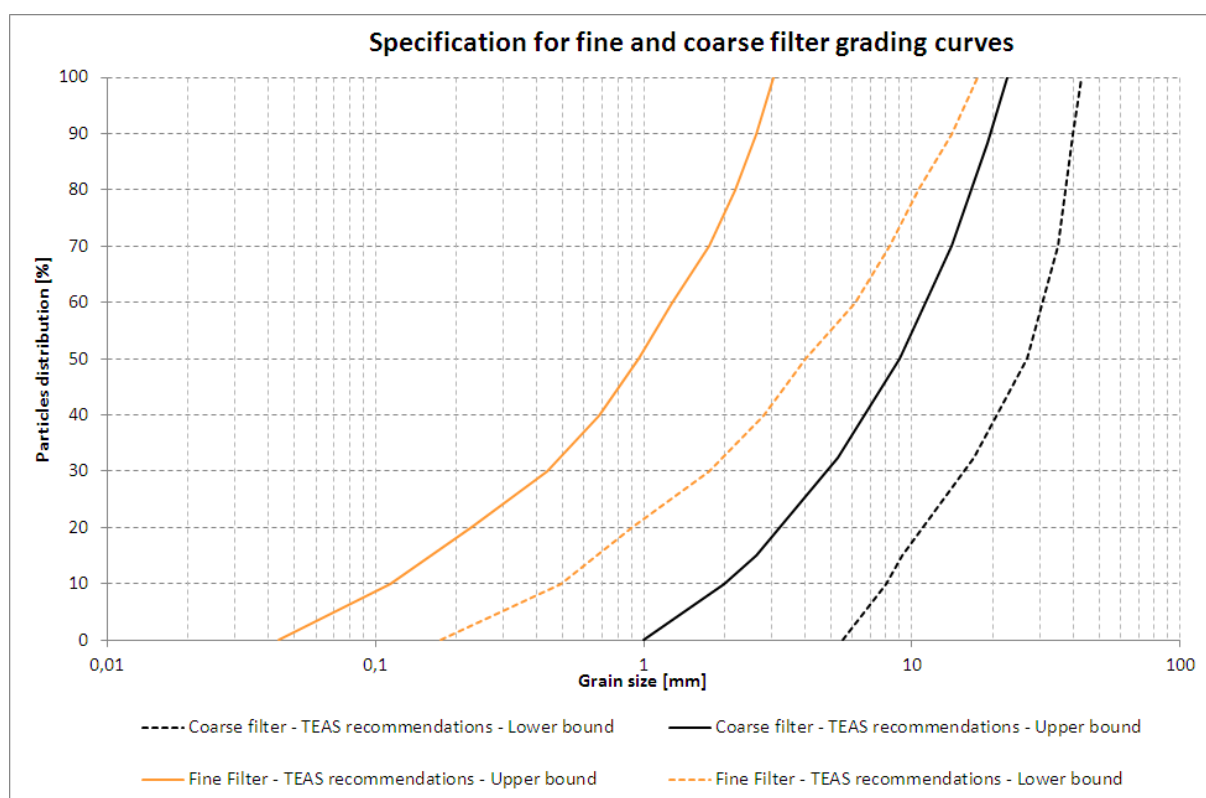


Рисунок 15: Спецификации для гранулометрических кривых для мелкозернистого и крупнозернистого фильтров

Материалы, уже извлеченные из карьера Лабидара являются наиболее подходящими для использования в качестве материалов фильтров. Материалы должны быть

обработаны, чтобы соответствовать гранулометрическим спецификациям, следуя классическому дробильно-сортировочному процессу. Следует отметить, что карьер Лабидара больше не будет разрабатываться и оставшееся количество материалов может легко быть извлечено из карьера №15.

Должны быть проведены следующие испытания, определяющие и подтверждающие следующие параметры по приоритету:

- Испытания на проницаемость,
- Сопротивление холоду,
- Испытания на уплотнение,
- Сопротивление сдвигу /сопротивление на сжатие.

3.3.2.3 Материалы боковых призм

Гранулометрическая кривая материала боковых призм, определенная на основе критериев проектирования выглядит следующим образом:

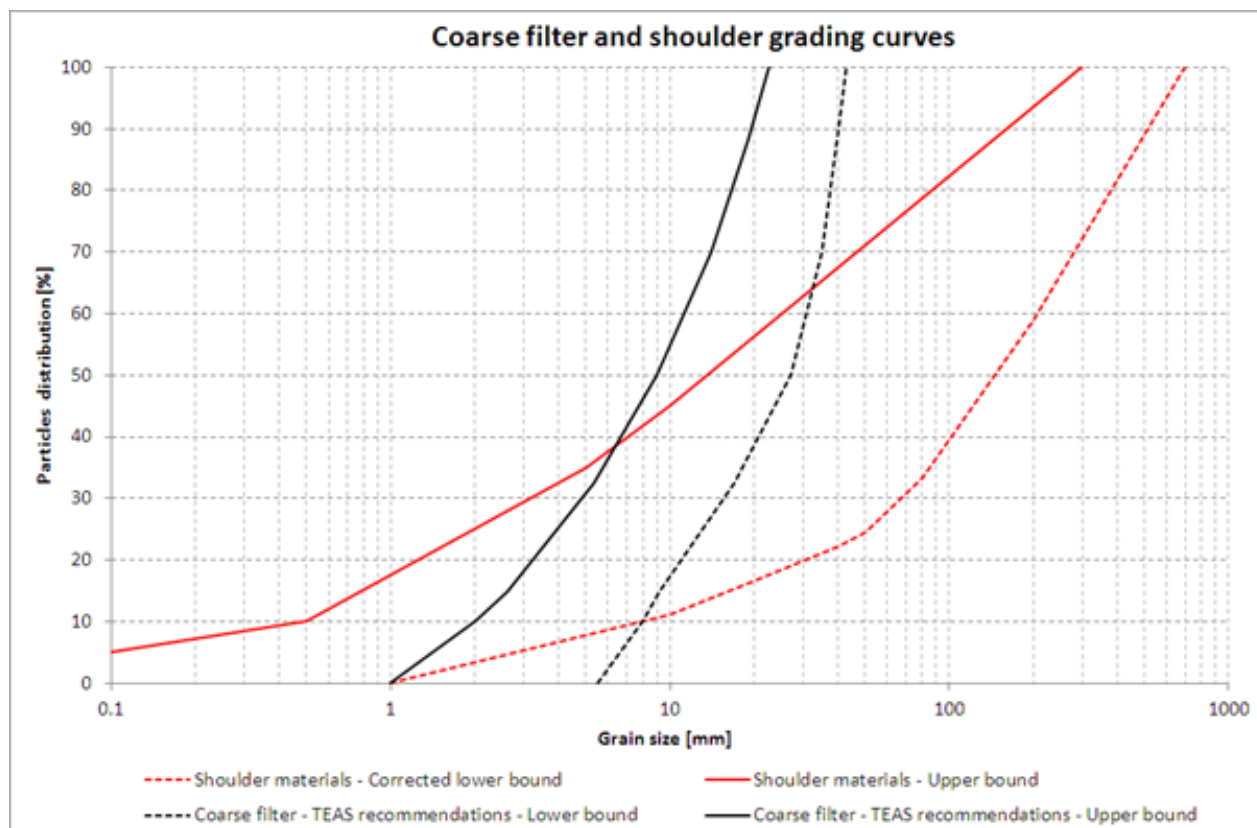


Рисунок 16: гранулометрические кривые крупных фильтров и боковых призм

Для зоны боковых призм с прямым контактом с крупнозернистым фильтром, может быть рекомендовано ограничение укладки крупных булыжников. В качестве первого грубого подхода можно предположить, что наиболее крупные булыжники (>500мм) будут убираться механическим способом из первых 10-15 м в зоне контакта со слоем крупнозернистого фильтра и распределяться в остальной части слоя боковой призмы. Подробности этой процедуры должны быть определены в дальнейших исследованиях по проекту.

Согласно результатам предыдущих исследований и доступной информации по характеристикам материалов, аллювиальные материалы из карьера №15 выглядят в соответствии с гранулометрическими спецификациями и представляют серьезных проблем. Испытания на месте и лабораторные испытания должны следовать международным стандартам. Могут быть проведены некоторые крупномасштабные испытания касательно характеристик прочности, так как материалы содержат крупные частицы в значительном объеме.

Должны быть проведены испытания со следующим приоритетом:

- Испытания на сопротивление холоду,
- Испытания на уплотнение,
- Испытания на трёхосное сжатие / крупные мешалки.

3.3.2.4 *Материалы каменной отсыпки*

Гранулометрическая кривая материалов каменной отсыпки определена следующим образом:

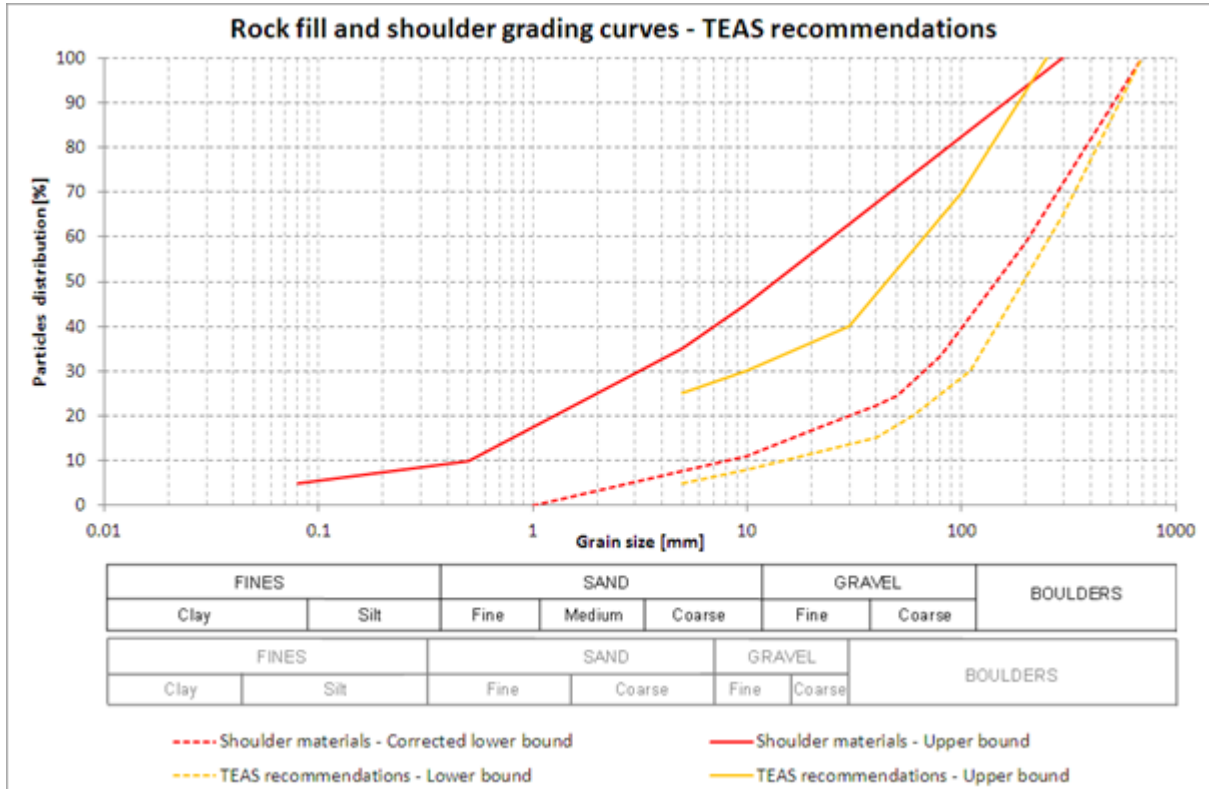


Рисунок 17: Гранулометрические кривые каменной отсыпки и боковой призмы

Функцией каменной отсыпки является стабилизация структуры плотины, но так же она должна позволять уровню водохранилища изменяться (увеличиваться и уменьшаться) без сохранения высокого порового давления. Для этой особенности, должна быть принята проницаемость этого материала. Ограничение минимального размера материала равно 5 мм, что соответствует этой цели.

ICOLD – CIGB (ICOLD - CIGB , 1993) рекомендует для каменной отсыпки ограничить мелкие частицы и полностью избегать самых мелких частиц. Максимально рекомендованное содержание песка равно от 30% до 35%, что соответствует текущей гранулометрической кривой.

Материал из скальной породы используется в строительстве Рогунского проекта в качестве материала призмы для верховой и низовой стороны плотины, а также материала отсыпки для верхних частей боковых призм и каменной пригрузки защиты склона. Испытания, проведенные до сегодняшнего дня, по материалам из карьера №26 позволяют получить предварительную оценку качества скальной породы, но крайне рекомендуется провести в следующих фазах исследований по Рогунскому проекту серию испытаний, чтобы более точно определить следующие свойства:

- Сопротивление сжатию,

- Водопоглощение,
- Сопротивление холоду и воде,
- Сопротивление сдвигу /сопротивление на сжатие.

3.3.2.5 Материалы каменной пригрузки

Определение каменной пригрузки проходит по особой процедуре проектирования. Верховая насыпь плотины подвергается агрессивным динамическим эффектам волны, а также замерзанию и эффектам льда. Каменная пригрузка является защитным слоем из крупного каменного материала, спроектированного для сопротивления климатическим влияниям. Размеры материала каменной пригрузки зависят от высоты волн на створе и протяжении области образования волн.

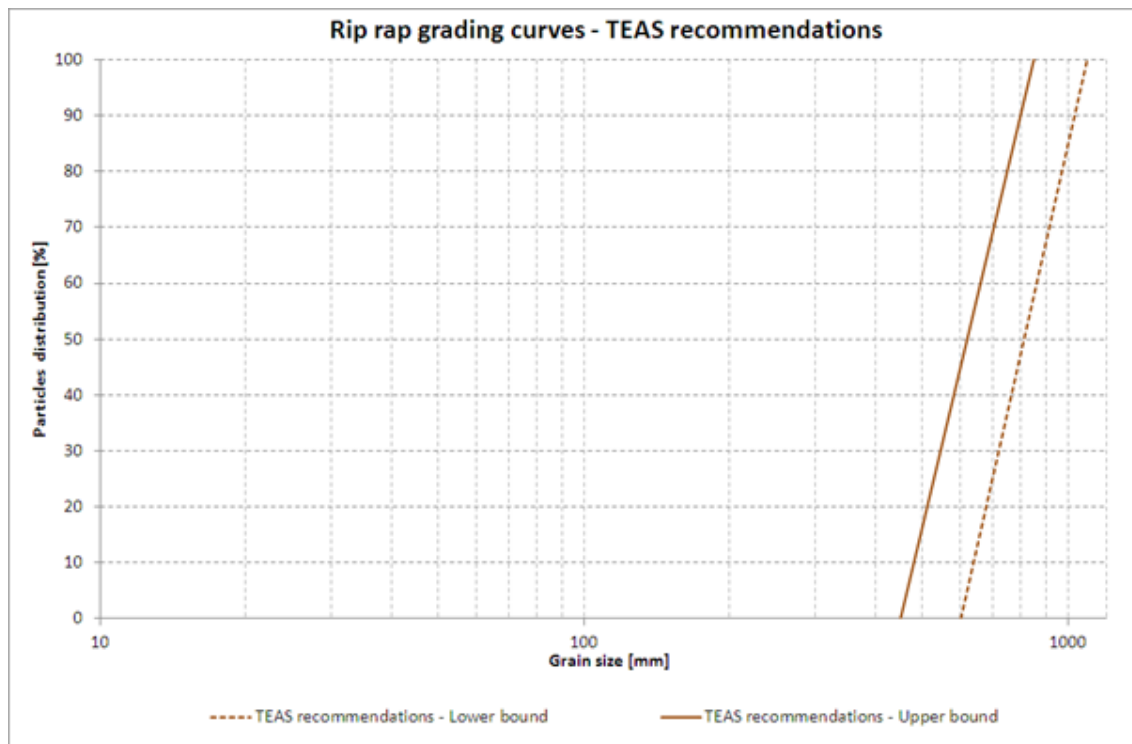


Рисунок 18: Гранулометрические кривые каменной пригрузки

4 ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Объемы необходимые для плотины доступны в карьерах и связанных с ними кавальерах и складах. В приоритетном порядке материалы фильтров должны использоваться из складов, уже доступных после извлечения из карьера Лабидора. Однако запасов в этом кавальере недостаточно, и недостающие объемы должны быть извлечены из карьера №15 и обработаны для соответствия спецификациям фильтров.

Особое внимание должно быть уделено своевременной выемке материалов из карьера №15, так как этот карьер будет затоплен на ранних этапах строительства.

Необходимое количество заполнителей бетона покрывается излишним материалом из карьера №15, который представляет крупный гранулометрический состав, адаптированный для целей заполнителей бетона и при помощи специальной обработки и выбора подходящих материалов.

Касательно материалов ядра, ожидается всесторонний анализ влияния содержания мелкозернистого материала на водонепроницаемость, чтобы поправить требуемое содержание мелкозернистого материала, и адаптировать необходимые процессы для соответствия этим спецификациям. Основываясь на своем опыте, консорциум по ИТЭО принял консервативный подход для этого исследования.

Поэтому в оценке затрат было заложено, что будет проводиться перемешивание материалов карьера №17 с мелкозернистым материалом, чтобы повысить содержание мелкозема, а так же всего материала для ядра плотины.

Также содержание влажности карьера №17 требует снижения, и контроль влажности необходимо учесть в оценке затрат, путем рассмотрения специальных условий хранения.

Крайне рекомендуется соблюдение международных стандартов для испытаний и спецификаций для понимания и облегчения международных тендерных торгов. В любом случае российские стандарты не ставятся под сомнение, но в случае международного тендера для строительства Рогунского проекта, международные стандарты помогли бы пониманию международных подрядчиков, особенно для расчета стоимости и рисков во время тендерных предложений.

Исследования по строительным материалам и связанные с ними другие исследования выявили необходимость всесторонней серии испытаний всех материалов в лабораторных условиях и в условиях стройплощадки, на следующем этапе проектирования. Наилучшим моментом для проведения этих испытаний является момент перед проведением тендера, по вышеперечисленным причинам. Затраты на такую серию испытаний достаточно малы по сравнению с общей стоимостью проекта, и могут представлять очень положительный вклад для дальнейших этапов предлагаемого Рогунского проекта.

ГЛАВА 3.3 - ПРИЛОЖЕНИЕ 2 – ОТЧЕТ ПО УСТОЙЧИВОСТИ НАСЫПНОЙ ПЛОТИНЫ

1 ВВЕДЕНИЕ

Данная глава рассматривает техническую оценку устойчивости Рогунской плотины. Он включает краткий обзор документов, выпущенных ИГП по устойчивости плотины в 2009 году и предоставленных консультанту заказчиком. Он также содержит собственную оценку консультанта по устойчивости плотины. Следует отметить, что консультант решил провести анализ устойчивости на том же поперечном сечении, которое использовалось в расчетах ИГП, что соответствует самому высокому варианту плотины (НПУ 1290 м.н.у.м.).

Основной целью данного исследования является понимание поведения плотины во время землетрясения для оценки смещения, которое, скорее всего, возникнет во время чрезвычайного сейсмического явления. Это было проведено для самого высокого варианта, предложенного ИГП и на разных поперечных сечениях с разными высотами.

Результаты этой оценки были использованы для получения собственного поперечного сечения консультанта для трех разных вариантов плотины.

Когда будет выбран наиболее подходящий тоннель, рекомендуется провести дальнейший анализ, с учетом всех особенностей плотины.

2 ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ИГП

В общем, обзор доступных для Консультанта документов показал, что многие элементы анализа ИГП, особенно динамические свойства материала являются неясными.

Тем не менее, следует отметить, что:

- Анализ устойчивости при статическом равновесии показал, что гарантируется устойчивость плотины в статических условиях;

- Результаты статического анализа с двухмерной моделью конечных элементов являются неясными, но проверочные расчеты, сделанные консультантом, показали приемлемые результаты;
- Уровень сейсмической нагрузки, рассматриваемый ИГП (ПУГ = 0.55g) меньше, чем рекомендуется Консультантом (ПУГ = 0.71 g).

Все вышеуказанное привело к проведению консультантом собственной независимой оценки устойчивости плотины.

3 СТАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ, ПРОВЕДЕННЫЙ КОНСУЛЬТАНТОМ

3.1 Геометрия

Геометрией, использованной в статическом анализе устойчивости, является несколько поперечных сечений проектного исследования ИГП в их расчетах 2009 года. Стандартное поперечное сечение представлено на следующем рисунке.

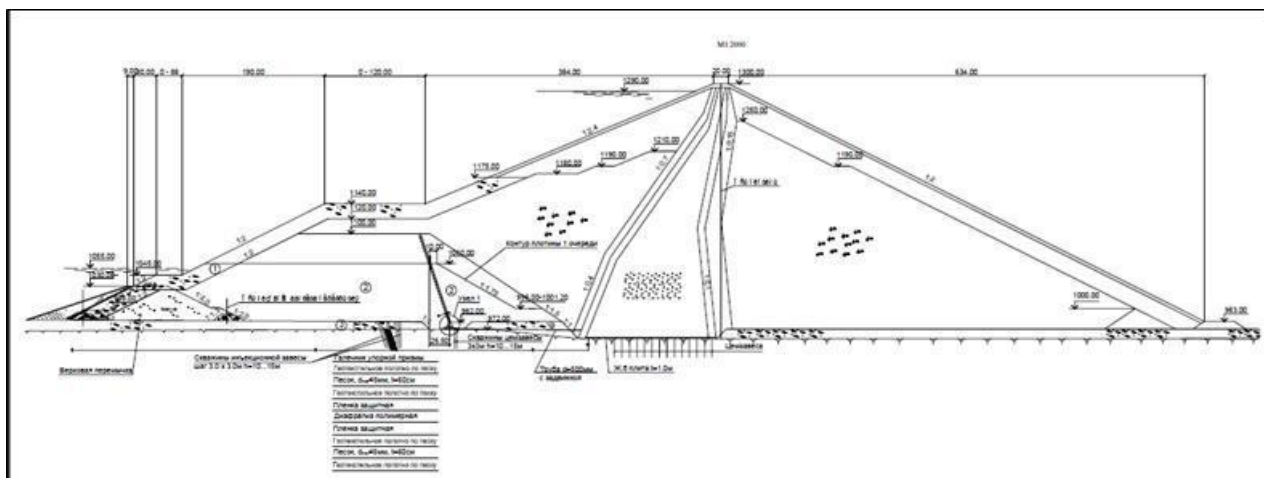


Рисунок 19: Расчет поперечного сечения (Трехмерное моделирование устойчивости плотины, Гидропроект, 2009 год)

Так как долина S-образная, стандартное поперечное сечение, представленное на предыдущем рисунке, не является настоящим поперечным сечением. Поэтому было исследовано несколько «настоящих» поперечных сечений. Они отмечены на следующей схеме.

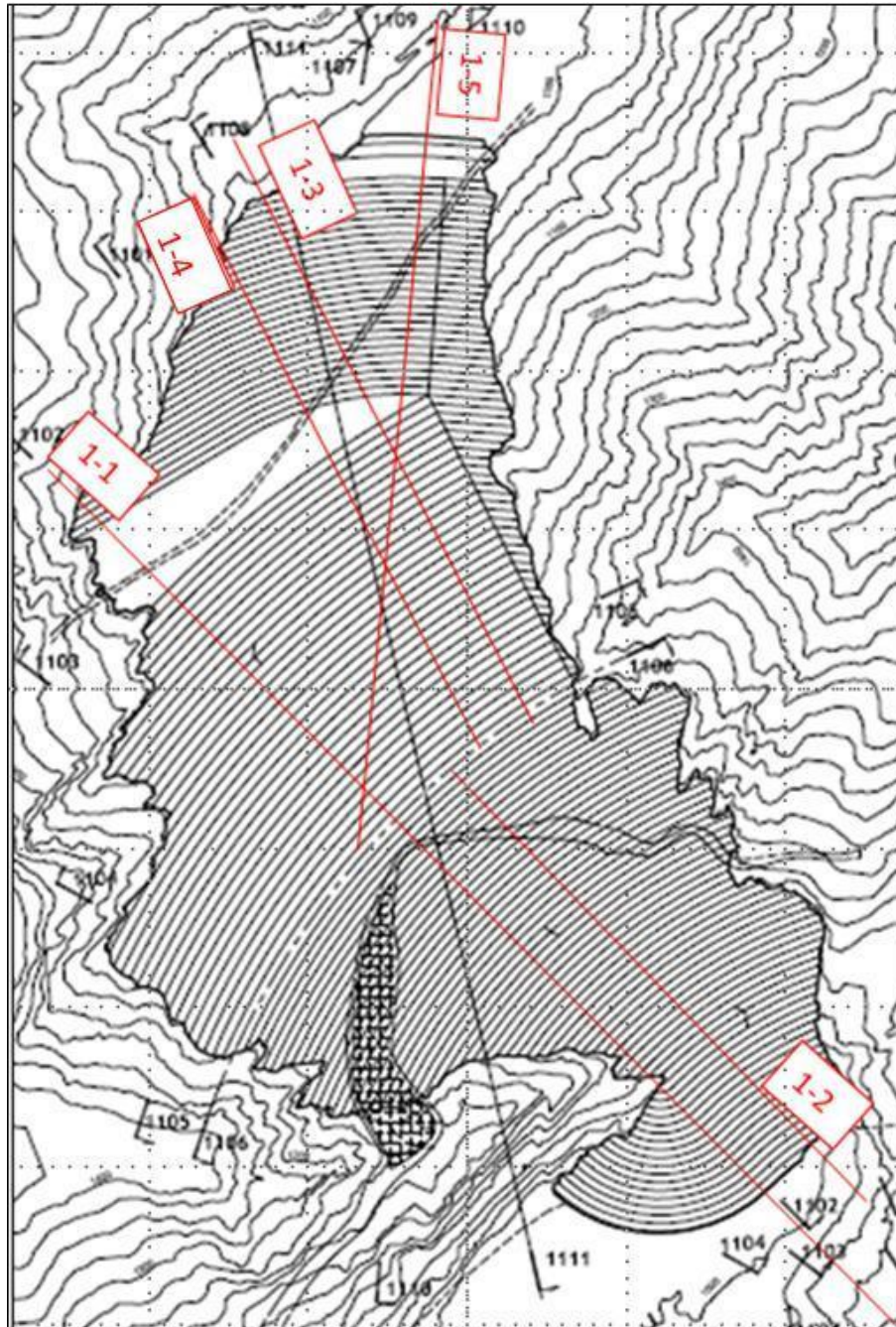


Рисунок 20: Схема поперечных сечений

Поперечное сечение 1-1 было исследовано ИГП. Поперечное сечение 1-2 представляет весь низовой откос: полная высота и полная длина. Поперечные сечения 1-3 и 1-4 являются полными верховыми откосами с двумя разными ширинами для рисбермы. И поперечное сечение 1-5 является нормальным для откоса плотины первой очереди. Он предназначен для оценки коэффициента безопасности откоса

плотины первой очереди, который более жесткий, чем общий верховой откос плотины (1:2 для первой очереди и 1:2.4 для плотины).

3.2 Результаты

В следующей таблице приведены минимальные коэффициенты безопасности, вычисленные для всех проведенных расчетов: все условия нагрузки и все поперечные сечения. Знак – означает, что этот расчет недоступен, так как эти условия нагрузки на данном поперечном сечении не имеют значения.

	Условия нагрузки	Откос	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	Результаты ИГП
1	Конец строительства	Верховой	2.37	-	2.26	2.39	2.00	-
		Низовой	1.87	1.85	-	-	-	-
2	Нормальные условия – уровень на отм. НПУ	Верховой	2.54	-	2.37	2.49	1.94	2.06
		Низовой	1.87	1.84	-	-	-	1.64
3	Нормальные условия уровня воды на минимальном эксп. уровне (МЭУ)	Верховой	2.16	-	2.12	2.15	2.18	-
4	Быстрое снижение с НПУ до МЭУ	Верховой	2.08	-	2.02	2.14		-

Таблица 35: Статический анализ – результаты

Для всех условий нагрузок были учтены статические критерии проектирования. Результаты ИГП ниже, что может быть объяснено другим методом расчетов: Феллениус против Моргенштерн-Прайса.

4 СЕЙСМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

4.1 Критерии проектирования

Было исследовано динамическое поведение плотины в случае экстремальной сейсмической нагрузки (МРЗ, максимальное расчетное землетрясение) и оценены сдвиги. Вертикальные просадки гребня были учтены при проектировании надводного борта: просадка, которая скорее всего произойдет при землетрясении, будет ниже, чем доступный надводный борт между уровнем водохранилища и гребня плотины.

Горизонтальные смещения должны быть приемлемыми для фильтров: их ширина должна быть больше, чем горизонтальные смещения во время МРЗ. Сдвиги, вычисленные в этом исследовании, будут определять ширину фильтров.

4.2 Геометрия

Были выбраны следующие поперечные сечения для исследования в сейсмическом анализе:

- Поперечное сечение 2-1 является сечением вдоль речного русла;
- Поперечное сечение 2-2 является «настоящим» сечением вдоль правого берега;
- Поперечное сечение 2-3 является «настоящим» сечением вдоль левого берега.

Вид сверху этих сечений представлен ниже. Следует отметить, что сечение 2-1 представляет максимальную площадь сечения плотины. Два других являются «настоящими» сечениями на каждом берегу.

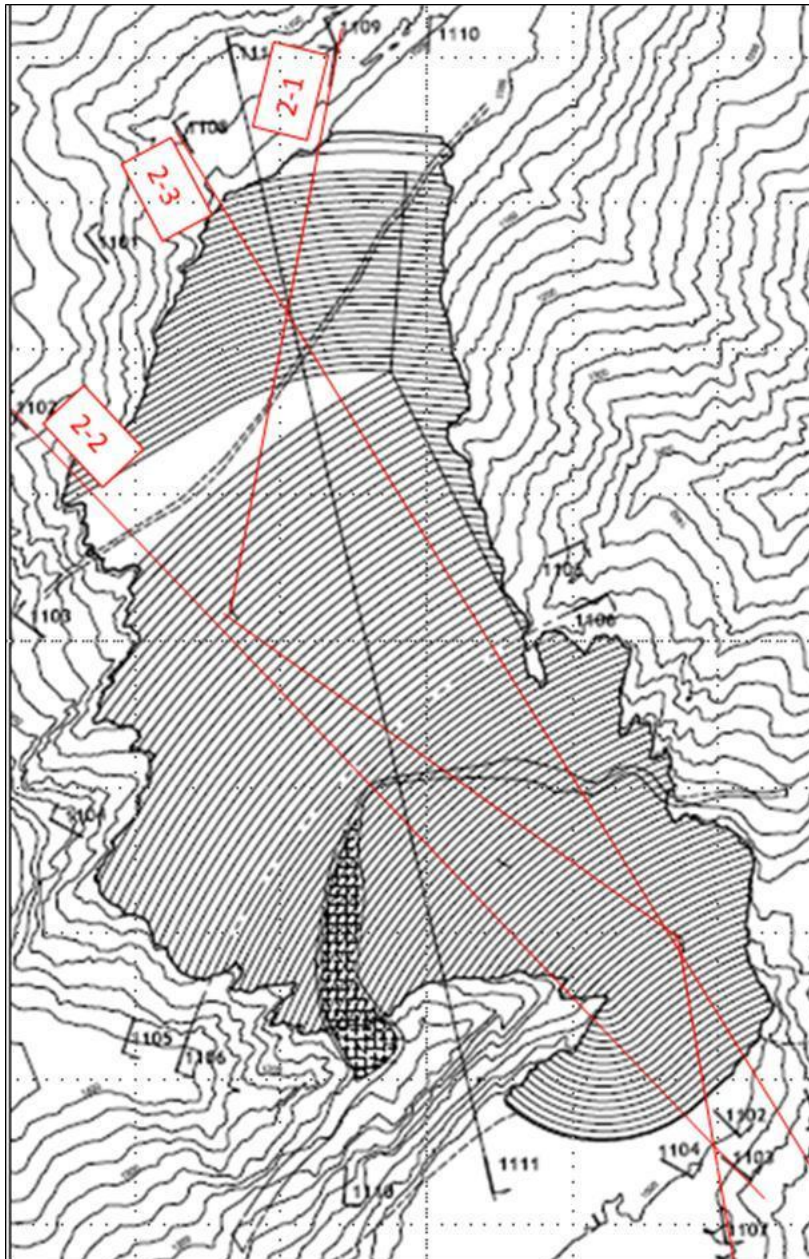


Рисунок 21: Поперечные сечения для динамического анализа – вид сверху

4.3 Характеристики расчетного землетрясения

Как указывается в критериях проектирования, был проведен анализ устойчивости во время сейсмической нагрузки МРЗ (максимальное расчетное землетрясение).

Пиковое ускорение грунта для землетрясения представлено на следующей таблице.

Землетрясение	ПУГ
МРЗ	0.71g

Таблица 36: Расчетное землетрясение ПУГ

На рисунке ниже представлены спектральные характеристики ускорения пяти акселерограмм, использованных для представления входных данных почвы. Можно заметить, что диапазон фундаментального периода равен 0.1-0.5 сек.

Спектральной характеристикой, использованной в качестве сигнала возбуждения в расчете, является спектра 1 (черная линия).

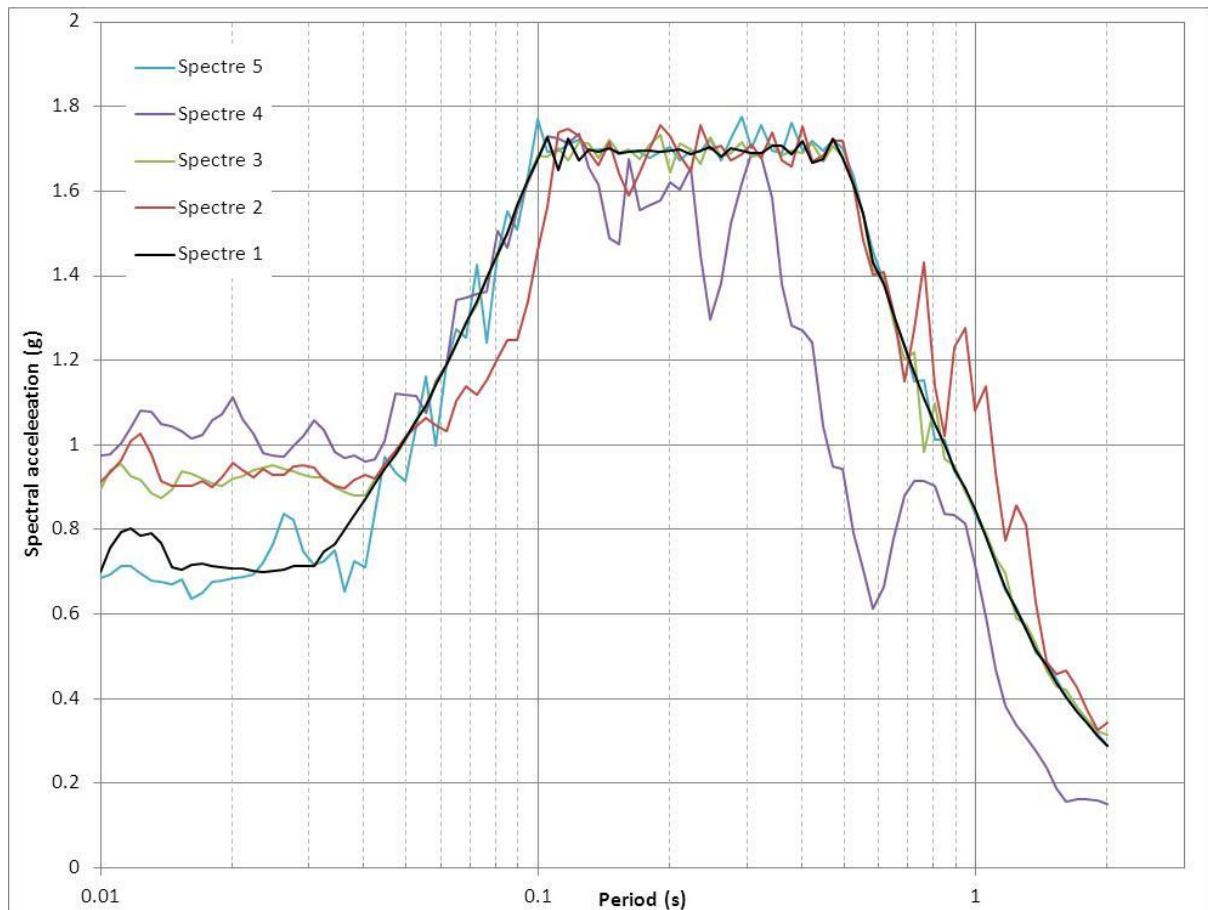


Рисунок 22: Распределение спектрального ускорения МРЗ (величина затухания 5%)

4.4 Параметры динамической деформации

Анализ сейсмической реакции был проведен с предположением упруговязкой напряженно-деформационного поведения материалов. Дополнительно, эквивалентный линейный подход итерационно рассчитывает модули упругости и величину затухания материала, пока они совместимы с вычисленными деформациями при сдвиге.

В консервативном подходе, величина затухания и функция снижения величины затухания определяются при помощи функций Ишибаши и Занг (1993 г.).

4.5 Динамическое поведение плотины

4.5.1 Динамическое эластичное поведение без водохранилища

В качестве первого упрощенного подхода, оцениваются фундаментальные частоты тела плотины (сечение 2-1, 2-2 и 2-3) используя алгоритм по методу конечных элементов при помощи программного обеспечения MIDAS и предполагая эластичное линейное поведение материала без водохранилища.

Первые 30 собственных частот были рассчитаны, чтобы гарантировать, что мобилизовано как минимум 90% от общей массы.

Следующие таблицы суммируют основные собственные частоты и общую мобилизованную массу.

Чтобы учитывать изменения модуля, как функции от напряжения, создаваемого горным давлением, тело плотины разделено на различные зоны, в соответствии с их средним напряжением, создаваемым горным давлением.

Анализ собственных значений				Участие модальной массы (%)	
Режим №	Частота	Частота	Период	Горизонтально - X	Вертикально - Y
	(рад/сек)	(цикл/сек)	(сек)	масса (%)	масса (%)
1	5.16	0.82	1.22	58.93	0.03
2	7.64	1.22	0.82	0.01	26.31
5	10.37	1.65	0.61	15.94	0
6	11.73	1.87	0.54	0.02	16.56

Таблица 37: Основные собственные частоты сечения 2-1

Анализ собственных значений				Участие модальной массы (%)	
Режим №	Частота	Частота	Период	Горизонтально - X	Вертикально - Y
	(рад/сек)	(цикл/сек)	(сек)	масса (%)	масса (%)
1	5.79	0.92	1.09	59.58	0.04
2	8.14	1.30	0.77	0.15	36.66
5	12.12	1.93	0.52	10.24	2.4
6	12.82	2.04	0.49	1.28	17.89

Таблица 38: Основные собственные частоты сечения 2-2

Анализ собственных значений				Участие модальной массы (%)	
Режим №	Частота	Частота	Период	Горизонтально - X	Вертикально - Y
	(рад/сек)	(цикл/сек)	(сек)	масса (%)	масса (%)
1	8.01	1.27	0.78	36.19	0.15
2	11.20	1.78	0.56	0.03	15.22
3	12.50	1.99	0.50	24.15	0.33
8	17.49	2.78	0.36	0.31	17.06
10	18.20	2.90	0.35	3.52	13.65

Таблица 39: Основные собственные частоты сечения 2-3

Первый собственный период сечения 2-1 равен 1.22 сек., 1.09 сек. для сечения 2-2 и 0.78 сек. для сечения 2-3.

Первый собственный период плотины находится вне увеличенного сейсмического диапазона. Тем не менее, третий период и следующие становятся ближе.

4.5.2 Эквивалентный расчет по линейной модели

Линейный эквивалентный анализ вычисляет динамический отклик плотины на землетрясение. Это временное, эквивалентное линейное, двумерное вычисление конечных элементов, произведенное при помощи программного обеспечения Quake.

Модель Quake построена с геометрией сетке и поле статического напряжения, получаемые при помощи расчета напряжений. Применяется эффективное напряжение для оценки максимального модуля сдвига (G_{max}).

Этот анализ учитывает упругий отклик, а также смягчение прочностных характеристики грунта при напряжении, но он не рассматривает пластичное поведение материала. Окончательные деформации оцениваются после, при помощи метода Ньюмарка.

Было исследовано три сечения, представленных ранее (2-1, 2-2, 2-3), с водохранилищем на уровне НПУ. Сечение 2-1 также было исследовано с пустым водохранилищем.

4.5.2.1 Период собственных колебаний

Период собственных колебаний тела плотины на сечениях 2-1, 2-2 и 2-3 оцениваются при помощи эквивалентного линейного программного обеспечения «Quake», путем вычисления горизонтальной частотной характеристики плотины, точки, расположенной на гребне плотины.

Горизонтальная частотная характеристика плотины рассчитывается как коэффициент между быстрым преобразованием Фурье отклика гребня в колебания грунта МРЗ.

Следует отметить, что нелинейное или эквивалентное линейному поведение материала, основные частоты зависят от магнитуды колебания грунта. И на самом деле амплитуда землетрясения снижает жесткость при сдвиге материала, как следствие вычисленная основная частота должна быть меньше, чем та, что вычисляется при помощи упруго-линейного вычисления.

Следует отметить, что в этом вычислении нужно учитывать эффект водохранилища.

Первые фундаментальные частоты приведены в следующей таблице.

Как ожидается первые фундаментальные частоты немного ниже (периоды немного выше), чем те, что вычислены по расчету упругого деформирования.

Сечения 2-2 и сечение 2-1 имеют очень близкий период собственного колебания и приращения сейсмической активности, естественно высота плотины под гребнем является одинаковой на этих двух сечениях. Период собственных колебаний сечения 2-3 ниже, чем ожидается, так как его высота гораздо ниже, чем два других сечения.

Период собственных колебаний сечения 2-3 ближе к высокому диапазону периода приращения сейсмической активности МРЗ, чем два других.

	Сечение 2-1	Сечение 2-2	Сечение 2-3
Первая частота собственных колебаний (Гц)	0.70	0.77	1.14
Первый период собственных колебаний (с)	1.44	1.30	0.87

Таблица 40: Эквивалентные линейные результаты – Частота собственных колебаний плотины

4.5.2.2 Анализ сейсмической реакции

Ниже представлены результаты в рамках пикового горизонтального ускорения, эффективного пикового сдвигового напряжения и относительных смещений.

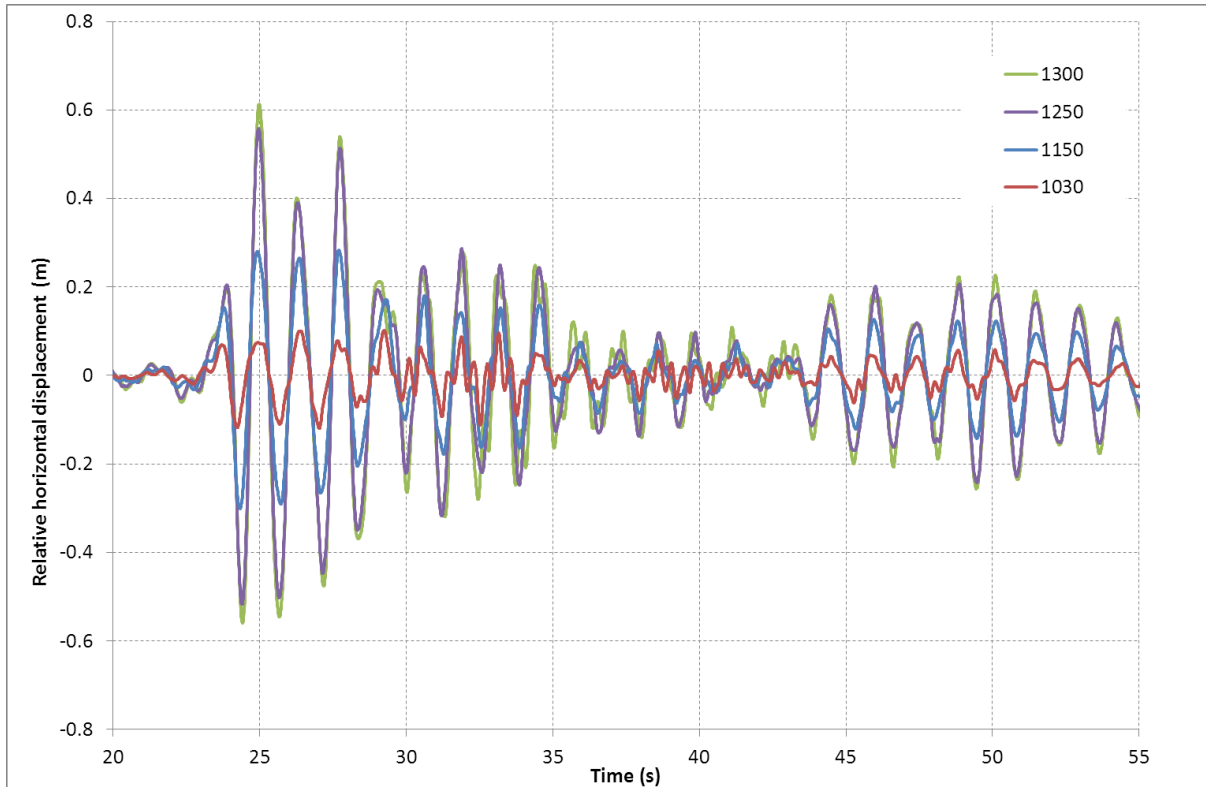


Рисунок 23: Сечение 2-1, относительное смещение на различных отметках

Этот рисунок показывает временной период относительных смещений плотины, благодаря нескольким точкам, расположенным на различных отметках центральной линии тела плотины. Можно четко заметить, что пик находится на гребне в период, соотносящийся с первым основным периодом, вычисленным ранее.

Могут быть сделаны следующие комментарии по представленным результатам:

- Пиковое горизонтальное ускорение на гребне варьируется от 2.5 g для сечения 2-3 до 3.76 g для сечения 2-2.
- Крупная рисберма над плотиной первой очереди также является зоной максимального пикового ускорения. Там, пиковое ускорение варьируется от 3.3 до 4.3g в зависимости от сечения.
- Контурные линии пикового горизонтального ускорения следуют верховым и низовым откосам плотины, и очень быстро снижаются в пределах плотины.
- В конце, низовая подошва сечения 2-2 представляет важное горизонтальное ускорение: до 3.7g.
- В трех сечениях максимальная пиковая эффективная деформация при сдвиге расположена на 50 м ниже гребня и варьируется от 0.006 в сечении 2-3 до 0.0086 в сечении 2-2.

Анализ сейсмической реакции показывает, что наибольшая деформация и наибольшее гребневое ускорение происходит в сечение 2-2.

Контур пикового горизонтального ускорения показывает, где самые высокие значения: на гребне плотины и крупной рисберме над плотиной первой очереди. Кривая скольжения, исследованная в анализе Ньюмарка должна пересекать эти зоны высокого ускорения для нахождения наиболее критического постоянного смещения.

4.6 Оценка постоянных смещений

Было использовано три метода для оценки невозвратной деформации плотины: эмпирический метод Швайсгуда, аналитические методы Макдиси и Сид и Ньюмарка. Следующие таблицы сравнивают значения, найденные для вертикального смещения (просадка) и горизонтальных смещений.

Метод	Сечение	Вычисленная просадка (м)
Швайсгуд	-	4.2
Макдиси и Сид	2-1	5.7
	2-2	6.1
	2-3	1.5
Ньюмарк	2-1	5.3
	2-2	4.2
	2-3	6.0

Таблица 41: Результаты сейсмического анализа – просадка

Различные примененные методы дают ожидаемые результаты в рамках просадки гребня: от 1.5 до 6.1 м, со средним значением 4.7 м.

Метод	Сечение	Вычисленное постоянное горизонтальное смещение, (м)
Швайсгуд	-	-
Макдиси и Сид	2-1	8.0
	2-2	8.6
	2-3	2.2
Ньюмарк	2-1	9.0
	2-2	7.8
	2-3	9.1

Таблица 42: Результаты сейсмического анализа – горизонтальные постоянные смещения

Различные примененные методы дают ожидаемые результаты в рамках горизонтальных постоянных смещений: от 2.2 до 9.1 м, со средним значением 7.5м. Одно значение гораздо ниже, чем другие: раздел 2-3 по методу Макдиси и Сида. Различные сечения дают сравнимые результаты.

Эти значения постоянных смещений являются важными, но они согласуются с беспрецедентным размером плотины: они представляют от 0.5 до 2.7% от высоты плотины. Это следует напомнить для МРЗ, повреждения могут быть приняты, пока не произойдет неконтролируемый пропуск воды.

Поэтому:

- Диапазон просадки для МРЗ приемлем, если есть хотя бы 6 м надводного борта.
- Диапазон горизонтальных смещений для МРЗ приемлем, учитывая, что фильтры должны быть толщиной как минимум 10 м.

После таких мощных сейсмических явлений запланированы ремонтные работы.

5 АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ПЕРВОЙ ОЧЕРЕДИ

5.1 Геометрия

Что касается финальной плотины, геометрия плотины первой очереди рассматривается в том виде, как она предлагается ИГП.

Действительно, геометрия и особенно склоны плотины первой очереди подвержены топографическим ограничениям и ограничениям створа. Эти ограничения подробно описаны в отчете по проекту плотины: основание ядра финальной плотины, водоприемники строительных тоннелей и Йонахшский разлом.

Этот параграф в основном нацелен на проверку того, что низовой откос 2.7H/1V и верховой откос 2H/1V соответствуют критериям проектирования. Он также предназначен для проверки устойчивости клинообразной водонепроницаемой мембраны (которая заменена на битумное ядро в проекте консультанта).

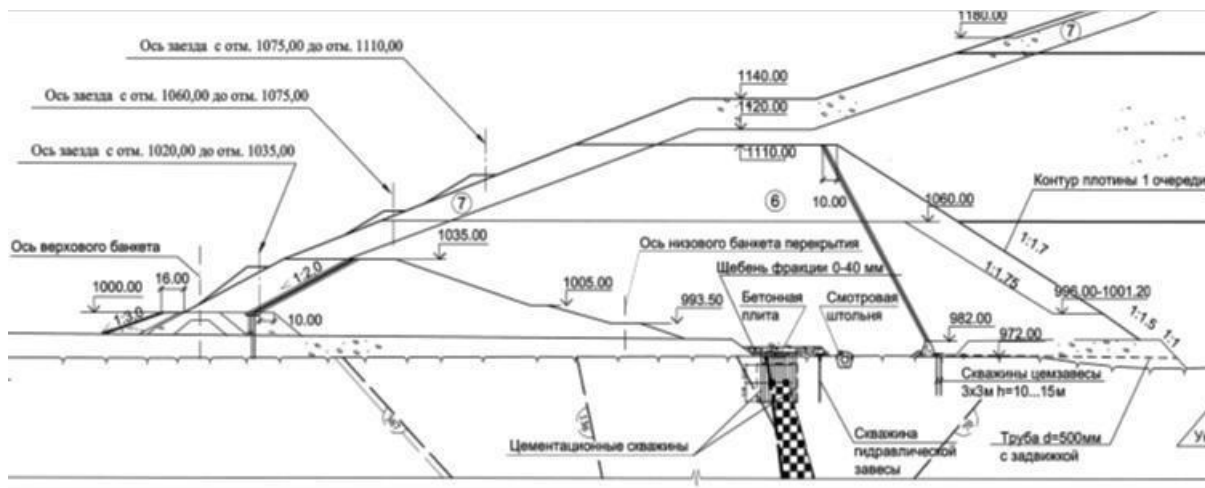


Рисунок 24: Геометрия плотины 1 очереди

5.2 Свойства материалов

Плотина первой очереди сделана из такого же гравийного материала, что и плотина финальной конфигурации.

Угол трения основания плотины рассматривается как самый низкий из углов трения материалов плотины и внутренних углов трения основания, т.е. 39° под гравийной призмой.

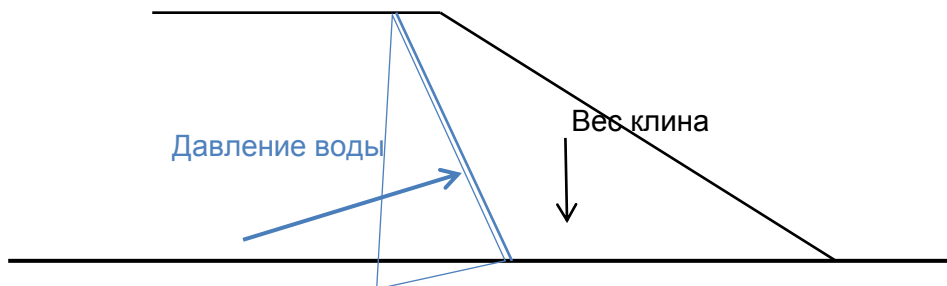
5.3 Метод вычислений

Так как это этап строительства, устойчивость первой очереди проверяется двухмерным анализом устойчивости склона.

	Условие нагрузки	Минимальный коэффициент безопасности
1	Конец строительства	1.3
2	Нормальные условия – уровень воды на НПУ	1.5

Таблица 43: Критерии проектирования для плотины первой очереди

Клин, сформированный водонепроницаемой мембраной, толкается давлением воды, воздействуя на мембрану, и мобилизуется трение на горизонтальной поверхности. Рассматривая этот клин как неподвижный, оценивается устойчивость клина, и равновесие силы показано на следующем рисунке.



Что касается сейсмического события, МРЗ, определенный ранее, адаптирован к отдельному проекту. Здесь плотина первой очереди является строительным этапом, который длится менее 10 лет. Было использовано два подхода для оценки чувствительности плотины первой очереди к землетрясениям:

- Оценка безвозвратной деформации при помощи формулы Швайсгуда;
- Исследование максимального горизонтального ускорения, которое все еще меньше коэффициента безопасности 1.

5.4 Результаты

Критические коэффициенты безопасности для каждого варианта нагрузки представлены в следующей таблице.

	Условия нагрузки	Откос	Результаты ИТЭО	Результаты ИГП
1	Конец строительства	Верховой	2.09	-
		Низовой	1.72	-
2	Нормальные условия – уровень воды на НПУ	Верховой	2.20	-
		Низовой	1.70	1.56
		Клин	2.53	-

Таблица 44: Анализ устойчивости плотины первой очереди - результаты

Следующие рисунки показывают поверхность критического скольжения для каждого поперечного сечения и условий нагрузок.

Упругая деформация, вызванная землетрясением, оценивается по формуле Швайсгуда и представлена в следующей таблице.

Землетрясение	МРЗ
Просадка гребня из-за землетрясения (Швайсгуд) (м)	1.10

Таблица 45: Просадка плотины 1 очереди во время землетрясения – формула Швайсгуда

5.5 Выводы об устойчивости плотины 1 очереди

Верховые и низовые откосы плотины 1 очереди достаточны для обеспечения устойчивости этого этапа строительства.

Така как перемычка имеет такой же материал и верховой откос, более мягкий низовой откос и более низкую высоту, чем конфигурация плотины первой очереди, можно сказать, что устойчивость перемычки также обеспечивается.

6 ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Этот отчет включает краткий обзор существующей документации, предоставленной заказчиком консультанту, относительно анализа устойчивости, проведенного ИГП. Из вычисленного поперечного сечения, использованного ИГП, консультант провел свою собственную оценку, на основании которой было определено типовое поперечное сечение для самого высокого варианта.

Устойчивость Рогунской плотины управляется сейсмической нагрузкой.

Во время МВЗ (максимальное возможное землетрясение) произойдут крупные необратимые смещения: просадка гребня и горизонтальное поперечное смещение. Поэтому, анализ проведенный консультантом предназначен в основном для оценки смещений, которые, скорее всего, произойдут во время чрезвычайно мощного землетрясения (МВЗ).

Исследование показывает, что диапазон смещений равен 2-9 м горизонтально и 1.5-6 м вертикально.

Анализ также показывает, что во время землетрясения, для всех сечений, верхние 50 м плотины являются наиболее критичными в плане ускорения и деформации сдвига.

Основываясь на этих результатах, консультант считает, что необходимы следующие проектные характеристики:

- Склоны плотины должны оставаться такими же, как были спроектированы ИГП: 2Н/1V низовая и 2.4Н/1V верховая над уровнем крупной бермы и 2Н/1V под ней. Действительно, эти склоны были признаны достаточными для обеспечения устойчивости плотины.
- Учитывая диапазон обнаруженных смещений, толщина фильтров и переходных участков должна быть как минимум 10 м, для обеспечения целостности, даже в случае мощного землетрясения.
- Для предотвращения перелива плотины, сухой надводный борт должен быть как минимум 6 м, чтобы принять просадку, которая, скорее всего, произойдет во время мощного землетрясения.
- Особое внимание должно быть уделено верхней части плотины (верхние 50 м): для ограничения сдвига массы, консультант предпочитает укладывать материал, такой как каменная отсыпка, которая имеет более высокий угол трения, чем аллювий.

Были исследованы три различные поперечные сечения: одно в русле реки, одно на правом берегу и одно на левом берегу. Соответствующая высота плотины варьируется от 160 м до 335 м. Это позволяет исследовать чувствительность результатов по отношению к высоте плотины. Можно заметить, что даже если динамическое поведение немного отличается в зависимости от высоты плотины, общее смещение находится в одинаковом диапазоне величины.

Поэтому было рассмотрено, что для цели сравнения вариантов, одинаковые выводы и рекомендации будут применяться ко всем трем вариантам плотины и использоваться для получения соответствующего стандартного поперечного сечения плотины.

Учитывая что вышеперечисленные проектные характеристики вводятся в различные варианты плотин, безопасность Рогунской плотины подтверждается при статических и сейсмических условиях.

Дополнительные проектные меры, такие как усиливающие устройства, не так необходимы на данном этапе. Однако на дальнейших этапах развития проекта, с результатами трехмерного анализа сейсмического поведения, такие специальные характеристики должны быть снова проанализированы. Следует отметить, что такое

усиление не было окончательно сохранено ИГП для Рогуна, после результатов более детальных расчетов.

Должны быть проведены дальнейшие исследования и оптимизация на более поздних этапах для точного определения поведения плотины при различных нагрузках, с учетом:

- Трехмерной геометрии плотины, включая S-образную долину и очень крутые берега, которые, как правило создают арочный эффект и передачу нагрузки на берега;
- Эласто-пластичное нелинейное поведение материала при помощи продвинутой циклической модели, такой как модель малой деформации. Следует отметить, что при помощи использования эласто-пластичного нелинейного анализа определяются напрямую смещения, а так же чрезмерное поровое давление, вырабатываемое в ядре во время землетрясения.

ГЛАВА 3.3 - ПРИЛОЖЕНИЕ 3 – ПРОПУСК ПАВОДКОВ ВО ВРЕМЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

1 ВВЕДЕНИЕ

Эта часть отчета второй фазы посвящена пропуску паводков во время строительства Рогунской плотины, как определено консультантом ИТЭО. Во-первых, была оценена схема для пропуска паводков во время строительства, предложенная ИГП, в свете критериев проектирования, выдвинутых консультантом ИТЭО. Это привело к модификациям во всей схеме, которые представлены в этом отчете для трех предложенных вариантов.

2 КРИТЕРИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

2.1 Вводные данные

Этот анализ был проведен основываясь на результатах вероятностного анализа паводков, проведенного в гидрологическом разделе 2.5, в рамках дневных и пиковых расходов для разных возвратных периодов. Учитываемый гидрограф является установленным для ВМП и паводка с 10000-летним возвратным периодом и пропорционально сниженный для более меньших паводков.

Были собраны и проанализированы разные измерения расхода / уровня воды на специальных гидропостах для получения кривой расходов, использованных в определении отметок перемычек.

2.2 Предварительный отбор строительных паводков

Согласно обычной практике, анализ строительных паводков был проведен путем отбора из большого диапазона приемлемой вероятности превышения и возвратных периодов для выбора для определенного периода воздействия, от которого сооружение должно быть защищено соответствующим расходом. Это отражено в следующих суммирующих таблицах, использованных для соответствующего принятия решения среди предварительно выбранных значений (обведены в таблице):

Design Discharge for Flood Management during Construction
as a function of Probability of Failure and Period of Exposure

Probability of exceedance	Period of exposure – FSL= 1290 masl					
	CD: 1 years		S1: 4 years		MD: 6 years	
	MPR (yr)	Daily discharge	MPR (yr)	Daily discharge	MPR (yr)	Daily discharge
1/500	500	4 500	2000	5 000	3000	5 200
1/200	200	4 100	800	4 700	1200	4 800
1/100	100	3 850	400	4 400	600	4 550
1/50	50	3 550	200	4 100	300	4 300
1/20	20	3 200	80	3 750	120	3 900
1/10	10	2 900	40	3 450	60	3 600

MPR : Mean Period of Return.
CD : cofferdam; S1 : Stage-1 dam; MD: remaining of the main dam

Таблица 46: Расчетные паводки. Диапазоны, которые нужно исследовать (НПУ=1290 м.н.у.м.)

Design Discharge for Flood Management during Construction
as a function of Probability of Failure and Period of Exposure

Probability of exceedance	Period of exposure – FSL= 1255 masl					
	CD: 1 years		S1: 3 years		MD: 5 years	
	MPR (yr)	Daily discharge	MPR (yr)	Daily discharge	MPR (yr)	Daily discharge
1/500	500	4 500	1500	4 900	2500	5 100
1/200	200	4 100	600	4 550	1000	4 750
1/100	100	3 850	300	4 300	500	4 500
1/50	50	3 550	150	4 000	250	4 200
1/20	20	3 200	60	3 600	100	3 850
1/10	10	2 900	30	3 350	50	3 550

MPR : Mean Period of Return.
CD : cofferdam; S1 : Stage-1 dam; MD: remaining of the main dam

Таблица 47: Расчетные паводки. Диапазоны, которые нужно исследовать (НПУ=1255 м.н.у.м.)

Design Discharge for Flood Management during Construction
as a function of Probability of Failure and Period of Exposure

Probability of exceedance	Period of exposure – FSL= 1220 masl					
	CD: 1 years		S1: 2 years		MD: 3 years	
	MPR (yr)	Daily discharge	MPR (yr)	Daily discharge	MPR (yr)	Daily discharge
1/500	500	4 500	1000	4 750	1500	4 900
1/200	200	4 100	400	4 400	600	4 550
1/100	100	3 850	200	4 100	300	4 300
1/50	50	3 550	100	3 850	150	4 000
1/20	20	3 200	40	3 450	60	3 600
1/10	10	2 900	20	3 200	30	3 350

MPR : Mean Period of Return.

CD : cofferdam; S1 : Stage-1 dam; MD: remaining of the main dam

Таблица 48 : Расчетные паводки. Диапазоны, которые нужно исследовать (НПУ=1220 м.н.у.м.)

В последующей фазе анализа, эти диапазоны уровней защиты были исследованы для оценки чувствительности проектов сооружений (и их стоимости) с учетом уровня защиты.

2.3 Пропуск паводков

Пропускная способность турбин не учитывалась в общей пропускной способности системы пропуска паводков.

Для этапа строительства первой очереди и завершения финальной плотины, учитывается ослабление паводка благодаря трансформации водохранилища.

2.4 Конструктивные требования

Пропуск паводков во время строительства обеспечивается тоннелями. Критерии проектирования для этих тоннелей представлены в данном параграфе.

2.4.1 Существующие тоннели (СТ1 и СТ2)

Эти сооружения интенсивно исследовались в отчет по первой фазе, и были выведены следующие рекомендации:

- Материалы, нанесенные после разрушения перемычки и селевого потока с сая Оби-Шур, должны быть убраны до отвода реки. Эта работа была учтена в оценке затрат и общем графике работ проекта.
- Ввиду неотъемлемых конструкционных ограничений этих существующих сооружений, Консультант считает, что использование двух строительных тоннелей в качестве водосбросов должно быть ограничено и по времени, и по напору воды.
- Так как возможно они потребуют серьезные реконструкционные работы, в этом анализе уже рассматривается то, что они будут уменьшены на 30 см вдоль всего их периметра, как запас для реконструкционных работ.
- Эти тоннели должны работать при максимальном напоре 120 м.

2.4.2 Новые тоннели

- Максимальный напор, выдерживаемый в этих новых тоннелях (временных сооружениях) равен 120 м. Это значение может быть превышено на 30 м, т.е. 150 м, в экстремальных условиях, таких как высокий паводок или сейсмическая активность.
- Это ограничение устанавливается, чтобы поддерживать максимальную скорость воды через отверстия затворов, в пределах ограничений, предложенных ниже, для предотвращения кавитации, чрезмерного вовлечения воздуха и явления неустойчивости потока.

2.4.3 Йонахшский разлом

- Косейсмические смещения в Йонахшском разломе могут быть сопоставимы по величине с 1м в случае крупного землетрясения (МРЗ)..
- Никакая вероятность не может быть связана с этим явлением. Но проект должен выдержать его, несмотря на его возникновения: защитное сооружение не должно обрушиться. Это следует рассматривать как экстремальный сценарий.

3 ПРОЕКТА ОТВОДА ИГП

3.1 Описание

Согласно проекту ИГП, с начала отвода реки до завершения финальной плотины, используются 6 разных сооружений для отвода и пропуска паводков:

- Строительный тоннель 1-го яруса (СТ1)
- Строительный тоннель 2-го яруса (СТ2)
- Строительный тоннель 3-го яруса (СТ3)
- Эксплуатационный тоннель 3-го яруса (ЭТ3)
- Глубинный водосброс
- Эксплуатационный шахтный водосброс (ЭШВ). Глубинный водосброс и эксплуатационный шахтный водосброс делят один низовой тоннель и выходной портал.

Следующий рисунок представляет местоположение и отметки водоприемников для различных строительных и водосбросных сооружений. Следующая таблица представляет их основные характеристики.

	Тип и размер	Отметка порога
СТ1	Напорный тоннель, D-образный, 95.55 м ²	989.60
СТ 2	Напорный тоннель, D-образный, 95.55 м ²	1001.80
СТ 3	Напорный тоннель, круговой Ø15 м	1035
ЭТ3	Напорный тоннель, круговой Ø15 м	1145
Глубинный водосброс	Напорный тоннель, круговой Ø11 м	1145
ЭШВ	Водослив с затворами, L=40 м	1288

Таблица 49: Основные характеристики тоннелей отвода ИГП

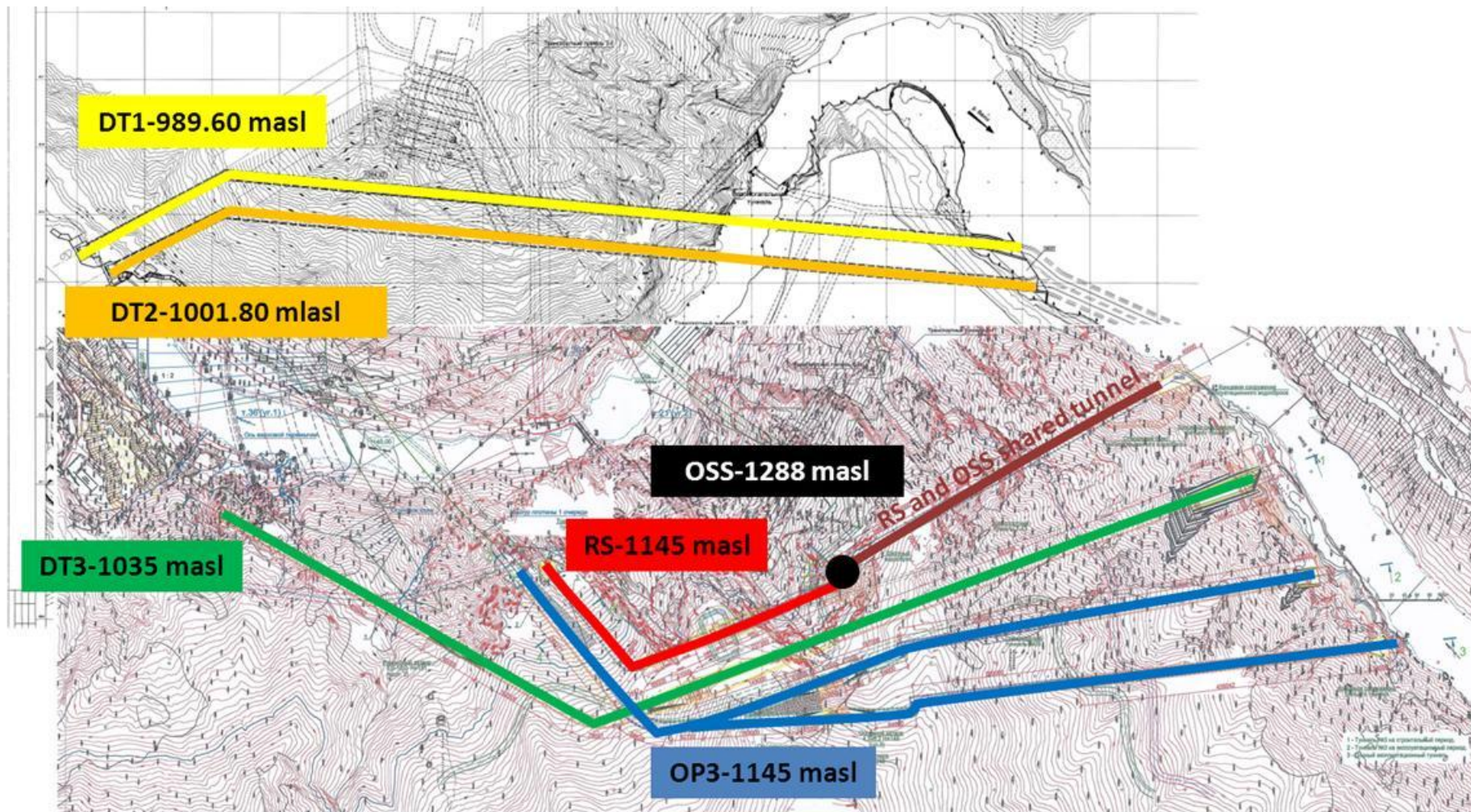


Рисунок 25: Общий вид – Водоотводные и водосбросные сооружения – Схема ИГП

3.2 Оценка

Согласно критериям консультанта, несколько вещей не являются абсолютно безопасными:

- Кровень защиты перемычки недостаточен (около 7 лет);
- Напор воды, при котором все сооружения (временные или окончательные) должны будут работать слишком высоко (гораздо выше 150 м для существующих и новых тоннелей);
- Не указываются особенности Йонахшского разлома и не предлагаются никакие меры для того, чтобы справиться с его смещениями, так как есть значительный строительный период высокой зависимости от СТЗ.

Поэтому, Консультант предлагает другой проект пропуска паводков, который расписан в следующих параграфах.

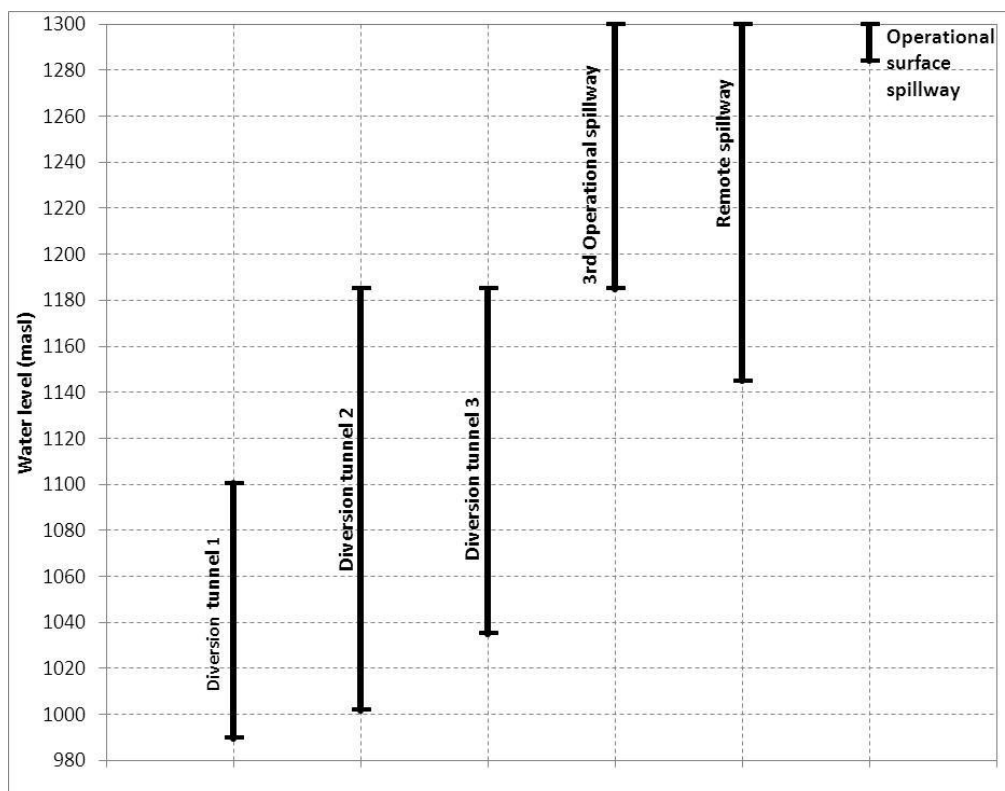


Рисунок 26: Эксплуатационный диапазон тоннелей - ИГП

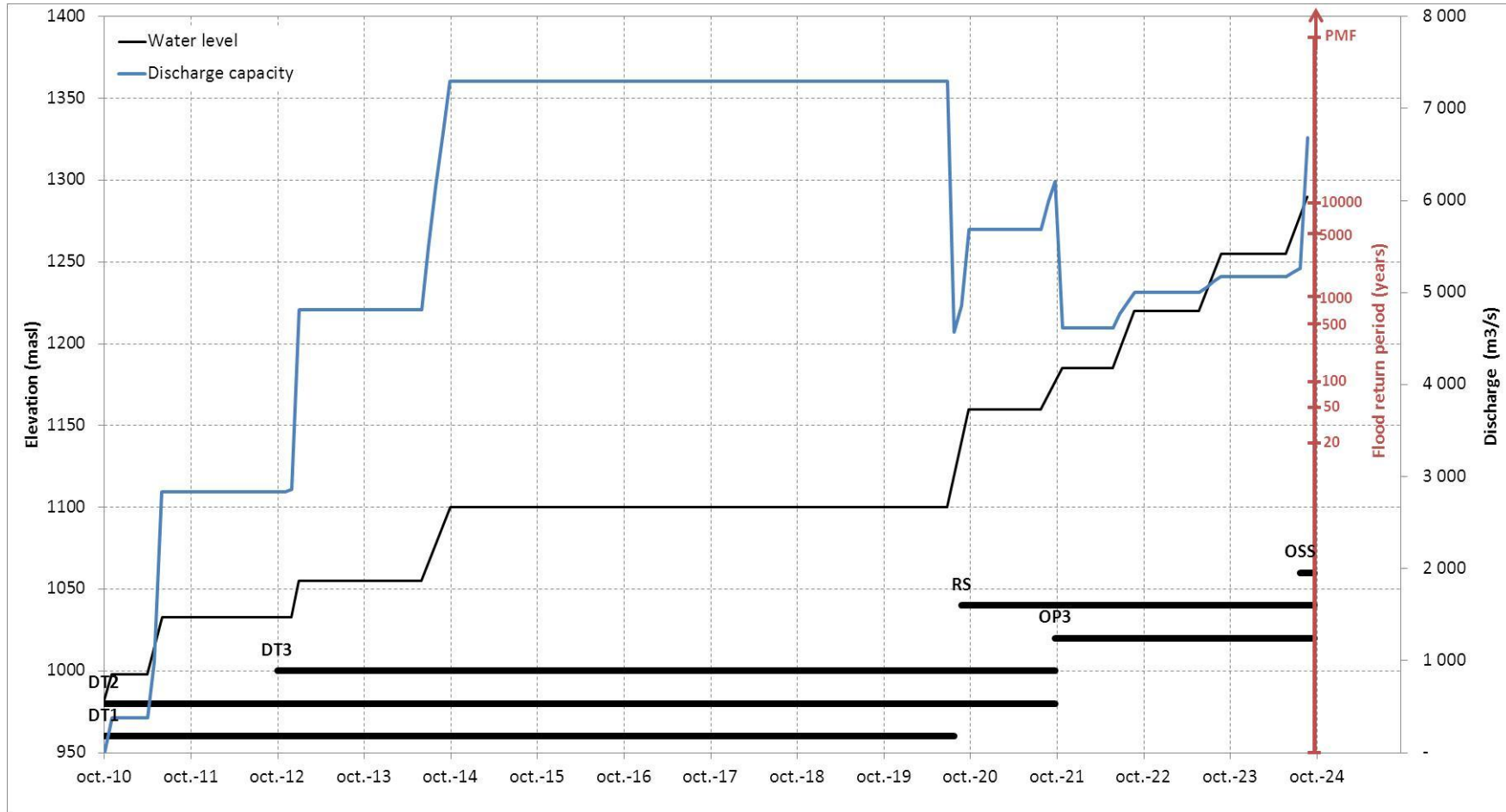


Рисунок 27: Проект отвода ИГП

4 ОПИСАНИЕ ПРЕДЛОЖЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ ОТВОДА

Все гидротехнические характеристики тоннелей отвода были детально исследованы, для установления схемы, предлагаемой для каждого варианта высоты плотины.

Различными рассмотренными сооружениями отвода являются:

- Строительные тоннели 1 и 2 (СТ1 и СТ2);
- Строительный тоннель № 3 (СТ3);
- Водосбросные сооружения среднего уровня №1 и 2 (ВССУ1 и ВССУ2);
- Тоннели верхнего уровня 1, 2 и 3 (ТВУ1, ТВУ2 и ТВУ3).

Вид сверху этих предложенных сооружений представлен на следующем рисунке.

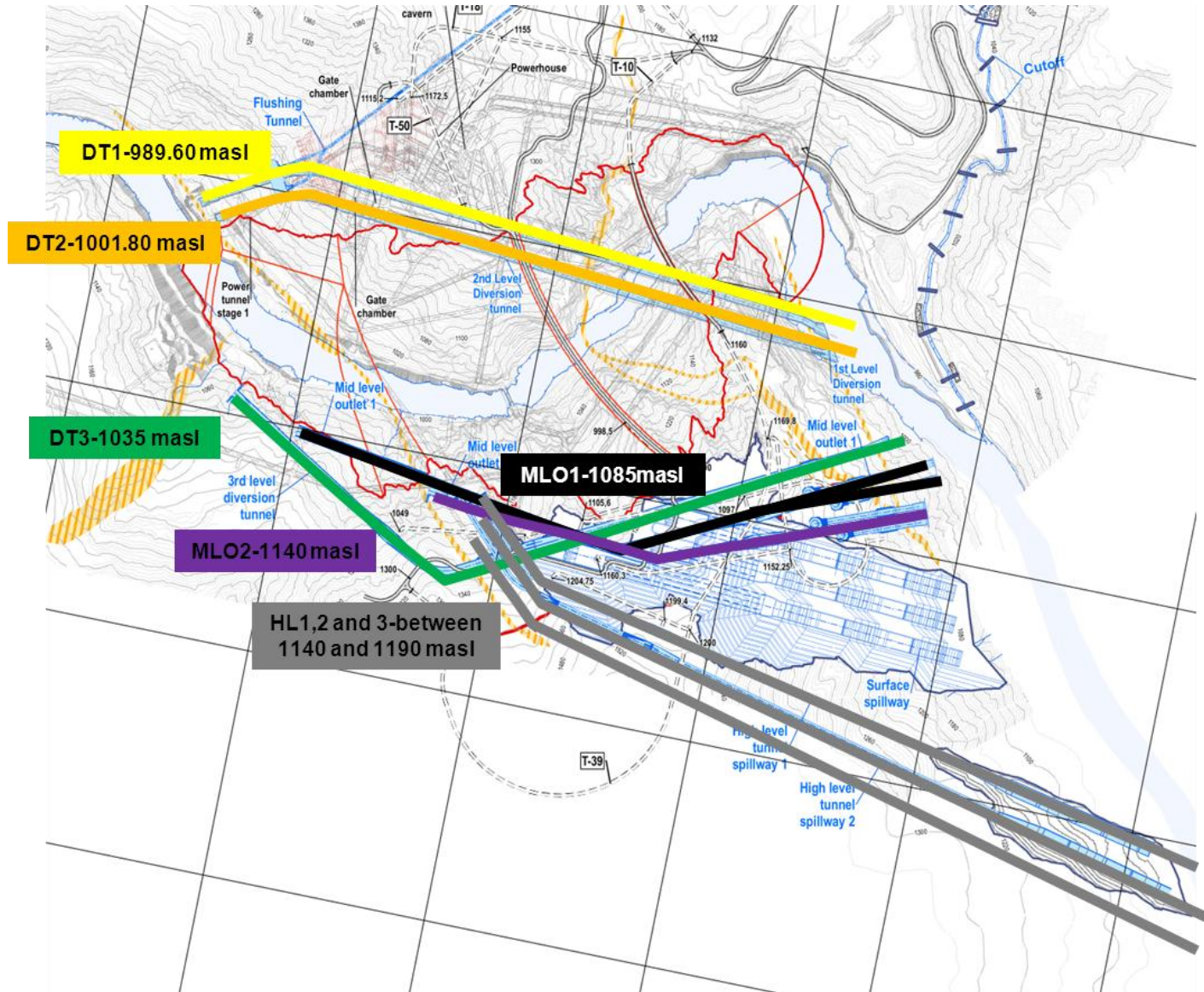


Рисунок 28: Вид сверху – Предложенные сооружения отвода

4.1 Верховая и низовая перемычки

Верховая перемычка является частью финальной плотины. Когда плотина 1 очереди будет поднята над перемычкой, она используется как защитное сооружение. Когда финальная плотина достигнет гребня плотины 1 очереди, она используется как собственное защитное сооружение.

Есть две низовые перемычки:

- Первая (низовая перемычка 1) расположена непосредственно вниз по течению от водосброса СТ1 (см. рисунок ниже). Она используется до завершения СТ1 и СТ2 на правом берегу и она позволяет пропускать воду вниз; она используется лишь при фазе «перемычки»;
- Вторая (низовая перемычка 2) находится непосредственно вверх по течению от выхода СТ1 и СТ2 на правом берегу (см. рисунок ниже). На самом деле она является частью подошвы плотины заключительного этапа. Она используется с начала «фазы этапа 1» до завершения окончательной плотины.

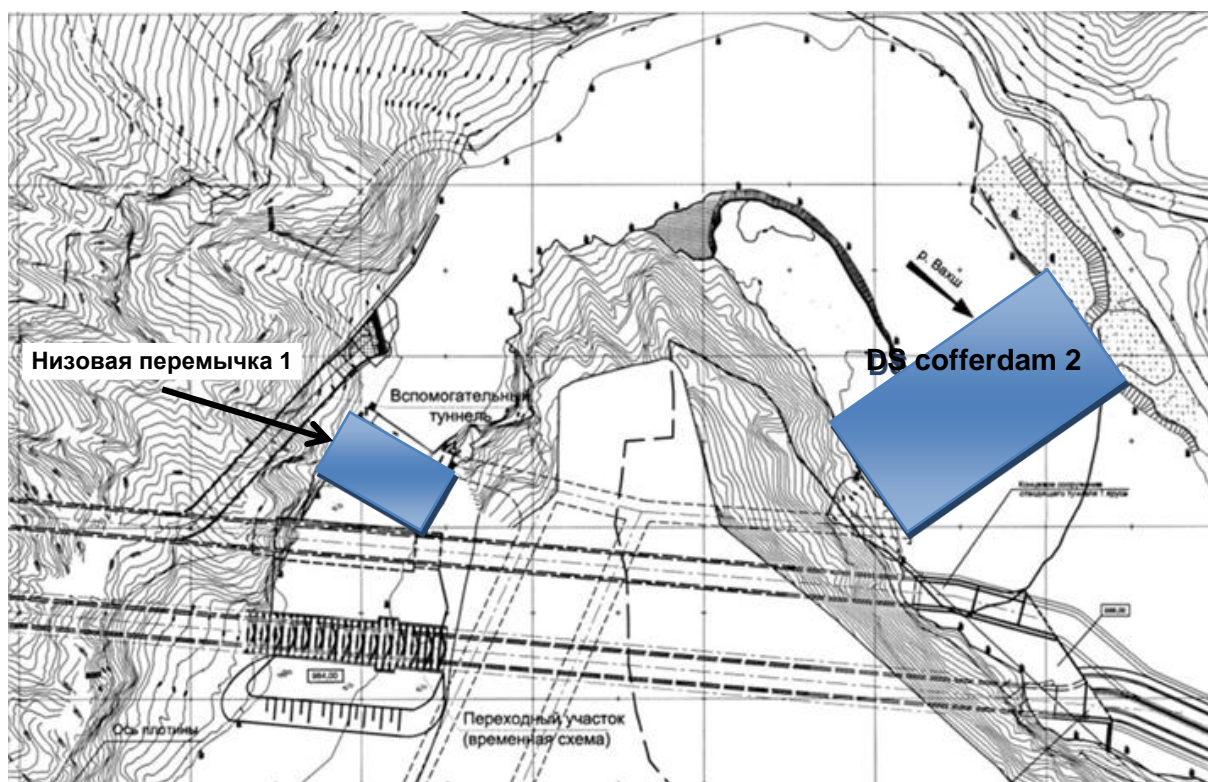


Рисунок 29: Расположение низовых перемычек

5 ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

5.1 Перемычки

Расчетный паводок рассматриваемый для перемычки является паводком с 100-летним возвратным периодом, т.е. вероятность превышения 1/100. Отметка гребня перемычки находится на отм. 1050 м.н.у.м. Во время этого этапа, расчетный паводок пропускается через СТ1, СТ2 и СТ3.

Низовая перемычка этого этапа называется «низовая перемычка №1» и ее гребень находится на отм. 992, который защищает ее от паводка с 100-летним возвратным периодом.

Наиболее важным сооружением схемы отвода на этом этапе является СТ3, который может быть выведен строя в случае крупного землетрясения, и последующего крупного косейсмического смещения.

Если СТ3 будет выведен из строя из-за косейсмического смещения в Йонахшском разломе, перемычка будет защищена только паводка с 10-летним возвратным периодом (вероятность превышения 1/10). В случае высокого паводка, комбинированного с крупным землетрясением, то скорее всего будет перелив перемычки, что приведет к прорыву перемычки. Однако объем выпущенной воды может быть принят в Нурекском водохранилище (увеличение уровня Нурекского водохранилища примерно на 50 см). Эта комбинация неблагоприятных событий крайне маловероятна и этот риск рассматривается консультантом как приемлемый.

5.2 Плотина 1 очереди

Расчетный паводок рассматриваемый для плотины 1 очереди, является паводком с вероятностью превышения 1/100 в период строительства. Это соответствует паводку с 400-летним возвратным периодом для 1 очереди на отм. 1110 м.н.у.м, 300-летний возвратный период для 1 очереди на отм. 1090 м.н.у.м. и 200-летний возвратный период для 1 очереди на отм. 1075 м.н.у.м. Эти расчетные паводки пропускаются СТ1, СТ2 и СТ3.

Низовая перемычка этой очереди называется низовой перемычкой 2. Для рассматриваемого расчетного паводка, отметка воды равна 984.2 м.н.у.м., таким образом гребень низовой перемычки должен быть 986 м.н.у.м.

Был проведен анализ чувствительности к недоступности СТ1, СТ2 и СТ3 и риск связанный с одним из этих явлений рассматривается как приемлемый.

5.3 Во время строительства тела основной плотины

Расчетный паводок, рассматриваемый для последней очереди строительства, имеет вероятность превышения 1/200. Это соответствует 600-летнему возвратному периоду для варианта плотины НПУ=1220 м.н.у.м., 1000-летнему возвратному периоду для варианта плотины НПУ=1255 м.н.у.м. и 1200-летнему возвратному периоду для НПУ=1290 м.н.у.м.

С отметки воды 1100 м.н.у.м., расчетный паводок будет пропускаться через СТ3 и ВССУ1.

Для более высокого варианта плотины (1290 м.н.у.м.), СТ3 отключается на отметке воды 1160 м.н.у.м. С 1160 по 1215 м.н.у.м., расчетный паводок пропускаться через ВССУ1 и ВССУ2. С 1215 до 1270 м.н.у.м., расчетный паводок пропускаться через ВССУ2 и ТВУ1. Выше 1270 м.н.у.м. и до завершения плотины, расчетный паводок пропускаться через ТВУ1 и ТВУ2.

Для среднего варианта плотины (1255 м.н.у.м.), СТ3 отключается на отметке воды 1170 м.н.у.м. С 1170 до 1210 м.н.у.м. расчетный паводок пропускаться через ВССУ1 и ТВУ1. Выше 1210 м.н.у.м. и до завершения плотины, расчетный паводок пропускаться через ТВУ1, ТВУ2 и ТВУ3.

Для низкого варианта плотины (1220 м.н.у.м.), СТ3 отключается на отметке воды 1165 м.н.у.м. С 1165 м.н.у.м. до завершения плотины, расчетный паводок пропускаться через ВССУ1 и ТВУ1.

Низовой перемычкой этой очереди является низовая перемычка №2, соответствующей кривой расходов является «сечение 1». Для рассматриваемых строительных паводков (с 600-, 1000- или 1200-летним возвратным периодом, в зависимости от вариантов), отметка воды 984.4 м.н.у.м., 984.5 м.н.у.м. или 984.6 м.н.у.м. в зависимости от варианта, поэтому гребень низовой перемычки должен быть 986 м.н.у.м.

Схема ВССУ1 была разработана для предотвращения пересечения Йонахшского разлома и таким образом снижения риска его повреждения, в случае косейсмического движения Йонахшского разлома. Не существует схемы, для предотвращения

пересечения Йонахшского разлома СТЗ. Некоторые меры могут быть применены на месте участка разлома, хотя бы для сопротивления сдвиговых эффектов и смещений умеренной степени

Более того, вероятность проявления и высокого паводка, и мощного сейсмического явления, способного обрушить эти тоннели в течение их эксплуатационного срока является ограниченной. Такой риск считается консультантом приемлемым.

5.4 Выводы

Все вышесказанное может быть синтезировано в следующих двух иллюстративных схемах для каждого варианта плотины.

Первая представляет эксплуатационный диапазон каждого сооружения по оси уровня воды. Черные линии показывают нормальный эксплуатационный диапазон и пунктирные линии представляют исключительный дополнительный эксплуатационный диапазон. Он указывает уровень воды на котором каждый тоннель должен быть включен (нижняя граница) и выключен (верхняя граница).

Вторая представляет уровень защиты, эксплуатационные сооружения и максимальный уровень воды в течение строительного периода.

Повышение качества пропускных сооружений будет проводиться на дальнейших этапах проектирования выбранных вариантов. Кроме того, в соответствии с безопасной системой управления паводками в период строительства представленной в настоящей главе, включая меры по безопасности такие как ограничение водяного напора на затворах и сокращение работ, система прогноза и оповещения о паводках, все это будет необходимо спроектировать и внедрить в эксплуатацию в течении всей продолжительности строительства Рогунской ГЭС.

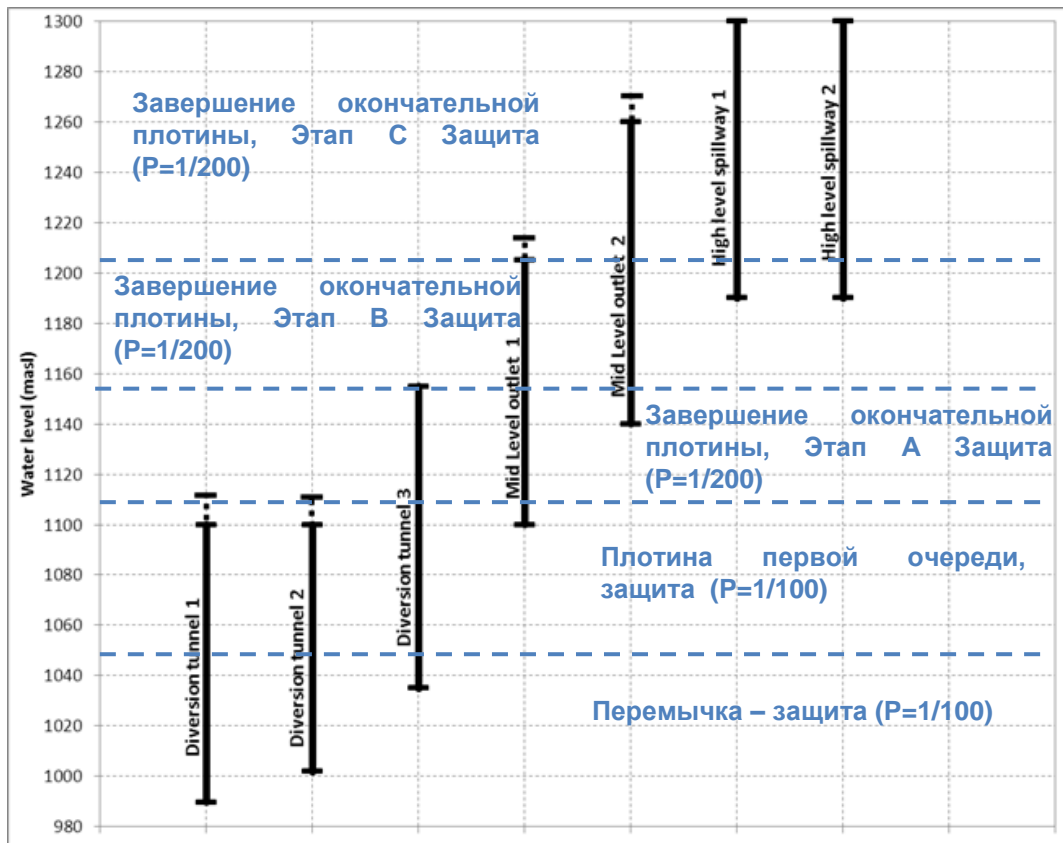


Рисунок 30 : НПУ = 1290 м.н.у.м. – Эксплуатационный диапазон сооружений отвода

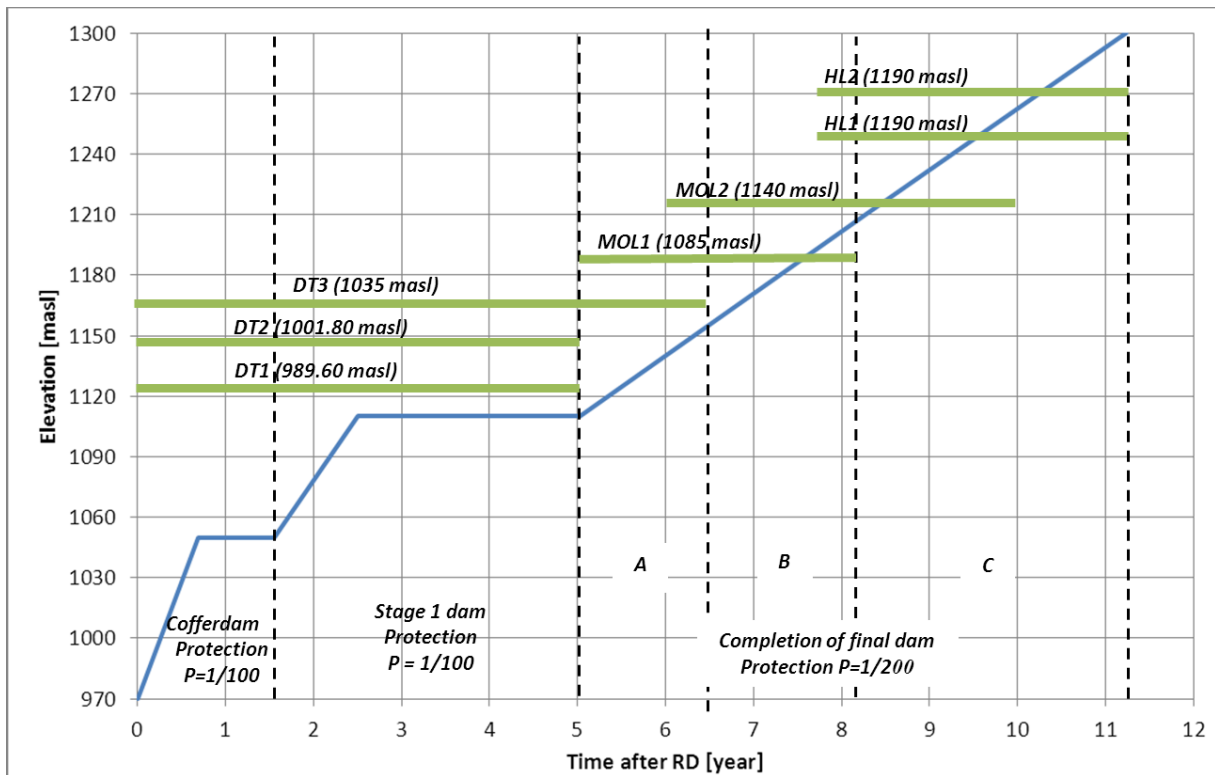


Рисунок 31: НПУ = 1290 м.н.у.м. – Схема отвода по времени

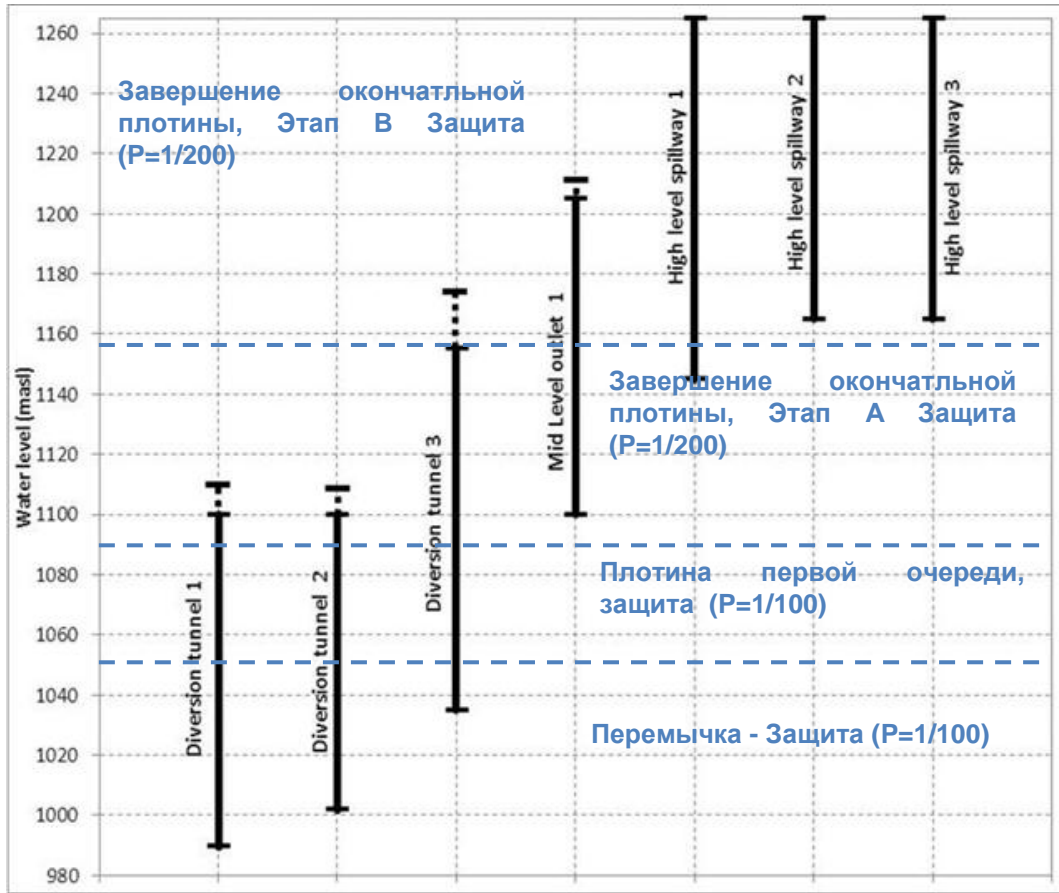


Рисунок 32: НПУ = 1255 м.н.у.м. – Эксплуатационный диапазон сооружений отвода

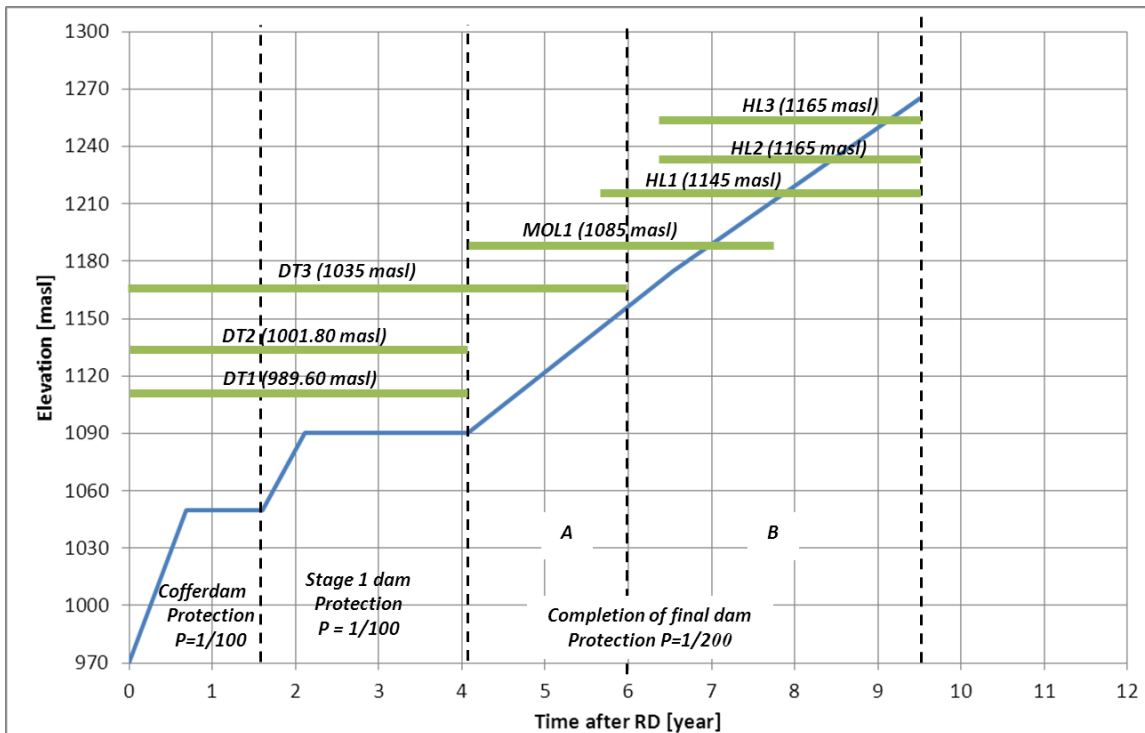


Рисунок 33: НПУ = 1255 м.н.у.м. – Схема отвода по времени

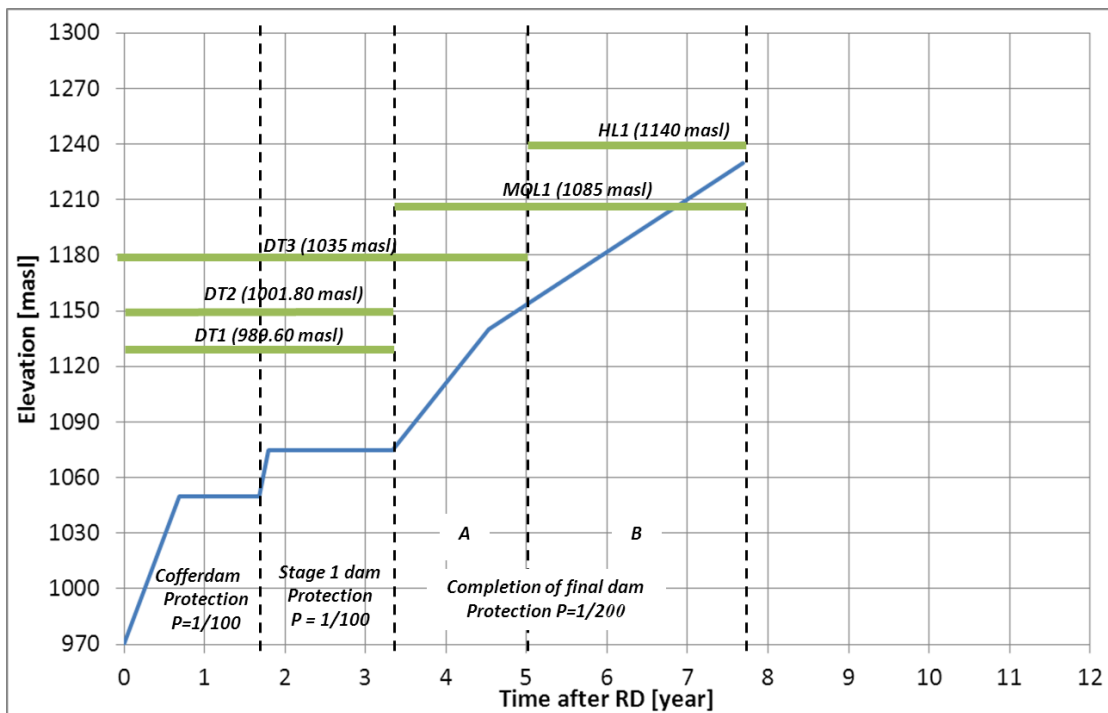
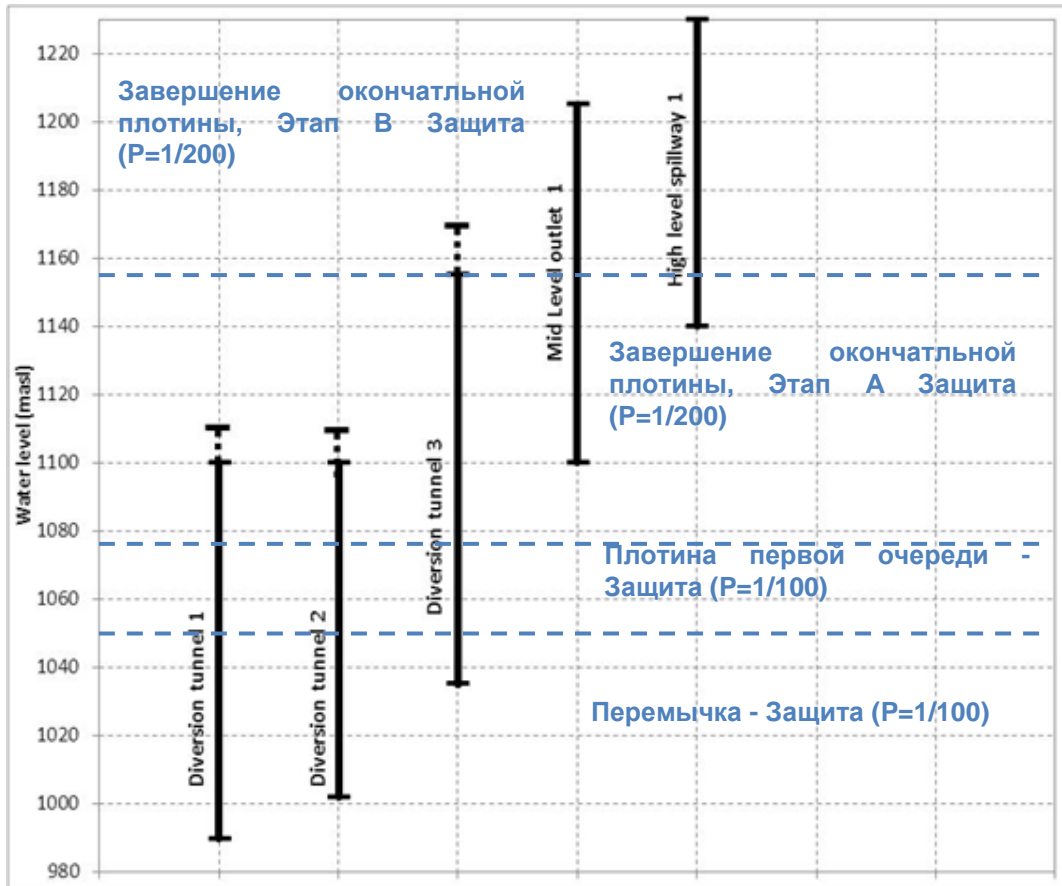


Рисунок 34 : НПУ = 1220 м.н.у.м. - Схема отвода по времени

ГЛАВА 3.3 - ПРИЛОЖЕНИЕ 4 – ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ ПРОЕКТА

1 ПОНЯТИЯ, ПРИНЯТЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГИДРОСООРУЖЕНИЙ

1.1 Введение

В настоящей главе рассматриваются анализы, проведенные для изучения гидравлического поведения гидросооружений для управления паводком во время строительства и эксплуатации ГЭС, относящихся для различных вариантов высоты плотины, которые представлены для оптимизации плана проекта.

Характеристики гидросооружений для каждого предлагаемого варианта были определены соответственно пропускной способности и требуемому количеству на каждой отметке, как было указано в отчете «Управление паводком во время строительства» (Приложение 3).

Также были приняты во внимание предлагаемые критерии по безопасности строительных работ и ограничений по эксплуатации данных сооружений, в особенности условие, что отводящий тоннель не будет эксплуатироваться под напором выше 120 м в условиях обычной эксплуатации и выше 150 м в исключительных случаях. Данный критерий основан на ограничении высокой скоростью воды в на затворах и тоннелях.

Также значительное влияние на выбор пропускных сооружений имеют аспекты, связанные с заилением, в конечном итоге ведущие к предложению решения о поверхностном водосбросе как единственной возможности обеспечить безопасность плотины в долгосрочной перспективе, когда водохранилище будет полностью заилено.

Ниже приведены предложенные гидравлические сооружения и основные критерии, по которым они были спроектированы. Далее следует отчет детального анализа гидравлического поведения различных сооружений.

Необходимо отметить, что учитывая характеристики гидравлических сооружений относительно напора и пропуска паводков, рекомендуется провести исследования физических моделей для них всех.

1.2 Строительный тоннель № 3

Строительный тоннель № 3 (СТ3) в основном требуется во время строительства перемычки и плотины первой очереди до отметки 1110 м.

Согласно отчету «Управление паводком во время строительства» (Приложение 3), тоннель должен быть готов к эксплуатации с момента перекрытия реки, принимая во внимание тот факт, что пропускная способность, требуемая для защиты перемычки, не может быть обеспечена только существующими строительными тоннелями №1 и №2. Выполненные анализы указывают на необходимость пропуска паводков с возвратным периодом в 100 лет при сроке службы в два года, обеспечивая защиту от риска 1 к 50 при гребне перемычки на 1050 мнум.

СТ3 пересекает Йонахшский разлом. Несмотря на тот факт, что при проектировании тоннеля были приняты меры по снижению последствий крупных перемещений из-за разлома, нельзя отвергать возможность возникновения серьезных обвалов от сильных землетрясений. При таком сценарии предполагается эксплуатация только строительных тоннелей №1 и №2, и перемычка с гребнем на отметке 1050 мнум будет защищена только против паводков с возвратным периодом в 10 лет.

Во время исследований была рассмотрена возможность нахождения альтернативного маршрута строительного тоннеля на левом берегу, с целью избежать пересечения с Йонахшским разломом. Однако данная возможность была отвергнута ввиду нескольких физических ограничений и трудностей, особенно из-за соединения с устьем Оби Шур, а также более высокой стоимости и продолжительности строительства.

Таким образом, верховой участок строительного тоннеля №3 был расположен на отметке водоприемника по предложению ИГП, то есть 1035 м.н.у.м., а низовой участок маршрута был изменен из-за нужды в пространстве для остальных гидравлических сооружений.

Основными составляющими являются: водоприемник, напорный участок тоннеля до камеры основных и аварийных затворов, камера аварийно-ремонтных затворов, низовой безнапорный участок и сооружения выходных порталов.

Относительно низкой разницы отметок между выходным порталом и руслом реки, был спроектирован простой короткий быстроток с носком отброса струи для обратного пропуска воды в реку ниже плотины.

Тоннель будет эксплуатироваться до того момента, пока не будут закупорены водоприемники, иначе будет нанесен серьезный ущерб тоннелю заилением, когда не будет обеспечена его расчетная устойчивость.

1.3 Водосбросное сооружение среднего уровня 1

Водосбросное сооружение среднего уровня 1 необходимо для защиты плотины во время строительства, начиная от отметки воды в 1100 мнум, которая рассматривается как граница нормального режима эксплуатации строительных тоннелей №1 и №2 (напор воды 120м).

Основные характеристики напорного участка тоннеля такие же, как и у строительного тоннеля №3, но потребовалось применить особые решения для водоприемника и для гашения энергии на водосбросном сооружении.

Устройство водоприемного сооружения предусматривает бетонную водопропускную трубу 18м шириной и 18м высотой, которая будет пересекать насыпь плотины от верховой призмы до каменной поверхности основания, так что тоннель начинается вскоре ниже по течению от пересечения Йонахшского разлома. Водопропускная труба представляет собой прочную конструкцию, состоящую из коротких отрезков с толстыми стенами; это позволит смягчить смещения и относительное движение в зоне Йонахшского разлома, таким образом, сохраняя возможность эксплуатации тоннеля

Отметка водосбросного сооружения находится на 1075 м.н.у.м., таким образом, существует значительная разница в отметках относительно русла реки и проблема возмещения потока, порядка 3700м³/сек, требующая основательного рассмотрения для избежания нежелательного размывания русла, что также может спровоцировать неустойчивость берегов.

Была проанализирована возможность использования быстотока с носком отброса струи. Однако данное решение предполагает скорость воды порядка 50м/сек на конце быстотока. Данная цифра, вкпе с удельным расходом воды порядка 105 м³/сек/м, предполагает риск возникновения кавитации и возможного размывания русла, поэтому решение было отвергнуто.

Далее, было проанализировано решение со спиральными камерами и шахтными водосбросами, что позволяет погасить большую часть энергии и поддерживать скорость воды в рамках, приемлемых для гидравлических сооружений.

Следует отметить, что таким образом, поток на выходе намного уменьшается и можно лучше контролировать эффекты размывания русла.

В дополнение к решению со спиральной шахтой, с целью сокращения количества водосбросных сооружений и следовательно точек удара на реке Вахш, была изучена и, наконец, принята возможность сбрасывания в систему каскада, предусмотренная в водосбросном сооружении поверхностного водосброса, состоящего из последовательности лотков и водобойных колодцев.

Напорная часть туннеля, с внутренним диаметром 15м, разветвляется на два круглых туннеля с внутренним диаметром 10,8 м, каждый из которых снабжен аварийными и сегментными камерами затворов, проходит по тем же осям поверхностного водосброса и связана с двумя соответствующими каналами.

Поскольку скорость воды для расчетного потока около $1840 \text{ м}^3/\text{с}$, является в основном, той же, что и при эксплуатации поверхностного водосброса, гидравлическое поведение совместимо с анализом, проведенным для последней конструкции, являясь еще более благоприятным воздействием в русле реки из-за низкого удельного сброса.

1.4 Водосбросное сооружение среднего уровня 2

Водосбросное сооружение среднего уровня 2 необходимо для защиты плотины только во время строительства варианта с НПУ = 1290.

Отметка водоприемника водосбросного сооружения среднего уровня 2 установлена на 1140 м.н.у.м., а основные характеристики напорного участка туннеля такие же, как у строительного туннеля 3 и водосбросного сооружения среднего уровня 1. Тем не менее, в данном случае решение, осуществленное на водосбросном сооружении среднего уровня 1 для решения вопроса погашения энергии в водосбросном сооружении не могли быть приняты, а предлагаются спиральные камеры и опускные колодцы.

Так как задействован большой поток, он был разделен на два течения, что позволяет обеспечить максимальный индивидуальный сброс каждой шахты до $1850 \text{ м}^3/\text{сек.}$; спиральные шахты с такой пропускной способностью уже строились.

В данном случае водоприемное сооружение туннеля расположено ниже по течению от Йонахшского разлома, поэтому для водоприемника не потребовалось особого расположения. Таким образом, не ожидается серьезных проблем от сейсмической

активности, хотя несколько трещин и Разлом 35 будут проходить поблизости от водосбросных сооружений отводящих тоннелей. Для последнего на пересечении разлома были предусмотрены меры по устранению возможных эффектов ползучести.

1.5 Водосбросные тоннели высокого уровня

Данные сооружения были предложены для пропуска паводков во время заключительной фазы строительства плотины и после возведения плотины, следовательно, они должны функционировать на протяжении всего эксплуатационного срока ГЭС, до момента ее выведения из эксплуатации.

Основные характеристики тоннелей одинаковы для всех вариантов, но их количество было выбрано индивидуально соответственно нуждам, определенным в отчете об управлении пропуска паводков во время строительства.

Отметки и количество водосбросных тоннелей верхнего уровня для различных вариантов:

- Вариант с НПУ 1290: два водосбросных тоннеля высокого уровня с водоприемником на отметке 1190м.
- Вариант с НПУ 1255: три водосбросных тоннеля высокого уровня, один с водоприемником на отметке 1145м, а два других с водоприемником на отметке 1165м.
- Вариант с НПУ 1220: один водосбросный тоннель высокого уровня с водоприемником на отметке 1140м.

Заметная разница в отметках между водосбросным сооружением камеры затворов и руслом реки, от 150 до 200 м, привело к исследованию решения, которое бы эффективно гасило энергию потока и сохраняло его гидравлические параметры (скорость воды, коэффициент кавитации, удельный расход) максимально близко к пределам, общепринятым для долгосрочных сооружений.

Таким образом, была предложена каскадная система, соединяющая такие элементы, как быстротоки, безвакуумный водослив практического профиля и водобойные колодцы, которые по произведенным подсчетам позволяют выполнить вышеуказанные требования.

Согласно типовому расположению, предполагается три быстротока и два промежуточных водобойных колодца, а последний быстроток будет снабжен носком

отброса струи. Вышеописанная последовательность была применена во всех предлагаемых водосбросных тоннелях высокого уровня, адаптируя уклоны и высоту лотков к структурным условиям и разнице в итоговой отметке.

Следует заметить, что водоприемники водосбросных тоннелей высокого уровня каждого варианта расположены выше, чем водоприемники соответствующих подводящих трактов агрегатов: к моменту заиления водохранилища до отметки водоприемников водосбросных тоннелей верхнего уровня, подразумевается, что заиление уже достигнет водоприемников трактов агрегатов, и выведет из эксплуатации, если не будут разработаны многоуровневые водоприемники.

На данном этапе водосбросные тоннели высокого уровня будут выведены из строя, а для обеспечения безопасности плотины будет функционировать только поверхностный водосброс.

1.6 Многоуровневые водоприемники

В отчете «Контроль заиления водохранилища», были рассмотрены возможные альтернативы для смягчения последствий заиления, которое может повлиять на эксплуатацию Рогунской ГЭС в целом, и в основном на ее срок эксплуатации, но большинство из них были признаны непригодными, или очень дорогостоящими, или не применимыми к ситуации Рогуна.

Консультант сначала предложил реализовать сооружения для выполнения промывания наносов в зонах более чувствительных к проблеме наносов, через туннели, расположенные в левом берегу, чуть ниже водоприемников ГЭС. Однако это решение не было признано жизнеспособным, из-за высокого напора. Были также отмечены некоторые другие недостатки, связанные с необходимостью пересечения сая Оби-Шур.

Таким образом, было предложено принять многоуровневые водоприемники, которые позволяют вход потока из водохранилища на различных отметках. Преимущества этих водозаборов потенциально двойные: во-первых эти данные оголовки позволят довести воду до напорного водовода, даже если отложение наносов будет выше отметки подводящего туннеля, продлевая, таким образом, срок службы станции на несколько десятилетий; во-вторых данные водозаборы могут также пропускать мутьевые потоки через турбины, если будет установлено жизнеспособным вариантом, , которые также могут продлить срок эксплуатации ГЭС.

Решение многоуровневых водоприемников, предложенное для Рогунской ГЭС состоит из наклонной бетонной водопропускной трубы, находящееся на береговом уклоне в соответствии с входных отверстий водоводов, обеспеченных отверстиями на различных уровнях, проложенных от отметки 1090 м.н.у.м до отметки гребня плотины.

1.7 Поверхностный водосброс

В рамках ИТЭО, Консультант должен дать оценку существующему проекту, разработанному Институтом Гидропроекта, и разработать проект трех вариантов высот плотины, предлагая наиболее удобную для дальнейшего развития.

Проект ИГП включает насыпную плотину высотой 335 м с НПУ 1290 м.н.у.м. Для пропуска паводков в период эксплуатации проекта задействовано два тоннеля, с водоприемниками на отметке 1145 м.н.у.м., и водосбросное сооружение с порогом на отметке 1288 м.н.у.м., соединенный с вертикальной шахтой, а затем с суб-горизонтальным выходным тоннелем.

Вместимость водохранилища на упомянутых отметках 1145 м.н.у.м. и 1288 м.н.у.м. составляет 1500 и 13000 гектометров, соответственно. Учитывая приблизительные годовые объемы заиления, горизонтальный слой отложений достигнет этих отметок за 50-80 лет и 130-220 лет, соответственно. В зависимости от фактических отложений можно ожидать более длительных периодов, но в любом случае необходимо уже сейчас рассматривать способы пропуска паводков в будущем.

Проект сооружений для пропуска паводков трех вариантов высоты плотины в ИТЭО, предполагает отметки водоприемников выше, чем в проекте ИГП, но выигрыш в продолжительности эксплуатационного срока является незначительным.

Ввиду этих обстоятельств, единственным способом обеспечить безопасный пропуск паводков для защиты плотины и населения ниже плотины является поверхностный водосброс.

2 СТРОИТЕЛЬНЫЙ ТОННЕЛЬ № 3

2.1 Обзор СТ-3

Строительный тоннель №3, чей водоприемник находится на отметке 1035м, состоит из напорного участка тоннеля с круглым сечением 15м в диаметре, длиной около 810м и уклоном в 0.65% до камеры основных и аварийных затворов, а дальше расположен безнапорный участок тоннеля с уклоном в 0.7 %, подковообразным сечением 14,5м

шириной и высотой в 17м. Сооружения ниже по течению состоят из быстротока и носка отброса струи. Также тоннель оснащен камерой аварийно-ремонтных затворов, расположенных на расстоянии около 460м от водоприемника.

Планировка и размеры сооружений (водоприемник, тоннель, затворы, и т.п.) одинаковы для всех трех вариантов плотины.

В конце напорного участка тоннеля происходит переход на прямоугольное сечение 26.2м шириной и 7.1м высотой, где расположена камера основных и аварийных затворов, длиной около 201м; данная камера оснащена четырьмя плоскими затворами и четырьмя сегментными затворами. Переходные участки, расположенные у затворов, а также короткие участки прилегающих соединений, имеют стальную облицовку.

Камеру аварийно-ремонтных затворов предлагается оборудовать четырьмя колесными затворами, похожими на затворы, установленные в камере аварийных затворов: данные затворы, площадью около 30 м² каждый, могут эксплуатироваться при потоке максимального напора воды. Это позволит, в случае повреждения внутренней облицовки смещениями в зоне разлома и блокировки нижних затворов, прекратить эксплуатацию тоннеля и провести ремонтные работы.

Для избежания кавитации выполнялся ряд мер на камерах затворов, включая стальную обделку вдоль площадок недалеко от затворов, обеспечение аэрации вниз по течению от тех же затворов и очень постепенный переход к нынешним перекрестным сечениям тоннели как вверх по течению так и вниз по течению от камер.

На водосбросном сооружении имеется быстроток с расходящимся сечением, от 14.5м до 30м шириной и 90 м длиной с носком отброса струи в реку Вахш.

2.2 Гидравлические характеристики строительного тоннеля СТЗ

Напорный участок тоннеля

Верхний участок тоннеля до камеры основных затворов в нормальных условиях должен эксплуатироваться под напором. Водопропускная способность зависит от имеющегося напора между водохранилищем и затворами, отвечающими за различные потери напора, которые рассчитываются соответственно рекомендациям USBR или других авторитетных авторов. Потери напора из-за трения были основаны на коэффициенте Мэннинга в 0.012 с/м^{1/3}.

Согласно вышеуказанному подходу, при максимально открытых затворах, максимальная пропускная способность для исключительного проектного напора в 150м составляет 3,694 м³/с и соответствующая максимальная скорость воды около 21 м/с, которая увеличивается до 30 м/с в переходных участках выше затворов.

Вычислительный метод, примененный для определения кривой Напор – Пропускная Способность, является консервативным, так как не были учтены эффекты различных факторов сложных физических явлений; в действительности пропускная способность может быть немного выше подсчитанной.

Безнапорный участок тоннеля

Были оценены профили водной поверхности в условиях установившегося потока ниже основных затворов, внедряя гидравлическую модель, основанную на интеграции уравнения медленно изменяющегося течения. Программное обеспечение STEFLO использовалось для внедрения модели.

Основные проблемы, которые могут возникнуть в безнапорном участке сразу ниже затворов, это возможное появление ударных волн, пробки из воды – воздуха и захват воздуха.

Для уменьшения риска связанного с вышеперечисленными явлениями, которые могут вызвать неустойчивость и кавитацию, были приняты различные меры, такие как постепенный переход ниже затворов с углом порядка 4° и стальная облицовка. Далее, система вентиляции была расположена сразу ниже регулирующих затворов, и была обеспечена аэрация путем расширения сечения и спроектирована ступень в полу, которая позволяет подводить воздух ниже струи.

Согласно эмпирическим индикаторам, потребность в воздухе составляет приблизительно 25% сброса воды.

При максимальном сбросе, запас откоса в безнапорном участке составляет около 25% от общей высоты тоннеля.

Носок отброса струи

Траектории струи, соответствующие разным изучаемым углам (30°, 25° и 20°), были рассчитаны, используя формулу USBR, которая дает траекторию струи нижнего водоносного слоя. Было найдено, что эффект происходит на расстоянии от края носка отброса струи от 183м до 157м.

Ввиду вышеперечисленного, 20° является желательным углом выхода потока из носка отброса струи.

Водобойный колодец

Основным параметром для проверки необходимости в водобойном колодце является глубина эрозии, которая может быть подсчитана несколькими эмпирическими формулами, и в основном зависящей от напора воды и удельного сброса.

Поле вариации глубины размыва является $D=t+h$ полученное путем применения эмпирической формулы между 42.8 и 77.0 м., в то время, как среднее значение составляет 58 м.

Чтобы утвердить глубины размыва рассчитанное эмпирической формулой, был применен теоритический подход на основе оценки гидродинамического давления рекативной струи.

Учитывая значение напора в 15 T/m^2 (1.5 кг/см^2) в качестве предела эрозионности, была выявлена, что данное значение достигается в расстоянии 40 м вдоль оси тоннеля для расхода в 3694 м³/с, следовательно рекомендуется предварительная выемка около 25 м с отметки воды нижнего бьефа до отметки 955 м.н.у.м.

3 ВОДОСБРОСНЫЕ СОРУЖЕНИЯ СРЕДНЕГО УРОВНЯ № 1 И 2

3.1 Обзор водосбросных сооружений среднего уровня № 1 и 2

Согласно результатам исследований, представленных в отчете «Пропуск паводков во время строительства», предложены два водосбросных сооружения среднего уровня, для варианта плотины с НПУ = 1290 м. Для варианта с НПУ = 1255 и 1220, комплекс гидросооружений включает в себя только водосбросное сооружение среднего уровня №1.

Водоприемник водосбросного сооружения среднего уровня №1 (ВССУ1) установлен на отметке 1083.5 м, состоящим из входного водовода длиной 300 м, с внутренним D-образным сечением диаметром 18.0 м. В конце водовода есть переход к 15.0 м круговому тоннелю с уклоном в 0.65 %. Отметка лотковой части тоннеля на месте портала соответствует отметке 1085 м.н.у.м. Напорный участок тоннеля продолжается примерно 1000 метров от водоприемника и потом разделяется на два схожих тоннеля круглого сечения диаметром 10.8 м.

Тоннель (кроме структуры водовода) простирается на приблизительно 880 м до камеры сегментного и аварийно-ремонтного затвора, каждая с последующим безнапорным участком, с D - образным поперечным сечением 12 м в ширину и 12 м в высоту. Профиль последней отрезки тоннелей вертикально изгибаются и соединяются со дном носка высокого уступа поверхностного водосброса.

Компановка и размеры сооружений (водоприемник, тоннель, затворы и т.д.) и соответствующие отметки идентичны для трех вариантов плотины.

Водосбросной Среднего Уровня 2 (ВССУ2) состоит из напорного тоннеля, после чего тоннель свободного потока, две вихревых водоприемников и опускного колодца, два отводящих тоннеля и соответствующих выходных порталов с быстротоком и носком высокого уступа ниже по течению от каждой шахты.

Водоприемник устанавливается на отметке 1,140.0, и напорный тоннель, с круглым поперечным сечением диаметром 15,0 м, простирается приблизительно 715 м до камеры сегментного и аварийного затворов, в котором находится четыре скользящие затворы и четыре сегментных затворов. Камера ремонтного затвора, обеспечивается двумя скользящими затворами, которые находятся на расстоянии около 400 м от водоприемника. Затворы а также и короткие отрезки верхнего бьефа и нижнего бьефа облицованы стальной облицовкой.

Вниз по течению от камеры сегментного и аварийного затворов, было применено прямоугольное поперечное сечение 15,8 м в ширину и высотой 9,1 м с линией пят с круговым арочным сводом, достигая максимальной высоты 17,0 м. Сечение разделено на две половины толстой стеной, толщиной 1,80 м, каждый из них приводит к вихревому водоприемнику опускного колодца, расположенного непосредственно в нижнем бьефе.

Каждая шахта, с диаметром 14 м, является высотой около 100 м, и подключается к безнапорному отводящему тоннелю посредством вертикальной кривой.

Безнапорные отводящие тоннели, по одному для каждой шахты, с круглым поперечным сечением 12 м в диаметре, простираются от нижней части шахт на около 215 м с 3 % уклоном вниз до отм. 1026,8. Далее лоток с промежуточным носком высокого уступа обеспечивается на выходе из каждого отводящего тоннеля, приводящие воды до отм. 1000 м.н.у.м. Предусмотрены отражатели на носках

высокого уступа, чтобы получить благоприятную траекторию струи и снижение размыва в реке Вахш.

3.2 Гидравлические характеристики водосбросных сооружений среднего уровня

Напорный участок тоннеля

Напорный участок тоннелей до камеры основных затворов в нормальных условиях эксплуатируется под напором.

Для водосбросного сооружения среднего уровня №1 сброс воды достигает 3,686 м³/с при максимальном исключительном напоре в 150 м. Для варианта плотины с НПУ 1220 м, максимальный напор составляет 140 м, а соответствующий поток 3,564 м³/с. Индивидуальный поток каждой ветки составляет 1,843 м³/с в случае с НПУ = 1290 м.н.у.м, который принят за расчетный расход для всех вариантов плотины.

Для водосбросного сооружения среднего уровня №2 сброс воды достигает 3,710 м³/с при напоре в 150 м. Поток также одинаково разделен на две спиральные шахты, с соответствующим значением в 1,855 м³/с каждая.

Скорость воды в водоводе водосбросного сооружения среднего уровня №1 составляет 13.2 м/с, поднимаясь до 21 м/с в тоннеле и достигая 30 м/с в переходных участках затворов и 41 м/с в сечении затворов.

Безнапорный участок тоннеля

Были подсчитаны профили водной поверхности в условиях установившегося потока, также как и с СТЗ, применяя программное обеспечение STEFLO для внедрения модели.

Рассмотрения схожие с этими обсуждались для СТЗ относительно возможных проблем в водосбросных сооружениях среднего уровня были приняты похожие меры, чтобы избежать или по крайней мере снизить последствия, применяя переходный угол в 4° от затворов и использовалась стальная облицовка вдоль переходных участков. Также была спроектирована система аэрации, состоящая из вентиляционных установок, расширений сечения ниже затворов, и в ступени в полу, которая позволяет подводить воздух ниже струи.

Согласно эмпирическим анализам, потребность в воздухе составляет приблизительно 22% сброса воды при скорости воды в затворах в 41 м/с.

Размеры сечения безнапорного участка тоннеля гарантируют достаточный надводный борт для хорошей аэрации и контроля ударных волн.

Спиральная шахта

Спиральная шахта состоит из спирального водоприемного устройства, шахтного водосброса и отводящего тоннеля. Геометрия, принятая для спирального водоприемного устройства, заставляет воду спиралеобразно прилегать к стенам шахтного водосброса со значительным погашением энергии.

Спиральные шахтные водосбросы были применены в ряде проектов, ввиду получаемых преимуществ в эффективном контроле скорости воды и гашении энергии, хотя в целом потоки не так высоки как в проекте Рогуна. Наиболее важный проект, в котором применен подход воронкообразного завихрения, является проект плотины Тьери, где были построены 4 шахтных водосбросов. Гидравлические характеристики этих тоннелей являются следующие:

- Две шахтные водосбросы с затворами на левом берегу (Т1,Т2) спроектированные для общей пропускной способности 3800 м³/сек;
- Две шахтные водосбросы без затворов на правом берегу (Т3,Т4) спроектированные для общей пропускной способности 3900 м³/сек.

Водоприемное сооружение, предложенное со стороны консультанта ИТЭО, представленное на основе водоприемника спиральной шахты для сверхкритического потока, предложенное Хагером, основано на тестах модели, выполненных в лаборатории по гидравлике, гидрологии и гляциологии (VAW) Швейцарского Федерального Института Технологии (ETH) в Цюрихе.

Основываясь на упомянутом подходе, для расчетного расхода около 1,800 м³/с, в шахтном водосбросе был применен диаметр в 14 м.

При данном решении, большая часть воздуха, который захватывается потоком вниз, геликоидальная струя освобождает из вихревого потока внизу шахты, минимизировав необходимость в аэрации.

Количество воздуха, вовлеченного потоком воды, было определено эмпирическим уравнением, предложенным Калинске и Робертсоном. Был предложен воздуховод диаметром 2.5 м, который совместим с расходом воздуха в 50 м³/с, со средней скоростью 10 м/с.

Тангенциальное вращение потока представляет источник явления потенциальной кавитации в спиральных водосбросах, необходима стальная облицовка внизу шахтного водосброса, и должны быть внедрены подходящие меры для увеличения способности бетонной отделки противостоять потенциальному явлению эрозии.

Носок высокого уступа

Для ВССУ2, рассмотренные реактивные траектории, соответствующие разным углам (30° , 25° и 20°) были рассчитаны для потока $1843 \text{ м}^3 / \text{с}$, применяя формулу USBR, которая дает траекторию нижней струи: среднее горизонтальное расстояние от точки удара струи по отношению к носку отброса струи составляет примерно 118 м для сброса $1850 \text{ м}^3 / \text{с}$ и 97 м для $1065 \text{ м}^3 / \text{с}$.

С учетом длины траектории и области воздействия относительно месторасположения выходного портала, было установлено 20° в качестве угла выхода носка высокого уступа.

Водобойный колодец

Поле изменения глубины размыва $D = t + h$, полученной путем применения эмпирических формул, находится между 34 и 62,6 м, в то время как среднее значение составляет 47 м для сброса $1850 \text{ м}^3 / \text{с}$. Для $1065 \text{ м}^3 / \text{с}$ сброса, D между 23,4 м и 43,4 м, в среднем 33 м.

Кроме того, в этом случае, для того, чтобы оценить результаты эмпирических формул, применялась теория зоны сжатия грунта для сбросов $1850 \text{ м}^3 / \text{с}$ и $1065 \text{ м}^3 / \text{с}$ и угол выхода 20° .

Учитывая значение давления 15 т/м^2 ($1,5 \text{ кг/см}^2$) в качестве порога эрозии, это значение будет достигнуто на расстоянии 27 м вдоль оси тоннеля для $1850 \text{ м}^3 / \text{с}$, в то время как для случая $1065 \text{ м}^3 / \text{с}$ это происходит при 15 м.

В данной ситуации, будут приняты предварительные выемки около 20 м от уровня нижнего бьефа на отметке 980 м над уровнем моря.

4 МНОГОУРОВНЕВЫЕ ВОДОПРИЕМНИКИ

В качестве возможного решения для смягчения эффекта седиментации с относительно низкой стоимостью, предлагается такое решение, как реализация многоуровневого

водозаборного сооружения, с возможной дополнительной целью привлечь мутные потоки в приемные сооружения.

Многоуровневые водоприемники, со скоростями забора выше, чем скорость мутьевых потоков, снабжены стальными элементами для закрытия. В принципе водоприемные сооружения системы аэрации должны быть расположены как можно ниже в водохранилище.

В Предварительном проекте водоприемников рассматривается бетонный лоток 16,0 м в ширину и 12,0 м в высоту. Площадь поперечного сечения составляет 156 м², а скорость воды внутри лотка для 270 м³ / с потока составляет около 1,73 м / сек, что обеспечивает незначительные потери напора. Скорость воды через отверстия водоприемника (предварительно 6.50 м в ширину и 8,25 м в высоту каждое, два отверстия для каждого водоприемника) составляет порядком 2,52 м / с.

Общий объем дополнительных потерь напора может быть в порядке 0,40 м, что является значением ниже, чем в диапазоне точности, которое можно получить, когда общие потери водоводов будут подсчитаны. Исследования по моделированию могут позволить улучшение гидравлического поведения системы и снижения потерь напора на этапе детального проектирования.

На водоприемниках водоводов будут установлены съемные сороудерживающие решетки аналогичные этим уже предусмотренным на водоприемниках решения, которое предложил ИГП.

Также лотки многоуровневых водоприемников будут обеспечены съемными сороудерживающими решетками, представляющими собой балки далеко расположенные друг от друга с единственной целью предотвратить попадания крупных тел в лоток. Водоприемники будут снабжены стальными элементами для закрытия, для того, чтобы исключить эти водоприемники, которые будут постепенно покрываться наносами. Эти элементы не требуются для обеспечения водонепроницаемости и будут эксплуатироваться только в условиях сбалансированного напора.

5 ВОДОСБРОСНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ВЕРХНЕГО УРОВНЯ

5.1 Обзор водосбросных сооружений верхнего уровня

Количество водосбросных сооружений верхнего уровня для различных вариантов уже было указано в параграфе 1.5.

Для варианта с НПУ = 1290 мнум, водоприемник водосбросного сооружения верхнего уровня №1 находится на отметке 1190 мнум; тоннель состоит из напорного участка, камеры аварийно-ремонтных затворов, камеры основных и аварийных затворов и безнапорного участка.

После выходного портала тоннеля, сечение расширяется до ширины 30 м по быстротоку с уклоном 45° между отметкой 1177.70 и 1130.00 м. Быстроток соединяется с водобойным колодцем, 30 м в ширину и 65 м в длину. В конце предусмотрен водобойный колодец с порогом 9.5 м

Далее следуют второй быстроток и второй водобойный колодец, с одинаковыми геометрическими особенностями, и наконец, последний быстроток с носком отброса струи на отметке 1000 м, с углом отталкивания 30°.

Водосбросное сооружение верхнего уровня №2 имеет одинаковые характеристики и отметку водоприемника, как и водосбросное сооружение верхнего уровня №1, кроме камер затворов, расположенных на немного других расстояниях от водоприемника, как следствие немного другого маршрута.

Что касается предыдущего тоннеля, каскадная система состоит из трех быстротоков и двух водобойных колодцев; единственными отличиями от водосбросного сооружения верхнего уровня №1 являются отметки портала тоннеля и водобойных колодцев, так как каскад был адаптирован к морфологическим условиям вдоль соосности.

Для других вариантов все общие особенности тоннелей идентичны относительно типовых сечений и сооружений, и схема быстротоков и водобойных колодцев повторяется.

Напорный участок тоннеля имеет подковообразное сечение диаметром 10 м и уклоном 0.75 %. Максимальная скорость воды близка к 20 м/с. В конце данного участка тоннель представляет переход к прямоугольному сечению 16.5 м шириной и 5.15 м высотой, где расположена камера основных и аварийных затворов (длиной около 136 м.). Она оснащена тремя плоскими затворами и тремя секционными затворами. Скорость воды в переходных участках затворов 29.3 м/с, а в сечении затворов 32 м/с. Переходные участки камеры затворов и прилегающие участки имеют стальную облицовку.

Камера аварийно-ремонтных затворов расположена на расстоянии около 250 м от водоприемника тоннеля, и оснащена двумя плоскими затворами. Здесь предусматривается стальная облицовка одинаковой конфигурации, как и для камеры основных и аварийных затворов.

Ниже от камеры основных и аварийных затворов, тоннель сводится к безнапорному участку с D-образным сечением 10 м шириной и 12 м высотой, уклоном 1.0 %.

Ниже выходного портала, начинается каскадная система детально описанная выше.

5.2 Гидравлические характеристики водосбросных тоннелей высокого уровня

Целью водосбросных тоннелей высокого уровня является обеспечение пропуска паводков и предотвращения перелива плотины во время последней стадии строительства, а также во время эксплуатации станции.

Гидравлический анализ был сфокусирован на варианте с НПУ = 1290 мнум, но результаты могут экстраполироваться на все другие ситуации эксплуатации и варианты.

Согласно вычислительной методологии представленной для строительного тоннеля №3, для данного варианта максимальный сброс с полностью открытыми затворами составляет 1,570 м³/с.

Были приняты во внимание те же проблемы, которые были упомянуты при анализе безнапорного поведения других гидравлических сооружений, и были приняты похожие меры по снижению воздействия. Верховые и низовые переходы с низкими углами поворота, обычно менее 4°, соответствующий надводный борт и аэрационная система.

Для проектного расхода, если рассматривается однородный поток, надводный борт около 35% общей высоты сечения и скорость воды около 18 м/с.

Каскадная система

Безнапорная каскадная система была подтверждена для сценариев с более высоким напором между выходным порталом тоннеля и руслом.

Кривые водослива спроектированы как неконтролируемые водосливы практического профиля в докритическом состоянии, как в случае водослива Кригера в то время как проект водобойных колодцев был выполнен на основе рекомендаций Бюро мелиорации США (USBR), как описано Петерка и Блайсделлом, Хагером и Синнигером и Хагером и Бретцом из лаборатории гидросистем водопадов Сент Антони.

Хагер и Бретц предлагают ограничить условия для формирования прыжка полностью до положительной ступени, и длина прыжка может быть вычислена по уравнению длины неконтролируемого прыжка, рекомендованного Хагером и Синнигером, которое

дает нам максимальную длину около 100 м. Был принят проект водобойных колодцев длиной 65 м, что соответствует примерно двум третям от максимальной длина прыжка, принятой как достаточной, учитывая тот факт, что наиболее интенсивное рассеивание энергии возникает в первой половине длины гидравлического прыжка.

Затем размеры колодца были подтверждены математической моделью «STEFLO».

В проектировании сооружений системы сброса были применены следующие критерии: скорость потока на протяжении системы не должна превышать 40 м/с, максимальный напор быстROTOКОВ 75 м и уклон не более 45°.

Максимальное соотношение между потерянной энергией и потенциальной энергией 85%.

Носок отброса струи

Траектории струи, принимая во внимание угол в 30° для водосбросных тоннелей верхнего уровня №1 и 2 для варианта с НПУ = 1290 и водосбросного тоннеля верхнего уровня №3 для варианта с НПУ = 1255, была рассчитаны для максимального пропускa 1,570 м³/с, используя формулу USBR, которая дает траекторию нижней части струи. Было найдено, что эффект происходит на расстояниях от конца носка в 101, 101 и 84 м соответственно.

Водобойный колодец

Глубина эрозии оценивается используя ту же методологию, упомянутую для строительного тоннеля №3.

Для водосбросного тоннеля высокого уровня 1 и 2, НПУ=1290, диапазон изменения глубины размыва $D = t + h$ полученные применением эмпирических формул между 21.5 and 41.6 m, тогда как среднее значение составляет 31.5 м для пропускa 1570 м³/с. Для пропускa 1000 м³/с, D составляет между 17.1 м и 32.5 и, со средним значением 24.5 м.

Для водосбросного тоннеля высокого уровня 3, 1255 мнум., диапазон изменения глубины размыва $D = t + h$ полученные применением эмпирических формул между 19.2 и 38.8 м, как среднее значение составляет 29 м для пропускa в 1490 м³/с. Для пропускa 1000 м³/с, D составляет между 15.6 м и 31.2 м, и, со средним значением 23 м.

Учитывая также в данном случае значение напора 15 Т/м² (1.5 кг/см²) как порог эрозионности, данное значение достигнется на расстоянии 13 м вдоль оси тоннеля для случая расхода 1570 м³/с, в то время как для 1000 м³/с это происходит в 8 м.

В данной ситуации учитывая напор и удельный расход, нет обязательной необходимости в предварительной выемке водобойного колодца. Однако, падающая струя влияет на правый берег реки, поэтому предлагаются меры для защиты этого берега и избежания неустойчивости выходных сооружений.

Эти меры состоят из предварительной выемки возможной площади размыва до отметки 970 m a.s.l.. шириной равной в полтора раза носка высокого уступа и защитить берег железобетонным сооружением и бетонной плитой толщиной 1 м, прикрепленных к откосу анкерами. Заключительный срез 8 м глубины предусматривается в нижнем конце защитной конструкции, достигая глубину почти 25 м под естественной поверхностью земли.

6 ПОВЕРХНОСТНЫЙ ВОДОСБРОС

6.1 Критерии проектирования и вычисления

Поверхностный водосброс должен заменить в долгосрочной перспективе сооружения пропуска паводка, запланированные в начале срока эксплуатации проекта, должен быть спроектирован с пропускной способностью равной пиковому расходу при максимально вероятном паводке (ВМП).

Он должен быть в эксплуатационной пригодности, когда наносы в водохранилище будут воздействовать на пропускную способность тоннелей с водозаборами низкого уровня, и должен быть спроектирован таким образом, чтобы эрозионное повреждение, вызванное наносами, можно было легко отремонтировать путем изолирования части водосброса.

В начале процесса проектирования, была проанализирована возможность использования простых порогов с затворами, за которыми следует канал быстрого тока, а также каскадная схема из последовательности одних быстрых токов и субгоризонтальных каналов.

Однако, ввиду очень высокого напора между порогами и руслом реки, ни одно из решений не было принято, из-за высокой скорости воды в последнем сооружении и показателей кавитации менее 0.1.

С целью повышения показателей кавитации, по крайней мере, выше 0.2, скорость потока необходимо снизить, чего можно достичь, рассеивая энергию каждый раз, когда она будет достигать значения границы терпения: это достигается за счет

использования комбинации быстротоков и водобойных колодцев. Коэффициенты кавитации в пределах 0.1 до 0.2 можно считать приемлемыми если будут предприняты достаточные анти-кавитационные меры (например аэраторы).

Финальная схема состоит из трехступенчатого каскада с промежуточным рассеиванием энергии, заканчивающейся носком отброса струи.

Конфигурация

Зона, где поверхностный водосброс был размещен не совпадает с градиентом (максимальный наклон) того берега, этот предоставляет достаточно пространства для размещения промежуточных гасителей энергии, упомянутых в прошлых параграфах. Основываясь на предварительной оценке стоимости возможных вариантов, было решено пересечь высоты пород тоннелем, чем полной выемкой открытых каналов.

Подходной шлюз

Чтобы избежать влияния на блоки пригрузки расположенные на верхнем откосе плотины, будет оставлено минимальное расстояние около 50 м между осью гребня плотины и самой близкой стороной подходного шлюза.

Были проанализированы альтернативы с подходным шлюзом, ведущим к четырем водоводам или только трем водоводам. Водоводами являются тоннель для пересечения высот пород между водохранилищем и рекой и лоток быстротока, который ведет воду обратно в реку.

Объем выемки для альтернативы с четырьмя водоводами намного больше, чем альтернатива с тремя водоводами, каждая шириной 68 м. Вследствие этого ей и отдали предпочтение.

Пороги с затворами

Оценка пропускной способности поверхностного водосброса в соответствии с методикой, предложенной USBR (Бюро мелиорации).

Учитывая, что этот водосброс должен быть спроектирован для долгосрочных будущих условий, когда водохранилище потеряет свою регулируемую способность, расчетный расход должен быть принят равным пику максимально возможного паводка (ВМП) без эффекта трансформации паводка в водохранилище, то есть $8,160 \text{ м}^3/\text{с}$.

Расчетный расход должен также учитывать условие "N-1" или "N-2": то есть необходимость быть способным пропустить паводок со средним возвратным периодом 10 000 лет, предполагая, что один (или два, если $N > 6$) из "N" существующих

затворов не может быть открыт. Ежедневный расход на пике паводка с 10,000-летним периодом составляет 5690 м³/с.

Эти паводки должны быть пропущены под отметкой верхней части ядра плотины, которая находится на 3.75 м ниже отметки гребня плотины для всех трех вариантов.

Были приняты три независимых подводящих шлюза и водовода ($N_C=3$). В каждом из них были приняты, четыре водосливных шлюза ($N_G=4$), имеющие ширину 8 м.

С вышеуказанными характеристиками водослива мгновенный пиковый расход ВМП (8160 м³/с) сбрасывается при напоре в 11,96 м. Тогда гребень порогов водосбросов устанавливается таким образом, чтобы оставлять запас в 0.25 м относительно верхней части ядра плотины.

Участок тоннеля

Каждый из трех "водоводов" включает безнапорный участок тоннеля.

Чтобы выполнить безопасное проектирование, минимальное расстояние между осями соседних тоннелей должно быть в три раза больше диаметров тоннелей. Данное условие, учитывая, что для каждого "водовода" доступна общая ширина в 68 м, вместе с соображениями связанными с обычными строительными, технологическими и экономическими условиями, привело к выбору проекта с двумя тоннелями.

Быстроток и промежуточное гашение энергии

Лоток быстротока приводит воду из тоннелей со свободным поверхностным потоком в трамплиновое сооружение и в конечном итоге обратно в реку, а дифференциал общего напора составляет около 200 м.

Предлагаемая система контролирования скорости воды и показателей кавитации состоит в каскаде суб-горизонтальных участков, где камера гашения установлены через каждые 70 м быстротока. Таким способом скорость воды держится меньше 40 м/с, а показатели кавитации между 0.1 и 0.2.

Эффективная длина камеры была принята в качестве двух трети теоретической длины гидравлического прыжка, принимая во внимание тот факт, что самая сильная скорость гашения энергии происходит в первой половине длины, и аэраторы были включены в промежуточные быстротоки для того, чтобы минимизировать кавитационные повреждения, вызванные высокими скоростями.

Для проекта плотины с НПУ = 1220 м, только две из трех ступеней будут использоваться для участка быстрого водослива, а для плотины с НПУ = 1255 м, высота каждой из трех ступеней будет уменьшена на 12 м, 12 м и 11 м, соответственно.

Трамплин и водобойный колодец

Расчет траекторий направлен на оценку жизнеспособности трамплинного решения, с помощью проверки того, попадает ли струя в нужную область (в основном русло реки), а также оценка ее основных гидравлических параметров, чтобы проверить также жизнеспособность водобойного колодца.

Выполненный анализ подтверждает правильность расположения погружающейся струи по отношению к устойчивости берегов и потенциального развития бассейна. Падающая струя наклонно входит в русло реки с горизонтальным углом около 45°. Регулируя геометрию конечного сооружения, зона воздействия может быть расширена с целью снижения удельного расхода и глубины размыва.

Противоположный берег показывает плоскую платформу перед осью водосброса, которая предоставляет дополнительное преимущество для развития водобойного колодца, не нарушая устойчивости левого берега.

Диапазон изменения глубины размыва $D = t + h$ полученные применением эмпирических формул между 34.2 и 73.2 м, тогда как среднее значение составляет 51 м. Данное значение только для одного быстрого.

Следует отметить, что это значение получается в результате использования пикового расхода ВМП как постоянного значения. Учитывая короткую продолжительность пика ВМП и используя постоянное значение 4000 м³/с найдена новая глобальная средняя в 35 м (минимум 22.9 а максимум 52.4). Данное значение следует читать как $h = 20$ м водяной подушки плюс $t = 15$ м реальной гидравлической эрозии.

Методологический подход, основанный на оценке гидродинамического давления подводной струи, применялся для пропуска 7800 м³/с учитывая ВМП с удельным расходом 79 м³/с/м относящимся к одному быстротоку. Контур зоны воздействия для трех быстрых составляет около 200 м

Учитывая также в данном случае значение напора 15 Т/м² (1.5 кг/см²) как порог эрозионности, данное значение достигнет расстояния 30 м до оси тоннеля. В данной ситуации предварительная выемка вышеуказанных размеров совпадает с

динамическим давлением определенным вдоль оси тоннеля, принимая метод предложенный Хартунг и Хослер.

Предварительная выемка части водобойного колодца была предусмотрена, чтобы избежать возможного формирования дюн и последовательного затопления верхних сооружений.

6.2 Заключение и рекомендации

Осуществимость поверхностного водосброса имеющего пропускную способность равную пику максимального вероятного паводка была установлена. Это сооружение должно заменить другие сооружения пропуска паводков, когда наносы в водохранилище сделают их бесполезными или снизят их пропускные способности.

Без возможности поверхностного водосброса весь проект должен будет быть выведен из эксплуатации в среднесрочной перспективе или вообще не строиться.

Водосливное сооружение состоит из трех независимых водоводов, имеющих следующие компоненты:

- Подходные шлюзы с контрольными порогами, оснащенными четырьмя затворными шлюзами (общее количество затворных шлюзов составляет $3 \times 4 = 12$).
- Суб-горизонтальные безнапорные тоннели, пройденные сквозь высокий холм на правом берегу.
- Ступенчатый лоток быстротока на открытом воздухе. Каждая ступень составляет 70 м в высоту и состоит из крутого быстротока с последующим водобойным бассейном. Есть три ступени в двух более высоких вариантах плотины и только две ступени в самом низком варианте.
- Носок отброса струи в конце последнего быстротока и водобойный колодец в русле реки.

Все эти компоненты были разработаны и замерены на основе современного технического уровня, и оказались возможными. В любом случае, рекомендуются модельные испытания.

ГЛАВА 3.3 - ПРИЛОЖЕНИЕ 5 – УПРАВЛЕНИЕ ВМП

1 ВВЕДЕНИЕ

Текущее пятое приложение к третьему разделу «Проекты вариантов» является оценкой возможных вариантов для пропуска вероятного максимального паводка (ВМП) для различных вариантов высоты плотины.

Как указывается в критериях проектирования проекта, основной целью является то, что плотина должна быть самостоятельно защищена от ВМП (никакой перелив Рогунской каменно-насыпной плотины не может рассматриваться даже в случае чрезвычайных паводков).

Таким образом, первым шагом в данном приложении 5 будет оценить защиту, которой обеспечена плотина в проекте разработанном ИГП и, если эта защита считается неудовлетворительной, предложить альтернативные решения.

Затем, учитывая объем Рогунского водохранилища и его способность ослабления паводков, данное приложение 5 оценит возможность пропуска с Рогунской ГЭС стоков, допустимого для Нурекской плотины.

Особое внимание было уделено в данном отчете водосбросному устройству, необходимому в эксплуатационный период электростанции и на долгосрочную перспективу в целях обеспечения полной защиты плотины от ВМП. Похоже, что, каким бы ни было решение реализации и из-за наносов, которые будут накапливаться в водохранилище, для долгосрочного периода является обязательным доступность поверхностного водосброса для обеспечения безопасного пропуска ВМП без перелива Рогунской плотины.

Цель настоящего приложения заключается в определении подходящих решений для, во первых, защиты Рогунского водохранилища от высокого паводка, а затем защиты каскада, для трех вариантов высоты плотины с Нормальными Подпорными Уровнями на отметках 1290 м н.у.м., 1255м н.у.м. и 1220м н.у.м.

2 ОСНОВНЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ

2.1 Критерии проектирования

Как указано в Главе 1 Тома 3 «Критерии Проектирования», необходимо выполнение следующих условий для возвратного периода паводка в 10,000 лет и вероятного максимального паводка (ВМП):

Эти паводки должны быть пропущены под отметкой верхней части ядра плотины, которая находится на 3.75 м ниже отметки гребня плотины для всех трех вариантов НПУ.

Это условие на самом деле является руководствующим, так как:

- Ветровые волны наряду с ВМП и паводком один раз в 10,000 лет не значительные. На самом деле, предполагая низкую комбинированную возможность происхождения паводков и ветра, ветра, происхождение которых предполагается одновременно с большими паводками являются частыми ветрами, таким образом приводят к небольшим волнам.
- Долгосрочная осадка плотины должна быть компенсирована эквивалентным желобом гребня плотины.

НПЛО (наводнения в результате прорыва ледниковых озер) вряд ли могут произойти одновременно с пиковым проектным паводком. На самом деле, объем ледниковых озер может быть отнесен к устойчивым высоким температурам (как и в случае больших паводков) но причины, ведущие к прорыву, также нужно относить к движению масс и сейсмичности. Можно также предусмотреть меры по смягчению.

Предполагая N отверстий водосбросов и n затворов для поверхностного водосброса (при n=0, поверхностный водосброс является водосбросом свободного перелива):

- для паводков с возвратным периодом в 10,000 лет, N-1 отверстий водосбросов или n-1 затворов поверхностного водосброса (n-2, если число затворов больше 6), максимальный уровень воды не должен быть выше верхушки ядра плотины. Необходимо принять во внимание, что тоннель с наибольшим ожидаемым расходом должен рассматриваться не эксплуатируемым.

- Для ВМП, с N отверстиями водосбросов и n затворами для поверхностного водосброса, максимальный уровень воды не должен быть выше верхушки ядра плотины.

2.2 Рассмотренные паводки

Условными паводками, рассмотренные для защиты Рогунской плотины в независимости от выбранного варианта, ВМП и паводки с возвратным периодом в 10,000 лет, как указано в критериях проектирования.

2.3 Принципы безопасности по управлению паводками

В дополнение к критериям проектирования указанным выше, были приняты во внимание следующие принципы безопасности:

- **Эксплуатация турбин:** ВМП является исключительным чрезвычайным случаем, во время которого нормальная эксплуатация ГЭС может быть опасна или невозможна. Следовательно, турбины нельзя рассматривать как водосбросные сооружения в общей водопропускной способности Рогун во время пикового периода ВМП, который был определен, что оно начнется на 180 день и имеет продолжительность 3 недели.
- **Прогнозирование паводка:** так как Рогун находится под влиянием режима таяния снега и льда, можно прогнозировать высокий паводок при помощи мониторинга количества снега выпавшего за период предыдущей зимы. Анализ приведенный здесь предполагает, что можно прогнозировать паводок и принять соответствующие меры (например, пониженный уровень водохранилища) перед возникновением высокого паводка.
- **Типы водосбросных сооружений:** практика и рекомендация консультанта – это не надеяться только на тоннельные водосбросы: они подлежат эксплуатационным и ремонтно-восстановительным работам и не приспособлены даже для малейших изменений от спроектированного сброса воды. Для увеличивающегося напора, дополнительная пропускная способность для тоннельного водосброса намного ниже поверхностного водосброса. Это составляет важное ограничение для системы пропуска паводков. Это предусматривает немного неопределенности в выбранном

проекте сброса воды и небольшую возможность адаптации системы к будущим тенденциям в проектировании паводков (изменения климата...)

- **Водосбросные сооружения**: Все водосбросные сооружения должны быть независимыми. Какое-нибудь происшествие на одном из них не должно влиять на другие объекты.
- **Тоннели и пересечение разломов**: Тоннели, пересекающие разломы, могут быть повреждены из-за движения разломов во время крупных землетрясений или оползней. Это может привести к недоступности упомянутых тоннелей. Следовательно, рекомендуется максимально избегать пересечения с разломами или, когда невозможно избежать такого пересечения, использовать специальные проекты для поддержания перемещений и сохранения целостности сооружения.

2.4 Нурекские проектные характеристики

В первоначальном проекте ИГП, турбины Нурекской ГЭС рассматриваются частью общей пропускной способности паводков проекта. Рассматриваемая проектировщиками пропускная способность Нурека равна $4\,040\text{ м}^3/\text{с}$ (водосбросы) + $1\,420\text{ м}^3/\text{с}$ (турбины). Как указано выше, Консультант не рассматривает станцию как водосбросное сооружение во время пикового периода ВМП. Пропускная способность, рассматриваемая проектировщиками в Нуреке равна $4\,040\text{ м}^3/\text{с}$ во время пикового периода ВМП и $5\,400\text{ м}^3/\text{с}$ после пикового периода. Пропускная способность обеспечивается двумя сооружениями: одним глубинным водосбросом на отметке 857 м.н.у.м. и одним поверхностным водосбросом на отметке 897 м.н.у.м. Каждый водосброс имеет пропускную способность в $2\,020\text{ м}^3/\text{с}$ при отметке водохранилища в 910 м.н.у.м.

3 АНАЛИЗ РЕШЕНИЯ ПРЕДЛОЖЕННОГО ИГП

3.1 Описание решения ИГП

В решении, предлагаемом ИГП в исследовании 2009/2010 года, расположение водосбросов для плотины на отметке 1300 м (НПУ 1290м) следующее:

- 3-ий эксплуатационный водосброс: это водосбросный тоннель с водоприемником на отметке в 1145 м, длиной около 400 и 600 м, он разделяется на две ветки. Каждая ветка имеет вертикальную спиральную шахту с шахтным устройством, которое гасит большую часть энергии. Финальный участок тоннеля горизонтальный и заканчивается носком отброса струи в нескольких метрах над рекой.
- Глубинный водосброс: это водосбросный тоннель с водоприемником на отметке в 1145 м, длиной около 400 и 600 м. Финальный участок тоннеля горизонтальный и заканчивается носком отброса струи в нескольких метрах над рекой.
- Эксплуатационный шахтный водосброс: это сбросный водослив, с круглым входом, оборудованным 3 сегментными затворами 14 м шириной, и отметкой порога на 1283.5 м, данный вход соединен с шахтой диаметром 12 м, которая соединена к той же шахтой, что и глубинный водосброс. Недалеко над соединением с глубинным водосбросом, нормальный участок шахты сокращается до суженного сечения диаметром 9.2 м, который служит контрольной точкой для более крупных водосбросных сооружений («бутылочное горлышко»), то есть гашение энергии происходит в шахте над горлышком.



Рисунок 35: 3-ий эксплуатационный водосброс - продольное сечение

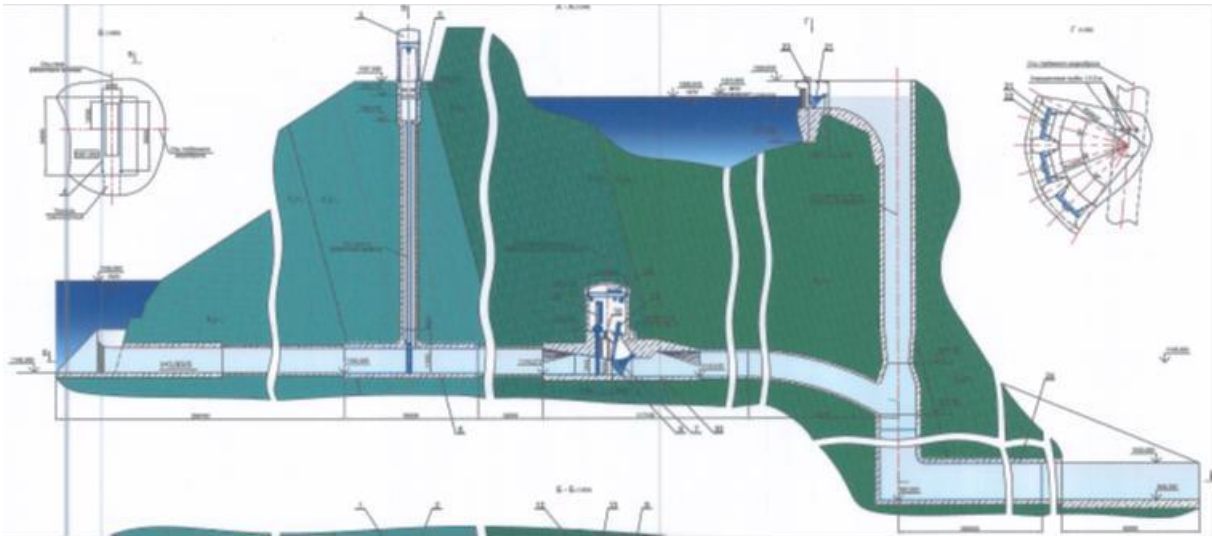


Рисунок 36: Глубинный водосброс и эксплуатационный шахтный водосброс – продольное сечение

Общая водопропускная способность составляет $7\ 100\ \text{m}^3/\text{с}$, значение ВМП по оценке в исследовании ИГП.

Следующая схема представляет пропускную способность трех эксплуатационных водосбросов, спроектированных ИГП.

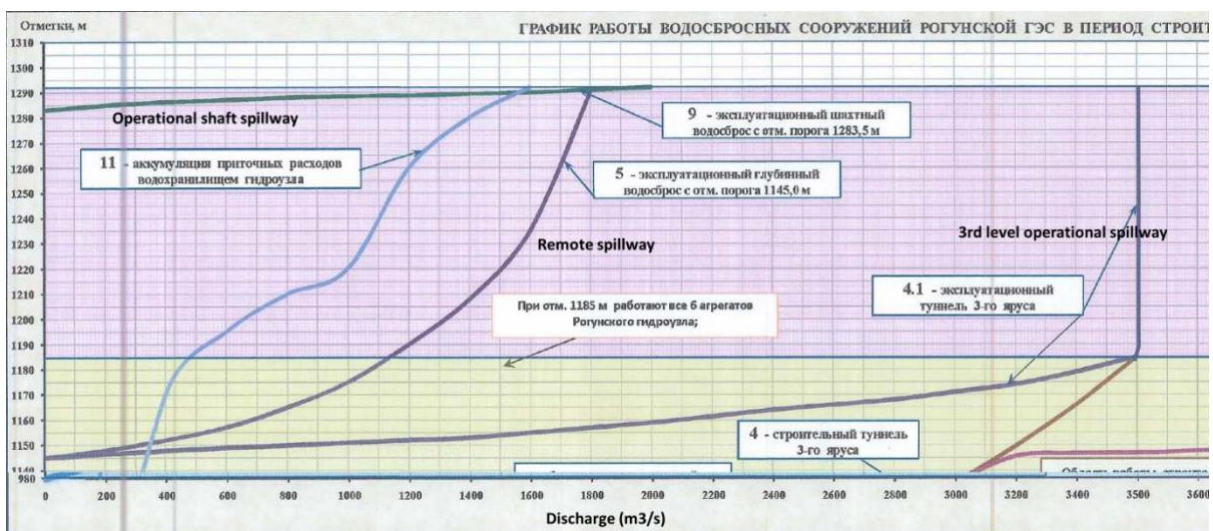


Рисунок 37: Пропускная способность водосбросов ИГП относительно отметки водохранилища

3.2 Анализ решения относительно основных ограничений

В настоящем анализе показано, что имеющееся проектное решение обладает несколькими недостатками:

- Максимальный напор воды превосходит значение рекомендованное Консультантом.
- Необходимость в повторном проектировании распределения потока между водосбросами для выполнения критерия N-1.
- Два сооружения имеют один выходной портал.
- Недостаток опыта для шахтных устройств с такой большой пропускной способностью для постоянных водосбросных сооружений.
- В проекте ИГП не представлены долгосрочные сооружения для пропуска паводка.

Консультант считает, что требования по безопасности не были достигнуты. Таким образом, далее в настоящем приложении рассматриваются другие варианты для того, чтобы выбрать подходящее решение для каждой высоты плотины

4 ЗАЩИТА РОГУНА ОТ БОЛЬШИХ ПАВОДКОВ

4.1 Водосбросы доступные к концу строительства

Как обсуждалось, главе 3.3 - приложении 3 «Управление паводками во время строительства», следующие тоннельные водосбросы остаются в конце строительства как водосбросные сооружения верхнего уровня для каждого варианта высоты плотины:

Вариант плотины	Количество имеющих тоннелей	Количество затворов на тоннель	Отметка водоприемника тоннелей
НПУ = 1220 м	1	3	1140 м
НПУ = 1255 м	3	3	1 на 1145 м.н.у.м. и 2 на отметке 1165 м.н.у.м.
НПУ = 1290 м	2	3	1190 м.н.у.м.

Таблица 50: Водосбросные сооружения высокого уровня, доступные в конце строительства

Следует отметить, что для варианта НПУ = 1290 м.н.у.м., водосбросное сооружение среднего уровня № 2 не должно быть подвержено наносам примерно от 50 до 60 лет. Таким образом, оно может быть использовано как дополнительное водосбросное сооружение в случае ВМП.

4.2 Возможные виды водосбросов

Как описано в главе 3.3 - приложении 4 «Гидравлические компоненты проекта», были найдены технически осуществимые решения, как для поверхностного водосброса, так и для водосбросов напорных тоннелей.

Тоннельные водосбросы имеют одинаковые особенности, как и тоннели доступные в конце строительства, как описано выше в пункте 4.1.

Следует отметить, что поверхностный водосброс является необходимым сооружением в долгосрочном плане, когда водохранилище будет заилено, для предоставления долгосрочной самодостаточной стабильности проекта. Поверхностный водосброс, как представлено в томе 3, главе 3, приложении 4 «Гидравлические компоненты проекта», состоит из трех независимых водотоков. Данный модульный дизайн позволяет построить только часть водосброса во время строительства плотины и завершить его, когда потребуется. Один модуль поверхностного водосброса имеет следующие характеристики:

Вариант плотины	Количество затворов на водоток	Ширина затворов	Отметка порога
НПУ = 1220 м.н.у.м	4	8м	1214 м.н.у.м
НПУ = 1255 м.н.у.м	4	8м	1249 м.н.у.м
НПУ = 1290 м.н.у.м	4	8м	1284 м.н.у.м

Таблица 51: Основные характеристики поверхностных водосбросных сооружений из таблицы 2 1

4.3 Параметры, влияющие на эффективность управления паводками

Способность ослабления паводка: Влияние наносов на способность трансформации паводка в водохранилище была учтена должным образом, с использованием кривых способности водохранилища, полученные в отчете по наносам. Анализ проводился на период через 40 лет после первой очереди, который соответствует периоду, рассматриваемый в экономическом анализе. Тем не менее, следует отметить, что для варианта НПУ = 1220 м.н.у.м., через 40 лет после перекрытия реки, водоприемники тоннельных водосбросов будут находиться ниже уровня наносов. Поэтому для варианта НПУ = 1220 м.н.у.м., результаты даются через 30 лет после перекрытия реки, что соответствует окончанию эксплуатации тоннельных водосбросов.

Отметка водохранилища в начале паводка: Проведенные тут анализы рассматривают, что существует возможность прогнозирования паводка и предпринять необходимые меры (например, снизить уровень водохранилища) до возникновения случая чрезвычайно высокого паводка.

Количество доступных затворов тоннелей: Как упомянуто ранее, тоннели могут иметь эксплуатационные и ремонтные трудности. Поэтому важно оценить влияние недоступности затворов на пропускную способность во время паводков. Эта потенциальная потеря пропускной способности может быть компенсирована поднятием гребня плотины или поверхностным водосбросом. В случае дополнительного поверхностного водосброса, следует оценить количество поверхностных водосливных затворов, которые следует открыть. Это анализ чувствительности был проведен в нынешнем анализе.

4.4 Вывод по защите Рогуна от ВМП

Для варианта НПУ=1220 м.н.у.м., 4 решения технически подходят для защиты Рогуна от ВМП. Среди них решение с 1 тоннелем, 2 модулями поверхностного водосброса и подъемом гребня плотины на 1.5 м является наименее затратным решением.

Для варианта НПУ=1255 м.н.у.м., защита от ВМП будет удовлетворительна с 3 тоннелями необходимыми для строительства и 1 модулем поверхностного водосброса.

Для варианта НПУ=1290 м.н.у.м., защита от ВМП является удовлетворительной с 2 тоннелями высокого уровня и водосбросным сооружением среднего уровня, необходимого для строительства и 1 модулем поверхностного водосброса.

5 ЗАЩИТА ВАХША ОТ БОЛЬШИХ ПАВОДКОВ

Как указано в введении: Рогун должен быть защищён от высоких паводков на протяжении всего периода своей эксплуатации и это является базовым проектом, исследованным в предыдущих параграфах. Тем не менее, возможность защиты Нурека от высоких паводков в особых условиях может быть дополнительной услугой предоставляемой Рогунсом. Данная возможность изучается в следующем разделе для трех вариантов плотины.

5.1 Водосбросные сооружения доступные в Нуреке

2 водосброса доступны в Нуреке:

- = 1 тоннельный водосброс с водоприемником на отметке 810 м.н.у.м. и пропускной способностью в $2020 \text{ м}^3/\text{с}$ при уровне воды в водохранилище в 910 мнум.
- = 1 поверхностный водосброс с 2 затворами, порогом на ометке 897,3 м.н.у.м. и шириной 12 м каждая. За данным поверхностным водосбросом следует тоннель 10 м шириной и 11 м высотой. Пропускная способность водосброса равняется $2020 \text{ м}^3/\text{с}$ при уровне воды в водохранилище на отметке 910 м.н.у.м.

Что касается Рогуна, консультант рекомендует не включать пропускную способность турбин в общую пропускную способность водосбросов в пиковый период паводка. Таким образом, максимальная пропускная способность без турбин равняется 4040

м³/с. Пропускная способность через турбины равна $158 \text{ м}^3/\text{с} * 9$ турбин. Поэтому в Нуреке пропускная способность с турбинами при НПУ равна $5462 \text{ м}^3/\text{с}$.

5.2 Требования по защите каскада

Нурек и низовой каскад спроектированы для пропуска меньшего паводка, чем ВМП. Реализация Рогунского проекта может быть возможностью для защиты каскада от ВМП путем ограничения сброса ниже по течению от Рогуна до приемлемого уровня для низовых сооружений.

Как сказано выше, проектная пропускная способность Нурека равна $4040 \text{ м}^3/\text{с}$ и $5462 \text{ м}^3/\text{с}$ включая турбины.

Консультант отметил во время исследования, что скорость воды в поверхностном водосбросе Нурека высокая: 55 м/с . Соответствующий коэффициент кавитации равен $0,08$ в конце первого участка тоннеля (изменение склона).

Коэффициент кавитации ниже $0,1$ рассматривается как неприемлемый в международных стандартах. Консультант понимает, что были реализованы специальные меры для поднятия этого коэффициента кавитации до приемлемых значений. Однако они неизвестны консультанту, поэтому неизвестна достаточность этих мер для увеличения потока.

Таким образом, ограничение рассматриваемое в текущем разделе таково, что расход через поверхностный водосброс в Нуреке не должен превышать проектного значения в $2020 \text{ м}^3/\text{с}$. Соответственно, уровень водохранилища Нурека не должен быть выше 910 м.н.у.м.

Консультант предполагает, что гидроэлектростанции, расположенные ниже по течению от Нурека спроектированы для пропуска как минимум такого же расхода, что и на Нуреке. Поэтому ограничение расхода Нурека является критерием, который обеспечивает защиту всего Вахшского каскада.

5.3 Выводы по управлению большими паводками

Вариант НПУ = 1220 м

Для данного варианта, 3 варианта соответствуют критериям, определенным во втором параграфе «Основные ограничения». Из этих вариантов, ни один не способен обеспечить защиту Нурека с потоком, выбрасываемым через поверхностный водосброс Нурека в диапазоне своего расчетного значения.

Самым близким решением для защиты Нурека является иметь 3 тоннеля и поверхностный водосброс в Рогуне и гребень плотины, поднятый как минимум до отметки 1251 м.н.у.м.

Вариант НПУ = 1255 м.н.у.м.

Для этого варианта, выбранное решение в Рогуне достаточно снижает поток, с тем чтобы максимальный уровень воды и максимальный уровень в поверхностном водосбросе соответствовали требуемым значениям.

Вариант НПУ = 1290 м.н.у.м.

Для этого варианта, выбранное решение в Рогуне достаточно снижает поток, с тем чтобы максимальный уровень воды и максимальный уровень в поверхностном водосбросе соответствовали требуемым значениям.

6 ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Вариант с НПУ = 1220 мнум

Было найдено три варианта предоставляющих приемлемую защиту для Рогун. Наименее затратным и рекомендуемым вариантом является вариант с 2 модулями поверхностного водосброса, 1 тоннелем и подъемом гребня на 1.5 м.

Из этих трех вариантов, ни один не может быть адаптирован соответствующим образом, чтобы защитить Нурек и каскад. Наиболее близким решением является гребень плотины поднятый до отметки как минимум 1251 м.н.у.м.

Максимальные уровни в водохранилищах и максимальные потоки следующие:

t=30 лет	Максимальные уровни	Максимальные оттоки
Рогун во время ВМП	1226.4 м.н.у.м.	7496 м ³ /с
Рогун во время паводка с 10 000-летним возвратным периодом	1227.9 м.н.у.м.	5427 м ³ /с
Нурек во время ВМП	916.6 м.н.у.м.	6223 м ³ /с
Нурек во время паводка с 10000-летним возвратным периодом	900.1 м.н.у.м.	3485 м ³ /с

Вариант с НПУ = 1255 мнум

Решение с 3 тоннелями необходимыми для строительства дополненными 1 поверхностным водосбросом представляет приемлемую защиту Рогуна от ВМП и паводка с возвратным периодом в 10,000 лет.

Частичное закрытие одного тоннеля, когда обнаружен потенциальный высокий паводок предоставляет возможность контроля и смягчения паводка в Рогуне, и обеспечить защиту для Нурека и низовых сооружений.

Поверхностный водосброс на Рогуне необходим в случае отказа работы затворов в тоннелях.

Максимальные уровни в водохранилищах и максимальные потоки следующие:

t=40 лет	Максимальные уровни	Максимальные оттоки
Рогун во время ВМП	1262,0 м.н.у.м.	4380 м ³ /с
Рогун во время паводка с 10000-летним возвратным периодом	1232,5 м.н.у.м.	3614 м ³ /с
Нурек во время ВМП	910,0 м.н.у.м.	5351 м ³ /с
Нурек во время паводка с 10000-летним возвратным периодом	901 м.н.у.м.	3587 м ³ /с

Вариант с НПУ = 1290 м.н.у.м.

Решение с 2 тоннелями верхнего уровня и водосбросным сооружением среднего уровня, необходимого для строительства, дополненное 1 поверхностным водосбросом, предоставляет приемлемую защиту для Рогуна от ВМП и паводка с 10000-летним возвратным периодом.

Частичное закрытие одного тоннеля верхнего уровня и открытие только 1 затвора водосбросного сооружения среднего уровня, когда обнаружен потенциальный высокий паводок, позволяет контролировать и смягчать паводок в Рогуне, и обеспечить защиту Нурека и низовых сооружений.

Поверхностный водосброс необходим в случае недоступности затворов в тоннелях.

В добавок, Консультант рекомендует подробно рассмотреть проект Нурекского поверхностного водосброса во время следующих стадий исследования, чтобы убедиться, что не будет никаких повреждений даже при проектном потоке.

Максимальные уровни в водохранилищах и максимальные потоки следующие:

t=40 лет	Максимальные уровни	Максимальные оттоки
Рогун во время ВМП	1291,9 м.н.у.м.	4828 м ³ /с
Рогун во время паводка с 10000-летним возвратным периодом	1278,9 м.н.у.м.	3394 м ³ /с
Нурек во время ВМП	910,1 м.н.у.м.	5389 м ³ /с
Нурек во время паводка с 10000-летним возвратным периодом	895,9 м.н.у.м.	3292 м ³ /с

В ходе исследования было решено сделать Рогун многоцелевой плотинной и спроектировать ее таким образом, чтобы защитить весь каскад от ВМП. Это дополнительное преимущество, предоставляемое двумя более высокими вариантами исследования (НПУ = 1255 м.н.у.м. и НПУ = 1290 м.н.у.м.). Поскольку эти выгоды свойственны в системных затратах этих проектов, для лучшего сравнения было необходимо включить затраты на обеспечение схожей защиты от паводка в экономический анализ для варианта «Без Рогун» и любые варианты Рогун, которые не дают эти выгоды.

Чтобы показать эти выгоды в количественном выражении, консультант рассмотрел затраты, которых можно избежать и которые могли бы быть понесены в альтернативных методах а именно строительство дополнительных водосбросов на Нурекской ГЭС. Стоимость этих водосбросных сооружений была оценена в 318 млн долларов США, хотя оценки со стороны правительства Таджикистана показывают, что затраты на защиту всего каскада могут достигнуть 945 миллионов долларов США.

ГЛАВА 3.3 - ПРИЛОЖЕНИЕ 6 – ЗАПИСКА ПО НАДВОДНОМУ БОРТУ ИЗ-ЗА ВОЛН

1 ВВЕДЕНИЕ

Надводный борт является мерой безопасности для учета разницы между теоретическим максимальным уровнем стоячей воды и уровнем который увеличен волнами и ветром.

2 ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ГИПОТЕЗЫ

2.1 Нагон волны

Длиной нагона волны является горизонтальное расстояние открытой воды по которому дует ветер. В прошлом, использование наибольшей прямой дистанции по открытой воде в вычислениях волн привели в расчете к слишком большим высотам волн, так как объем прилегающей открытой воды имеющей более короткие, но значительные нагоны волны оказывает влияние на волны.

2.2 Скорость ветра

В критериях проектирования рассматривается два типа ветра: сильный ветер со скоростью 18 м/с и ураганный ветер со скоростью 32 м/с.

2.3 Высота волны

С гребнем и откосом достаточно защищенных от эрозии (например, бетонная пешеходная дорожка и асфальтная дорога), для вычисления нагона и надводного борта должны использоваться 10% самых высоких волн, т.е. $1.27 H_s$.

3 РАСЧЕТЫ

3.1 Высота волны

Значительная высота волны H_s определяется как среднее от высоты одной трети самых высоких волн.

Вычисленные проектные высоты волн ($1.27 \cdot H_s$) следующие:

Варианты плотины	H_{dn} (сильный ветер)	H_{du} (ураганный ветер)
НПУ = 1290 м.н.у.м.	1.15 м	2.36 м
НПУ = 1255 м.н.у.м.	1.15 м	2.37 м
НПУ = 1220 м.н.у.м.	1.14 м	2.32 м

3.2 Расчет нагона

Нагон волны на верховую призму плотины могут увеличивать или уменьшать необходимый надводный борт по функциям следующих параметров, которые будут здесь изучены:

- Верховой откос плотины,
- Шероховатость и пористость,
- Угловая расходимость волн по сравнению с обычной осью плотины.

Вычисленные накаты представлены в следующей таблице.

	Накат для сильного ветра	Накат для ураганного ветра
НПУ = 1290 м.н.у.м.	0.99 м	1.88 м
НПУ = 1255 м.н.у.м.	0.98 м	1.86 м
НПУ = 1220 м.н.у.м.	0.98 м	1.85 м

Таблица 52: Вычисленные нагона волны

3.3 Расчет ветрового нагона

Ветровой нагон сгоняет воду на подветренном конце закрытого водоема, в результате горизонтальной нагрузки воды, вызванной ветром. Вычисленные нагоны ветра представлены в следующей таблице:

	Нагон для сильного ветра	Нагон для ураганного ветра
НПУ = 1290 м.н.у.м.	0.002 м	0.005 м
НПУ = 1255 м.н.у.м.	0.003 м	0.004 м
НПУ = 1220 м.н.у.м.	0.003 м	0.005 м

Таблица 53: вычисленный ветровой нагон

Таким образом, надводные борты против волн следующие:

	Сильный ветер (18 м/с)	Ураганный ветер (32 м/с)
НПУ=1290 м.н.у.м.	0.99	1.88
НПУ=1255 м.н.у.м.	0.99	1.87
НПУ=1220 м.н.у.м.	0.98	1.85

ГЛАВА 3.4 – ЧЕРТЕЖИ

Следующие схемы представлены в отчете Чертежи (Том 3, Глава 4).

Чертеж №	Ред .	Название		
Геология				
20 001	A	Геотехнические изыскания	Местоположение первоначальных скважин	Вид общего плана
Подходные				
30 001	Б	Вид общего плана		
30 002	Б	Вид общего плана		
30 003	Б	Общая схема		
30 004	Б	Вид общего плана		
30 005	Б	Профили Дорог	Вид общего плана	
30 006	A	Профили Дорог	Подходная дорога из Душанбе и Обигарма	
30 007	Б	Вид общего плана	Существующая дорога	
30 008	Б	Вид общего плана	Бетонные узлы и ДСХ	Схема
Обработка Йонахшского разлома				
40 001	A	Обработка Йонахшского разлома	Вид сверху	Сечения – детали
40 002	A	Обработка Йонахшского разлома	Наращение соли и выщелачивание соли	Мониторинг - Принципы
Вариант 1 - НПУ=1290 м.н.у.м.				
40 101	A	Вариант плотины с НПУ=1290 м.н.у.м.	Плотина, вид сверху	
40 102	A	Вариант плотины с НПУ=1290 м.н.у.м.	Разрез А-А	Подробности гребня
40 103	A	Вариант плотины с НПУ=1290 м.н.у.м.	1 очередь at 1110 м.н.у.м.	Вид сверху - Сечения
40 104	A	Вариант плотины с НПУ=1290 м.н.у.м.	Подробности выемки ядра	Вид сверху
40 105	A	Вариант плотины с НПУ=1290 м.н.у.м.	Подробности выемки ядра	Отметки верховые и низовые
40 106	A	Вариант плотины с НПУ=1290 м.н.у.м.	Трехмерное изображение	Вид сверху
40 107	A	Вариант плотины с НПУ=1290 м.н.у.м.	Трехмерное изображение	Вид верхнего бьефа
40 108	A	Вариант плотины с НПУ=1290 м.н.у.м.	Трехмерное изображение	Вид с нижнего бьефа
40 111	Б	Вариант плотины с НПУ=1290 м.н.у.м.	Строительные тоннели	Общий план
40 113	Б	Вариант плотины с НПУ=1290 м.н.у.м.	Водосбросные тоннеля верхнего уровня	Общий план
40 114	A	Вариант плотины с НПУ=1290 м.н.у.м.	Водосбросные сооружения среднего уровня	Общий план
40 115	A	Вариант плотины с НПУ=1290 м.н.у.м.	Водосбросное сооружение среднего уровня №1	Водовод водоприемника
40 117	Б	Вариант плотины с НПУ=1290 м.н.у.м.	Поверхностный водосброс – первый этап	Общий план
40 118	Б	Вариант плотины с НПУ=1290 м.н.у.м.	Поверхностный водосброс – финальный этап	Общий план
40 119	Б	Вариант плотины с НПУ=1290 м.н.у.м.	-	Общая схема - первый этап
40 120	Б	Вариант плотины с НПУ=1290 м.н.у.м.	-	Общая схема - финальный этап
40 121	Б	Плотина с НПУ. 1290 - 1255 – 1220	Тоннель СТ3	Профиль, водоприемник, камера затворов и сечения

Чертеж №	Ред .	Название		
40 122	Б	Плотина с НПУ. 1290 - 1255 – 1220	Тоннель СТЗ	Камера затворов и выходной портал - профиль, план и сечения
40 123	А	Плотина с НПУ. 1290 - 1255 – 1220	Тоннель СТЗ	Сооружение пересечения разлома – напорный участок
40 124	А	Плотина с НПУ. 1290 - 1255 – 1220	Тоннель СТЗ	Сооружение пересечения разлома – безнапорный участок
40 134	А	Плотина с НПУ. 1290 - 1255 – 1220	Тоннель ВССУ1	Профиль, водоприемник, камера затворов и сечения
40 135	А	Плотина с НПУ. 1290 - 1255 – 1220	Тоннель ВССУ1	Камера затворов и выходной портал - профиль, план и сечения
40 136	А	Плотина с НПУ. 1290 - 1255 – 1220	Тоннель ВССУ1	Выходной портал – план и профиль
40 141	Б	Плотина с НПУ 1290	Тоннель ВССУ2	Профиль, водоприемник, камера затворов и сечения
40 142	Б	Плотина с НПУ 1290	Тоннель ВССУ2	Камера затворов и выходной портал - профиль, план и сечения
40 143	Б	Плотина с НПУ 1290	Тоннель ВССУ2	Вортексная камера и шахта - план, профиль и сечения
40 144	А	Плотина с НПУ 1290	Тоннель ВССУ2	Сооружение пересечения разлома
40 151	Б	Плотина с НПУ 1290	Водосбросной тоннель ТВУ1	Профиль, водоприемник, камера затворов и сечение
40 152	Б	Плотина с НПУ 1290	Водосбросной тоннель ТВУ1	Камера затворов и выходной портал - профиль, план и сечения
40 153	Б	Плотина с НПУ 1290	Водосбросной тоннель ТВУ1	Выходной портал - профиль и сечения
40 154	Б	Плотина с НПУ 1290	Водосбросной тоннель ТВУ2	Профиль, водоприемник, камера затворов и сечение
40 155	Б	Плотина с НПУ 1290	Водосбросной тоннель ТВУ2	Камера затворов и выходной портал - профиль, план и сечения
40 156	Б	Плотина с НПУ 1290	Водосбросной тоннель ТВУ2	Выходной портал - профиль и сечения
40 171	Б	Вариант плотины с НПУ 1290 м.н.у.м.	Поверхностный водосброс	Финальный этап - вид сверху
40 172	А	Вариант плотины с НПУ 1290 м.н.у.м.	Поверхностный водосброс	Финальный этап - продольный профиль вдоль оси тоннелей 5 и 6, и сечения
40 173	Б	Вариант плотины с НПУ 1290 м.н.у.м.	Поверхностный водосброс	Первый этап - вид сверху
40 174	Б	Вариант плотины с НПУ 1290 м.н.у.м.	Поверхностный водосброс	Первый этап - продольные профили вдоль тоннелей 2, 3 и 4
40 175	Б	Вариант плотины с НПУ 1290 м.н.у.м.	Поверхностный водосброс	Первый этап - продольный профиль вдоль оси тоннеля 1 и сечения
40 181	А	Плотина с НПУ 1290	Многоуровневые водоприемники	Общий вид
40 182	А	Плотина с НПУ 1290	Многоуровневые водоприемники	Общий вид и сечения
40 183	А	Плотина с НПУ 1290	Многоуровневые водоприемники	Типичный профиль
Вариант 2- НПУ=1255 м.н.у.м.				
40 201	А	Вариант плотины с НПУ=1255 м.н.у.м.	Плотина, вид сверху	
40 202	А	Вариант плотины с НПУ=1255 м.н.у.м.	Сечение А-А	Подробности гребня
40 203	А	Вариант плотины с НПУ=1255 м.н.у.м.	1 очередь на 1090 м.н.у.м.	Вид сверху - Сечения
40 204	А	Вариант плотины с НПУ=1255 м.н.у.м.	Подробности выемки ядра	Вид сверху
40 205	А	Вариант плотины с НПУ=1255 м.н.у.м.	Подробности выемки ядра	Отметки верховые и низовые
40 211	А	Отметка гребня плотины 1265 м	Строительные тоннели	Общий план
40 212	А	Отметка гребня плотины 1265 м	Водосбросное сооружение среднего уровня	Общий план
40 213	А	Отметка гребня плотины 1265 м	Водосбросные тоннеля верхнего	Общий план

Чертеж №	Ред .	Название		
			уровня	
40 216	A	Отметка гребня плотины 1265 м	Промывной тоннель	Общий план
40 217	A	Отметка гребня плотины 1265 м	Поверхностный водосброс - первый этап	Общий план
40 218	A	Отметка гребня плотины 1265 м	Поверхностный водосброс - финальный этап	Общий план
40 219	A	Отметка гребня плотины 1265 м	-	Общая схема - первый этап
40 220	A	Отметка гребня плотины 1265 м	-	Общая схема - финальный этап
40 251	A	Плотина на отм. 1265	Водосбросной тоннель ТВУ1	Профиль, Водоприемник, камера затворов и сечение
40 252	A	Плотина на отм. 1265	Водосбросной тоннель ТВУ1	Камера затворов и выходной портал - профиль, план и сечения
40 253	A	Плотина на отм. 1265	Водосбросной тоннель ТВУ1	Выходной портал - профиль и сечения
40 254	A	Плотина на отм. 1265	Водосбросной тоннель ТВУ2	Профиль, Водоприемник, камера затворов и сечение
40 255	A	Плотина на отм. 1265	Водосбросной тоннель ТВУ2	Камера затворов и выходной портал - профиль, план и сечения
40 256	A	Плотина на отм. 1265	Водосбросной тоннель ТВУ2	Выходной портал - профиль и сечения
40 257	A	Плотина на отм. 1265	Водосбросной тоннель ТВУ3	Профиль, Водоприемник, камера затворов и сечение
40 258	A	Плотина на отм. 1265	Водосбросной тоннель ТВУ3	Камера затворов и выходной портал - профиль, план и сечения
40 259	A	Плотина на отм. 1265	Водосбросной тоннель ТВУ3	Выходной портал - профиль и сечения
40 261	A	Плотина на отм. 1265	Промывной тоннель	Профиль, водоприемник, камера затворов и сечения
40 262	A	Плотина на отм. 1265	Промывной тоннель	Камера затворов - профиль, план и сечения
40 263	A	Плотина на отм. 1265	Промывной тоннель	Выходной портал - план, профиль и сечение
40 271	A	Вариант плотины с НПУ 1255 м.н.у.м.	Поверхностный водосброс	Финальный этап - вид сверху
40 272	A	Вариант плотины с НПУ 1255 м.н.у.м.	Поверхностный водосброс	Финальный этап - продольный профиль вдоль 5 и 6 оси тоннеля и сечения
40 273	A	Вариант плотины с НПУ 1255 м.н.у.м.	Поверхностный водосброс	Первый этап - вид сверху
40 274	A	Вариант плотины с НПУ 1255 м.н.у.м.	Поверхностный водосброс	Первый этап - продольные профили вдоль тоннелей 2, 3 и 4
40 275	A	Вариант плотины с НПУ 1255 м.н.у.м.	Поверхностный водосброс	Первый этап - продольный профиль вдоль оси тоннеля 1 и сечения
40 181	A	Плотина с НПУ 1255 м.н.у.м.	Многоуровневые водоприемники	Общий вид
40 182	A	Плотина с НПУ 1255 м.н.у.м.	Многоуровневые водоприемники	Общий вид и сечения
40 183	A	Плотина с НПУ 1255 м.н.у.м.	Многоуровневые водоприемники	Типичный профиль
Вариант 3 - НПУ=1220 м.н.у.м.				
40 301	A	Вариант плотины с НПУ=1220 м.н.у.м.	Плотина, вид сверху	
40 302	A	Вариант плотины с НПУ=1220 м.н.у.м.	Сечение А-А	Подробности гребня
40 303	A	Вариант плотины с НПУ=1220 м.н.у.м.	1 очередь на 1075 м.н.у.м.	Вид сверху - Сечения
40 304	A	Вариант плотины с НПУ=1220 м.н.у.м.	Подробности выемки ядра	Вид сверху
40 305	A	Вариант плотины с НПУ=1220 м.н.у.м.	Подробности выемки ядра	Отметки верховые и низовые
40 306	A	Вариант плотины с НПУ=1220 м.н.у.м.	Трехмерное изображение	Общий вид
40 307	A	Вариант плотины с НПУ=1220 м.н.у.м.	Трехмерное изображение	Вид верхнего бьефа

Чертеж №	Ред .	Название		
40 308	А	Вариант плотины с НПУ=1220 м.н.у.м.	Трехмерное изображение	Вид нижнего бьефа
40 311	Б	Вариант плотины с НПУ=1220 м.н.у.м.	Строительные тоннели	Общий план
40 313	Б	Вариант плотины с НПУ=1220 м.н.у.м.	Водосбросные тоннеля верхнего уровня	Общий план
40 314	А	Вариант плотины с НПУ=1220 м.н.у.м.	Водосбросное сооружение среднего уровня	Общий план
40 317	А	Вариант плотины с НПУ=1220 м.н.у.м.	Поверхностный водосброс – этап 1	Общий план
40 318	Б	Вариант плотины с НПУ=1220 м.н.у.м.	Поверхностный водосброс – окончательный этап	Общий план
40 319	Б	Вариант плотины с НПУ=1220 м.н.у.м.	-	Общая схема – этап 1
40 320	А	Вариант плотины с НПУ=1220 м.н.у.м.	-	Общая схема – окончательный этап
40 351	Б	Вариант плотины с НПУ=1220 м.н.у.м.	Водосбросной тоннель ТВУ1	Профиль, Водоприемник, камера затворов и сечение
40 352	Б	Вариант плотины с НПУ=1220 м.н.у.м.	Водосбросной тоннель ТВУ1	Камера затворов и выходной портал - профиль, план и сечения
40 353	Б	Вариант плотины с НПУ=1220 м.н.у.м.	Водосбросной тоннель ТВУ1	Выходной портал - профиль и сечения
40 371	Б	Вариант плотины с НПУ 1220 м.н.у.м.	Поверхностный водосброс	Финальный этап - Вид сверху
40 372	Б	Вариант плотины с НПУ 1220 м.н.у.м.	Поверхностный водосброс	Финальный этап - Продольный профиль вдоль оси тоннеля 1 и сечения
40 373	Б	Вариант плотины с НПУ 1220 м.н.у.м.	Поверхностный водосброс	Финальный этап - Продольные профили вдоль тоннелей 3 и 2
40 374	Б	Вариант плотины с НПУ 1220 м.н.у.м.	Поверхностный водосброс	Финальный этап - Продольные профили вдоль тоннелей 4, 5 и 6
40 375	А	Вариант плотины с НПУ 1220 м.н.у.м.	Поверхностный водосброс	Первый этап - Вид сверху
40 376	А	Вариант плотины с НПУ 1220 м.н.у.м.	Поверхностный водосброс	Первый этап - Продольный профиль вдоль оси тоннеля 1 и сечения
40 377	А	Вариант плотины с НПУ 1220 м.н.у.м.	Поверхностный водосброс	Первый этап - Продольные профили вдоль тоннелей 3 и 2
40 378	А	Вариант плотины с НПУ 1220 м.н.у.м.	Поверхностный водосброс	Первый этап - Продольные профили вдоль тоннелей 4, 5 и 6
40 381	А	Вариант плотины с НПУ 1220 м.н.у.м.	Многоуровневые водоприемники	Общий вид
40 382	А	Вариант плотины с НПУ 1220 м.н.у.м.	Многоуровневые водоприемники	Общий вид и сечения
40 383	А	Вариант плотины с НПУ 1220 м.н.у.м.	Многоуровневые водоприемники	Типичный профиль
Мониторинг плотины				
40 401	А	Мониторинг плотины	Принципы	Плотина, вид сверху
40 402	А	Мониторинг плотины	Принципы	Сечение

ГЛАВА 3.5 – ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОХРАНИЛИЩА

1 ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемый проект Рогунской ГЭС является частью Вахшского каскада, которая уже снабжена несколькими действующими гидроэлектростанциями (в том числе ГЭСы с водохранилищем и ГЭСы работающие на притоке). Дальнейшее развитие каскада также исследуется и новые проекты будут добавлены к уже существующим.

Моделирование Вахшского Каскада нацелено на оптимизацию управления водохранилища Рогунской ГЭС в целях обеспечения оптимального производства энергии из целого каскада (в том числе будущих) в соответствии с требованиями воды вниз по течению. Для этой цели будут все сценарии, предусмотренные в данном анализе полностью соответствуют международным правилам по бассейну Амударья.

В действительности, поскольку река Вахш является одним из главных участников реки Амударья, оптимизация эксплуатации Каскада должна принимать во внимание соглашения и практику по региональному совместному пользованию водными ресурсами. Афганистан, Таджикистан, Туркменистан, Узбекистан и Аральское море делят воду из бассейна Амударья, и водоразделом этих стран руководит Межгосударственная координационная водохозяйственная комиссия (МКВК), как согласовано в Нукусской декларации и в Протоколе 566.

Данный отчет представляет согласованный метод и предположения, а также результаты моделирования разных сценариев и вариантов. Он включает моделирование, охватывающее нормальную эксплуатацию каскада (включая воздействие седиментации на эксплуатацию) и период наполнения водохранилища Рогунской ГЭС.

Целью данного исследования является оценка будущего возможного производства Рогуна и каскада Вахш, принимая во внимание региональные ограничения, в отношении совместного использования водных ресурсов. Результаты данного исследования использованы в экономическом и финансовом анализе предлагаемого проекта Рогун, вариантов, а также в Оценке экологического и социального воздействия (ОЭСВ) предложенного варианта.

2 ДАННЫЕ И ПРЕДПОЛОЖЕНИЯ

2.1 Модель Вахшского Каскада

Вахшский каскад включает в себя девять гидроэлектростанций, существующих в настоящее время, в процессе строительства или на стадии проектирования. Семь из них находятся на самой реке Вахш: Рогунская, Шуробская, Нурекская, Байпазинская, Сангтудинская ГЭС 1, Сангтудинская ГЭС 2, Головная. А две из них на Магистральном Вахшском канале: Центральная и Перепадная. Вода поступает на этот канал ниже Головной ГЭС и возвращается в русло реки Вахш до ее слияния с рекой Пяндж.

Емкость различных водохранилищ показана в следующей таблице:

	Рогун 1290	Рогун 1255	Рогун 1220	Шуроб	Нурек	Байпаза	Сангтуда 1	Сангтуда 2	Головная
	Проектируется	Проектируется	Проектируется	Проектируется	В эксплуатации	В эксплуатации	В эксплуатации	В эксплуатации	В эксплуатации
Полезный объем водохранилища (гм³)	10 300	6 454	3 927	5	4 200	87	18	5	4
Регулирование	Межгод овое	Межгод овое	Межгод овое	Ежедневно	Межгод овое	Ежедневно	Ежедневно	Ежедневно	Ежедневно

Таблица 54: Объем водохранилища и регулирования ГЭС Вахшского каскада

Следующий рисунок показывает схему Вахшского каскада, как учтенную в моделировании. Каждый черный треугольник представляет водохранилище и ГЭС соответствующего водохранилища. Зеленые стрелки представляют потоки воды для орошения, текущие либо с реки либо возвратные воды в реку. В низовой части Вахша имеется канал ведущий воду через два малых ГЭС. По этой части моделирование не проводилось в рамках данного исследования так как она производит лишь малый объем энергии по сравнению с другими ГЭС, расположенными вверх по течению.

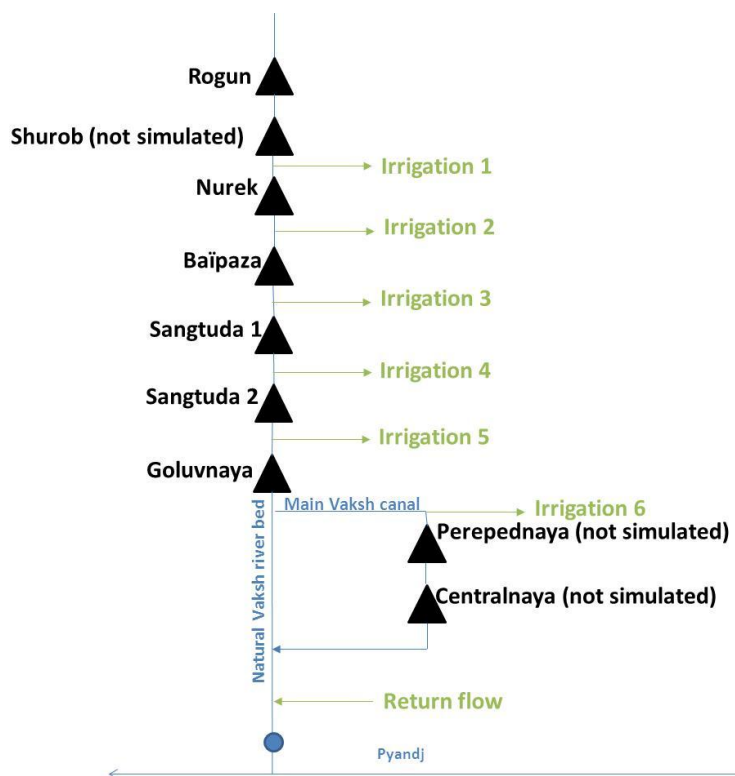


Рисунок 38: Схема Вахшского каскада

2.2 Притоки

Притоки были рассчитаны ИГП и представлены в отчете № 1861-II-2 - Гидрометеорологические условия. Он состоит из ежемесячных расходов с апреля 1932 по март 2008 года на участке Рогунской ГЭС, между Рогунской и Нурекской ГЭС, между Нурекской и Байпазинской ГЭС, а также между Байпазинской и Сангтудинской ГЭС 1.

Достоверность этих притоков подсчитанные ИГП была проверена с другими доступными данными и считаются действительными консультантом ИТЭО в качестве исходных данных для моделирования. Моделирование выполняется более 76 полных гидрологических лет, то есть 912 месяцев.

2.3 Водозаборы из реки Вахш в Таджикистане

Значения водозаборов были тщательно обсуждены с Барки Точик и Министерством мелиорации и водного хозяйства Таджикистана. Были предоставлены несколько наборов водозаборов, исторические и перспективные, которые полностью воспроизведены ниже. ПРТ подчеркнуло, что эти значения полностью соответствуют установленным лимитам, основанным на действующих соглашениях.

Следующая таблица 55 показывает имеющиеся исторические хроники (2005-2011) по среднему водозабору и обратным потокам., Таблица 55 представляет прогнозируемые значения водозаборов и возвратных вод по оценкам ПРТ и использования полного предназначеного объема воды для Таджикистана оставаясь в рамках ограничений, установленных существующими соглашениями и практикой (в частности Нукусской Декларацией и Протоколом 566). Эти цифры были использованы в моделировании, соответственно в сценарии б и а, и считаются константными во время всего периода моделирования.

Возвратные воды учитывают притоки, которые возвращаются назад в реку Вахш из основного Вахшского канала.

Чистая разница в значении объема двух таблиц составляет 1 211 гм^3 в год.

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Годовой объем (гм^3)
Рогун – Нурек	0.97	0.97	1.47	2.03	4.02	6.96	8.89	7.07	3.96	2.10	1.00	1.00	107
Нурек – Байпаза	2.41	1.93	2.44	10.14	33.22	39.77	46.39	45.46	29.72	10.50	6.03	3.01	611
Байпаза – Сангтуда 1													0
Сангтуда 1 - Сангтуда 2	0.10	0.19	0.29	0.51	0.80	0.99	1.48	1.21	0.99	0.53	0.30	0.20	20
Сангтуда 2 – Головная	0.19	0.67	2.93	5.58	7.55	8.45	8.89	7.58	5.94	3.15	2.51	0.71	143
Головная – слияние	91.18	89.42	90.10	163.22	221.20	232.12	239.26	236.49	196.32	157.57	118.34	97.89	5095
Возвратные воды	79.38	75.54	74.44	95.59	124.16	127.09	129.85	131.50	109.72	91.02	83.11	80.08	3163

Таблица 55: Средние фактические водозаборы и возвратный приток с 2005-2011гг. ($\text{м}^3/\text{с}$)

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Годовой объем (гм ³)
Рогун – Нурек	5	5	10	25	40	60	75	55	30	20	10	5	899
Нурек – Байпаза	3	8	15	20	35	45	50	45	35	20	10	5	768
Байпаза – Сангтуда 1	0.2	0.2	0.5	0.8	1	1.5	2	1.5	1	0.8	0.4	0.2	27
Сангтуда 1 - Сангтуда 2	0.04	0.05	0.05	0.32	0.36	0.39	0.4	0.37	0.32	0.09	0.05	0.03	7
Сангтуда 2 - Головная	0.55	0.72	3.12	5.45	9.5	11.25	12.01	9.66	8.4	5.45	2.77	0.7	184
Головная – слияние	110	115	120	170	220	230	240	230	180	150	150	120	5358
Возвратные воды	81.95	72.73	75.66	109.1	129.41	129.37	134.52	132.83	110.35	89.49	79.86	77.36	3219

Таблица 56: Перспективные водозаборы и возвратный приток (м³/с)

2.4 Характеристики водохранилищ

Характеристики каждой из станции Вахшского каскада были введены в модель, включая: Нормальный Подпорный Уровень (НПУ), Уровень Мертвого Объема, кривые объемов водохранилищ, потеря от испарения в водохранилищах Рогуна и Нурека.

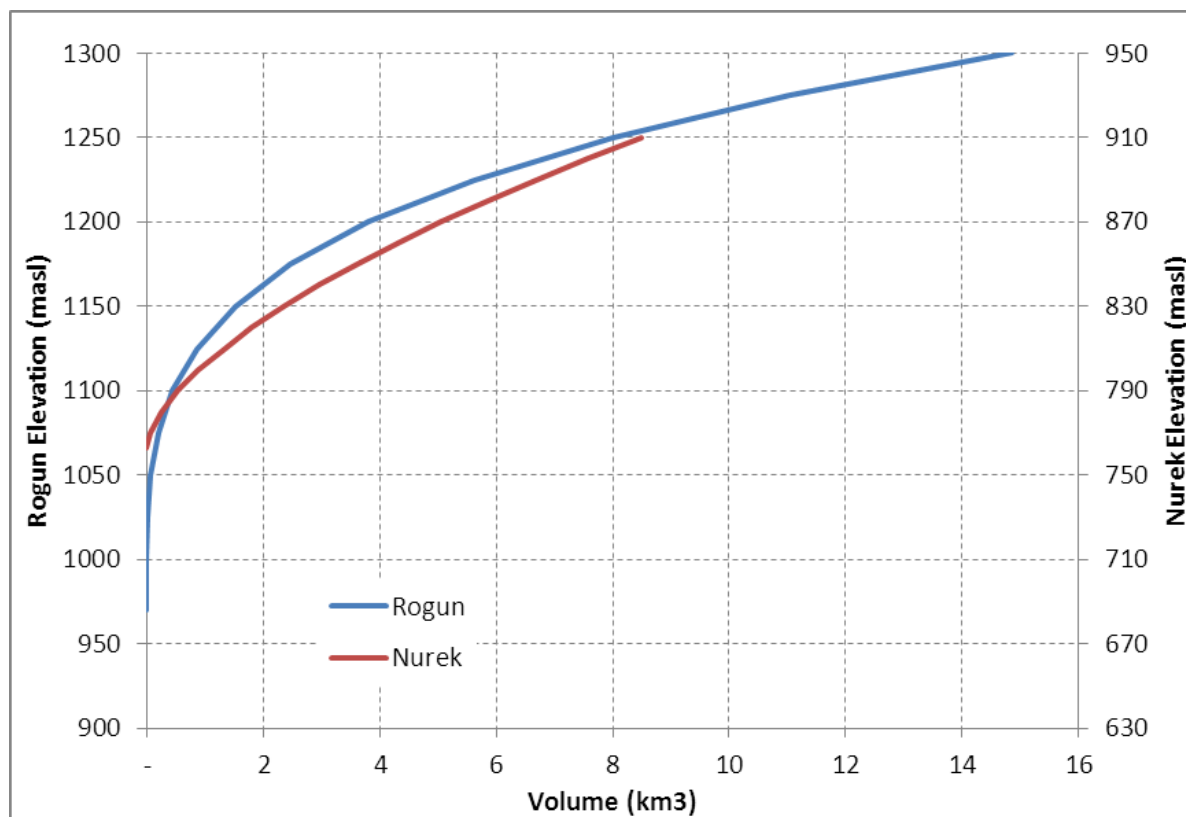


Рисунок 39: Объем водохранилищ Рогуна и Нурека относительно отметок

2.5 Седиментация

Эффект осаждения наносов оценивался на основе метода Бюро Мелиорации США, включая влияние на каскад для впадины «Без Рогуна».

Следующие графики представляют кривые водохранилища для разных временных шагов для трех вариантов плотины и для Нурека в случае «Без Рогуна».

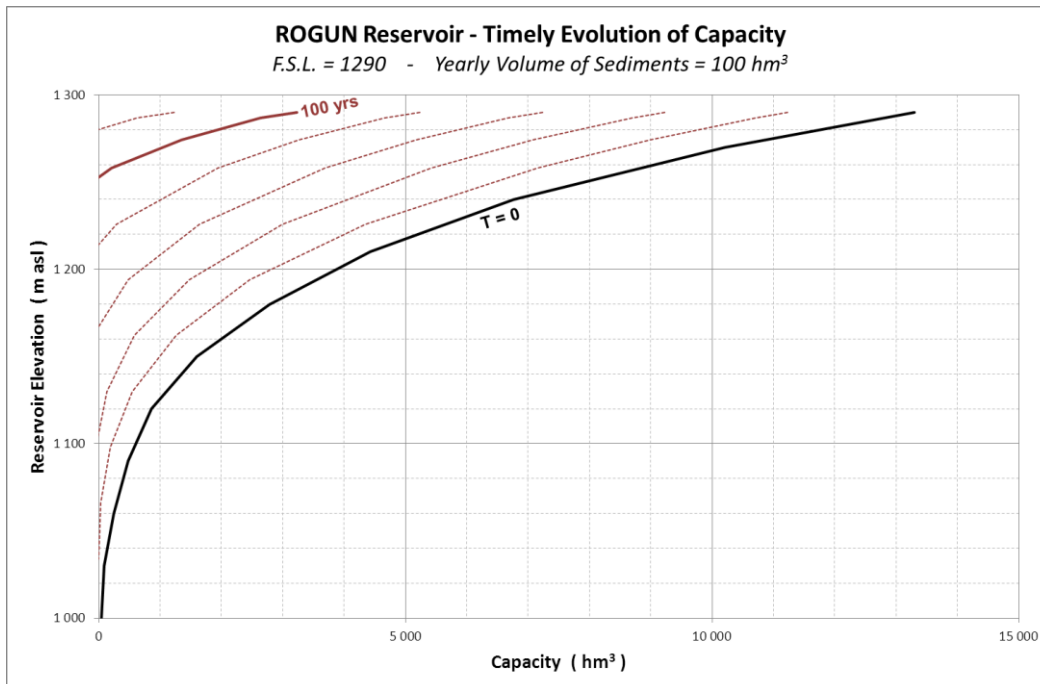


Рисунок 40 : Объем водохранилища Рогуна НПУ=1290 мнум – влияние наносов

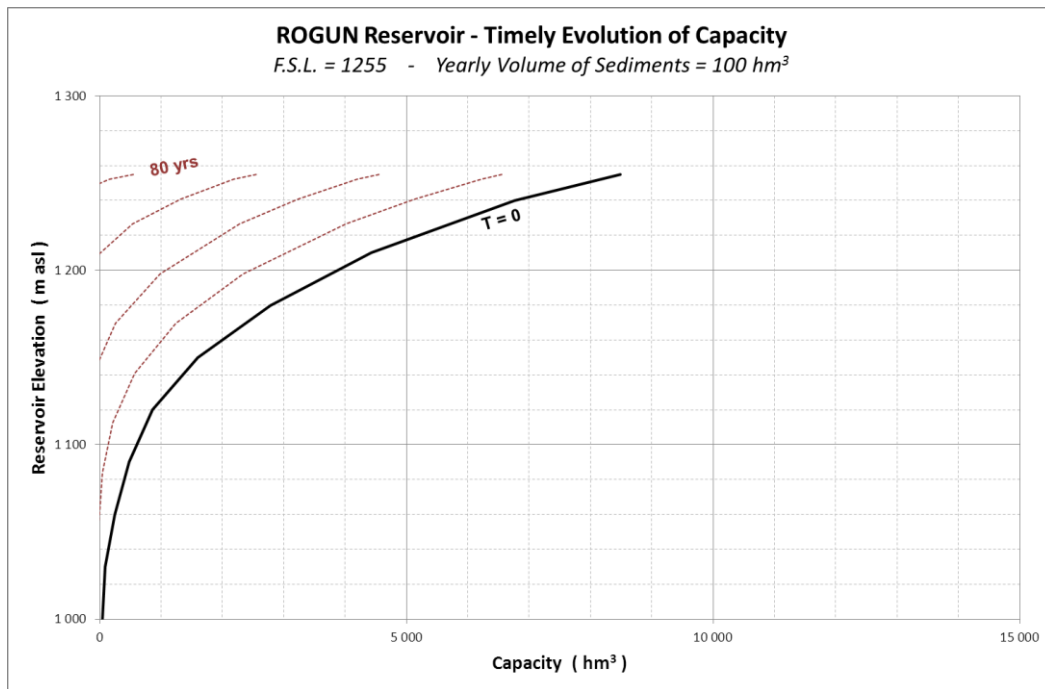


Рисунок 41 : Объем водохранилища Рогун НПУ =1255 мнум- влияние наносов

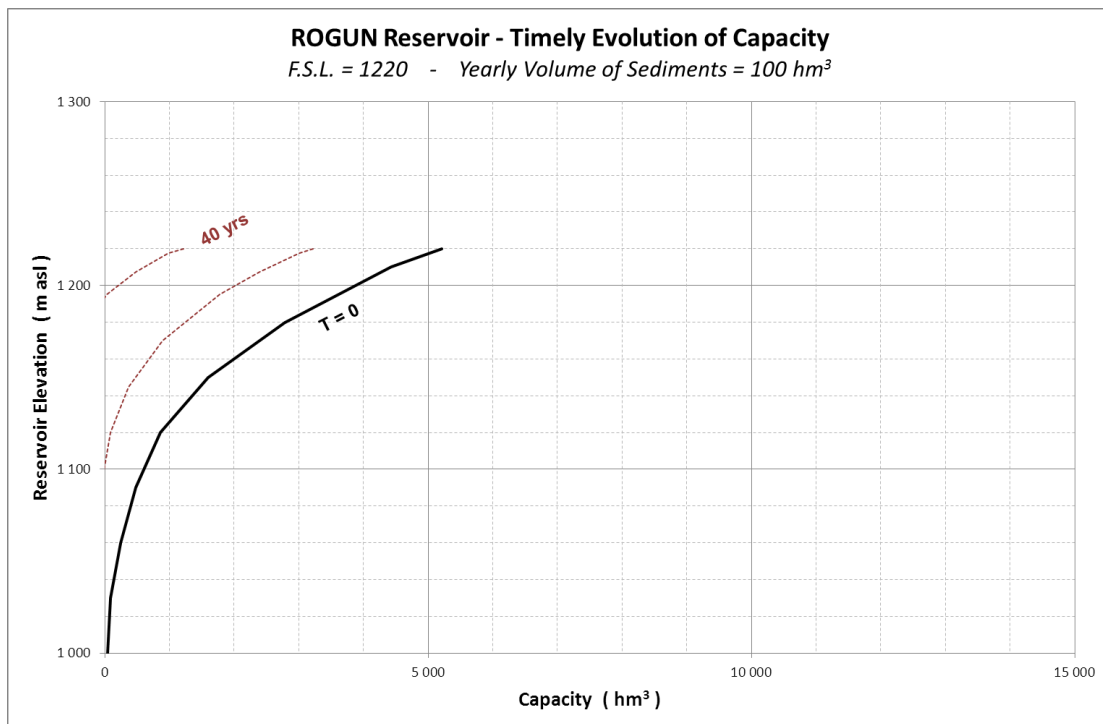


Рисунок 42: Объем водохранилища Рогун НПУ =1220 мнум- влияние наносов

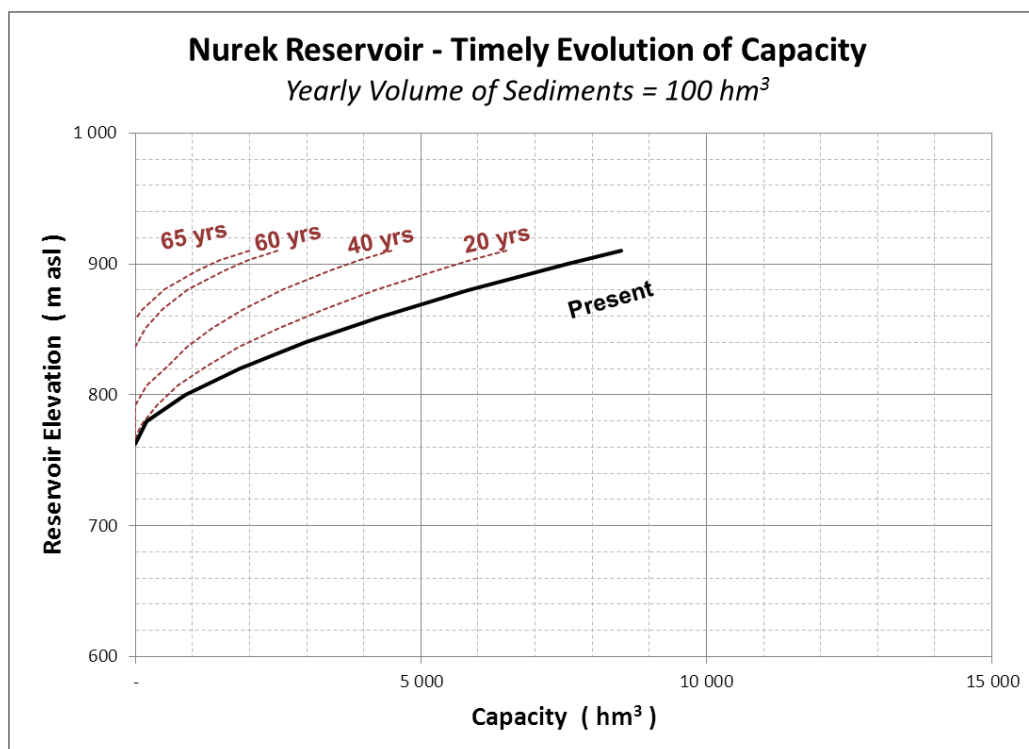


Рисунок 43: Объем водохранилища Нурека – влияние наносов без Рогуна

2.6 Характеристики ГЭС

Для вычисления выработки электроэнергии каждой ГЭС, были введены несколько параметров: уровень воды нижнего бьефа, КПД турбин и потери напора и установленная мощность каждой станции.

Анализируя записи выработок различных станций, стало возможным оценить потерю напора во всех станциях и получить максимальную пропускную способность каждой из существующих ГЭС.

Это приведено в следующей таблице:

	Нурек	Байпаза	Сангтуда 1	Сангтуда 2	Головная
Установленная мощность (Мвт)	3000	600	670	220	240
Оцененный максимальный пропуск (м ³ /с)	1500	1190	1190	1110	1090

Таблица 57: Установленные мощности Вахшского каскада и максимальный пропуск

2.7 Установленная мощность Рогунской ГЭС

На данной фазе исследований были определены три установленные мощности для каждого варианта НПУ.

	НПУ = 1220 мнум	НПУ = 1255 мнум	НПУ = 1290 мнум
Высокая установленная мощность	2 800 МВт	3 200 МВт	3 600 МВт
Средняя установленная мощность	2 400 МВт	2 800 МВт	3 200 МВт
Низкая установленная мощность	2 000 МВт	2 400 МВт	2800 МВт

Таблица 58 : Выбранные установленные мощности

Количество и размер агрегатов не учитывались в данном исследовании. Здесь цель состоит в том, чтобы оценить максимальную энергию, которая может быть выработана независимо от конфигурации агрегата.

2.8 Раннее заполнение Рогуна

2.8.1 График строительства

График наполнение водохранилища был получен из подробного анализа графика наращивания плотины, как показано в главе 4.2 для каждого из вариантов высоты плотины. Предполагается, что максимальный уровень водохранилища постоянно будет на 10 м ниже уровня водонепроницаемого компонента плотины.

На следующем рисунке показан график наращивания трех вариантов плотины.

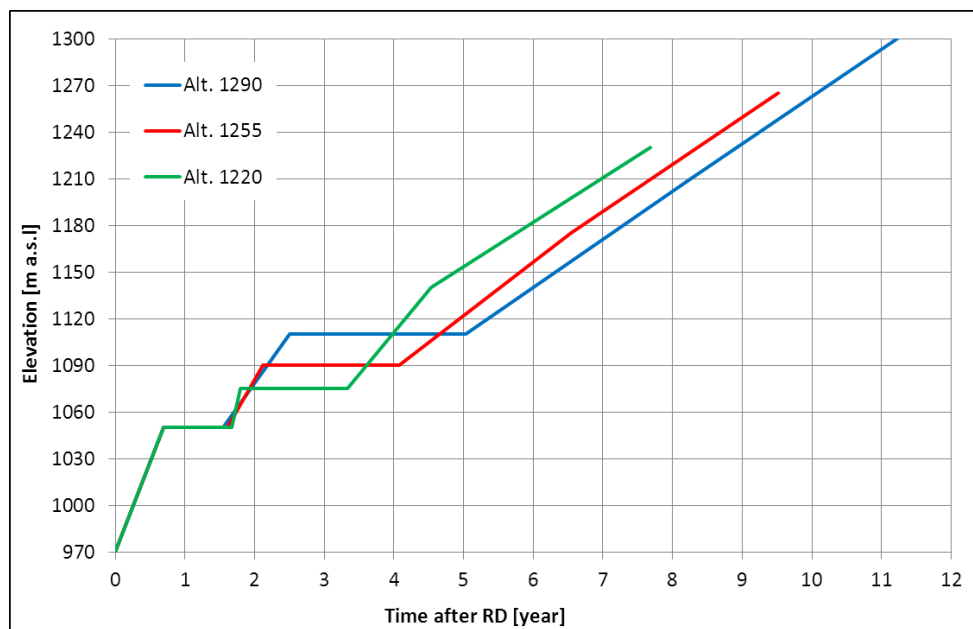


Рисунок 44 : График наращивания плотины – НПУ = 1290, 1255 и 1220 мнум

2.8.2 Характеристики временных агрегатов

Период заполнения Рогунской ГЭС моделируется для трех вариантов с самой высокой установленной мощностью. Очередность сдачи в эксплуатации временных агрегатов была получена из графика строительства для каждого предложенного варианта. Это позволило определить объем вырабатываемой электроэнергии, в то время как проект все еще находится на стадии строительства и должным образом учитывается в экономическом и финансовом анализе предложенных вариантов.

Ключевые даты сдачи в эксплуатации различных агрегатов приведены в следующей таблице:

	1290 мнум	1255 мнум	1220 мнум
Утверждение ИТЭО	-	-	-
Дата перекрытия реки	28	28	28
Ввод в эксплуатации агрегата 6 – временно	73	73	82 (постоянный)
Ввод в эксплуатации агрегата 5 – временно	75	75	84 (постоянный)
Конец возведения агрегата 4	85	85	85
Конец возведения агрегата 3	98	98	98
Конец возведения агрегата 2	112	112	112
Конец возведения агрегата 1	112	112	112
Минимальный уровень водохранилища	112	94	80
Временные агрегаты 5 и 6 отключаются	117	114	-
Ввод в эксплуатации агрегата 4	115	101	101
Ввод в эксплуатации агрегата 3	117	114	114
Ввод в эксплуатации агрегата 2	119	116	116
Ввод в эксплуатации агрегата 1	121	118	118
Ввод в эксплуатации агрегата 6	123	120	-
Ввод в эксплуатации агрегата 5	127	122	-

Таблица 59: Ключевые даты ранней выработки

3 МЕТОДОЛОГИЯ

3.1 Основные эксплуатационные принципы Каскада

Учитывая доступных данных, консультант предложил калибровать модель с такой целью, что режим потока ниже Нурекской ГЭС остается неизменным и имитирует зарегистрированный отток на выходе из Нурека для периода с января 1991 по июль 2011 г.

Для эксплуатационного этапа проекта Рогунской ГЭС, намерение правительства ограничить передачу притока воды из вегетативного сезона в Рогунской ГЭС на не-вегетативный сезон ниже по течению от Нурекской ГЭС до 4,2 км³, который является

объемом передаваемый в настоящее время путем эксплуатации Нурекского водохранилища с использованием своего нынешнего полного потенциала хранения. Моделирование ИТЭО основаны на этом рабочем режиме, который не изменит режим потока вниз по течению.

Данная методология приспособлена к целям данного исследования и модель должна быть достаточно точной чтобы:

- оценить дополнительную будущую выработку электроэнергии, исходящую от реализации Рогунской ГЭС;
- доказать, что дополнительная будущая выработка может быть достигнута без изменения принципа эксплуатации, кроме изменений из-за полного использования доли воды Таджикистаном.

Модель не предназначена для предсказания пропусков воды в будущем, а предназначена для расчета максимальной энергии, которую можно получить из всего каскада без изменения текущего принципа эксплуатации Вахшского каскада, кроме изменений из-за полного использования доли воды Таджикистаном.

Период калибровки определяется как наибольший общий период между притоком серии (1932-2008) и данными с прошлой эксплуатации Нурекской ГЭС (1991-2010), т.е. 1991-2008 гг. Период моделирования определяется по самым доступным длинным сериям притоков: 1932-2008 гг.

Моделируемые сооружения	Период 1991-2008	Период 1932-2008
Только Нурек	Калибровка модели	-
Нурек и каскад вниз по течению	-	Улучшение выработки электроэнергии
Рогун, Нурек и каскад вниз по течению	-	- Оптимизация совместной эксплуатации Рогунской и Нурекской ГЭС - Расчет всех сценариев

Таблица 60: Период калибровки и симулирования модели

3.2 Понимание эксплуатации Нурекской ГЭС

Прошлая эксплуатация Нурекской ГЭС, расход стока, уровень водохранилища и выработанная электроэнергия была представлена с 1991 по 2011 гг.

Единственной регулярностью, наблюдаемой в прошлой эксплуатации Нурекской ГЭС, является изменение уровня водохранилища, который почти всегда варьируется от НПУ (910 м над уровнем моря) в сентябре до УМО (857 м над уровнем моря) в апреле. Это означает, что полезный объем водохранилища Нурек передается из летнего периода в зимний, чтобы удовлетворить спрос Таджикистана в зимний период. Данный аспект был использован для калибровки модели.

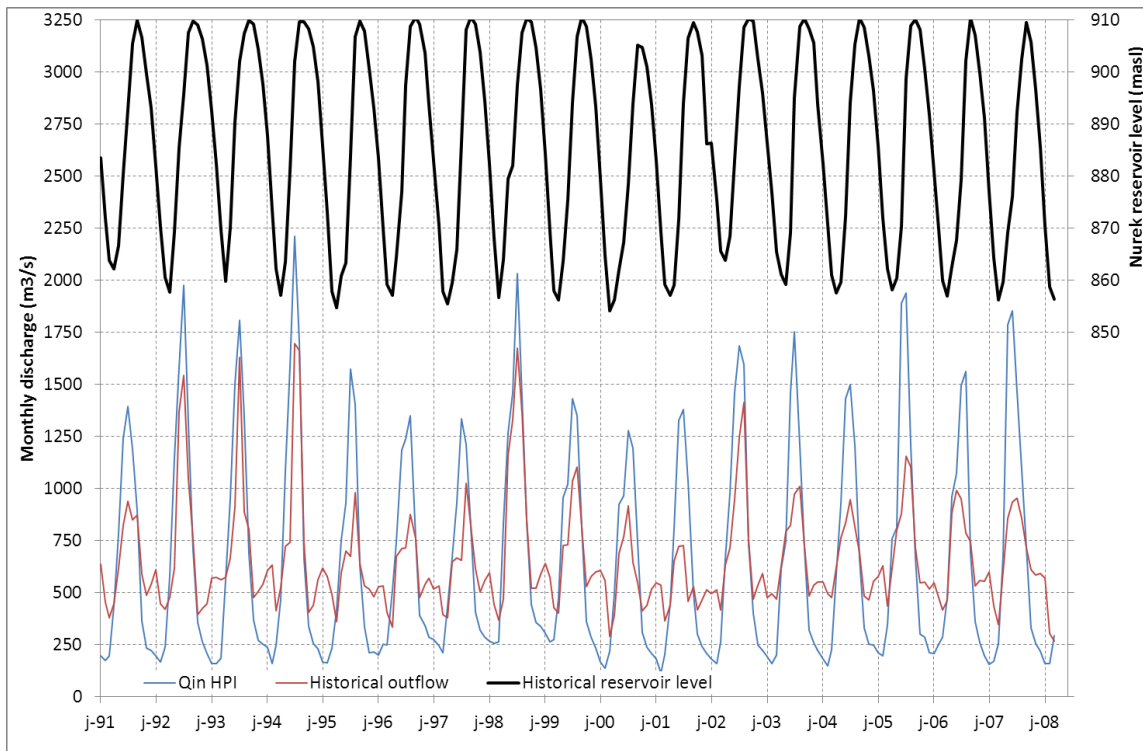


Рисунок 45 : Исторический отток Нурекской ГЭС и уровень водохранилища (1991-2008)

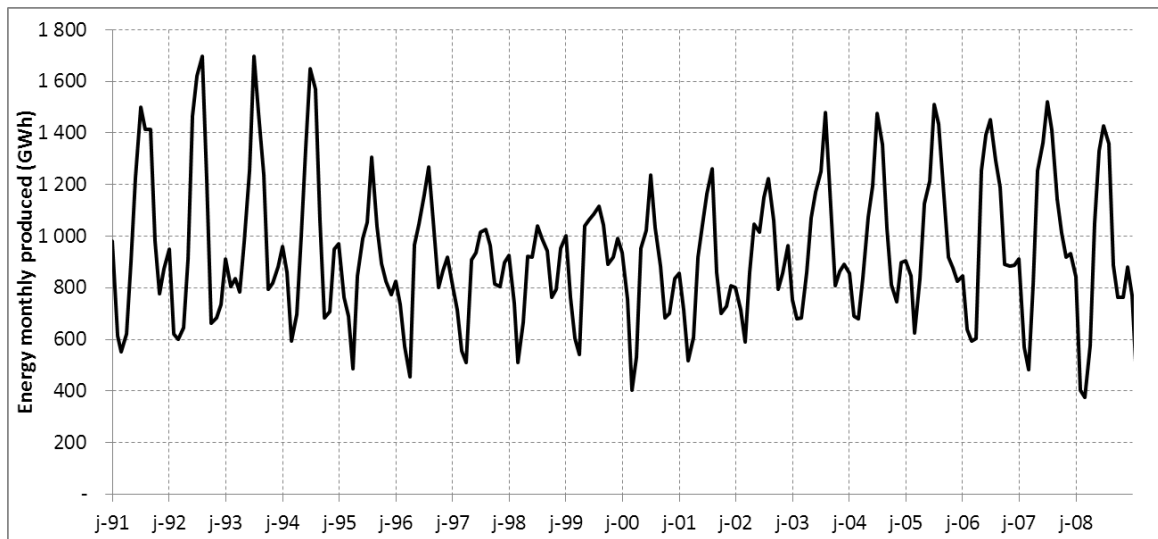


Рисунок 46: Историческая выработка электроэнергии Нурекской ГЭС (1991-2008)

3.3 Калибровка модели

Было выбрано ввести кривую правила эксплуатации уровня водохранилища в Нуреке, чтобы имитировать прошлую работу каскада Вахш для проверки калибровки модели и оценить связанные с ними неопределенности. Данная калибровка пропуска воды вниз по течению выполнена, чтобы воспроизвести нынешний режим потока, а не на основе записей выработок электроэнергии.

Ниже нанесена на график кривая протяженности потоков моделированных и исторических оттоков.

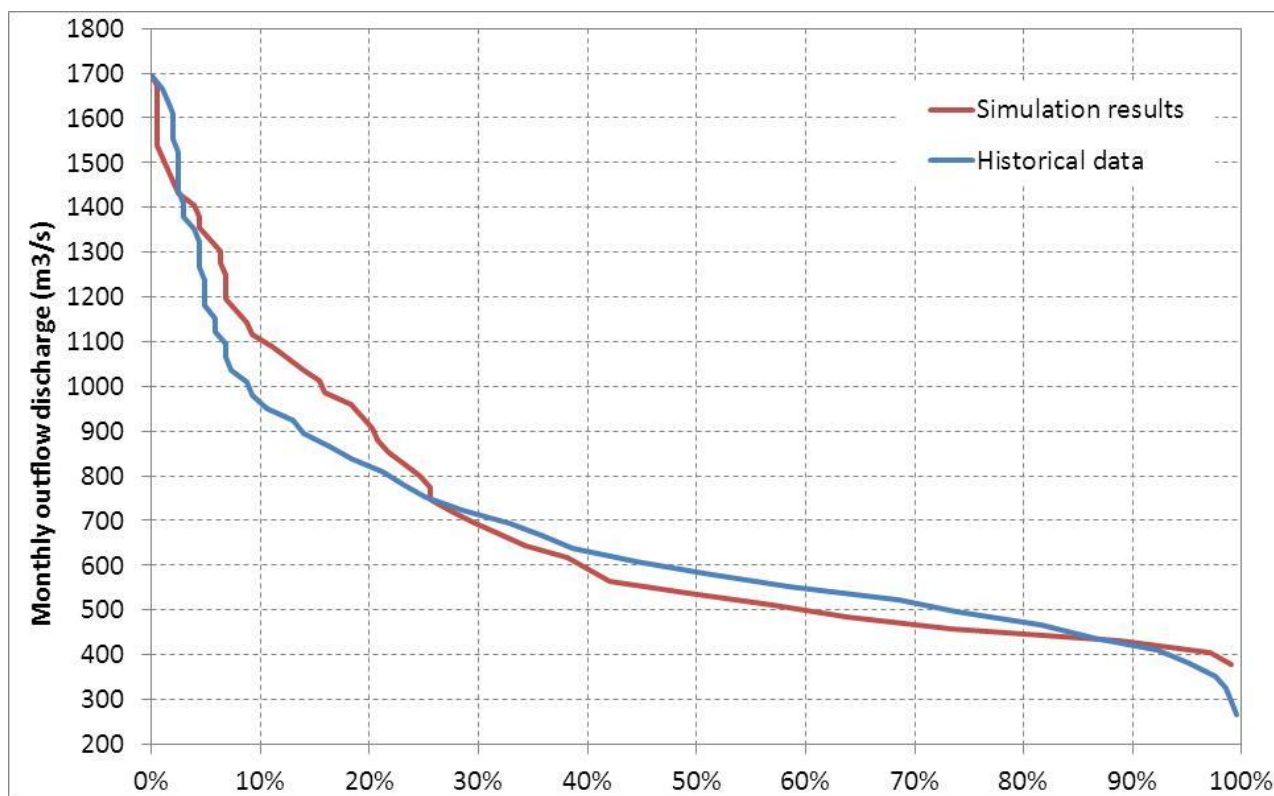


Рисунок 47 : Кривая протяженности оттоков Нурека – Историческая и моделированная)

Как видно, модель дает разумную приблизительность поведения Вахшского каскада, учитывая полное наличие оборудования, а также различные сделанные предположения, приведшие к приемлемой системной ошибке по отношению к целей исследования.

3.4 Улучшение эксплуатации Нурекской ГЭС

Правило эксплуатации, приведенное в предыдущем пункте, позволяет воспроизвести прошлое поведение Нурека. Никакой дополнительной оптимизации какого-либо рода не было проведено на данный момент.

С методом проб и ошибок, кривая водохранилища была изменена для того, чтобы иметь больше водности в феврале и марте и производить больше энергии в эти месяцы. Это означает, что уровень водохранилища должен быть снижен медленнее в начале зимы, так чтобы достаточное количество воды оставалось до конца зимы. В этом случае, меньше энергии производится в октябре, но больше в феврале-марте, когда спрос по-прежнему высок. Эта процедура направлена на увеличение 95% вероятности обеспеченности зимней электроэнергии ($E_{w-95\%}$).

Это улучшение эксплуатации Нурекской ГЭС не изменило летние оттоки, а только распределение зимних оттоков. Общий хранимый объем остается неизменным и соответствует Нурекскому полезному объему. Таким образом, регулирование реки и принципа эксплуатации реки Вахш не изменяется.

3.5 Совместная эксплуатация Рогунской и Нурекской ГЭС

Принцип, установленный ранее, задает определенный уровень регулирования, который ограничен Нурекским полезным объемом, и который не может быть увеличен. Как только Рогун начнет работать, данный объем регулирования можно поделить между Рогунским и Нурекским водохранилищами. В моделировании была выполнена оптимизация данной совместной эксплуатации, чтобы первоначально оптимизировать зимнюю выработку.

3.6 Совместная эксплуатация Рогунской и Нурекской ГЭС во время заполнения водохранилища Рогунской ГЭС

Был изучен оптимальный уровень Рогунской ГЭС, с которого начинается регулирование в Рогуне. Было обнаружено, что оптимальным, в рамках зимней электроэнергии является:

- Эксплуатация Рогуна в качестве русловой гидроэлектростанции (коэффициент регулирования равен 0), пока уровень водохранилища меньше, чем 1140 м.н.у.м.;
- Затем начать регулирование в Рогуне (коэффициент регулирования 0.2) и постепенно увеличивать регулирование в Рогуне по мере подъема уровня водохранилища;
- И производить полное регулирование в Рогуне (коэффициент регулирования = 1), когда уровень водохранилища достигает 1210 м.н.у.м.

4 ИССЛЕДОВАННЫЕ СЦЕНАРИИ

4.1 Случаи сценария моделирования для нормальной эксплуатации

Как упоминалось ранее, для численного моделирования, всегда соблюдались следующие граничные условия:

- Это намерение правительства ограничить передачу воды из вегетативного сезона в Рогунской ГЭС на не-вегетативный сезон ниже по течению от Нурекской до 4,2 км³, который является передаваемым объемом в настоящее время путем эксплуатации водохранилища Нурека, используя его нынешний полный объем хранения; то есть принцип работы реки Вахш остается неизменной.
- Ежемесячные ирригационные водозаборы и возвратные стоки между Рогунской ГЭС и концом Вахшского каскада (слияние с рекой Пяндж) были оценены ПРТ, но в любом случае остаются в полном соответствии с Нукусской Декларацией (Протоколом 566) и в пределах, установленных МКВК в применении Нукусской декларации для реки Вахш и протокола 566.

Разные случаи для каждого НПУ были смоделированы:

а) Экстраполированное нынешнее состояние

- Эксплуатационный принцип реки Вахш остается неизменным;
- Водозаборы и возвратные воды получены из фактических доступных данных 2005-2011 гг по реке Вахш. Эти данные должны соответствовать десятилетним данным (лимиты и факты), которые были опубликованы МКВК.

б) Базовый случай – Будущее использование Таджикистаном отведенной ей доли воды

- Принцип эксплуатации реки Вахш остается неизменным;
- Ежемесячные значения водозаборов и возвратных вод являются средними прогнозируемыми значениями, оцененными ПРТ с использованием полного объема от отведенной доли совместно используемых водных ресурсов Вахша и остающийся ниже лимитов, установленных Нукусской декларацией и Протоколом 566.

Следует отметить, что влияние седиментации на водохранилище Рогунской ГЭС было исследовано по варианту (б), в течение всего технического срока службы проекта.

Для целей сравнения, **текущий каскад** (т.е. без Рогунской ГЭС) был также смоделирован как базовый сценарий.

4.2 Сценарий моделирования для наполнения водохранилища Рогунской ГЭС

В дополнение к обычным эксплуатационным случаям, консультант также смоделировал **период наполнения водохранилища**, предполагая следующее:

- Принцип эксплуатации реки Вахш остается неизменным;
- Водозаборы и возвратные воды получены из фактических доступных данных за 2005-2011 гг по реке Вахш, не превышая лимитов для Таджикистана по реке Вахш согласно тому, как установлено МКВК применительно Нукусской декларации и протокола 566. Было указано, что никакой водозабор в целях орошения по реке Вахш не был предусмотрен во время наполнения водохранилища.
- Намерение правительства является наполнить водохранилище Рогунской ГЭС с использованием части выделенной доли Таджикистана в рамках существующих соглашений и практики. Таджикистан не использует свою полную долю для орошения из Амударьи (в частности, из реки Вахш), и между 2005 и 2011 году средняя неиспользованная доля Таджикистана от реки Вахш составила 1,2 млрд. кубометров. Если предположить, что эта ситуация будет продолжаться до конца периода наполнения, эта неиспользуемая доля будет достаточной, чтобы наполнить водохранилище без снижения нынешнего орошения в Таджикистане. Моделирования ИТЭО, таким образом, основываются на предположении, что 1,2 млрд. кубометров неиспользованной таджикской доли от реки Вахш будет доступна ежегодно при первоначальном наполнении водохранилища.
- Периоды строительства для трех вариантов НПУ являются те, которые определены консультантом.
- Ограничения в связи с вызванной сейсмичностью или другими потенциальными ограничивающими факторами принимаются во внимание при определении скорости наполнения водохранилища во время строительства.

4.3 Суммирующая таблица

В следующей таблице показаны все сценарии и варианты, которые были изучены. В общей сложности проведено 20 прогонов моделей.

	Установленная мощность	(а)	(б)	Наполнение	(б) + седиментация
Без Рогуна		Да	Да		
НПУ = 1290 мнум	3600 МВт	да	Да	да	да
	3200 МВт		Да		
	2800 МВт		Да		
НПУ = 1255 мнум	3200 МВт	да	Да	да	да
	2800 МВт		Да		
	2400 МВт		Да		
НПУ = 1220 мнум	2800 МВт	да	Да	да	да
	2400 МВт		Да		
	2000 МВт		Да		

Таблица 61: Смоделированные сценарии и варианты

5 РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

5.1 Синтез и сравнение результатов

5.1.1 Выработка электроэнергии

Следующие таблицы представляют гарантированную выработку, вторичную выработку и среднюю выработку всего каскада в каждом из рассмотренных сценариев.

Гарантированная выработка (ГВт-ч)		(а)	(б)
Без Рогунской ГЭС		13 040	12 528
НПУ = 1290 мнум	3600 МВт	22 762	22 360
	3200 МВт	-	22 360
	2800 МВт	-	22 360
НПУ = 1255 мнум	3200 МВт	21 730	21 240
	2800 МВт	-	21 240
	2400 МВт	-	21 240
НПУ = 1220 мнум	2800 МВт	20 140	19 560
	2400 МВт	-	19 560
	2000 МВт	-	19 560

Таблица 62: Гарантированная выработка каскада Вахш для всех смоделированных сценариев

Вторичная выработка (ГВт-ч)		(а)	(б)
Без Рогуна		6 870	6 556
НПУ = 1290 мнум	3600 МВт	12 552	12 141
	3200 МВт	-	12 031
	2800 МВт	-	11 809
НПУ = 1255 мнум	3200 МВт	11 622	11 240
	2800 МВт	-	11 144
	2400 МВт	-	10 921
НПУ = 1220 мнум	2800 МВт	10 886	10 596
	2400 МВт	-	10 512
	2000 МВт	-	10 274

Таблица 63: Вторичная выработка каскада Вахш для всех смоделированных сценариев

Среднегодовой объем электроэнергии (ГВт-ч)		(а)	(б)
Без Рогунской ГЭС		19 910	19 084
НПУ = 1290 мнум	3600 МВт	35 314	34 441
	3200 МВт	-	34 331
	2800 МВт	-	34 109
НПУ = 1255 мнум	3200 МВт	33 352	32 480
	2800 МВт	-	32 384
	2400 МВт	-	32 161
НПУ = 1220 мнум	2800 МВт	31 026	30 155
	2400 МВт	-	30 072
	2000 МВт	-	29 834

Таблица 64: Средний объем энергии каскада Вахш для всех смоделированных сценариев

Объем электроэнергии, производимой всем каскадом, намного значительно с учетом Рогунской ГЭС: на 74%, 64% и 54% больше для плотин высотой в 1290, 1255 и 1220 м.н.у.м. соответственно.

Также следует напомнить, что сценарий «Без Рогунской ГЭС» был улучшен по сравнению с исторической выработкой: Гарантированная выработка ($E_{95\%-W}$) была улучшена на 21% в то время, как средняя выработка остается такой же.

Различия между сценарием (а) и сценарий (б) ограничены: энергия, вырабатываемая в сценарии (б) на 1.4-4% ниже, чем сценария (а) в зависимости от варианта. Самая высокая разница (4%) для средней выработки без Рогунской ГЭС.

Следующие графики представляют сравнение вырабатываемой электроэнергии в течение года в рамках сценария (б) Вахшским каскадом с эксплуатацией трех вариантов Рогунской плотины на максимальной установленной мощности, и с Вахшским каскадом без Рогунской ГЭС.

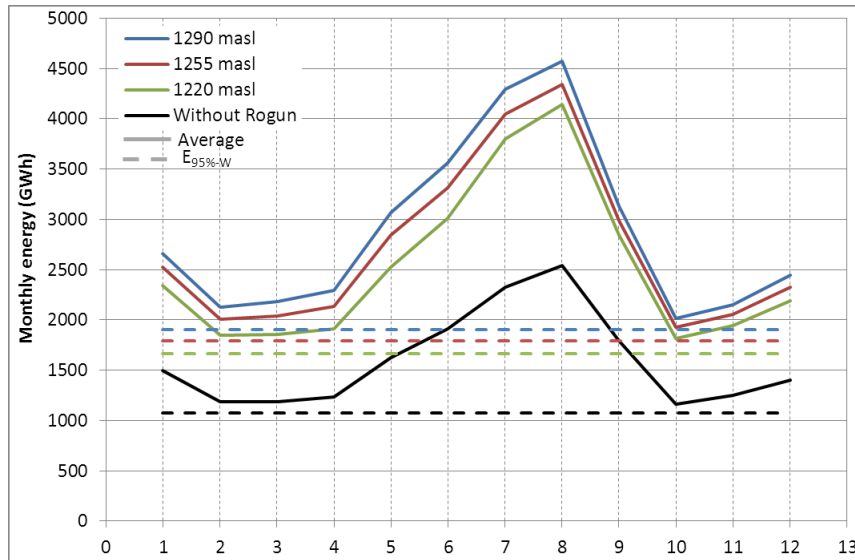


Рисунок 48 : Выработка Вахшского каскада - сравнение вариантов, сценарий (б)

Следующие графики представляют сравнение вырабатываемой электроэнергии в течение года в рамках сценария (а) Вахшским каскадом с эксплуатацией трех вариантов Рогунской плотины на максимальной установленной мощности, и с Вахшским каскадом без Рогунской ГЭС.

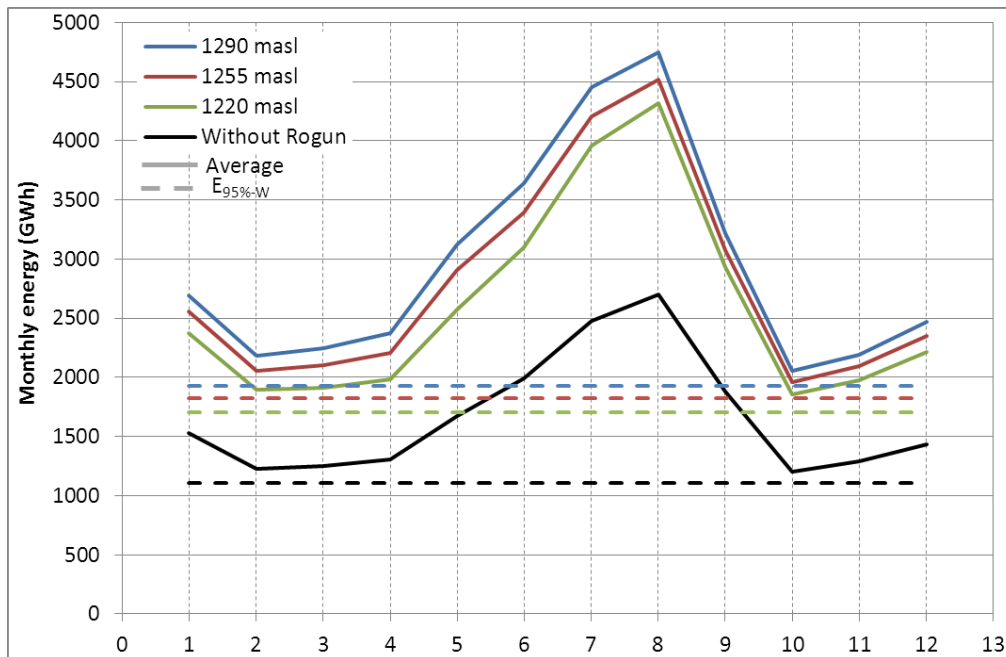


Рисунок 49: Выработка Вахшского каскада - сравнение вариантов, сценарий (а)

6 РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ – ПЕРИОД НАПОЛНЕНИЯ

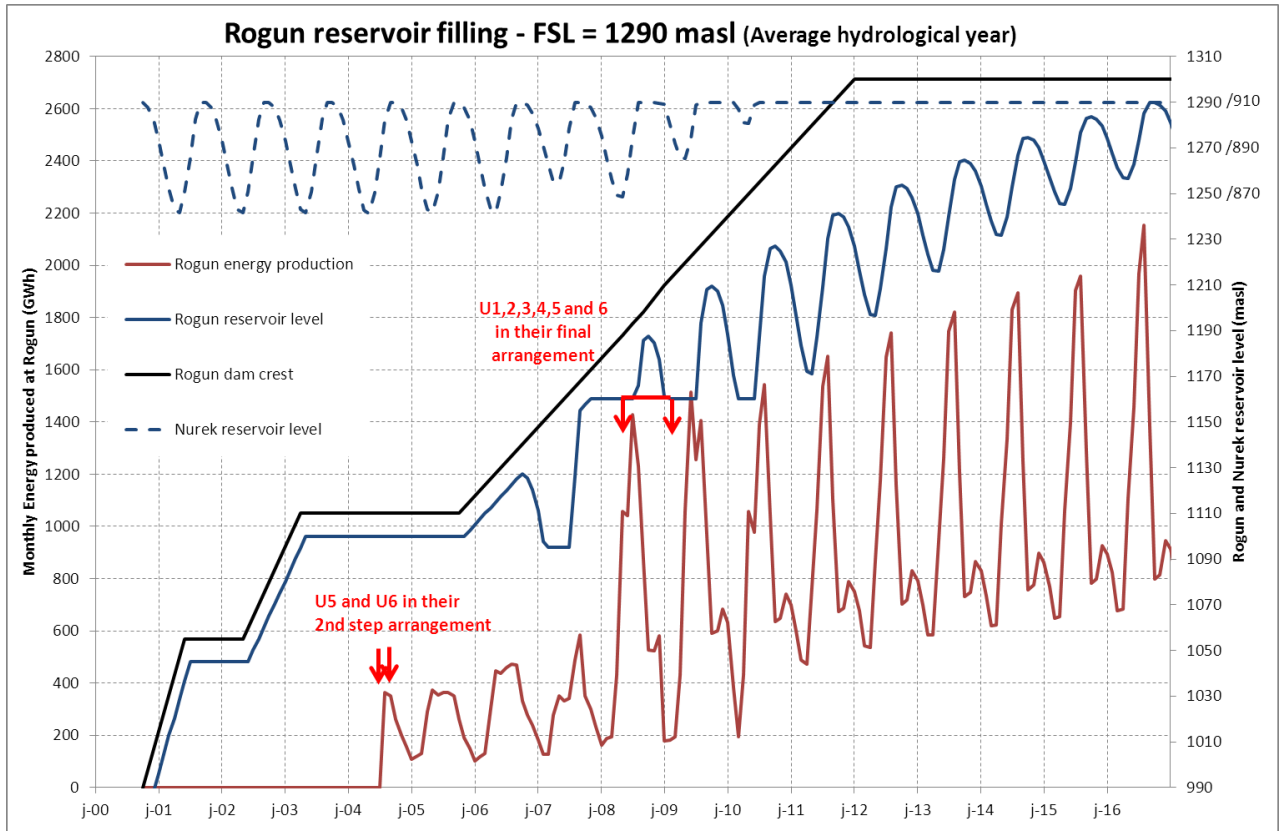
6.1 Гидрологическая обстановка

В то время, как нормальная эксплуатация была рассчитана на весь период моделирования (с 1932 по 2008), в данном случае, модель запускалась только на период в 10-18 лет заполнения водохранилища.

Было решено, запустить модель заполнения водохранилища с использованием среднего значения 1937 г.

6.2 НПУ = 1290 мнум

Результаты моделирования представлены далее:



**Рисунок 50 : Наполнение водохранилища Рогунской ГЭС - Результаты моделирования
НПУ=1290 мнум**

Возможность регулирования Рогунской ГЭС начнется в конце 6 года. С того момента, регулирования реки Вахш все более и более выполняются в Рогунской ГЭС и все меньше и меньше в Нуреке.

Можно увидеть, что водохранилище достигает нормального подпорного уровня через 16 лет после перекрытия реки, а строительство плотины заканчивается через 11.2 лет.

Первый этап компоновки агрегатов № 5 и 6 не используется: когда будут завершены работы, необходимые для их запуска, уровень водохранилища будет уже вне их эксплуатационного диапазона.

Что касается электроэнергии, поскольку не используется возможности регулирования Рогунской ГЭС, выработка в зимний период ограничена. Тем не менее, вырабатывается от 100 ГВт-ч до 150 ГВт-ч в месяц, что составляет от 9% до 14% электроэнергии вырабатываемой всем каскадом.

Как только используется возможность регулирования Рогунской ГЭС (7-й год), зимняя выработка увеличивается до 600-800 ГВт-ч в месяц.

Выработка электроэнергии в летний период ограничена в первые годы (до года N+8) из-за количества и мощности агрегатов.

В течении всего периода наполнения (16 лет), дополнительный объем вырабатываемой энергии каскадом по сравнению со сценарием (а) «без Рогунской ГЭС» составляет 111 ТВт-ч. Это совпадает с 7.7 годами нормальной эксплуатации. Электроэнергия вырабатываемая только двумя временными агрегатами, составляет 11.8 ТВт-ч, и 4.1 ТВт-ч только зимой.

Год	Среднегодовая выработка Рогунской ГЭС (ГВт-ч)	Средняя зимняя выработка Рогунской ГЭС (ГВт-ч)
N+4	1 332	617
N+5	3 058	962
N+6	3 787	1 200
N+7	3 694	1 318
N+8	8 241	2 180
N+9	9 064	2 432
N+10	9 675	3 234
N+11	10 534	3 936
N+12	11 350	4 222
N+13	11 987	4 421
N+14	12 553	4 615
N+15	13 052	4 787
N+16	13 702	4 953
TOTAL	112 029	38 876

Таблица 65: Наполнение Рогуна - Выработка электроэнергии – НПУ = 1290 м.н.у.м.

На следующем графике представлены расход на нижней точке каскада и приводится сравнения заполнения Рогунского водохранилища с нормальной эксплуатацией при сценарии (б).

Следует отметить что в течение первых 7 лет периода наполнения, расход на нижнем конце каскада выше в сценарии наполнения Рогунской ГЭС, чем в сценарии (б). После 7-го года, оба прекрасно суперпозиционны. Это означает, что объем разрешенных для заполнения водохранилища не будет полностью использоваться в течение первых 7 лет заполнения водохранилища.

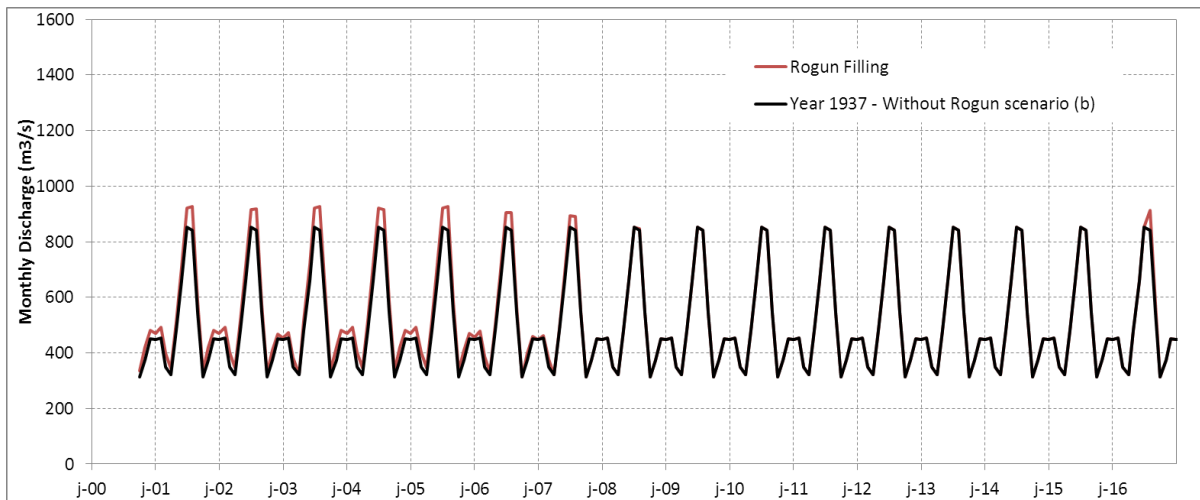


Рисунок 51 : Приток на нижнем конце р. Вахш – наполнение НПУ = 1290 м.н.у.м

6.3 НПУ = 1255 мнум

Результаты моделирования представлены далее:

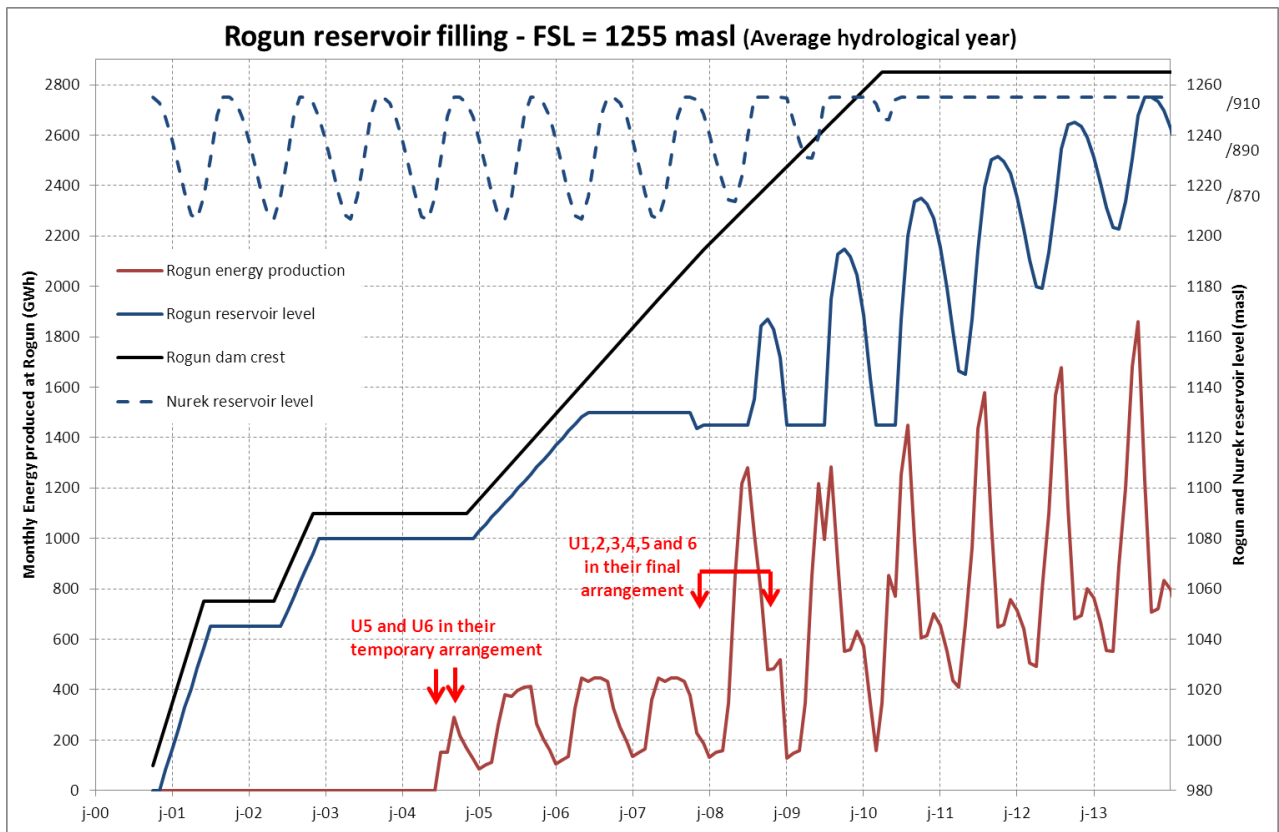


Рисунок 52: Наполнение водохранилища Рогун - Результаты моделирования НПУ = 1255 м.н.у.м.

Возможность регулирования Рогунском начнется в 8 году. С этого момента, регулирование р. Вахш все более и более выполняется в Рогунской ГЭС и все меньше и меньше в Нуреке.

Можно увидеть, что водохранилище достигает нормального подпорного уровня через 13 лет после перекрытия реки, а строительство плотины заканчивается через 9,5 лет.

Что касается электроэнергии, поскольку возможность регулирования Рогунского не используется, выработка в зимний период ограничена. Тем не менее, вырабатывается от 100 ГВт-ч до 150 ГВт-ч в месяц, что составляет от 9% до 14% электроэнергии вырабатываемой всем каскадом.

Как только используется возможность регулирования Рогунской ГЭС (8-й год), зимняя выработка постепенно будет увеличиваться до 600-800 ГВт-ч в месяц.

В течении всего периода наполнения (13 лет), дополнительный объем вырабатываемой энергии каскадом по сравнению со сценарием (а) «без Рогунской ГЭС» составляет 68,6 ТВт-ч. Это совпадает с 5,5 годами нормальной эксплуатации Рогунского. Электроэнергия, выработанная только двумя временными агрегатами, составляет 11,7 ГВт-ч, и 3,8 ГВт-ч только зимой.

Год	Среднегодовая электроэнергия Рогунского (ГВт-ч)	Средний зимний объем электроэнергии Рогунского (ГВт-ч)
N+4	1 102	509
N+5	3 157	925
N+6	3 664	1 135
N+7	3 807	1 244
N+8	7 422	1 925
N+9	7 782	2 180
N+10	8 666	2 999
N+11	9 819	3 707
N+12	10 800	4 039
N+13	11 664	4 249
Итого	67 885	22 912

Таблица 66: Наполнение Рогунского - Выработка электроэнергии – НПУ = 1255 м.н.у.м.

На следующем графике представлены расходы на нижней точке каскада и приводится сравнение заполнения Рогунского водохранилища с нормальной эксплуатацией сценария (б).

Следует отметить, что в течение первых 6 лет периода наполнения, приток на нижнем конце каскада выше в сценарии наполнения Рогунской ГЭС, чем в сценарии (б). После 6-го года, оба суперпозиционные. Это означает, что объем разрешенных для наполнения водохранилища не будет полностью использоваться в течение первых 6 лет наполнения водохранилища.

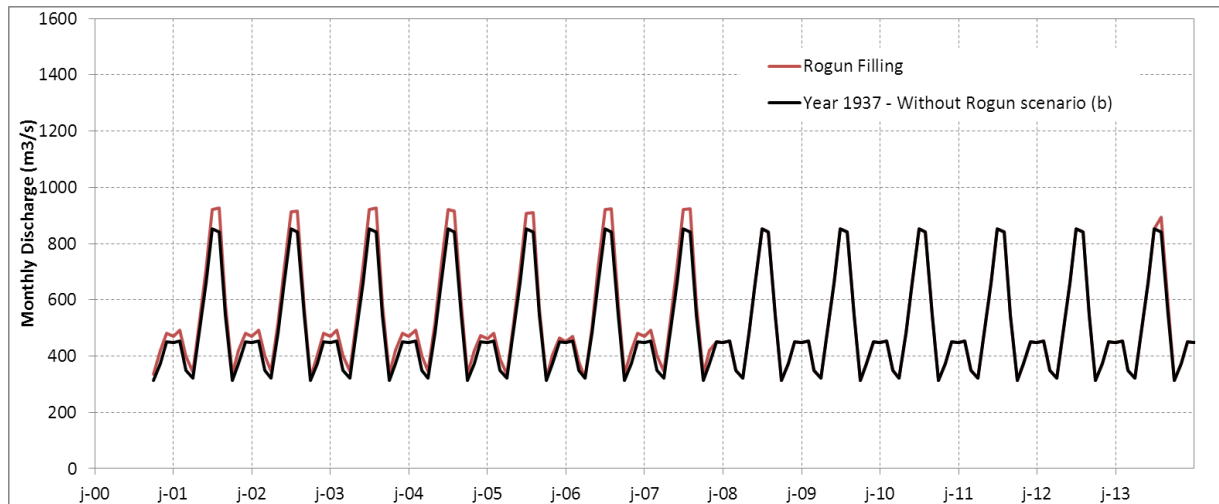


Рисунок 53 : Приток на нижнем конце р. Вахш – Наполнение, НПУ =1255 мнум

6.4 НПУ = 1220 мнум

Результаты моделирования представлены далее:

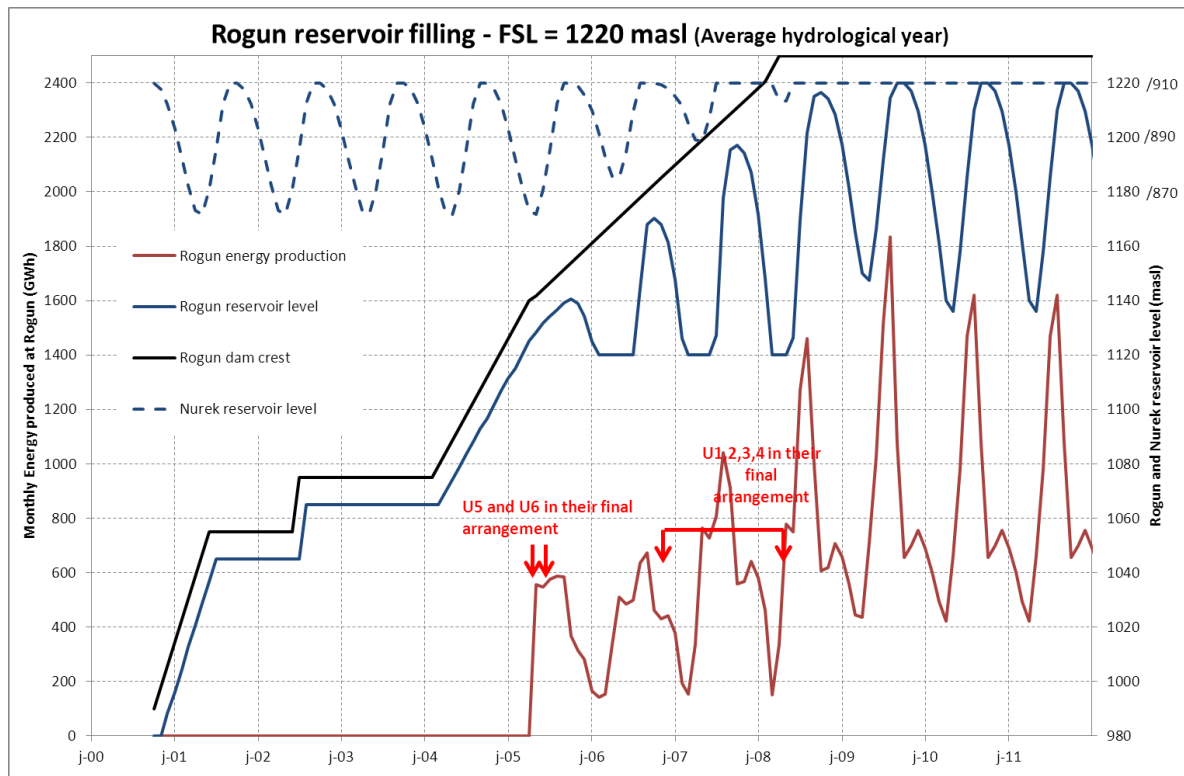


Рисунок 54 : Наполнение водохранилища Рогун - Результаты моделирования, НПУ = 1220 мнум

Возможность регулирования Рогуном начнется в конце 5 года, с этого момента, регулирование р. Вахш все более и более выполняется в Рогунской ГЭС и все меньше и меньше в Нуреке.

Можно увидеть, что водохранилище достигает нормального подпорного уровня через 9 лет после перекрытия реки, а строительство плотины заканчивается через 7.7 лет.

Что касается электроэнергии, поскольку возможность регулирования Рогуна не используется, выработка в зимний период ограничена. Тем не менее, вырабатывается от 100 ГВт-ч до 150 ГВт-ч в месяц, что составляет от 9% до 14% электроэнергии вырабатываемой всем каскадом.

Как только будет использоваться возможность регулирования Рогунской ГЭС (6-й год), зимняя выработка увеличивается до 600-700 ГВт-ч в месяц.

Временная компоновка из агрегатов № 5 и 6 не используется: когда закончатся работы, необходимые для начала их эксплуатации, уровень водохранилища будет уже вне их эксплуатационного диапазона.

В течение всего периода заполнения (9 лет), дополнительный объем вырабатываемой энергии каскадом по сравнению со сценарием (а) «без Рогунской ГЭС» составляет 37.2 ТВт-ч. Это совпадает с 3.7 годами нормальной эксплуатации Рогуна.

Год	Средне зимняя электроэнергия в Рогуне (ГВт-ч)	Среднегодовая электроэнергия в Рогуне (ГВт-ч)
N+4		
N+5	3 817	960
N+6	4 931	1 794
N+7	7 080	2 489
N+8	8 725	3 129
N+9	10 368	3 773
Итого	34 921	12 146

Таблица 67: Наполнение Рогуна - Выработка электроэнергии – НПУ = 1220 мнум

На следующем графике представлены попуск на нижней точке каскада и приводятся сравнения наполнения Рогунского водохранилища с нормальной эксплуатацией при сценарии (б).

Следует отметить, что в течение первых 6 лет периода заполнения, попуск на нижнем конце каскада выше в сценарии наполнения Рогунской ГЭС, чем в сценарии (б). После 6-го года, оба суперпозиционны. Это означает, что объем разрешенных для наполнения водохранилища не будет полностью использоваться в течение первых 6 лет наполнения водохранилища.

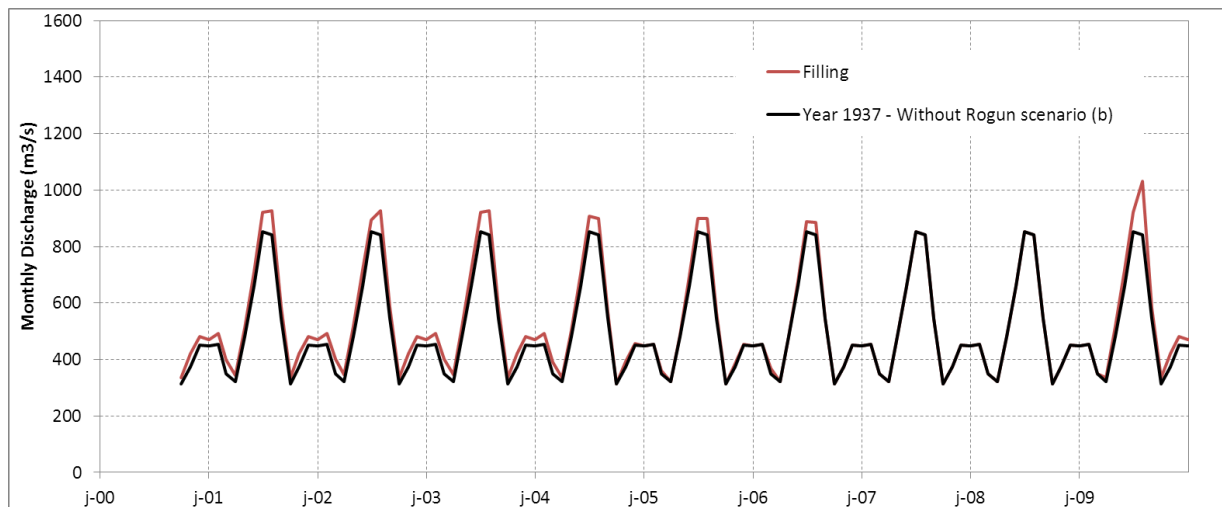


Рисунок 55 : Приток в нижней части р. Вахш – заполнение НПУ – 1220 мнум

6.5 Комментарии к вызванной сейсмичности

Строительная площадка Рогунской ГЭС будет подвержена процессу вызванной сейсмичности во время наполнения из-за различных разломов, находящихся в водохранилище.

Случаи наиболее интенсивной активности должны произойти на первом этапе наполнения, первые 60-80 м. На самом деле, самое большое относительное изменение порового давления участка происходит в начале.

В целом, для ограничения вызванной сейсмичности, наполнение водохранилища должно производиться медленно и непрерывно. Так как наполнение Рогунского водохранилища выполняется строго соответственно отведенной доле воды Таджикистану, оно действительно является очень регулярным, пока не начнется регулирование. Самая высокая скорость наполнения водохранилища составляет 9 метров в месяц.

Вызванная сейсмичность также отражается в главе по сейсмичности (Том 2 глава 6). Там отмечается, что во время наполнения Нурека, никакой существенной вызванной сейсмичности не было обнаружено, когда скорость наполнения была ниже, чем 15 м в месяц.

В дополнение, для предотвращения подобных процессов, должна быть заранее введена система мониторинга водохранилища. Прежде всего, следует узнать текущие сейсмические условия, а затем выявлять любую вызванную сейсмичность во время наполнения водохранилища и адаптировать скорость наполнения водохранилища соответственно.

7 ЗАКЛЮЧЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Основные результаты относительно производства энергии синтезированы в следующих двух таблицах. Первая из них представляет среднегодовую энергию, вторая представляет гарантированную энергию и вторичную энергию.

Среднегодовой объем выработки электроэнергии (ТВт-ч)								
	Рогун			Нурек	Остальной каскад Вахша	Весь каскад Вахша		
	1290	1255	1220			1290	1255	1220
Фактически				11.7	8.2	19.9		
Улучшенная эксплуатация Нурекской ГЭС (а)				11.7	8.2	19.9		
Улучшенная эксплуатация Нурекской ГЭС (б)				11.3	7.8	19.1		
С Рогунской ГЭС (а)	14.4	12.4	10.1	12.8	8.1	35.3	33.3	31.0
С Рогунской ГЭС (б)	14.4	12.4	10.1	12.3	7.8	34.4	32.5	30.2

Гарантированная выработка (ТВт-ч)								
	Рогун			Нурек	Остальной каскад Вахша	Весь каскад Вахша		
	1290	1255	1220			1290	1255	1220
Фактически				6.1	4.8	10.9		
Улучшенная эксплуатация Нурекской ГЭС (а)				7.6	5.4	13.0		
Улучшенная эксплуатация Нурекской ГЭС (б)				7.2	5.3	12.5		
С Рогунской ГЭС (а)	9.3	7.9	5.9	8.1	5.3	22.7	21.7	20.1
С Рогунской ГЭС (б)	9.3	7.9	5.9	8.0	5.1	22.4	21.2	19.6

Вторичная выработка (ТВт-ч)								
Рогун			Нурек	Остальной каскад р. Вахша	Весь каскад р. Вахша			
1290	1255	1220			1290	1255	1220	
			5.6	3.4	9			
			4.1	2.8	6.9			
			4.1	2.5	6.6			
5.1	4.5	4.2	4.7	2.8	12.6	11.6	10.9	
5.1	4.5	4.2	4.3	2.7	12	11.3	10.6	

Исследование показало, что текущую эксплуатацию Нурекской ГЭС можно улучшить, чтобы сохранить постоянную выработку электроэнергии в течение всего зимнего периода: гарантированная выработка электроэнергии улучшилась на 21%. Средняя выработка остается постоянной.

Это также демонстрирует, что Рогунская ГЭС играет большую роль в выработке электроэнергии на всем Вахшском каскаде: кроме выработки самой Рогунской ГЭС, также увеличивается объем выработки Нурекской ГЭС. Действительно, регулирование реки выполняется в Рогуне, а Нурек остается в основном при своем нормальном подпорном уровне, увеличивая напор пропуска воды через турбину. Объем вырабатываемой электроэнергии всем каскадом на 74%, 64% и 54% больше, чем «Без Рогунской ГЭС», для соответствующих вариантов плотин высотой в 1290, 1255 и 1220 метров над уровня моря.

Производство энергии каскада является чувствительным к гидрологии: многоводные годы позволят выработку энергии на 10% больше, чем в средние годы, а в засушливые годы она снижается на 8%.

Вариант плотины при НПУ = 1255 м.н.у.м. вырабатывает гарантированную электроэнергию на 5 % меньше, чем вариант плотины при НПУ = 1290 м.н.у.м. Вариант плотины при НПУ = 1220 м.н.у.м. вырабатывает гарантированную электроэнергию на 12.5% меньше, чем вариант плотины при НПУ = 1290 м.н.у.м. Разница в вырабатываемой электроэнергии является исключительно следствием разного напора воды в Рогуне. Таким образом, она ограничена, так как важная часть электроэнергии, производимой всем каскадом, вырабатывается в Нуреке, которая такая же (или почти такая же) для всех трех вариантов.

Также был изучен период наполнения Рогунского водохранилища. Он демонстрирует возможность наполнения Рогунского водохранилища только за счет использования дифференциального объема между отведенной долей воды Таджикистана и ее нынешним водопользованием. Это займет 16, 13 и 9 лет, соответственно для вариантов плотины при НПУ=1290, 1255 и 1220 м.н.у.м., чтобы начать нормальную эксплуатацию.

Следует отметить, что регулирование речного русла будет осуществляться в Рогуне как можно скорее, поскольку оно имеет существенное влияние на зимнюю электроэнергию; это начнется через 7, 8 и 5 лет после отвода реки для вариантов плотины НПУ = 1290, 1255 и 1220 м.н.у.м. Общий объем энергии, производимой за этот период равен 7.7, 5.5 и 3.7 простым годам для соответствующих вариантов плотины при НПУ = 1290, 1255 и 1220 м.н.у.м.

Данные результаты эксплуатации достигаются в рамках имеющихся соглашений и практики среди стран, разделяющих бассейн Аму Дарьи. Это означает, что полная регулирующая способность каскада (Рогун и Нурек) не используется, а ограничено ныне практикуемом регулированием на Нуреке.

ГЛАВА 3.6 – СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

1 ВВЕДЕНИЕ

В объем исследования сетей электропередачи входит анализ влияния новой Рогунской ГЭС на систему электропередачи высокого напряжения Таджикистана.

Целью этого исследования является оценка наиболее подходящих экспортных возможностей системы и определение наилучшего решения для расширения сети; более подробное описание целей выполненного анализа следующее:

- подтверждение того, может ли вся электроэнергия, произведенная новой ГЭС, на различных этапах реализации проекта, быть надежно передана Таджикской системой электропередачи до центров нагрузки, основываясь на расчете пропускной способности запланированной высоковольтной сети по выбранным направлениям при различных эксплуатационных условиях;
- Обнаружение критических элементов системы и оценка необходимости укрепления системы электропередачи, определяя самые подходящие новые упрочнения, дублируя линейные цепи и увеличивая номинальную мощность трансформаторов и, в некоторых случаях, принятие конденсаторных батарей для поддержания профилей напряжения. Эти мероприятия по укреплению были разработаны критериями увеличения размера линий и трансформаторов только в случае крайней необходимости (нагрузка вышеперечисленных элементов растет на более чем 100%);

Вычислить ежегодные потери при передаче электроэнергии во время целевых лет, с различными решениями, с тем, чтобы обеспечить лучшую экономическую оценку среди них.

Эти вычисления были выполнены на основе данных о таджикской системе электропередач, предоставленных многими источниками, хотя они не всегда идеально сходятся и не всегда данные полные.

Поэтому, с целью соответствующей калибровки модели, заказчику были предоставлены некоторые предварительные модели таджикской системы электропередач и соответствующие комментарии были учтены в ходе подготовки финальной версии. Предполагается, что моделирования полученные в конце являются

как можно точными и результаты могут быть с уверенностью использованы в целях исследований.

2 СПРАВОЧНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

Исследование основывается на нескольких документах, представленных «Барки Точик», Фихтнер (предыдущие исследования), и SNC Lavalin. Многие из этих документов являются сбором данных для подробного описания системы электропередачи. Среди документов, одним из наиболее значительных является последний прогноз спроса.

3 ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ

Таджикская система электропередачи состоит из:

- Подстанции 4,500 кВ (7 в 2016);
- Подстанции 31,220 кВ (31 в 2016);
- 8 линий в 500 кВ (17 в 2031);
- 60 линий в 220 кВ (64 в 2016);
- 63 трансформаторов нагрузки в 31 подстанциях, для предусмотренного общего пика приблизительно 3,816 МВт (5,948 МВт в 2031), согласно 75 процента прогноза пикового спроса, определенного консультантом ИТЭО;
- 14 электростанций для 49 энерго-вырабатываемых групп, 5,100 МВт установленной мощности (8,700 МВт в 2031).

4 МЕТОДЫ И ПРОГРАММНЫЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ЭТИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Использованное программное обеспечение

Расчеты выполнены при помощи моделирующей программы DIGSILENT Power Factory, версия 14.1. Подробная информация по этому средству имеется у консультанта и может быть предоставлена.

При помощи Microsoft™Excel™ проводилась предварительная обработка некоторых данных и последующая обработка некоторых результатов .

4.2 Используемые методы: потокораспределение нагрузки

Вычисления потокораспределения нагрузки были выполнены при помощи завершеного метода Ньютона-Рафсона. Погрешность равна 1кВА или 0.1% от распределяющейся мощности в каждой точке.

Шунтовые параметры линий (ёмкостное сопротивление) и трансформаторов (нет тока нагрузки, нет потерь нагрузки) были полностью рассмотрены, с помощью обозначений П (линии) или Т (трансформаторы).

Генераторы и «внешние сети», которые представляют соседние страны, могут быть представлены как источники “PV” или “PQ”, или слабые источники. Также, они могут управляться средствами вторичных контроллеров напряжения/реактивной мощности (контроллеры электростанции, местные контроллеры) и средствами вторичных контроллеров частоты/активной мощности, которые позволяют автоматически распределять реактивную и активную мощность, для получения надлежащих уровней напряжения в пилотных шинпроводах и правильного распределения мощности в пределах всей системы. Эти устройства использовались для всех (u/Q) или наиболее важных генераторов (f/P) таджикской системы, в то время как «внешние сети» были установлены в режиме PQ.

Согласно вычислениям, были получены следующие результаты:

- = Результаты шин (напряжение в кВ и на каждый агрегат, угол фазы в градусах);
- = Для каждого сектора, активная и реактивная мощность и ток на каждой стороне, нагрузка с учетом предельной пропускной способности тока, потери с деталями нагрузки и никаких потерь нагрузки;
- = Для шунтовых элементов (генераторы, моторы⁽¹⁾, нагрузки), произведенная или потребленная активная или реактивная мощность и нагрузка с учетом предельной пропускной способности тока;

5 КОНФИГУРАЦИИ И ВАРИАНТЫ

5.1 Прогнозируемые годы

Исследование начинается с 2013 года, и рассматривает временные горизонты 2020, 2025, 2027, 2028и 2031 годов.

1 В данном исследовании моторы не были представлены подробно.

Ссылаясь на Рогунскую ГЭС, согласно **Комментариям к окончательным редакциям исследования электрических сетей**, предоставленных ОАХК «Барки Точик»:

- в 2020, “Завершение плотины этапа 1” для варианта плотины при НПУ 1290 м, предусмотрена эксплуатация 2 генераторов мощностью в 200 МВт каждый (общей мощностью 400 МВт);
- в 2025, “Завершение Строительства Основной Плотины” для плотины при НПУ 1220 м, предусмотрена эксплуатация всех шести агрегатов, всего 2,000 МВт;
- в 2027, “Все Агрегаты (1 до 6)” для варианта плотины при НПУ 1290 м, предусмотрена эксплуатация 6 генераторов общей мощностью 2,160 МВт;
- в 2028, “Завершение Строительства Основной Плотины” для плотины при НПУ 1255 м мощности в 2,800 МВт, предусмотрена эксплуатация шести агрегатов для общей мощности в 2,800 МВт;
- и в заключении, в 2031, все 6 генераторов достигнут полную мощность 600 МВт каждый, для 3,600 МВт, для плотины при НПУ 1290 м.

В течение этих годов предусмотрены некоторые укрепительные меры на таджикской системе электропередачи 500 кВ, с некоторыми новыми линиями передачи, которые отображены в нижеследующей таблице:

Название	Тип линии	Станция 1	Станция 2	Vn [кV]	Протяженность [км]	Номинальная мощность [кA]	В экпл. с
L-S-I	Линия_220 кV ПТ-400 bis	СУГД	T_Shahristan	220	90	0.825	2011
L-S-I(1)	Линия_220 кV ПТ-400 bis	T_Шахристан	АЙНИ	220	28	0.825	2011
L-D-O-1	Линия_500 3x кV ПТ-400	ДУШАНБЕ	ОБИГАРМ	500	100	2	2014
L-D-O-2	Линия_500 3x кV ПТ-400	ДУШАНБЕ	ОБИГАРМ	500	100	2	2014
L-G-R	Линия_220 кV ПТ-400	ГЕРАНЬ	РУМИ	220	75	0.705	2014
L-K-A	Линия_220 кV ПТ-400	АШТ	КАЙРОККУМ	220	70	0.705	2014
L-24-КВ/1	Линия_220 кV ПТ-400	Т-Шуроб-1	КАЙРОККУМ	220	52	0.69	2016
L-24-КВ/2	Линия_220 кV ПТ-300	Т-Шуроб-2	КАНИБАДАМ	220	15	0.69	2016
L-KAN-S	Линия_220 кV ПТ-400	Т-Шуроб-2	ШУРОБСКАЯ	220	15	0.705	2016
L-KAY-S	Линия_220 кV ПТ-400	Т-Шуроб-1	ШУРОБСКАЯ	220	15	0.705	2016
L-РЕГАР-САНГТУДА1	Линия_500 3x кV ПТ-400	РЕГАР	САНГТУДА-1	500	115	2	2016
L-Оби-РОГУНГЭС/1	Линия_500 3x кV ПТ-400	ОБИГАРМ	РОГУНГЭС	500	8	2	2016
L-Оби-РОГУНГЭС/2	Линия_500 3x кV ПТ-400	ОБИГАРМ	РОГУНГЭС	500	8	2	2016
L-Оби-РОГУНГЭС/3	Линия_500 3x кV ПТ-400	ОБИГАРМ	РОГУНГЭС	500	8	2	2016
L-O-S	Линия_500 3x кV ПТ-400	ОБИГАРМ	СУГД	500	285	2	2020
L-Оби-САНГТУДА	Линия_500 3x кV ПТ-400	ОБИГАРМ	САНГТУДА-1	500	126	2	2020
L-O-Y	Линия_500 3x кV ПТ-400	ОБИГАРМ	ЮЖНАЯ	500	216	2	2028
L-S-Y	Линия_500 3x кV ПТ-400	САНГТУДА-1	ЮЖНАЯ	500	90	2	2028

Таблица 68: запланированные новые соединения 500 кВ

5.2 Уровни нагрузки и годовой рост нагрузки

Первоначальные условия нагрузки основаны на прогнозе 2013 года, приведенном в исследованиях, осуществленных консультантом ИТЭО, где пиковая нагрузка предусмотрена на этот год в 3,816 МВт как общая цифра. Разделение этих 3,816 МВт среди различных нагрузок было получено с использованием информации, представленной для **Нагрузки для подстанций**, где была предусмотрена нагрузка в 2,790 МВт на 2011/2012 год. Все значения местной нагрузки были увеличены в той же

мере, за исключением нагрузки TALCO ("РЕГАР"), что остается неизменной, чтобы достичь 3,816 МВт.

Тот же документ **Нагрузки для подстанций** также представляет минимальное значение на 2011/2012 годы около 41% пика, в то время как исследования, проведенные в рамках ТЭО позволили определить также годовую энергию. Используя эти значения, была проведена оценка почасовой нагрузки, и было обнаружено, что, предполагая, что пиковое значение действительно в течение 760 часов в год (около 2 ч в сутки), с минимумом на 3860 часов и среднее значение ((мин + макс)/2) для остальных 4,140 часов, энергия, указанная в ТЭО почти идеально получена. Этот профиль нагрузки был использован для оценки потерь.

Информация, представленная в отношении суточных и годовых графиков нагрузки, сообщает суточные и ежемесячные значения, что позволяют вычисление ежегодной энергии, поглощаемой нагрузками, 2,069 МВт x 8,760 ч (таблица 2010 года была экстраполирована на 2012 год, предполагая коэффициент нарастания на 4,5% в год).

Точный подсчет потерь требует знания подробного профиля нагрузки в течение года (значение часовой нагрузки в МВт для каждого часа из 8760 часов в год). Эта информация не доступна; среди доступной информации лишь максимальная (пиковая) нагрузка, минимальная нагрузка и годовая нагрузка энергии. Эквивалентный годовой профиль нагрузки поэтому был рассчитан, согласно описанному выше: максимальная нагрузка для 760 ч, средняя нагрузка для 4,140 ч и минимальная нагрузка для 3,860 ч, что ведет к ожидаемой годовой энергии. Эти 3 случая, умноженные на соответствующее кол-во часов для каждого из них, используются для оценки ежегодных потерь.

Для чего достигается коэффициент роста нагрузки, значения, соответствующие случаю, называемому "75-й", если были использованы исследования консультанта. В следующей таблице представлена предполагаемая ежегодная энергия и пиковая мощность:

Table 1: IPA annual demand forecast (GWh)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Min.	16,220	16,634	17,266	17,216	17,166	16,315	16,139	15,963	15,703	15,571	15,441	16,169	17,541	19,085	20,824	22,782	24,987
25th	16,220	16,816	17,560	18,031	18,543	18,224	18,552	18,845	19,059	19,376	19,722	21,784	23,974	26,991	30,307	34,415	38,567
Median	17,220	17,816	18,570	19,020	19,492	19,162	19,536	19,943	20,240	20,664	21,096	23,842	26,717	30,575	35,283	41,217	48,052
75th	18,220	18,805	19,557	19,987	20,400	20,096	20,589	21,029	21,412	21,985	22,566	26,147	30,075	35,472	42,125	50,646	60,265
Max.	18,220	19,025	19,912	20,799	21,744	21,950	22,898	23,916	24,824	25,918	27,073	33,889	41,093	50,635	63,168	79,163	99,577

Table 1: IPA peak demand forecast (MW)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Min.	3,097	3,176	3,296	3,287	3,277	3,115	3,081	3,048	2,998	2,973	2,948	3,087	3,349	3,644	3,976	4,350	4,771
25th	3,097	3,211	3,353	3,443	3,540	3,479	3,542	3,598	3,639	3,699	3,765	4,159	4,577	5,153	5,786	6,571	7,363
Median	3,288	3,402	3,545	3,631	3,722	3,659	3,730	3,808	3,864	3,945	4,028	4,552	5,101	5,838	6,736	7,869	9,174
75th	3,479	3,590	3,734	3,816	3,895	3,837	3,931	4,015	4,088	4,198	4,308	4,992	5,742	6,772	8,043	9,670	11,506
Max.	3,479	3,632	3,802	3,971	4,152	4,191	4,372	4,566	4,740	4,948	5,169	6,470	7,846	9,667	12,060	15,114	19,012

Нет доступной информации о возможном перераспределении нагрузки на территории за эти 18 лет. Следовательно, предполагалось, что такой же рост возникает на всех станциях нагрузки, за исключением нагрузки TALCO, для которой предполагается неизменное значение. Также предполагалось, что и не будет создано никаких новых станций нагрузки и старые не будут выведены из эксплуатации.

Этот рост, что варьируется от 1,8% до 3% в год (с небольшим снижением в 2015 году), **требует значительного усиления всей таджикской сети электропередачи 220 кВ**, а также трансформаторов нагрузки и т.д.

Подробный анализ потребует знания истинного территориального перераспределения нагрузки и другой информации (возможные новые линейные тракты и т.д.), что не доступны. Во всяком случае, для того, чтобы получить рабочее поточкораспределение нагрузки для чего достигнута система 500 кВ, направленная на проверку экспортного потенциала, некоторые основные укрепления были выполнены на системе 220 кВ. Модификации представлены в следующих разделах.

5.3 Существующие электростанции

На сегодняшний день, таджикская система включает некоторые основные ГЭС (Гидроэлектростанции) и ТЭЦ (Теплоэлектроцентраль), для всей установленной мощности около 5,346 МВт; в будущем с Рогунской ГЭС установленная мощность составит 8,946 МВт.

Существующие и запланированные станции следующие:

Электростанция	Подстанция	Pn [МВт]	В эксплуатации с
Ген.ВАРЗОБ-ГЭС1	НОВАЯ	9.5	Сущест.
ГенВАРЗОБ-ГЭС2	НОВАЯ	14.4	Сущест.
ГенВАРЗОБ-ГЭС3	НОВАЯ	3.52	Сущест.
Ген-Центральная	КОЛХОЗАБАД	15.1	Сущест.
Ген-Перепадная	ГОЛОВНАЯ	29.95	Сущест.
ГЭС11-САНГТ1	САНГУДА-1	670	Сущест.
ГЭС24-КАЙР	КАЙРОККУМ	126	Сущест.
ГЭС5-ГОЛОВ	ГОЛОВНАЯ	240	Сущест.
ГЭС7-НУРЕК	НУРЕКСКАЯ	3000	Сущест.
ГЭС8-БАЙПАЗА	БАЙПАЗА	600	Сущест.
ГЭС12-САНГТ2	САНГУДА-2	220	Сущест.
ТЭЦ-ДУШАНБЕ	ДУШАНБЕ	198	Сущест.
ТЭЦ-ДУШАНБЕ-2	ДУШАНБЕ	100	2013
ГЭС-РОГУН-1	ОБИГАРМ	600	2019
ГЭС-РОГУН-2	ОБИГАРМ	600	2019
ГЭС-РОГУН-3	ОБИГАРМ	600	2026
ГЭС-РОГУН-4	ОБИГАРМ	600	2026
ГЭС-РОГУН-5	ОБИГАРМ	600	2027
ГЭС-РОГУН-6	ОБИГАРМ	600	2027
ТЭЦ-ЯВАН	ЯВАН	120	Сущест.

Таблица 69: Таджикские Электростанции

5.4 Соединения с соседними странами и альтернативы соединения

Возможные соединения с соседними системами могут быть резюмированы следующим образом:

- Соединение 220 кВ ПТ между подстанцией Сангтуда-2 и подстанцией Кундуз, Афганистан (около 180 км);
- Соединение 500 кВ ПТ между подстанцией Сугд и Датка, Кыргызстан (прибл. 477 км);
- Соединение 500 кВ ПТ между подстанцией Регар и Суркан, Узбекистан (прибл. 162 км);

- Соединение 500 кВ ПТ между подстанцией Регар и Гузар, Узбекистан (прибл. 255 км).
- Соединение 500 кВ ПТ между Сангтуда-1 и подстанциями Кабул и Пешавар (Афганистан и Пакистан).

Линии переменного тока были подробно представлены; линии постоянного тока просто представлены как статическая нагрузка на месте устройства преобразователя Пер.тока/Пост. Тока. Детальное представление не имеет никакого смысла, так как для целей данного исследования, достаточно показать, что система передачи переменного тока и генераторы способны передать в преобразователь Пер.тока/Пост. тока необходимую активную мощность для экспорта.

5.5 Безопасность «Н-1»

Для самого тяжелого периода времени (2031 года) были исследованы условия Н-1 на системе электропередачи 500 кВ, сначала в базовом варианте (без экспорта), а затем в различных вариантах экспорта. Было выявлено, что отключение некоторых линий критично в любом случае, так же и в базовом варианте, в то время как для других отключений и для каждого экспортного варианта был найден необходимый уровень снижения экспорта электроэнергии.

5.6 Потери

Потери на 500 и 220 кВ системах передачи электроэнергии были выявлены для каждого года прогнозирования, каждого уровня нагрузки и каждого экспортного условия, с общими эквивалентными потерями электроэнергии в каждом году. Годовые потери были найдены для каждого года, путем умножения потерь 1 часа в каждом из 3 примерных условий: максимальная, средняя и минимальная нагрузка, для соответствующего эквивалентного количества часов: 760, 4,140 и 3,860 соответственно.

6 УСИЛЕНИЕ СЕТИ

Как описано выше, нарастающая нагрузка требует усиления существующей таджикской 220 кВ системы электропередачи.

Самые приемлемые выборы упрочнения потребуют знания точного разделения роста нагрузки среди различных центров нагрузки, расположение возможных новых центров нагрузки (что вероятно не предусмотрены на сегодняшний день) и активизация

правильных исследований сетевого планирования, подлежащих частому обновлению, включая исследования ПОМ/ПОРМ (Потоки Оптимальной/Реактивной Мощности), которые возможны только когда доступна вышеупомянутая информация.

Укрепительные работы, примененные в данном исследовании являются соответственно аппроксимацией того, что действительно понадобится с единственной целью иметь надлежащие варианты потокораспределения нагрузки, работающие без нарушения; выборы сделаны с доступной информацией в настоящее время. Упомянутые нарушения относятся к нагрузкам линий и трансформаторов и шин напряжения. Работы распределены в течение 2013 до 2031, с основными этапами в 2013, 2020, 2025, 2027 и 2031, и могут быть резюмированы следующим образом:

2013 год

- Дублирования линии (9 вариантов – 279 км);
- Дублирование 3-х фазных трансформаторов (6 вариантов – 810 МВА)
- Номинальная мощность трансформаторов нагрузки увеличивается на 33% (3 варианта– см. 432 МВА).

2020 год

- Дублирования линии(3 варианта – 62 км);
- Дублирование 3-х фазных трансформаторов (1 вариант – 32 МВА);
- Номинальная мощность трансформаторов нагрузки увеличивается на33% (8 вариантов – см. 714 МВА).

2025 год

- Дублирования линии (5 вариантов – 135 км);
- Дублирование 3-х фазных трансформаторов (6 вариантов – 900 МВА);
- Номинальная мощность трансформаторов нагрузки увеличивается на 33% (9 вариантов – см. 1,928 МВА);
- Применение шунтированных МВ конденсаторов размером в 50 МВА (2 варианта).

2027 год

- Дублирования линии (2 случая - 40 км) и утроение (3 случая – 103 км);
- Дублирование 3-х фазных трансформаторов (1 вариант – 25 МВА);
- Номинальная мощность трансформаторов нагрузки увеличивается на 33% (6 вариантов – см. 410 МВА);
- Применение шунтированных МВ конденсаторов размером в 30 (2 варианта) или 50 МВА (1 вариант).

2028 год

- Номинальная мощность трансформаторов нагрузки увеличивается на 33% (1 вариант – см. 501 МВА).

2031 год

- Дублирования линии (2 варианта – 55 км);
- Номинальная мощность трансформаторов нагрузки увеличивается на 33% (7 вариантов – см. 1,003 МВА);
- Применение шунтированных МВ конденсаторов размером в 30 (2 варианта) или 50 МВА (4 варианта).

В следующей таблице приведены уже запрограммированные (со стороны Барки Точик) действия на системе передачи 500 кВ, за исключением коротких линий связи между Рогунской ГЭС и подстанцией Обигарм.

Year	Rogun Power [MW]	Item	Identification	Vn [kV]	From Station	To Station	Reinforcement action
2014	-	Line	L-D-O-1	500	DUSHANBE	OBIGARM	Programmed (*)
2014	-	Line	L-D-O-2	500	DUSHANBE	OBIGARM	Programmed (*)
2016	-	Line	L-Regar-Sangtuda1	500	REGAR	SANGTUDA-1	Programmed (*)
(**)	-	Line	L-Obi-Rogun HPP/1	500	OBIGARM	ROGUN HPP	Necessary
(**)	-	Line	L-Obi-Rogun HPP/2	500	OBIGARM	ROGUN HPP	Necessary
(**)	-	Line	L-Obi-Rogun HPP/3	500	OBIGARM	ROGUN HPP	Necessary (***)
2020	400	Line	L-O-S	500	OBIGARM	SUGHD	Programmed (*)
2020	400	Line	L-Obi-Sangtuda	500	OBIGARM	SANGTUDA-1	Programmed (*)
2028	2800	Line	L-O-Y	500	OBIGARM	YUZHAYAYA	Programmed (*)
2028	2800	Line	L-S-Y	500	SANGTUDA-1	YUZHAYAYA	Programmed (*)

- (*) Меры по усилению, указанные как «планирование» уже были запланированы со стороны Барки Точик.
- (**) Год зависит от выбираемого варианта.
- (***) 3 линии от L-Оби Гарм – Рогунская ГЭС/1 до Обигарма необходимы, в случае, когда запланированные мощности Рогунской ГЭС являются максимальными, 3600 МВт, 3200 или 2800 МВт. В случае маленьких мощностей, 3-я линия может быть не так необходима.

7 ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Рост спроса на энергию на протяжении периодов прогнозирования, приводит к значительному увеличению (от пика около 3,8 ГВт в 2013 году до пика более 5,9 ГВт в 2031 году), как следствие перегрузки некоторых элементов на сетях электропередачи и распределения. Эти проблемы могут быть решены с помощью **надлежащих подкреплений сети** на таджикской высоковольтной системе передачи и трансформаторов подстанций, как упоминалось в предыдущем разделе.

Результаты исследования, таким образом, являются указанием возможности и пределов системы, для чего достигается возможность передавать превышающую мощность Гидроэлектростанций (Рогунская ГЭС) в соседние страны.

Дальнейшие анализы с более полной информацией могут быть выполнены на следующем этапе исследований, согласно тому, что указано ниже под «Дополнительные требуемые исследования и испытания», но цель настоящего этапа теперь соответствует анализу, содержащемуся в настоящем отчете.

Этот анализ показывает, что важная часть системы передачи 500 кВ находится в северном регионе, в основном связанная с соединением Согдийской подстанции с другими частями системы. Слабость этой области определяется тем фактом, что экспортное соединение Сугда с Кыргызской Республикой требует получения реактивной мощности в Согде из Кыргызской Республики, хотя это не очень длинная линия (477 км), а также тем фактом, что выход из строя одной линии, соединяющей Сугд с Обигарм (Рогунская ГЭС) или ДУШАНБЕ приводит к краху системы. В этой связи предлагается укрепить эту часть системы, создав вторую линию между Обигарм (Рогунская ГЭС) и Согдийской областью.

В «Н» условиях 2027 года, с Рогунской ГЭС с номинальной мощностью 3600 МВт, а также, когда таджикская нагрузка на своем максимальном уровне, можно экспортировать с нормальной линией 500 кВ (номинальный ток в 2 кА) 1,500 МВт в Афганистан (из п/с ЮЖНАЯ), в Киргизстан (из Сугда) или в Узбекистан (с Регара и 2 различными вариантами), или сочетанием всех этих направлений, в общей сложности до 3000 МВт (или даже немного больше), т.е. 900 МВт электроэнергии в Афганистан, 900 МВт в Кыргызстан и 1200 МВт в Узбекистан.

С пиковым потоком в 1500 МВт в каждой отдельной линии, для самых длинных соединений (тех, что в Узбекистан) необходимо разделить между Таджикистаном и импортирующей страной запрос линии реактивной мощности (потери реактивной нагрузки выше, чем реактивные емкостные потери); для подключения из Согда до Кыргызской Республики, как уже упоминалось, Сугду необходимо получить реактивную мощность в Сугде из Кыргызской Республики, хотя линия не очень длинная (477 км), в связи со слабостью таджикской системы 500 кВ в связи с Сугдом.

В случае Рогунской ГЭС номинальная мощность в 2800 МВт, наличие экспорта снижена. Экспортные варианты в 1500 МВт для каждой отдельной соседней страны по-прежнему возможны, без сокращений, в то время как глобальный максимальный экспорт в нескольких странах составляет 2300 МВт.

В случае Рогунской ГЭС номинальная мощность в 2000 МВт, наличие экспорта еще больше снижается. Экспортные варианты в 1500 МВт для каждой отдельной соседней страны по-прежнему возможны с небольшими сокращениями (1350 или 1400 МВт экспорта вместо 1500 МВт), в то время как глобальный максимальный экспорт в несколько стран составляет около 1500 МВт.

Отключения могут потребовать некоторого экспорта энергии для некоторых возможных случаев отключений и снова демонстрируют слабость системы 500 кВ северного региона.

Что касается ежегодных оцененных потерь, с ожидаемым годом роста нагрузки, они поднимаются с 255 до 447 ГВт/год с 2013 до 2031, с учетом предполагаемых укреплений, что, несомненно, способствуют улучшению эффективности системы. Например, в 2025 году значение потерь уменьшается относительно прошлых лет, несмотря на рост нагрузки, благодаря благоприятному воздействию предлагаемого укрепления.

Требуемые дополнительные исследования и испытания

Анализ таджикской системы электропередач был основан доступных данных, предоставленных Барки Точик и считался достаточным для целей этой фазы исследований.

Однако перед началом осуществления проекта должны быть проведены дальнейшие исследования электрической системы, для которых должны быть предоставлены дополнительные данные, т.е.:

- Помесячное распределение спроса в течение года, для которого требуется прогноз как минимум на период 20 лет;
- Информация о разделении прогнозных повышениях нагрузки между различными подстанциями. Подробный анализ потребует знания фактического территориального распределения нагрузок по всей стране.
- Обновленная информация о скорости роста нагрузки.

ТОМ 4: ИССЛЕДОВАНИЯ РЕАЛИЗАЦИИ

ГЛАВА 4.1: ГРАФИК РЕАЛИЗАЦИИ И МЕТОД СТРОИТЕЛЬСТВА

1 ВВЕДЕНИЕ

Три варианта, а именно НПУ 1290, НПУ 1255 и НПУ 1220 (НПУ означает – нормальный подпорный уровень) исследуются в рамках консалтинговых услуг для Рогунской ГЭС.

Концепцией проекта не является ожидать заключительного завершения плотины и ГЭС для выработки, а начать производство электроэнергии на раннем этапе, называемое **ранней выработкой**. В этой связи, временная конфигурация будет состоять из турбин № 5 и 6, оборудованных временными генераторами, кроме варианта НПУ 1220, который реализуется с раннего ввода в эксплуатацию в своей окончательной конфигурации.

Во время первого заполнения водохранилища, при достижении водохранилищем отметки 1160 м.н.у.м., предусмотрен ввод в эксплуатацию агрегатов 1, 2, 3, 4 для варианта с НПУ 1290 (в то время как уровень водохранилища в 1150 и 1175 м.н.у.м. относится к вариантам с НПУ 1255 и НПУ 1220, соответственно). Для НПУ 1290 и НПУ 1255 временная конфигурация генераторов агрегатов № 5 и 6 заменяется окончательной путем подгонки их скорости и они вновь вводятся в эксплуатацию после того, как агрегаты 1,2,3,4 будут введены в промышленную эксплуатацию, в то время как для варианта с НПУ 1220 агрегаты реализованы с начала их окончательной конфигурации.

Во время этапа ранней выработки, генерирующие агрегаты № 5 и 6 будут питаться временным подводным тоннелем, расположенным ниже по течению от временного водоприемника, на отметке 1035 м.н.у.м., недалеко от строительных тоннелей. Коллекторы также как и отводящие тоннели для этапа ранней выработки будут сохранены даже на этапе конечной конфигурации. Выход отводящих тоннелей будет попускать воду в два строительных тоннеля, СТ1 и СТ2. Требуется комплексная система подземных тоннелей для доступа и строительства машинного зала, соответствующего оборудования и вспомогательных установок. Дополнительно предусмотрено постоянное число выходных устройств управления паводками перекрытия реки и водохранилища, а также несколько транспортных сооружений.

Концепция подземных сооружений и тела плотины одинакова для всех трех вариантов, исследованных в рамках оказания консультационных услуг, основная разница между тремя вариантами заключается в следующем:

- Отметки гребня плотины
- Установленная мощность
- Выходные конструкции для сооружений пропуска паводков

В данном отчете, исследованы и представлены три графика строительства, для каждого варианта.

2 ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОММЕНДАЦИИ

В следующем списке представлены основные предположения и заключения, полученные во время исследования:

- = Обнаружены два важных пути развития проекта: первый направлен на этап ранней выработки, а другой для плотины.
- = Чтобы уложиться в установленные даты перекрытия реки и ранней выработки, значительный объем работ должен быть выполнен и/или начат до подписания основного контракта по работам. Это в основном состоит из восстановления дорог и установок стройплощадки, прокладки подъездных дорог к важным сооружениям для начала или завершения транспортных и подходных тоннелей, проведение ремонтных работ в двух строительных тоннелях (СТ1 и СТ2) и других подземных сооружениях, строительство третьего строительного тоннеля СТ3, проведение стабилизационных работ на стенах выработки машинного зала, выемка и складирование материалов призмы для земляной плотины до перекрытия реки, так как карьеры будут затоплены. Из предложенной программы получается, что эти работы должны быть проведены до даты начала перекрытия реки.
- = Должны быть мобилизованы несколько Подрядчиков/Субподрядчиков одинаковой специализации, чтобы удовлетворить требования программы работ: восстановление зданий и производственных помещений, строительные работы, дорожные работы, проходка тоннелей, земляные работы, бурильные и цементационные работы и геотехнические работы. Все

- эти компании должны быть способны мобилизовать требуемые ресурсы в очень короткий период времени.
- = Во время этого пред-контрактного периода в пределах 24 месяцев, будет выбран Генеральный подрядчик для строительных работ и будет произведена его мобилизация, и таким образом предусмотрено совмещение основного контракта и пред-контракта. Длительность основного контракта 139 месяца для НПУ 1290, в то время как для НПУ 1255 и НПУ 1220 продолжительность составляет 118 и 96 месяцев соответственно.
 - = Следует отметить, что есть несколько постоянных тоннелей, которые нужно выполнить кроме транспортных тоннелей, которые должны быть построены или завершены, а именно: подходные тоннели до верхнего и нижнего колен турбинных водоводов, подходной тоннель до дренажной галереи на отметке 932, под 6 отводящими тоннелями, один дополнительный строительный тоннель (СТ3), 2 средних водосбросных тоннеля, два тоннельных водосбросов высокого уровня, все со всеми соответствующими подходными тоннелями и сооружениями, в случае варианта с НПУ 1290.
 - = Общая длина тоннелей, которые следует построить, находится в пределах 15 км, следует добавить 3.6 км подходных тоннелей к камерам затворов и 2.3 км дренажных галерей. Основные тоннели довольно длинные и большого диаметра (от 10 до 15 м) с бетонной обделкой; большинство из них пересекают неблагоприятные геологические объекты. Из-за ограничений в программе работ, тоннели должны пробиваться с двух концов и некоторые тоннели должны строиться одновременно. Вероятнее всего, что тоннельные работы потребуют привлечения более одного подрядчика, специализирующегося в этой области.
 - = Перекрытие реки
 - = Согласно схеме перекрытия реки, подготовленной консультантом, три строительных тоннеля должны быть готовы для эксплуатации для перекрытия Вахша:
 - СТ1 и СТ2, которые следует укрепить
 - СТ3, который надо построить

- = Скорость размещения насыпи: специальное исследование было проведено, чтобы обосновать и установить различие скоростей для каждого варианта плотины.
- = Учитывая масштабы работ и намеченные даты для фазы ранней выработки, продолжительность мероприятий предложенной программы работ основывается на наличии на стройплощадке нового высокопроизводительного оборудования в достаточном количестве. Оборудование, которое не может удовлетворить эти требования, не должно быть выделено для работ, которые находятся на важном этапе программы работ.

Для облегчения понимания основные этапы проекта, что приведены в параграфе 9.8., упоминаются ниже.

КЛЮЧЕВЫЕ ДАТЫ в месяцах, подсчитанные после утверждения исследования ТЭО

(Время с момента предконтрактных работ)

	Вариант НПУ 1290	Вариант НПУ 1255	Вариант НПУ 1220
Утверждение ИТЭО	0	0	0
Дата перекрытия реки	28	28	28
Конец строительства перемычки	36	36	36
Конец строительства плотины первой очереди	58	53	49
Конец строительства плотины	163	142	120

	НПУ 1290 мнум	НПУ 1255 мнум	НПУ 1220 мнум
Утверждение ИТЭО	0	0	0
Дата перекрытия реки	28	28	28
Ввод в эксплуатации агрегата 6 – временно	73	73	82
Ввод в эксплуатации агрегата 5 – временно	75	75	84
Конец возведения агрегата 4	85	85	85
Конец возведения агрегата 3	98	98	98
Конец возведения агрегата 2	112	112	112
Конец возведения агрегата 1	112	112	112

Минимальный уровень водохранилища	112	94	80
Временные агрегаты 5 и 6 отключаются	117	114	
Ввод в эксплуатации агрегата 4	115	101	101
Ввод в эксплуатации агрегата 3	117	114	114
Ввод в эксплуатации агрегата 2	119	116	116
Ввод в эксплуатации агрегата 1	121	118	118
Ввод в эксплуатации агрегата 6	123	120	
Ввод в эксплуатации агрегата 5	127	122	

ГЛАВА 4.2: ОЦЕНКА ЗАТРАТ

1 ВВЕДЕНИЕ

Оценка затрат выполнена для трех высот плотины и трех установленных мощностей на каждую высоту. Основное внимание было сосредоточено на то, чтобы точно оценить стоимость самого высокого варианта, для которого максимум документации было доступно, и использовать его в качестве основы для получения затрат на плотины высотой ниже. Целью этой оценки является получение оценок на соответствующем уровне точности, чтобы сравнить каждый вариант и обеспечить экономическую оценку вариантов проекта.

Она включает в себя оценки восстановительных мер по укреплению существующих сооружений, как рекомендовалось в отчете Фазы I, и меры по смягчению последствий растворения соли, указанные в отчете Фазы 0. Все затраты на окружающую и социальную среду по оценкам консультанта ОЭСВ были должным образом включены в общую оценку затрат.

Анализы цены за единицу и резюме затрат были разработаны в долларах США (\$ДСША), с разбивкой на национальную и иностранную валюту.

Подробности, связанные с методикой оценки затрат приведены в восьми частях, составляющих соответствующий Том.

В целях конфиденциальности, цифры оценки затрат не приводятся в текущем документе;

Далее приводится относительная цена каждого варианта по сравнению с вариантом 1220 м.н.у.м. / 2000 МВт:

Высота (мнум)	Проектная мощность (МВт)	Инвестиционн ые зараты (млн. долл. США)
1290	3,600	157%
	3,200	154%
	2,800	152%
1255	3,200	132%
	2,800	130%
	2,400	128%
1220	2,800	105%
	2,400	102%
	2,000	100%

2 МЕТОДОЛОГИЯ

2.1 Затраты Проекта

Затраты проекта, связанные со строительными работами и постоянным оборудованием подробно описаны в Спецификации объемов работ с указанием цены, упорядоченные следующим образом:

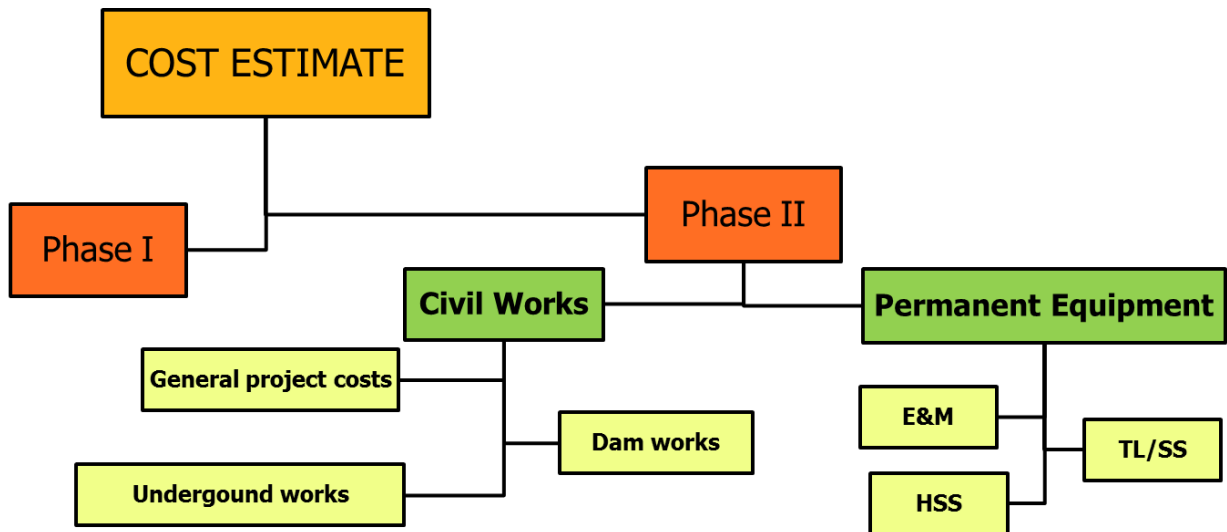


Рисунок 56: Оценка затрат Фазы II, диаграмма

(*) Фаза I: Существующие сооружения; Фаза II: Сооружения, которые необходимо успешно выполнить; ЭМ: Электромеханическое оборудование; ГТС: Гидротехническое оборудование; ЛЭП/ПС: Линии электропередачи и Помещение подстанции.

Общая сумма проекта (используйте как вводные данные для Экономического и Финансового Анализа) подсчитана следующим образом:

(1) [Строительные работы + Постоянное оборудование] * (2) [Материальные непредвиденные ситуации] = (3)

+ (4) [Затраты на администрирование и инженерно-техническое обеспечение]

+ (5) [Экологические и социальные затраты]

= ОБЩАЯ СУММА ПРОЕКТА

Затраты на администрирование и инженерно-техническое обеспечение подсчитаны как проценты (3): Администрирование (2%) и инженерно-техническое обеспечение (2%).

2.2 Затраты, не включенные в смету

В смету затрат не входят следующие затраты:

- Приобретение земли и право на проезд (постоянное и временное).
- Проценты в ходе строительства;
- Налоги, пошлины и сборы в Таджикистане, за исключением Подоходного налога Подрядчика.

2.3 Материальные непредвиденные затраты

Материальные непредвиденные затраты были учтены согласно анализу для каждого отдельного элемента (Строительные работы, Основное оборудование).

Результат среднего значения материальных непредвиденных затрат близок к 11% от суммы затрат без этих непредвиденных обстоятельств.

2.4 Методология Оценки

2.4.1 Строительные работы

Проведенные анализы цен, учитывают следующие основные компоненты:

- = Базовые заработные платы трудящихся;
- = Базовые затраты на материалы, поставляемые на участок;
- = Затраты на владение и эксплуатацию строительной техники;
- = Непредвиденные расходы при строительстве участка;
- = Накладные расходы и прибыль.

2.4.2 Основное оборудование

Затраты были определены с учетом того, чтобы использовать уже имеющиеся элементы в максимально возможной степени, за исключением НПУ 1220 для которого. два существующих агрегата не будут использоваться, и поэтому все шесть агрегата должны быть новыми.

Различные подходы могут быть реализованы для оценки затрат на электромеханическое оборудование.

Видимо, наиболее точным подходом было бы оценить подробно стоимость всех основных компонентов, оценив их производственные затраты и отдельно их затраты на транспортировку и монтаж.

На данном этапе проекта, детальный анализ стоимости всех единичных основных компонентов был бы неоправданным, а также это могло бы привести к некоторым ошибкам при оценке стоимости, которые могли бы быть даже больше, чем те, что были допущены с примененной процедурой консультанта, которая является применимой, когда установленная мощность большая и предусмотрены различные агрегаты.

Следовательно, Консультант рассчитал ЭМ затраты на основе стоимости за кВт, оценивая отдельно турбину, генератор и затраты на остальное оборудование (на балансе ГЭС).

Расчет стоимости ГТС (затворы, напорный трубопровод, облицовки), который строго не зависит от установленной мощности (например, стоимость затворов водосброса гораздо больше связана с расчетным паводком), был выполнен отдельной оценкой затрат различных основных компонентов.

3 ПРЕДПОЛОЖЕНИЯ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ ПЛОТИНЫ

3.1 Введение

Оценка затрат Фазы II включает в себя все сооружения, что предстоит построить для завершения Рогунской ГЭС, таких как плотина, гидростанция, водосливы, водосбросные сооружения и дополнительные строительные туннели. Работы, выполненные с 1980 года и до конца Советского Союза входят в оценку затрат Фазы I.

Целью настоящего пункта является, дать основные предположения, учитываемые для расчета объемов и цен за единицу.

Цель этого подхода в том, чтобы получить базовые общие оценки затрат каждого варианта на уровне осуществимости. Всеобъемлющие расчеты метода работ будут подготовлены на стадии детального проектирования инженером проекта.

3.2 Дороги

Оценка дорог была учтена в Оценке затрат для реабилитации существующих дорог (улучшение, расширение) и стоимость строительства новых дорог (см. Таблица 29).

3.3 Вахтовые поселки и временные здания подрядчика

Оценка затрат Фазы II основана на предположении, что строительство плотины с водопроводящими приплотинными сооружениями осуществляется подрядчиками, которые несут полную ответственность за поставку, монтаж, техническое обслуживание и удаление как вахтовых поселков, так и временных зданий, необходимых для их деятельности, а также их субподрядчиков.

3.4 Карьерные зоны и карьеры

Карьерные зоны и карьеры, рассчитанные для насыпи плотины, подробно приведены в Томе 3, Главе 3 – Приложении 1: Оценка строительных материалов.

3.5 Складские зоны для насыпи плотины

Методология, рассматриваемая для строительства плотины основана на предположении, что весь накопленный материал используется для насыпи. Следующая таблица представляет уже извлеченные и складированные объемы.

	LG1 (Аллювиальная призма)	LG2 (Аллювиальная призма)	LG2 (Фильтры)	LL3 (Суглинок)
Извлеченные [м3]	14,6	7,5	4,0	2,5
Расположенные в плотине	13,3	6,8	4,0	2,5

Таблица 70: Объемы, доступные на складах, [млн. м3]

Таблица выше показывает коэффициент, рассматриваемый между извлеченным объемом и располагаемым для аллювиальных призм. Предположение такого же объема было рассмотрено для фильтров и суглинка.

Доступные объемы в Лябидара были проанализированы и он был эксплуатирован и складирован в LG2. Остальной необходимый объем должен быть извлечен из K315.

3.6 Насыпи плотины

3.6.1 Общее описание плотины

Типичное продольное поперечное сечение ниже показывает различные материалы, которые составляют насыпь плотины: ядро, фильтр тонкой очистки, фильтр грубой очистки, аллювийная призма, призмакаменной насыпи, каменная отсыпь, бетонное основание и битумное ядро.

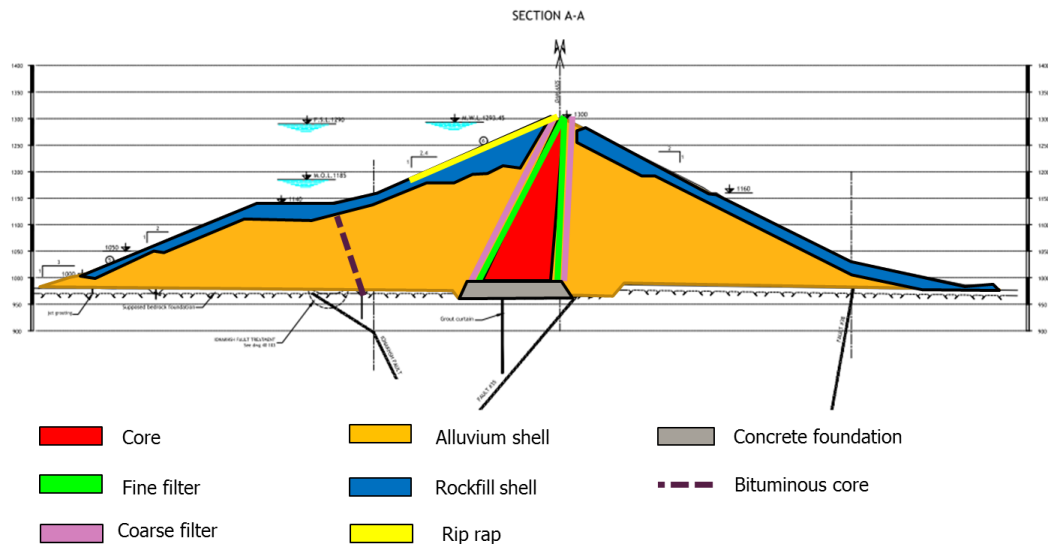


Рисунок 57: Типичный продольный профиль плотины

Объемы для каждого материала и варианта резюмированы в следующей таблице

Материал		НПУ 1290	НПУ 1255	НПУ 1220
1	Аллювийная призма	43.06	33.18	18.92
2	Призма каменной насыпи	17.37	12.48	9.35
4	Ядро (суглинок + мелкие частицы)	6.99	5.10	3.71
5	Фильтр тонкой очистки	2.47	1.35	0.75
6	Фильтр грубой очистки	3.15	2.03	2.00
7	Каменная отсыпь	0.55	0.37	0.30
8	Битумное ядро	0.024	0.020	0.018
9	Бетонное основание	0.354	0.329	0.308

Таблица 71: Объемы материалов для каждого варианта, [Мм3].

Цена единицы каждого материала (учитывая добычу/складирование/обработку/транспортировку и размещение) была продифференцирована для 6 фаз, представленных на Рисунке 59.

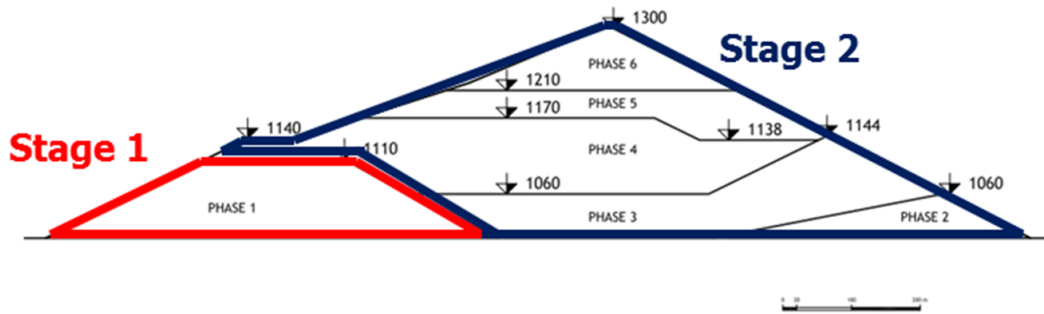


Рисунок 58: Фазирование плотины—Продольное поперечное сечение

Основными причинами этого решения являются:

- Отметка плотины имеет существенное влияние на цену за единицу, из-за протяженности транспортировки вдоль важного откоса, чтобы увеличить откос плотины и сузить гребень плотины, который ограничивает трафик грузовиков для укладки.
- Заполнение водохранилища учитывается, а затем материалы должны быть извлечены до затопления карьерных зон/карьеров. Иногда необходимо складировать материал заранее.

3.6.2 Источники и объемы материалов

Этот пункт представляет источник материалов и соответствующие добытые объемы для каждого материала, фазы и варианта.

3.6.2.1 Вариант НПУ=1290 мнум

Материал		Фаза 1	Фаза 2	Фаза 3	Фаза 4			Фаза 5	Фаза 6
1	Аллювиальная призма	BA15	BA15	BA15	BA15	LG1	LG2	LG1	BA15
2	Каменная призма	Q26	Q26	Q26	Q26			Q26	Q26
4	Ядро (суглинок)			LL3	BA17			LL3	BA17
5	Переходной слой 1	BA15		LG2	LG2		BA15	BA15	LG2
6	Переходной слой	BA15		LG2	LG2			BA15	LG2
7	Каменная отсыпь							Q26	Q26

Таблица 72: Вариант 1290 – Источники

Материал		Фаза 1	Фаза 2	Фаза 3	Фаза 4			Фаза 5	Фаза 6
1	Аллювиальная призма	10,497,251	2,418,575	6,935,810	1,910,503	6,568,967	6,815,900	6,735,233	1,181,625
2	Каменная призма	2,016,210	935,035	1,077,240	2,606,935			4,119,019	6,610,620
4	Ядро (Суглинок + чистая глина)			1,567,260	3,209,040			996,115	1,220,075
5	Переходной слой 1	88,890		372,840	207,405	435,740		385,270	976,510
6	Переходной слой 2	177,780		469,145	976,120			503,930	1,027,980
7	Каменная отсыпь							129,790	424,885

Таблица 73: Вариант 1290 – Объёмы [м³]

3.6.2.2 Вариант НПУ=1255 мнум

Материал		Фаза 1	Фаза 2	Фаза 3		Фаза 4	Фаза 5		Фаза 6
1	Аллювиальная призма	BA15	LG2	BA15	LG2	LG1	LG1	BA15	BA15
2	Каменная призма	Q26	Q26	Q26		Q26	Q26		Q26
4	Ядро (суглинок)			BA17		LL3	BA17	LL3	BA17
5	Фильтр тонкой очистки	LG2		LG2		LG2	LG2		LG2
6	Фильтр грубой очистки	LG2		LG2		LG2	LG2		LG2
7	Каменная отсыпь						Q26		Q26

Таблица 74: Вариант 1255 - Источник

Материал		Фаза 1	Фаза 2	Фаза 3		Фаза 4	Фаза 5		Фаза 6
1	Аллювиальная призма	8,088,672	1,863,636	392,135	4,952,264	11,785,869	1,518,331	3,671,512	910,503
2	Каменная призма	1,448,445	671,729	773,889		1,872,821	2,959,102		4,749,067
4	Ядро (Суглинок + мелк. частицы)				1,144,100	2,342,599	569,763	157,401	890,655
5	Фильтр тонкой очистки	48,657			204,085	352,044	210,889		534,521
6	Фильтр грубой очистки	114,588			302,386	629,156	324,807		662,582
7	Каменная отсыпь						86,257		282,372

Таблица 75: Вариант 1255 – Объёмы [м³]

3.6.2.3 Вариант НПУ=1220 мнум

Материал		Фаза 1	Фаза 2	Фаза 3	Фаза 4		Фаза 5	Фаза 6
1	Аллювиальная призма	LG1	LG1	LG2	LG2	LG1	LG1	LG1
2	Каменная призма	Q26	Q26	Q26	Q26		Q26	Q26
4	Ядро (суглинок)			LL3	LL3		BA17	BA17
5	Фильтр тонкой очистки	LG2		LG2	LG2		LG2	LG2
6	Фильтр грубой очистки	LG2		LG2	LG2		LG2	LG2
7	Каменная отсыпь						Q26	Q26

Таблица 76: Вариант 1220 - источники

Материал		Фаза 1	Фаза 2	Фаза 3	Фаза 4		Фаза 5	Фаза 6
1	Аллювиальная призма	4,613,063	1,062,853	3,047,972	3,767,928	2,953,690	2,959,828	519,270
2	Каменная призма	1,085,877	503,585	580,173	1,404,026		2,218,395	3,560,305
4	Ядро (Суглинок+Мелк. част.)			832,600	1,704,788		529,181	648,159
5	Фильтр тонкой очистки	26,942		113,007	194,936		116,774	295,978
6	Фильтр грубой очистки	112,718		297,452	618,889		319,506	651,769
7	Каменная отсыпь						70,804	231,785

Таблица 77: Вариант 1220 – объёмы [м³]

3.6.3 Транспорт

3.6.3.1 Виды транспорта

Транспорт имеет большое влияние на единичную цену каждого материала. Затем был проведен подробный анализ для оптимизации транспорта, учитывая каждое ограничительное условие (длина транспорта, наполнение водохранилища, доступность дороги или системы ленточного конвейера, трафика ...).

Два вида транспорта было рассмотрено для доставки материала на плотину:

- Посредством грузовиков (для каждой перевозки, что не может быть выполнено системой ленточного конвейера).
- Посредством системы ленточного конвейера (от загрузочной станции 1 или 2).

Перевозка грузовиком неизбежна для строительства плотины первой очереди (система ленточного конвейера еще недоступна); перевозка материала до складов/загрузочных станций, от технического парка ленточного конвейера до плотины, или из участка, расположенного вниз по течению или на правом берегу.

Система ленточного конвейера представлена на Рисунке 60.

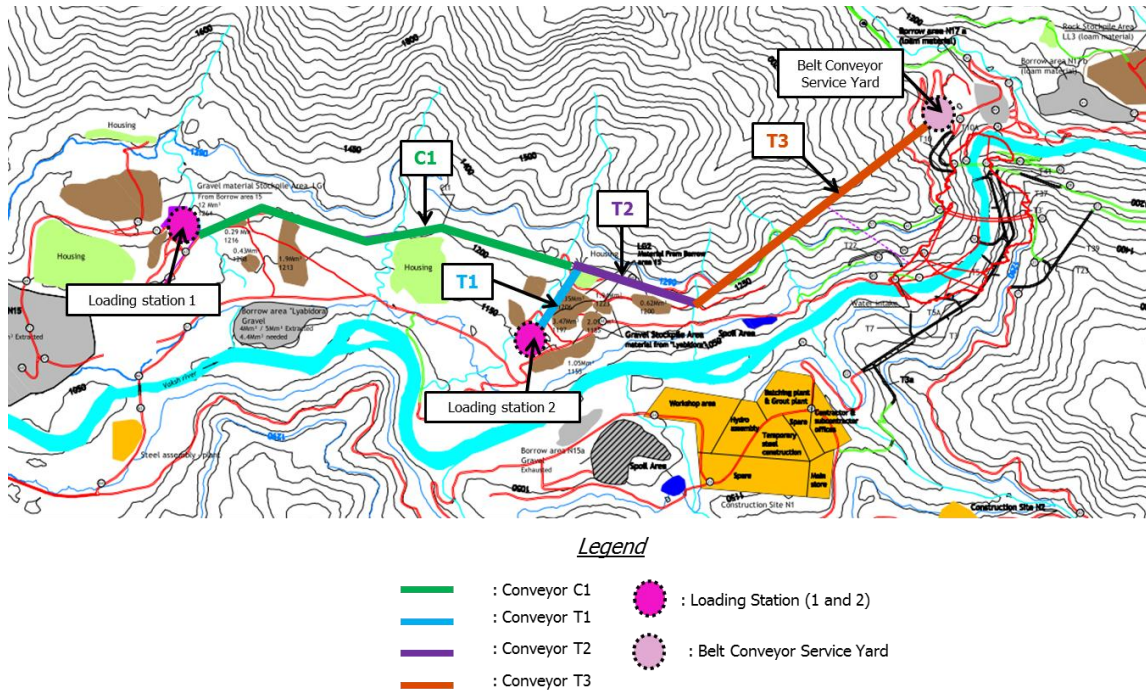


Рисунок 59: Система ленточного конвейера

3.6.3.2 Этапы перевозки

Каждый этап перевозки был оценен для варианта НПУ=1290 мнум. Эти основные затраты были заново использованы правильно для варианта НПУ=1255 мнум и НПУ=1220 мнум, учитывая этапы перевозок, определенные для каждого из них.

Рисунок 60 резюмирует использованную методологию для расчета единичной цены.

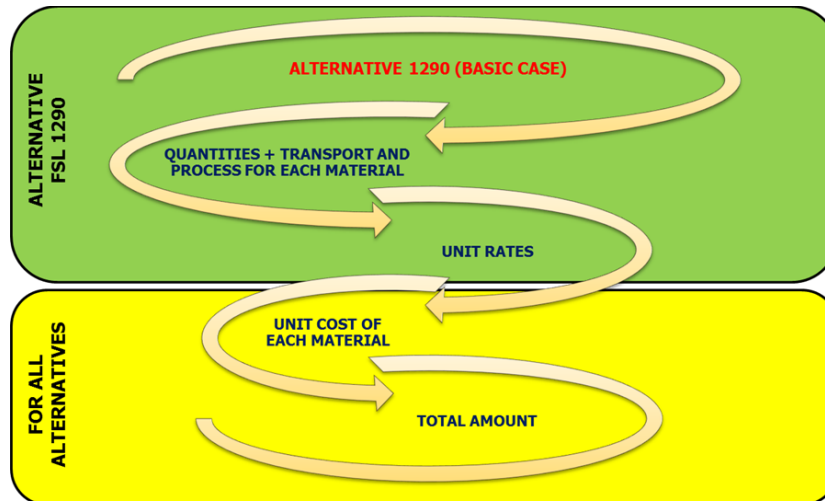


Рисунок 60: Насыпи плотины – Методология единичной цены.

3.6.4 Обработка материала

Различными определенными процессами являются:

- Обработка фильтра из LG2 и BA15.
- Предварительное взрывание слабых и средних межслоев зацементированного аллювия BA15.
- Взрывание призмы каменной наброски изQ26.
- Отбор материала из материалов LL3.
- Содержание воды и обработка материала в карьерной зоне для регулирования влажности.

Эти процессы были оценены и включены в цену за единицу каждого материала.

3.7 Другие работы

Для строительства плотины другие работы были оценены и включены в оценку затрат Фазы II:

- Цементационная завеса для Стадии 1 и Стадии 2.
- Обработка Йонахшского разлома: Гидравлическая и цементационная завеса.

- Разработка плотины.
- Укрепление и армирование разработки плотины.
- Волнорез на гребне плотины.

4 КРИВЫЕ РАСХОДА

Кривая расхода капзатрат дает передел общей суммы по годам. На данном этапе исследования не представляется возможным точно установить кривую расхода капзатрат, но консультант предложил свое распределение затрат на основе своего опыта в крупном проекте ГЭС и анализа графика реализации.

Методология должна определить сумму, потраченную за год от начала и до конца работ. Таким образом, основные элементы оценки затрат были определены. Сумма этих элементов после распределена с учетом даты начала и окончания.

Было решено, вычислить эквивалентную кривую расхода на основе кривых расхода, полученных для следующих элементов:

- Строительные работы (Общая проектная стоимость, сооружения плотины, подземные сооружения);
- Постоянное оборудование (ЭМ, ГТС, ЛЭП/ПС);
- Администрирование и инженерно-технические работы;
- Затраты на замену инфраструктуры и переселение (из отчета ОЭСВ).

Это является важным вкладом в экономический и финансовый анализ

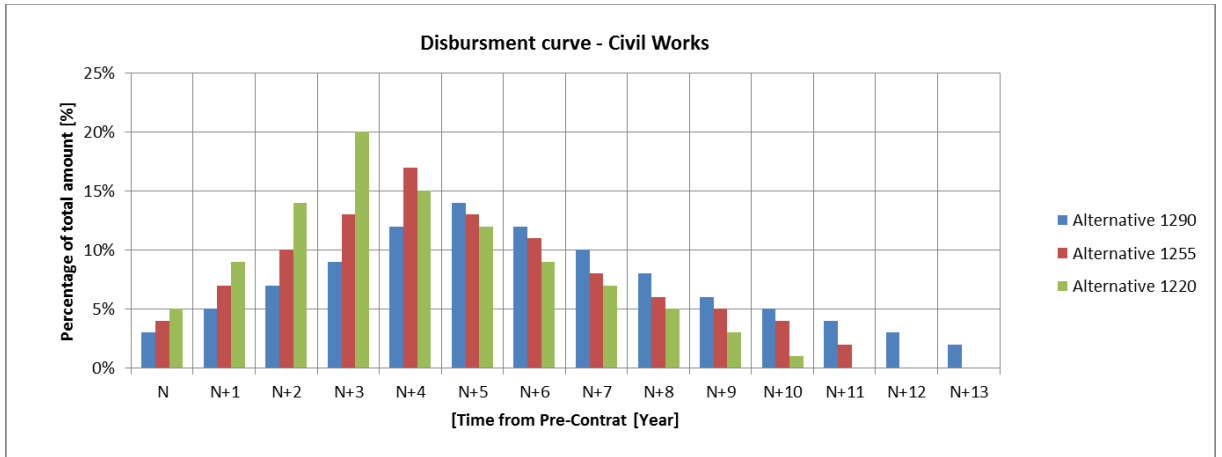


Рисунок 61: Кривая расхода – Строительные работы

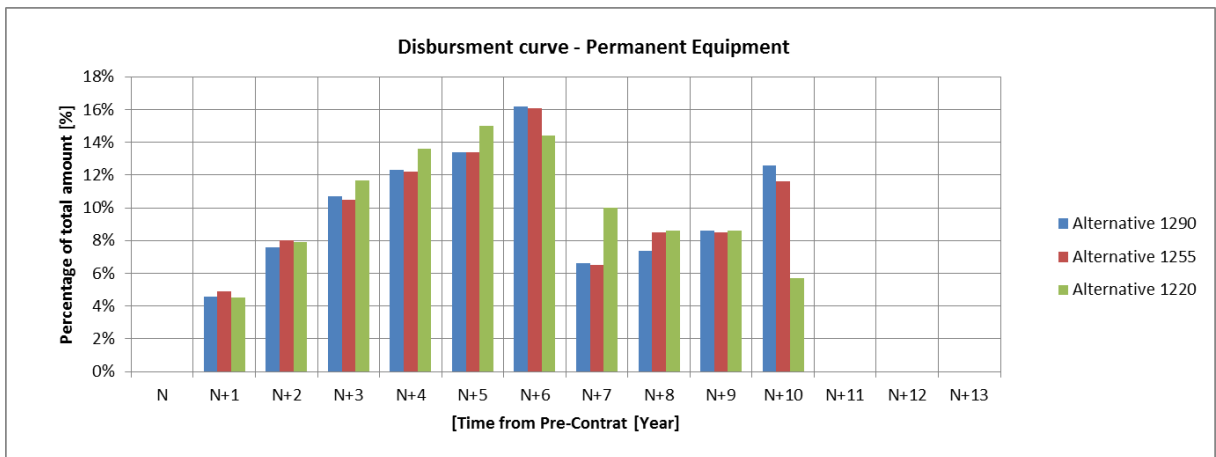


Рисунок 62: Кривая расхода – Постоянное оборудование

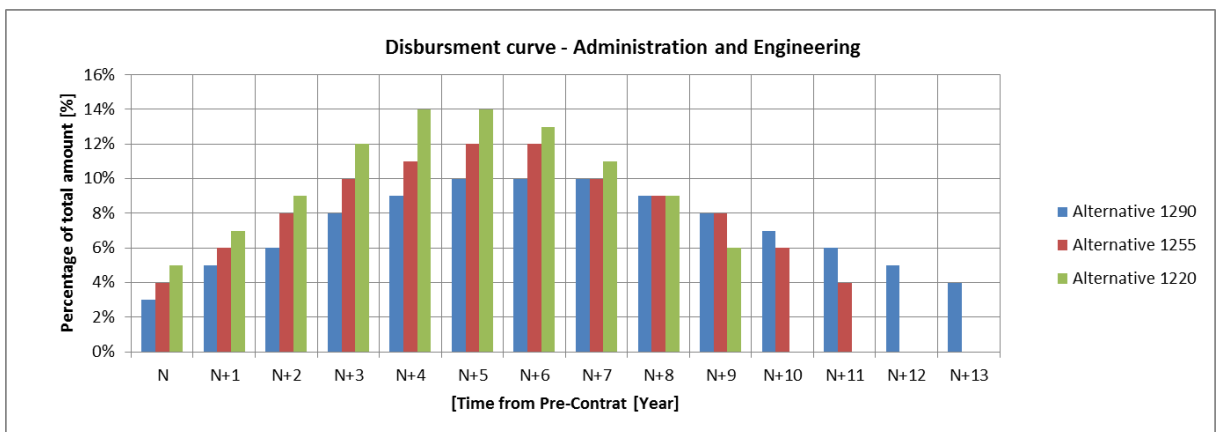


Рисунок 63: Кривая расхода – Администрирование и инженерия

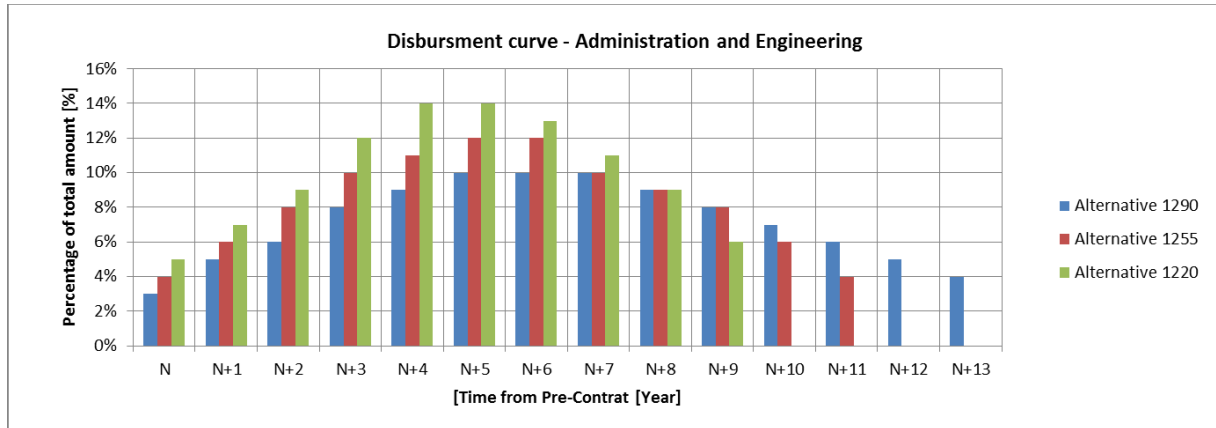


Рисунок 64: Кривая расходов – Администрирование и инженерия

ТОМ 5: ЭКОНОМИЧЕСКИЙ И ФИНАНСОВЫЙ АНАЛИЗ

ГЛАВА 5.1. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Введение

Этот раздел суммирует методологию, предположения и результаты экономического анализа, учитывая 9 возможных проектных вариантов Рогуна, состоящих из комбинации трех разных высот плотины и трех общих установленных мощностей для каждой. Основываясь на этих результатах и выводах технических исследований, консорциумом рекомендуется один конкретный проектный вариант для дальнейшего рассмотрения, и дополнительный анализ был включен в экономическую часть этого предпочитаемого варианта.

Следует отметить, что все денежные показатели, приведенные в этом документе указаны в реальных ценах 2013 года в качестве базового года, и в долларах США («долл. США») в качестве валюты по умолчанию, если не указано иное.

Методология

Мы подготовили региональный план по увеличению выработки с наименьшими затратами для каждого из девяти проектных вариантов Рогуна, а также для варианта, исключаящего Рогун, основываясь на предположениях для Таджикистана и соседних стран, используя нашу запатентованную (собственной разработки) модель энергетического рынка, ECLIPSE[®], и из нее вычислили общесистемные затраты (ОСЗ) для взаимосвязанной Центрально-Азиатской энергетической системы (ЦАЭС) для каждого из этих вариантов.

Мы оценили экономическую выгоду каждого варианта, путем оценки воздействия на текущую стоимость (ТС) ОСЗ в Таджикистане, и таким образом определили вариант с наименьшими затратами для Таджикистана. Мы также подготовили самостоятельные экономические анализы для различных вариантов проекта в плане их чистой текущей стоимости (ЧТС) и экономической внутренней нормы прибыли, используя результаты анализов наименьших затрат.

Региональный план по увеличению выработки с наименьшими затратами: Анализ наименьших затрат рассматривает период 2013-2050 годы (горизонт прогнозирования), где ECLIPSE ищет решение, которое будет удовлетворять всем ограничениям за этот 38-летний период. ECLIPSE® строит электростанции в Таджикистане и соседних странах с целью минимизации ОСЗ для взаимосвязанного региона. ОСЗ включает капиталовложения в годовом исчислении (капвложения), фиксированные и переменные эксплуатационные и технические затраты, затраты на топливо и затраты на использование межсистемных ЛЭП. Eclipse® допускает передачу электроэнергии между объединенными странами на основе чистой пропускной способности (NTC) по межсистемным линиям электропередачи. Потоки импорта и экспорта будут определяться разницей между предельной высокой себестоимостью выработки в разных юрисдикциях и между соотношением предложения и спроса в каждой стране.

Сравнение экономии ОСЗ: Чтобы оценить значение проекта для энергетической системы Таджикистана, мы посчитаем экономию общесистемных затрат с начала строительства проекта, сравнивая ее с ОСЗ по двум следующим сценариям:

- **Без Рогуна:** анализ плана по увеличению мощности с наименьшими затратами, который исключит Проект для определения плана по увеличению мощности и потенциального экспорта.
- **С Рогунсом:** такой же анализ плана увеличения выработки с наименьшими затратами, предполагая что каждый из проектных вариантов Рогуна будет гарантированно построен.

Вариант, который предоставляет наибольшую прогнозную экономию затрат, рассматривается как вариант с наименьшими затратами для Таджикистана. Экономия системных затрат рассчитывается в реальном выражении ТС в 2013 году с 10% ставкой рефинансирования.

В зависимости от выбранного варианта Рогунской ГЭС она может обеспечить защиту от наводнений всего Вахшского каскада вниз по течению. Учитывая, что эти преимущества являются присущими в системных затратах для тех проектов, для правильного сравнения эти

затраты заложены в системные расходы для вариантов проекта, было необходимо включить расходы на защиту от наводнений в ОИЗ для сценария “Без Рогуна” и любых вариантов проекта Рогуна, в которых не предоставляются такие преимущества. Уже проводились значительные объемы подготовительных работ на створе Рогунской ГЭС и в случае если Рогун не построен, надо будет проводить демобилизацию стройплощадки. Таким образом, ее стоимость должна быть включена в ОСЗ для варианта без Рогуна.

Технический срок службы проекта зависит от времени, необходимого водохранилищу для заполнения наносами и таким образом доступного полезного объёма водохранилища для каждого варианта высоты плотины. Срок эксплуатации начинается с 45-и лет для самой маленькой высоты плотины (1220 м.н.у.м.), 75 лет для средней высоты плотины (1255 м над уровнем моря) и 115 лет для самой высокой (1290 м над уровнем моря). Длительный эксплуатационный срок службы превышает период осмысленного анализа плана наименьших затрат. Поэтому, чтобы отразить долгосрочные преимущества проекта, мы провели расчет стоимости проекта в пост прогнозный период после 2050 г. как текущую стоимость годовой экономии с 2050 года до конца спроектированного срока службы. Мы не использовали обычный подход, заключающийся в том, что экономия в последнем смоделированном году продолжится до конца срока эксплуатации проекта, потому что это косвенно предполагает, что затраты на новое строительство для удовлетворения растущего спроса и замены существующей станции, идентичны с или без проекта, и, следовательно, нет никакой чистой экономии. Тем не менее, поскольку увеличение наносов будет иметь тенденцию к снижению выработки от проекта, и, следовательно, его польза, к концу своей жизни, мы вместо этого предполагали, что годовая экономия в 2050 падает линейно до нуля в конце прогнозируемого технического срока рассматриваемого варианта. Так как в действительности эффект от наносов будет более постепенным и значительным только в последние несколько лет жизни проекта, это дает консервативную оценку для преимущества от вариантов проекта.

Экономический анализ: Вторая оценка жизнеспособности Рогунской ГЭС была проведена путем экономического анализа, состоящего из сравнений выгод относительно затрат для каждого варианта Рогунского проекта.

Экономические затраты определялись на той же основе, что и при первой стадии анализа. Экономические выгоды должны отражать, как экономика Таджикистана улучшила непосредственный результат увеличения выработки мощности за счет внедрения и эксплуатации выбранного варианта Рогуна и косвенно от других последствий реализации Рогунской ГЭС. Второй этап анализа учитывает прямые финансовые выгоды, получаемые от продажи выработанной электроэнергии, кроме того широкие социальные экономические выгоды от его строительства и эксплуатации.

Экономическое значение вырабатываемой Рогуном электроэнергии возникает и из удовлетворения внутреннего спроса, и из экспорта через ЛЭП в соседние страны. Экономическая стоимость этих продаж была рассчитана при помощи предельной стоимости, определенной ECLIPSE. Для плотинных вариантов, которые предоставляют выгоду предотвращения паводка, мы также включили прогнозируемые сэкономленные расходы предоставления похожей защиты от паводков в отсутствие Проекта, как дополнительные выгоды Проекта в экономическом анализе, для тех проектных вариантов, которые предоставляют защиту для низового каскада.

В проектные затраты включены затраты на строительные работы, гидромеханические, электромеханические, ЛЭП и подстанции, затраты на оборудование (в том числе передачу), административные и инженерные затраты, переселение, замена инфраструктуры (затраты на окружающую среду) и эксплуатационные и расходы по техобслуживанию, а так же годовое значение потерь сельского хозяйства в землях, затронутых водохранилищем.

Вероятностно-взвешенный анализ чувствительностей: Для учета неопределенности вокруг вводных данных, используемых для планирования расширения производства с наименьшими затратами, используются чувствительности для оценки устойчивости оцененной экономии затрат и экономического анализа для каждого проектного варианта Рогуна к вариациями в экономике и других условий. Чувствительности, рассмотренные в нашем анализе, охватывают изменения четырех переменных, которые мы определили как вероятно имеющие большое влияние на ОСЗ:

1. **Спрос:** сценарии роста спроса на электроэнергию для Таджикистана.
2. **Затраты на топливо:** предположения по стоимости топлива для Центральной Азии включая Таджикистан.
3. **Общие инвестиционные затраты (ОИЗ):** ОИЗ новых вариантов строительства, включая различные станции-кандидаты в Таджикистане и соседних странах, в то же время оставляя вводные данные для проекта неизменными.
4. **Чистая пропускная способность (ЧПС):** пропускная способность ЛЭП от Таджикистана до Пакистана, Кыргызстана и Узбекистана.

Были определены центральный, высокий и низкий варианты для каждой переменной, с приблизительными вероятностями 50%, 25% и 25% соответственно. Базовый вариант предполагает центральный прогноз для всех переменных, и 8 чувствительностей были исследованы, изменяя каждую переменную до высокого и низкого значения. Относительная вероятность возникновения каждого варианта чувствительности, таким образом, равна половине базового варианта и на этой основе была рассчитана общая вероятностно-взвешенная средняя экономия ОСЗ и экономическая чистая текущая стоимость для каждого проектного варианта Рогуна.

Основные предположения

Таджикистан имеет некоторые запасы угля, но полагается на ГЭС для поставок основной части электроэнергии. Основная часть вырабатываемых мощностей Таджикистана, включая Нурекскую ГЭС с мощностью 3000 МВт-ч, которая расположена на реке Вахш, в основном питается сезонным таянием ледников и снега, которая достигает максимума летом. В течение более холодных зимних месяцев ее приток существенно падает, что означает гораздо более низкую выработку в зимний период. Хотя некоторую воду можно запастись в водохранилищах для питания ГЭС в зимний период, низкий расход приводит к значительному снижению выработки.

Прогноз спроса: Пик спроса на электроэнергию в Таджикистане приходится на зимний период, в основном для отопления помещений во время холодных месяцев. Однако, несоответствие, вызванное большей выработкой электроэнергии летом и более высоким спросом зимой,

сводится к летним излишкам и зимней нехватке. Острота неудовлетворенного зимнего спроса в Таджикистане становится особенно очевидным при обзоре ежемесячных данных о потреблении электроэнергии. В последние зимы наблюдалось до 50% от спроса, оставшегося неудовлетворенным в наиболее пострадавших месяцах. Неудовлетворенная часть спроса подавляется с помощью отключения нагрузки, что означает, перекрытые подачи электроэнергии к определенным частям электросети (в основном жилые) в течение определенного периода времени.

Невозможно наблюдать настоящий (неограниченный) спрос. Неудовлетворенный спрос должен быть оценен и прибавлен к удовлетворенному спросу (для которого существуют данные), для того, чтобы оценить истинный спрос (неограниченный спрос) в любой данный год. Однако далеко не вся область экономики одинаково зависит от дефицита поставок электроэнергии; производство алюминия и сельское хозяйство страдают меньше.

Мы провели детальный анализ будущего спроса на электроэнергию и требований к полной выработке в Таджикистане, учитывая потенциальное будущее воздействие экономического роста и тарифов на электричество, а также ожидаемое развитие в электрической системе страны, для снижения потерь при передаче и распределении электроэнергии, и учитывая диапазон прогнозов для неудовлетворенного спроса.

Среднегодовой темп роста ("CAGR") до 2050 года был спрогнозирован на уровне 2.6%, тогда как 25^{ая} и 75^{ая} перцентили, которые формируют основу нашего диапазона низких и высоких чувствительностей от 2.0% to 3.6%.

Варианты новых мощностей: В моделировании увеличения мощности с наименьшими затратами, мы рассмотрели несколько определенных и обычных русловых ГЭС и плотинных гидро-проектов, включая различные варианты Рогуна и 4000 МВт Даштиджумскую ГЭС, так как варианты новых мощностей определяются моделью, согласно экономическим критериям. Учитывая топливные ресурсы и их доступность в Таджикистане, мы позволили построить новые угольные станции и не позволили строить никаких внутренних станций газовой выработки в базовом варианте. Таджикистан имеет ограниченный потенциал по возобновляемым

источникам, таким как ветер, геотермальные, на отходах и солнечные источники, поэтому эти технологии не рассматривались в моделировании, как значимые варианты увеличения мощности.

Межсистемные ЛЭП с соседними рынками: ЦАЭС, разработанная при Советском Союзе, состоит из национальных сетей Таджикистана, южного Казахстана, Кыргызстана, Туркменистана и Узбекистана. Система была запланирована для функционирования в интегрированной модели, которая позволяла обмениваться электроэнергией между этими странами, в зависимости от разницы в их соответствующих энергетических ресурсов и сезонного спроса на электроэнергию и воду.

Таджикистан и Кыргызстан, две страны в верховьях, имеют очень маленькие запасы нефти и газа, страны низовья, Узбекистан и Туркменистан, и Казахстан имеют значительные подтвержденные резервы этого топлива. С другой стороны, Таджикистан и Кыргызстан пользуются значительным гидроэнергетическим потенциалом. Более того, летние пропуски воды верховыми странами являются критическими для ирригационного сельского хозяйства в низовых странах. В результате, в зимний период, Таджикистан и Кыргызстан будут зависеть от импорта топлива и импорта электроэнергии от соседей, а в летний период они могут спускать воду. После развала Советского Союза и без единого политического и экономического центра, конкурирующие национальные интересы привели к неконтролируемым отборам электроэнергии из региональной сети⁴, акцент для обеспечения безопасных поставок только с национальных источников и возможный выход из ЦАЭС Туркменистана в 2003 году, и Узбекистана и Казахстана в 2009 году.

Для нашего моделирования базового варианта, мы рассматриваем отсутствие межсистемных ЛЭП между Таджикистаном и Узбекистаном. Мы рассматриваем линию электропередач CASA-1000, которая, как ожидается, соединит эти две страны с Пакистаном через Афганистан к 2017 году с мощностью 1000 МВт. Сейчас существует межсистемное соединение между Афганистаном и Таджикистаном с чистой пропускной способностью 110 МВт. Проект CASA-1000 увеличит эту пропускную способность на 300 МВт.

⁴ Согласно TWEC, водозаборы Таджикистана приведены больше, чем 100 ГВт.ч.

В дополнение к существующим и известным межсистемным ЛЭП, мы также допустили строительство потенциальных новых межсистемных ЛЭП между Таджикистаном, Кыргызстаном и Пакистаном на экономической основе, согласно экономике относительной выработки в соседних странах.

Пакистан является относительно большим рынком электроэнергии, с максимальным спросом летом, в настоящее время испытывает нехватку мощности весь год. В результате значительного дефицита мощностей круглый год и высокой стоимости производства в стране, Пакистан является, весьма вероятно, экспортным рынком для гидроэнергетики Таджикистана. **Афганистан** имеет очень низкий уровень электрификации и в настоящее время испытывает большой дефицит мощности и, следовательно, зависит от импорта. **Кыргызстан** обладает значительным гидроэнергетическим потенциалом и, по оценкам в стране до сих пор лишь эксплуатируются около 10% собственного гидроэнергетического потенциала и его сектор энергетики очень напоминает таджикский сектор. Хотя это менее вероятно, что Кыргызстан будет иметь дефицит мощности в течение летних месяцев, когда наличие гидро выше, как в Таджикистане, ее взаимосвязи с Узбекистаном и Казахстаном могут обеспечить альтернативные маршруты для передачи электроэнергии в эти страны и из них.

Результаты увеличения выработки с наименьшими затратами

Результаты моделирования увеличения выработки с наименьшими затратами во всех случаях (проектные варианты Рогуна и без Рогуна) показывают необходимость в строительстве как минимум одной большой плотины (Рогун или Даштиджум) вместе с несколькими новыми русловыми ГЭС. Таджикистану также потребуется полагаться на импорт из (или через) Кыргызстан(а), чтобы полностью обеспечить зимний спрос.

Основной разницей между распределением по мощности между различными проектными вариантами Рогуна является мощность и время ввода в эксплуатацию. Тот факт, что Рогун будет выше по течению, чем существующие ГЭС на реке Вахш улучшает и общую выработку Вахшского каскада и позволяет очень широкий спектр контролируемой выработки с Рогуна, даже в пределах ограничений по соблюдению существующих соглашений и практики по летнему пропуску воды вниз по течению. Другой вариант с крупной плотиной, Даштиджум, не пользуется этим преимуществом, и поэтому в варианте без Рогуна,

потребуется строить гораздо большее количество русловых ГЭС. Эта большая мощность также выражается в большем избытке электроэнергии в летний период, который может потребоваться больший общий уровень увеличения пропускной способности межсистемных ЛЭП в варианте без Рогуна, чем с Рогуном, для максимального увеличения значения для региона в целом.

Когда начнется строительство проекта, прогнозная цена на электроэнергию имеет тенденцию быть ниже при проектных вариантах Рогуна, чем при сценарии без Рогуна. К концу горизонта прогнозирования, годовая стоимость электроэнергии в Таджикистане при проектных вариантах Рогуна будет чуть меньше 100 долл. США/МВт-ч.

Обмен электроэнергией между странами в целом похож во всех вариантах. Ожидается, что Таджикистан будет экспортировать в Пакистан и Афганистан летом, и импортировать из (или через) Кыргызстан(а) зимой. Наибольшая часть экспорта приходится на Пакистан, с почти полным использованием экспортных межсистемных ЛЭП летом, когда в Пакистане приходится пик спроса на электроэнергию, а Таджикистан имеет избышек электроэнергии. В отличие от этого, пик спроса на электроэнергию у других соседей Таджикистана наступает зимой, что ограничивает возможности Таджикистана экспортировать им в летний период.

Экономия общесистемных затрат

Ниже, таблица 79 показывает ТС экономии ОСЗ для базового варианта и 8 чувствительностей, а также получаемую в результате вероятностно-взвешенную среднюю. Все из вариантов Рогуна обеспечивают значительную экономию системных затрат в более поздние годы, в основном как результат строительства новых русловых ГЭС в варианте без Рогуна.

Результат показывает, что все проектные варианты Рогуна будут иметь общее выгодное влияние на электрическую систему Таджикистана, среди всех чувствительностей, от 69 млн. долл. США для самого маленького варианта Рогуна с ростом высокого спроса до более 2.5млрд. долл. США для самых высоких вариантов высоты плотины в случае выс. ОИЗ. Самый высокий вариант плотины (1290 м н.у.м) в целом показывает наибольшую выгоду по всем чувствительностям, за исключением случая роста низкого спроса, когда более

низкая потребность делает более уместными варианты более маленькой плотины. На практике, если спрос, согласно прогнозам, растет менее быстро, новое строение может быть отложено или приведет к корректировке в графике реализации проекта.

Сравнивая результаты чувствительности с базовым случаем, можно отметить следующие воздействия:

- 1. Спрос:** чистая прибыль всех вариантов Рогуна будет уменьшена, если рост спроса ниже прогноза, что отражает излишние ранние капитальные затраты на новые мощности. Однако, если рост спроса выше, более низкие параметры мощности также обеспечивают меньшую чистую прибыль по сравнению с более масштабным вариантом Даштиджума в случае без Рогуна из-за необходимости дополнительного нового строения для удовлетворения более высокого спроса. Самые высокие варианты мощности предоставляют повышенное преимущество, потому что они способствуют значительному уровню выработки раньше, предполагаемой точной даты начала работы для Даштиджума.
- 2. Затраты на топливо:** Более низкие затраты на топливо для вариантов тепловой генерации сократят чистую выгоду всех вариантов Рогуна, в то время как более высокие затраты увеличат выгоду от двух более высоких вариантов высоты плотины. Самые низкие варианты высоты плотины на самом деле показывают небольшие сокращения в экономии затрат, поскольку меньшие объемы экспорта вытесняют более дорогую тепловую выработку в соседних странах в первую очередь. (В связи с повышением объемов экспорта, очередной транш внешней выработки, который должен быть заменен будет дешевле, чем предыдущий.)
- 3. ОИЗ:** Более высокие затраты вариантов альтернативной мощности, естественно, увеличат выгоду от проекта, в то время как более низкие затраты уменьшат её.
- 4. Межсистемные ЛЭП:** Снижение потенциала для экспорта, путем ограничения расширения межсистемной ЛЭП означает, что выгода от экспорта в Таджикистан снижается. Однако случай высокой межсистемной ЛЭП показывает схожее снижение в экономии затрат, так как

Межсистемные ЛЭП с Узбекистаном и увеличение соединения с Кыргызстаном позволит больший импорт, что снизит внутреннюю стоимость электроэнергии Таджикистана и затраты, и следовательно, снизит потребность в более ранней выработке Рогунской ГЭС по сравнению с Даштиджумом.

Экономический анализ

Для экономического анализа, выгода состоит из значения выработки Проекта для внутреннего использования и для экспорта, и из паводковой защиты, которую предоставляют два варианта с самой высокой плотинной для низового Вахшского каскада. Результаты ЧТС показанные в таблице 79 показывают, что более высокие первоначальные затраты более высоких вариантов плотины перевешиваются будущими выгодами, включая внешние выгоды от паводковой защиты.

Самые высокие варианты высоты плотины имеют наибольший ЧТС среди всех чувствительностей. По сравнению с результатами чувствительности по Базовому случаю мы видим ту же тенденцию как с экономией ОИЗ:

- 1 Спрос:** Более низкий рост спроса снижает стоимость всех вариантов Рогуна, потому что внутренние цены ниже. Строительство дополнительной Русловой ГЭС в более высоких чувствительностях спроса повышает установленные цены.
- 2 Затраты на топливо:** Высокие цены на топливо приведут к росту затрат соседей Таджикистана на основе ТЭЦ и тем самым увеличат стоимость экспорта и ЧТС Рогунской ГЭС, и противоположное, когда цены на топливо ниже.
- 3 ОИЗ:** Увеличение затрат вариантов новых строений без Рогуна увеличивает цены и стоимость экспорта, и наоборот.
- 4 Межсистемные ЛЭП:** В низкой чувствительности межсистемных ЛЭП, потеря экспорта в более дорогой Пакистан ведет к спаду доходов от экспорта и, следовательно, более низкой ЧТС. ЧТС также снижается в чувствительности Выс.ЧПС из-за нисходящего влияния на внутренние цены большего импорта из Узбекистана и Кыргызстана.

Таблица 78: ТС экономии ОСЗ по чувствительностям @ 10%

Вариант Млн долл. США	Баз	Выс.Спр.	Низ.Спр.	Выс. ОИЗ	Низ. ОИЗ	Выс. Топ.	Низ.топл.	Выс. ЧПС	Низ. ЧПС	Вероятност- взвешен. среднее
	20%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	
1290, 3600 МВт	1,678	1,854	628	1,881	1,215	2,509	554	1,051	1,485	1,453
1290, 3200 МВт	1,707	1,825	679	1,929	1,238	2,531	560	1,072	1,542	1,479
1290, 2800 МВт	1,701	1,452	688	1,897	1,248	2,522	538	1,071	1,552	1,437
1255, 3200 МВт	1,495	1,687	621	1,729	1,103	2,399	580	948	1,353	1,341
1255, 2800 МВт	1,497	1,344	648	1,739	1,099	2,410	529	944	1,436	1,314
1255, 2400 МВт	1,524	468	635	1,672	1,106	2,395	541	937	1,380	1,218
1220, 2800 МВт	1,389	1,432	723	1,381	983	2,047	356	936	1,111	1,174
1220, 2400 МВт	1,387	728	734	1,315	980	2,034	348	927	1,155	1,100
1220, 2000 МВт	1,342	69	710	1,329	933	1,980	424	866	1,228	1,022

Таблица 79: ЧТС @ 10% разных проектных вариантов Рогуна по чувствительностям

Вариант	Баз	Выс.Спр.	Низ.Спр.	Выс. ОИЗ	Низ. ОИЗ	Выс. Топ.	Низ.топл.	Выс. ЧПС	Низ. ЧПС	Вероятност- взвешен. среднее
Млн долл. США	20%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	
1290, 3600 МВт	819	852	720	1,080	523	1,222	366	766	780	795
1290, 3200 МВт	863	887	765	1,121	559	1,244	420	808	819	835
1290, 2800 МВт	878	792	769	1,132	561	1,251	405	820	767	825
1255, 3200 МВт	729	768	648	951	460	1,074	302	663	667	699
1255, 2800 МВт	758	715	678	973	471	1,102	331	690	747	722
1255, 2400 МВт	748	578	699	982	495	1,087	332	704	641	701
1220, 2800 МВт	656	656	640	887	402	943	312	629	398	618
1220, 2400 МВт	667	534	650	889	404	919	326	637	435	613
1220, 2000 МВт	635	431	614	848	389	874	286	601	435	575

Примечание: Кодирование цветом используется, чтобы выделить соответствующую ЧТС в каждой чувствительности (колонке) не во всех сценариях: красный = самый низкий, желтый = средний, зеленый = самый высокий. *Источник: анализ IPA*

Рекомендованный проектный вариант Рогуна

Основываясь на результаты технико-экономического анализа консорциум рекомендует для дальнейшего рассмотрения принять самый высокий вариант высоты плотины (1290 м н.у.м.). Однако выбор между вариантами мощности для этого конкретного проекта высоты плотины менее четко выражен, исходя из анализа, проведенного на сегодняшний день.

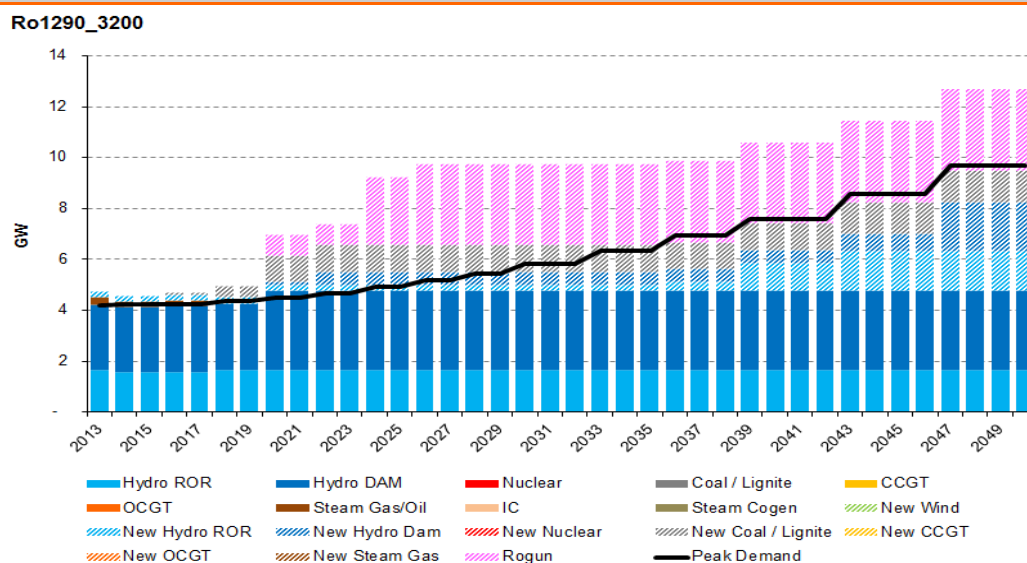
Региональный план расширения выработки с наименьшими затратами предполагает, что инкрементная чистая выгода от добавления мощности за пределы определенной точки ограничена. Дополнительные затраты на установку самой большой мощности полностью не компенсируются, поскольку общая годовая выработка в рамках проекта в первую очередь определяется высотой плотины (и, следовательно, размером водохранилища), чем по установленной мощности, и польза от дополнительной пиковой мощности ограничивается лимитами межсистемных ЛЭП и уровнем достижимых цен в Таджикистане и Пакистане (как основном экспортном рынке для Таджикистана).

Однако поддержание варианта расширения установленной мощности на более позднем этапе, оставив место одного агрегата пустой, мог бы быть жизнеспособным вариантом, например, если спрос растет сильнее, чем прогнозировалось. Кроме того, дополнительный агрегат может принести больше гибкости в системе выработки, позволяя периоды простоя для тех. обслуживания без потери общей годовой выработки электроэнергии. Приrostные издержки будут возмещены при избегании потери выработки во время технического обслуживания. Рекомендуется, чтобы эти потенциальные варианты были подробно рассмотрены в следующей фазе исследований.

Данный этап, однако, так как вариант промежуточной установленной мощности 3.200 МВт показывает как самую высокую общую экономию ОСЗ, так и экономическую ЧПС, было решено, что дальнейший анализ следует проводить по этому рекомендованному проектному варианту.

План увеличения выработки с наименьшими затратами базового варианта: Развитие мощностей в Таджикистане для этого варианта, показанного на рисунке 65, опирается в основном на Рогунскую ГЭС в первые годы, как с Русловой, так и плотинной ГЭС, которые строятся по мере увеличения пиковых нагрузок выше 7 ГВт начиная с 2039 года.

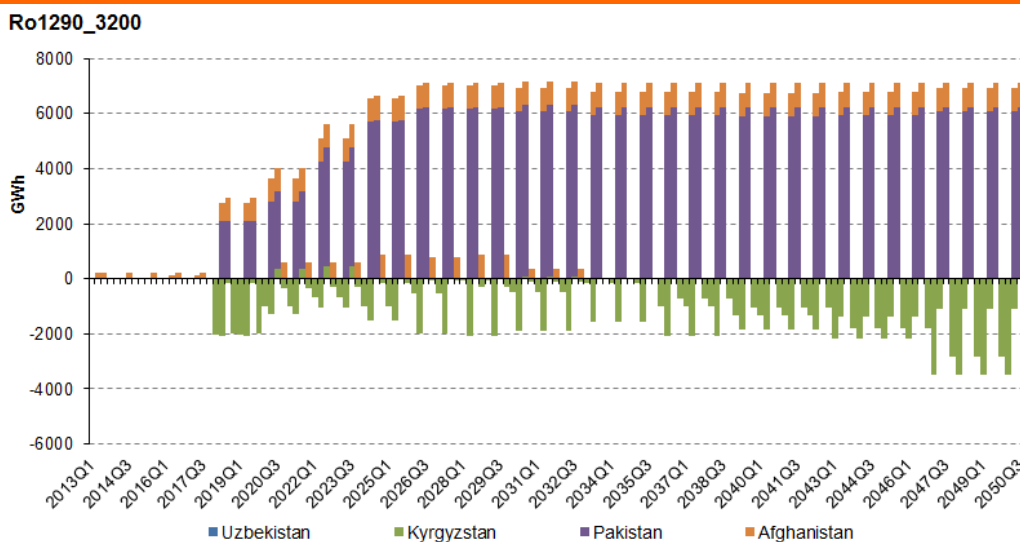
Рисунок 65: Распределение мощностей Таджикистана по типу технологии – Рогун 1290 м.н.у.м., 3,200 МВт



Источник: Анализ IPA.

Как и во всех других проектных вариантах, необходимо увеличение межсистемной ЛЭП в Пакистан кроме известных гарантированных планов с 2020, когда проект начнет выработку. Чистый экспорт растёт, как только проект вступает в действие с 2020-х годов и затем постепенно снижаться по мере роста внутреннего спроса. Ежеквартальная модель экспорта такая, как видно для всех других случаев, с импортом из Кыргызстана в зимний период и экспортом в Пакистан и Афганистан в летний период, как показано на рисунке 66.

Рисунок 66: Ежеквартальный чистый экспорт Таджикистана – Рогун 1290 м.н.у.м., 3,200 МВт



Источник: анализ IPA

Как только проект начнет функционировать и поможет удовлетворить текущие уровни неудовлетворенного спроса, стоимость электроэнергии в Таджикистане снизится до приблизительно 65 долл. США/МВт-ч. В более поздние годы горизонта прогноза, когда потребуются новые гидро-мощности для удовлетворения постоянно растущего спроса они вырастут до 100 долл. США/МВт-ч, чтобы покрыть затраты этой инвестиции.

Дополнительный анализ чувствительности и безубыточности

В дополнение к проверенным восьми чувствительностям как часть выбора предпочитаемого проектного варианта, мы также исследовали устойчивость экономии общих системных затрат («ОСЗ») и экономическую чистую текущую стоимость («ЧТС») этого проектного варианта к ряду других переменных, так же определяя основные значения безубыточности (т.е. та степень, до которой конкретный параметр может меняться от базового варианта для снижения выгоды или значения Проекта до нуля).

Результаты этих дополнительных вариантов планов увеличения мощности с минимальными затратами и последующей экономией ОСЗ по сравнению с вариантом без Рогун, показаны в таблице 80, и результаты экономического анализа в Таблице 81, оба вместе с первоначальными 8 чувствительностями, и более подробно описанные ниже.

Таблица 80: Чувствительность текущей стоимости (ТС) экономии ОСЗ для Ro1290_3200 при 10% ставке рефинансирования

Вариант	ТС экономии ОСЗ	Разница с базовым	
	(млн. долл. США)	(млн. долл. США)	(процент)
Базовый	1,707	-	-
ВысСпрос	1,825	+118	+6.9%
НизСпрос	679	-1,028	-60.2%
ВысТопливо	1,929	+222	+13.0%
НизТопливо	1,238	-469	-27.5%
ВысОИЗ	2,531	+824	+48.3%
НизОИЗ	560	-1,147	-67.2%
НизЧПС	1,072	-635	-37.2%
ВысЧПС	1,542	-165	-9.7%
Модифицированный базовый	1,508	-199	-11.6%
Газовая выработка	775	-933	-54.6%
Газовая выработка + отопление	684	-1,023	-59.9%
Откладывание Рогуна:			
2 года	1,770	+63	+3.7%
4 года	1,658	-49	-2.9%
6 года	1,301	-406	-23.8%
Разделение финансовых возмещений	1,747	+40	+2.3%
Рост спроса баз -55%:			
Полная экономия	389	-1,318	-77.2%
За искл. внешних факторов	56	-1,651	-96.7%

Источник: анализ IPA.

Таблица 81: Чувствительность экономической ЧТС для Рогуна 1290 м.н.у.м., 3,200 МВт @ 10% ставка рефинансирования

Вариант	Экономическая ЧТС	Разница с базовым	
	(млн. долл. США)	(млн. долл. США)	(процент)
Базовый	863	-	-
ВысСпрос	887	+23	+2.7%
НизСпрос	765	-98	-11.4%
ВысТопливо	1,121	+258	+29.8%
НизТопливо	559	-304	-35.2%
ВысОИЗ	1,244	+380	+44.0%
НизОИЗ	420	-444	-51.4%
НизЧПС	808	-55	-6.4%
ВысЧПС	819	-45	-5.2%
Отсрочка Рогуна на 2 года	732	-132	-15.2%
Удлинение строительства Рогуна	657	-207	-24.0%
ОИЗ Рогуна:			
-20%	1,417	+553	+64.1%
+20%	310	-553	-64.1%
+31.2%	0	-863	-100.0%
Цены продажи для Рогуна:			
Внутренние тарифы, экспорт - 50%	410	-454	-52.5%
Только внутренний -38.4%	0	-863	-100.0%
Только экспорт -62.5%	0	-863	-100.0%
Издержки на снижение загрязнения CO ₂	801	-63	-7.3%
Никаких экспортных доходов до 3-го квартала 2032 года	-15	-879	-101.8%

Источник: анализ IPA.

- 1. Экономически обоснованные межсистемные ЛЭП (модифицированный базовый вариант):** Для того чтобы исследовать до какой степени и насколько скоро требуются межсистемные ЛЭП, для максимального увеличения экспортного потенциала Проекта, мы рассмотрели специальную чувствительность, в которой гарантированная ЛЭП CASA-1000 заменена на возможные экономически обоснованные новые межсистемные ЛЭП с 2018 года, самостоятельно определенных ECLIPSE.

Результаты показывают увеличение экономически обоснованных межсистемных ЛЭП позднее, чем строительство гарантированной CASA-1000. В варианте без Рогуна, такая общая мощность построена и до Пакистана и до Кыргызстана к 2033 и 2034 годам соответственно, но более постепенно. Также, в варианте Рогуна 1290 м.н.у.м. 3200 МВт, в Пакистан и Кыргызстан требуется меньше пропускной способности чем при базовом сценарии. Это отражается в снижении ТС экономии ОСЗ, на приблизительно 200 млн. долл. США, по сравнению с базовым вариантом, но все еще показывающей значительную выгоду. Таким образом, выбор предпочитаемого варианта Рогуна, остается устойчивым, даже в отсутствие гарантированных межсистемных ЛЭП с 2017 года.

- 2. Поставки импортированного газа в Таджикистан:** Мы изучили потенциал для ГТ с комб. циклом и/или ГТ с 1-тактным циклом производительной мощности, входящих в эксплуатацию с 2025 года, а также замену электричества для городского отопления. Так как в Таджикистане известны лишь незначительные природные запасы газа, было предположено, что потребуются отдельный газопровод из Туркменистана, и его стоимость добавлена к ОСЗ. В качестве второй части этой чувствительности, мы рассмотрели потенциал для импортированного газа, который должен использоваться для городского отопления, заменяя соответствующее потребление электроэнергии, с соответствующими затратами на создание распределительной сети.

С этими предположениями в варианте без Рогуна с газом только для выработки электроэнергии, ГТ с 1-тактным циклом первоначально начинают строиться с 2025 года, частично заменяя обычные русловые ГЭС, с вводом в эксплуатацию ГТ с комб. циклом с 2033 года. Результаты увеличения выработки электроэнергии с минимальными затратами, когда газ также используется для отопления помещений аналогичны, с немного меньшими развернутыми мощностями, отражая небольшое снижение потребности в электроэнергии с 2030 года.

При большем объеме добычи газа в Таджикистане в случае без Рогун в сравнении с вариантом с Рогуном есть соизмеримо более высокий уровень выбросов CO₂ – или экономия 2.5-3 миллионов тонн каждый год, как результат строительства Рогун. Следует отметить, что экономия средств, представленная выше, отражает только таджикские выбросы CO₂, но есть значительная экономия выбросов в соседних странах, особенно в Пакистане, так как с экспортом Рогун там почти вдвое снижается использование горючих ископаемых. Если включить также и это снижение, дополнительно будет выгода в 700 млн. долл. США.

Анализ показывает, что Рогун остается общим экономически обоснованным вариантом с наименьшими затратами для таджикской системы, даже если газ станет доступным в будущем.

3. **Отсрочки в начале строительства Рогун:** Мы рассмотрели задержку в начале строительства Рогун на 2, 4 или 6 лет, поддерживая определенный график строительства после этого.

Отбрасывание Рогун на два года в результате дает небольшое увеличение экономии ОСЗ по сравнению с базовым вариантом, путем комбинации отсрочки расходов и выработки, которая необязательно будет необходима раньше для удовлетворения прогнозного роста спроса. Дальнейшие задержки – хотя все еще значительно лучше, чем вариант без Рогун – хуже с точки зрения ОСЗ, так как выгоды от проекта не реализуются достаточно быстро.

Смотря на отдельную чистую экономическую стоимость, хотя и показывает снижение по сравнению с базовым вариантом, потому что затраты снижаются в рамках текущей стоимости, гораздо более значительные выгоды – в частности снижение неудовлетворенного спроса в Таджикистане так же понижается.

4. **Распределение финансовых возмещений:** В случае если Рогун не будет построен, в дополнение к работам по демобилизации стройплощадки, правительство Таджикистана будет обязано выплатить средства, которые были привлечены путем выпуска акций для таджикских инвесторов. Правительство оценивает, что приблизительно 60 млн. долл США из общей собранной суммы в 186 млн долл США было потрачено на работы на стройплощадке, и эта сумма должна будет быть выделенной из общих средств, если Рогун не будет продолжен и таким образом рассматривается как дополнительные затраты в

варианте без Рогуна. Это добавляет примерно 40 долл. США к текущей стоимости экономии ОСЗ от Рогуна.

- 5. Точка безубыточности для роста спроса:** Мы рассмотрели уровень годового роста, при котором строительство Рогуна будет менее выгодным, чем строительство Даштиджума к 2033 году в варианте без Рогуна.

По мере того, как снижается рост спроса, преимущество Рогуна по сравнению с Даштиджумом, построенным позднее, постепенно снижается. Тем не менее, ввиду преимуществ защиты Вахша от паводков, предоставляемых Рогунской ГЭС, которую в ином случае придется достигать при помощи дополнительных мер ниже течению, и предстоящие затраты по демобилизации стройплощадки, текущая стоимость (ТС) экономии ОСЗ включая эти внешние факторы не падает до нуля, даже без роста спроса. Поэтому мы изучили экономию затрат отдельно для энергетической системы для определения точки безубыточности этого спроса.

Основываясь на этом, паритет достигается, когда годовой рост спроса примерно на 55% ниже, чем в базовом варианте (средний для нашего прогноза спроса). Вниз примерно до уровня на 90% ниже среднего роста, выбор между двумя вариантами крайне ограничен, но если бы там совсем не было роста, более высокая стоимость Даштиджума перевесит выгоды текущей стоимости ожидания строительства – по существу, ни одна крупная плотина (ГЭС) не нужна для удовлетворения таких низких уровней роста спроса.

После того, как затраты на разработку альтернативных мер по защите от паводков для Вахша и демобилизация Рогунской стройплощадки включены в расчет, строительство Рогуна остается предпочитаемой альтернативой, независимо от уровня роста спроса.

- 6. Среднегодовая выработка в зависимости от многоводья:** Экономический анализ до сих пор основывался на средней ожидаемой выработке электроэнергии из проекта, рассчитанной из исторических среднегодовых уровней дождя/снегопада. Однако это включает в себя ряд уровней годовой выработки, которые будут варьироваться от засушливого до многоводного годов. (Более того из-за ограничения поддержания потоков реки вниз по течению, предполагается, что между годами нет запаса воды что характерно для больших

плотинных гидропроектов). Тем не менее, экспорт дополнительной летней выработки в многоводный год может быть ограничен пропускной способностью межсистемных ЛЭП. Что допустить продажу всего потенциала, возможно, потребуется разработать дополнительные межсистемные ЛЭП.

Как видно, пропускная способность межсистемной ЛЭП между Таджикистаном и Пакистаном является недостаточной для обеспечения экспорта всей дополнительной летней выработки в многоводный год. Для того чтобы в полной мере реализовать экспортный потенциал и достичь прогнозируемую экономическую ценность Проекта, межсистемная ЛЭП должна быть на 810 МВт больше, чем расширение, рассчитанное моделированием с наименьшей стоимостью. Основываясь на предполагаемые ОИЗ новых межсистемных ЛЭП в 600 долл. США/кВт это привело бы к дополнительным затратам Таджикистана в 486 млн. долл. США, с увеличением текущей стоимости ОСЗ около 100 млн. долларов США. Это очень небольшой дополнительный процент на ОСЗ, и намного меньше, чем экономия ОСЗ, предоставленная в рамках проекта. (Следует также отметить, что тот же самый принцип применим и к Даштиджуму и другим русловым ГЭС в сценарии Без Рогуна, так что ОСЗ будут аналогично выше в этом случае, чем рассчитанное для средней ожидаемой выработки).

7. **Увеличение графика строительства Рогунской ГЭС:** Мы исследовали влияние непредвиденной задержки в строительстве Рогуна, предполагая, что установка полной мощности откладывается на два года, со снижением капиталовложений с 2023 по 2027 годы. Хотя там присутствует экономия затрат текущей стоимости, потерянные выгоды от полной выработки гораздо более ценны, таким образом наблюдается снижение чистой текущей стоимости (ЧТС) проекта примерно на четверть.
8. **ОИЗ Рогуна ЧТС:** Рогуна будет непосредственно зависеть от текущей стоимости строительства. Если затраты будут на 31.2% выше, чем предполагалось, ЧТС будет нулевой (при базовых предположениях для развития рынка). Следует отметить, что основная причина перерасхода средств заключается в неожиданных геологических проблемах, и в случае Рогуна, основная часть подземных работ была уже проведена.
9. **Достигнутые цены продаж для Рогуна:** В то время как основной экономический анализ основывается на предельной себестоимости выработки для стоимости

выработки Рогуна, на практике, доход проекта, скорее всего будет определяться текущими тарифами на электроэнергию и договорными контрактными ценами. Поэтому мы оценили экономическую ЧТС, предполагая что:

- Внутренняя цена установлена на уровне 75 долл США/МВт-ч (цена 2012 года), начиная с 2023 года, отражая увеличенный уровень тарифа 9 центов долл. США/кВт-ч, с меньшими прогнозами затратами на передачу и распределение в 1.5 цента долл. США/кВт-ч (с линейным ростом до этого уровня начиная с 2014 года).
- Экспортные продажи оцениваются как потенциальные договорные компромиссы в размере 50% от экономических предельных затрат этого экспорта.

Этот определенный внутренний тариф на 5-15 долл. США/МВт-ч больше, чем прогнозные предельные затраты, с 2023 по 2042 гг., затем меньше на 7-8 долл. США. Это частично компенсирует потерю половины экспортных доходов, таким образом, общее снижение в ЧТС равно 52.5% от базового варианта.

Как показано ниже, внутренние цены должны быть почти на 40% ниже прогнозных предельных затрат в течение эксплуатационного срока проекта, для снижения ЧТС до нуля (с экспортными ценами на уровне базовых предельных затрат), в среднем примерно 43 долл. США/МВт-ч по сравнению с 70 долл. США/МВт-ч; и экспортные цены должны быть на 60% ниже, чем соответствующая цена реализации на каждом рынке (в среднем чуть ниже 30 долл. США/МВт-ч по сравнению с почти 80 долл. США/МВт-ч.)

- 10. Выгода от снижения CO₂ по сравнению с вариантом без Рогуна:** Применяя прогноз министерства энергетики США по социальной стоимости углеродов к изменениям в выбросах CO₂ в смоделированном Центрально-Азиатском регионе как результат строительства Рогуна, имеется отрицательная чистая выгода от Рогуна, по сравнению с вариантом без Рогуна, так как вариант без Рогуна имеет больше гидро мощностей, ввиду необходимости полагаться на русловые проекты ГЭС. Это отражается в большем летнем излишке и длинная пост-прогнозная стоимость после 2050 года до конца срока эксплуатации, перевешивает более низкую экономию в ранних годах.

11. Задержка в экспортных доходах: Если экспортные доходы от Пакистана и Афганистана не смогут быть реализованы из-за внешних факторов, например из-за продолжительного отключения ЛЭП или спорах по контракту, - необходимо, чтобы такая ситуация оставалась до лета 2032 года, перед тем как ЧТС проекта упадет до нуля.

Выводы

Экономический анализ IPA демонстрирует экономическую жизнеспособность всех вариантов проекта Рогун при различных предположениях. Проект, по прогнозам, обеспечит вероятную взвешенность экономии системных затрат для Таджикистана между 1,0 и 1,5 млрд. ДСША и генерирует ЧТС 575-835млн. ДСША в зависимости от комбинации высоты плотины и установленной мощности. Эта прибыль в значительной степени происходит от контролируемого свойства выработки данного Проекта, что означает, что выработка может лучше соответствовать спросу, а также обеспечить значительные объемы экспорта, чем альтернативные Русловые ГЭС в Таджикистане.

Более высокие варианты плотины, как правило, обеспечивают больше совокупных выгод, чем более низкие, из-за больших объемов выработки. В пределах высоты плотины, тем не менее, установка самого высокого уровня мощности не всегда оптимальна, поскольку большинство значений гидроэлектростанции состоит в объеме аккумулированной воды (энергии), а не в обеспечении дополнительной пиковой выработки.

Проектный вариант 1290 м.н.у.м. 3200 МВт показывает и самую высокую общую экономию ОСЗ и экономическую ЧТС, и ее экономика устойчива к широкому спектру различных результатов. Рекомендуется, чтобы этот вариант высоты плотины был использован для детального рассмотрения и, что должен быть проведен дополнительный анализ для оптимизации установленной мощности выработки.

РАЗДЕЛ 5.2 ФИНАНСОВЫЙ АНАЛИЗ

Введение

Финансовый анализ проекта ("Финансовый анализ"), представленный в этом разделе, осуществляется только по проектному варианту Рогуна 1290 м.н.у.м., 3200 МВт и все ссылки на проект в этом отчете относятся к этому варианту.

В отчете обобщаются предположения, подход и результаты нашего финансового анализа при основном сценарии («базовый сценарий») с 2013 по 2050 («Горизонт прогнозирования»). Этот базовый вариант принимает многие из предположений, используемых для экономического анализа («Базовый вариант»). Мы также рассматриваем, чувствительность, в которой превышение затрат на строительство увеличивает требование капитальных затрат («капзатраты») проекта на 20% («Сценарий с более высокими капзатратами»). На данном этапе этот анализ направлен на выявление предела высокого уровня возможностей финансирования проекта, с учетом принятых затрат для различных потенциальных источников.

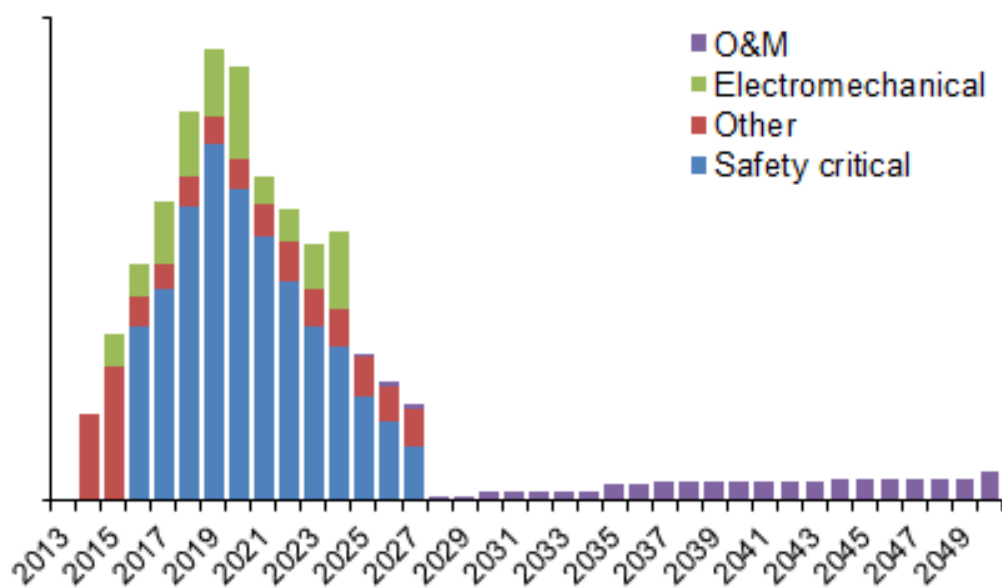
В отличие от экономического анализа, все стоимостные показатели, представленные в отчете, отражаются в номинальном выражении цен и Долларах Соединенных Штатов Америки («ДСША»), если не указано иное. Вводные данные по затратам и доходам из экономического анализа были проиндексированы по ценам 2013г., по ежегодному уровню инфляции в долл. США по прогнозам Перспектив Мировой Экономики («ПМЭ») Международного валютного фонда ("МВФ") до 2018 и долгосрочного предположения 2% в год в дальнейшем.

Проектные предположения

Разбивку капитальных затрат предоставили Coyne et Bellier и ELC. Обратите внимание, что затраты на усиление внутренней передачи и строительство межсистемных ЛЭП не учитываются в показателе капзатрат. Таким образом, дополнительное капитальное финансирование помимо того, что оценивается в нашем финансовом анализе, будет необходимо для того, чтобы осознать стоимость Проекта.

Существуют определенные аспекты проекта, которые должны быть полностью завершены в целях безопасности, как только начнется строительство и, следовательно, для которых крайне важно удостовериться, что финансирование в полном объеме доступно в начале. Для этого мы разбили капвложения на «критичные по безопасности», «электромеханические», и «другие» категории, как показано на рисунке 67 ниже.

Рисунок 67: Разбивка затрат проекта по периоду прогнозирования



Источник: Предположения Коин эт Баллиер, ELC и IPA.

Доходы проекта основаны на ценах на электроэнергию и выработке электроэнергии в Таджикистане и на экспортных рынках. Предположения по выработке электроэнергии взяты из результатов для базового сценария в нашем экономическом анализе. Цены на электроэнергию в Таджикистане основаны на ожидаемом тарифе на электроэнергию в стране, тогда как цены на электроэнергию в экспортных рынках, предположительно, составляют половину цен на электроэнергию, полученных при Базовом сценарии нашего экономического анализа.

Предположения финансирования

Были рассмотрены следующие четыре схемы финансирования, во всех случаях дополненные чистыми эксплуатационными доходами от ранней выработки в период строительства:

- 1 Полное самофинансирование (“ФС1”):** требования по капиталу будут полностью финансироваться за счет собственных средств Правительства Республики Таджикистан («ПРТ»).
- 2 Льготный долг (“ФС2”):** данная схема предусматривает дружественное иностранное правительство со стратегическим интересом в проекте, которое будет готово предоставить преференциальные условия для займа. Данная схема финансирования отражает максимальное количество преференциального долга, при условии ограничения, что, по крайней мере, 10% от общего внешнего финансирования является собственным капиталом ПРТ, которые могут поддерживаться Проектом при сохранении положительного денежного потока и Коэффициента обслуживания долга («КОД») выше 1,25 по всему горизонту прогнозирования.
- 3 Многосторонний и коммерческий долг (“ФС3”):** третий вариант рассматривает долг из многосторонних агентств (международные финансовые институты) и коммерческих кредиторов. Структура финансирования отражает максимальное количество многосторонних и коммерческих кредитов, при условии ограничения, что уровень долга будет не более 90% от общего объема внешнего финансирования, который может поддерживаться в рамках проекта при сохранении положительного денежного потока и КОД выше 1.25 на протяжении всего горизонта прогнозирования. Мы предположили, что коммерческий кредит может быть использован только для удовлетворения стоимости электромеханического оборудования для проекта и не может быть использован для иных элементов капзатрат.
- 4 Облигации (“ФС4”):** Данная схема исследует потенциал для выпуска заложенных облигаций. Чтобы обеспечить безопасность в отношении финансирования выплат, сохраняется выделенный денежный фонд (или отложенные средства облигации). Данная схема финансирования отражает минимальный объем финансирования в форме выпуска акций, необходимых в сочетании с облигациями для поддержания положительного денежного потока на протяжении всего горизонта прогнозирования.

В дополнение к доходам, полученным Проектом напрямую от ранней выработки, другие чистые доходы от экспорта электроэнергии сохраняют иностранную валюту для Правительства, которая может быть использована для финансирования.

Предположения, относительно источников финансирования суммируются в Таблице 82 ниже.

Таблица 82: Источники предположения по финансированию

Пункт	Ед. изм.	Источник финансирования			
		Облигации	Льготный кредит	Многосторонний кредит	Коммерческий кредит
Затраты финансирования					
ЛИБОР ¹	%/год	-	3.30%	3.30%	3.30%
Доплата	%/год	-	1.70%	1.30%	9.00%
Купон / процентная ставка	%/год	10%	5.00%	4.60%	12.30%
Разовый комиссионный сбор	%	-	0.50%	0.25%	1.50%
Комиссионные за обязательство	%/год	-	0.50%	0.25%	1.50%
График использования и погашения кредита					
Первый год доступный	-	2020	2015	2015	2020
Продолжительность облигации / срок кредитования	лет	25	25	20	15
Первый год выплат по купонам и процентов	-	2020	2025	2025	2025
Срок погашения	-	2044	2039	2034	2034

¹: Ставка предложения на Лондонском межбанковском рынке депозитов ("LIBOR").

Источник: Предположения Заказчика и IPA.

Результаты

Четыре схемы финансирования и связанные с ними финансовые внутренние ставки доходов, выражаемые в доходе после уплаты налогов, суммированы в таблице 83 ниже. Примите во внимание, что эти схемы финансирования были рассмотрены, чтобы помочь определить потребности в финансировании с учетом ограничений, которые необходимо было бы рассмотреть в последующих фазах какого-либо финансового анализа.

Таблица 83: Общая окупаемость по финансовым структурам

Пункт	Ед. изм.	ФС1	ФС2	ФС3	ФС4
Проект					
Финансовая внутренняя норма доходности (ФВНД) (FIRR)	%	11.88%	12.07%	12.05%	12.17%
Возврат					
Номинальный	лет	18	18	18	18
С учетом скидок	лет	30	29	29	28
Капитал					
Финансовая внутренняя норма доходности (ФВНД) (FIRR)	%	10.97%	22.25%	22.52%	11.18%
Возврат					
Номинальный	лет	19	16	16	19
С учетом скидок	лет	36	17	18	36

Источник: анализ IPA.

Наши результаты по ФС2 и ФС3 предлагают, что проект может поддерживать отношение долга к общему внешнему финансированию близко к 90%.

По базовому сценарию, проект достигает финансовой внутренней нормы доходности (ФВНД) около 12%, выше индикативных 10% средневзвешенной стоимости капитала («СВСК»), для всех схем финансирования. ФВНД капитала выше при ФС-2 и ФС3, так как уровни капитала, необходимого для финансирования проекта значительно ниже, чем при ФС1 и ФС4. С увеличением капзатрат, необходимы более высокие уровни капитала по всем четырем схемам финансирования, сокращая ФВНД и увеличивая период окупаемости. ФВНД капитала падает незначительно ниже 10% индикативной СВСК при ФС1 и ФС-4 в этом случае.

В следующей стадии оценки Проекта, когда проводится более детальный анализ по проектированию, конкретные обсуждения должны быть проведены с потенциальными инвесторами, для того, чтобы определить точный уровень внешнего финансирования, который может быть доступен для его строительства, и из этого затраты.

ТОМ 6: АНАЛИЗ РИСКА

1 ВВЕДЕНИЕ

Анализ риска представляет важный элемент 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. Это является значительно важным для технически сложного проекта, такого как Рогун. Конечно следует отметить, как описано в предыдущих главах, что три предложенных варианта имеют специфические технические трудности, которые должны быть внимательно оценены. В частности, следует напомнить, что вариант самой высокой плотины будет мировым рекордом, делая этот анализ риска еще более важным.

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 с приемлемыми или допустимыми значениями, которые человек, община или население готовы принять, в виду пользы, которую он или они ожидают от рассматриваемых материалов или 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 осуществляются эти меры и обеспечивается их успешное завершение.

Поэтому следует напомнить, что основной целью этого анализа является определение мер по смягчению, которые следует внедрить, чтобы снизить серьезность риска. Оценка остаточного риска, прикрепленная в этом анализе, по определению, является результатом успешного внедрения этих мер по снижению.

Ожидается, что этот документ будет изменяться во время реализации проекта и обновляться, чтобы отражать фактическую реализацию этих мер во время следующих фаз исследований и осуществления проекта.

2 ТЕРМИНОЛОГИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ

Риск рассматривается здесь как ситуация, связанная с подверганием опасности. Уровень воздействия определяется как вероятность возникновения (безразмерного) нежелательного события (причина) и уровень или степень опасности определяется как сумма ущерба, если это нежелательное событие произойдет (эффект или воздействие, оцениваемое в денежном выражении). Тогда риск измеряется как произведение уровня риска (вероятность возникновения), умноженное на уровень опасности (сумма ущерба). Таким образом, его единица является такой же, как и уровень опасности и должен быть обозначен как незначительный, второстепенный, умеренный, значительный и чрезвычайный.

3 ВЫЯВЛЕНИЕ РИСКА

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

Причины делятся на четыре различные «семьи» источников потенциальных нежелательных событий: естественные причины, технические причины, финансово-экономические и социально-политические причины. Таким же способом, компоненты проекта, которые возможно попадут под воздействие, разделены на шесть различных систем: система плотины, система водохранилища, системы строительства и доступа, система управления паводком и энергосистема.

4 ОЦЕНКА РИСКА

Оценка риска проведена путем подсчета как вероятности возникновения нежелательного события, так и суммы ущерба, если происходит нежелательное событие.

Градация, 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 м. ДСША)				
		Незначительное	Небольшое	Умеренное	Большое	Экстремальное
ВЕРОЯТНОСТЬ		1	10	100	1 000	
Почти точная	1 : 1					
Вероятная	9 : 10					
Умеренная	1 : 10					
Маловероятная	1 : 100					
Редкая	1 : 1 000					
Очень редкая	1 : 10 000					

Таблица 84: Таблица оценки риска (млн. долл. США)

Чтобы организовать и представить данные и информацию касательно оценки риска, «таблицы риска» были выполнены (можно найти в приложении Тома 6).

Таблицы ниже показывают ряд случаев, оцененных на каждом уровне риска и как их тяжесть была снижена соответствующими смягчающими мерами.

	ДО СМЯГЧЕНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ	ПОСЛЕ СМЯГЧЕНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ
	6	0
	6	0
	11	5
	2	17
	1	4
Всего	26	26

Таблица 85: Распределение риска по уровню опасности. До и после мер по смягчению последствий

	Экстремальный Крупный Умеренный Незначительный	Причина		Влияние	
А	4A	●	Наносы	Управление паводка	
	7	●	Соляной пласт	Безопасность плотины	
	17	●	Качество пород	Безопасность выработки	
	20	●	Расчетный напор	Управление паводка	
	11	●	Ползучесть разломов	Управление паводка	
	15B	●	Сейсм. Смещение	Управление паводка	
Б	18	●	Строительства СТ	Управление паводка	
	2	●	Паводки	Безопасность плотины	
	4B	●	Наносы	Мощность и Электроэнергия	
	12	●	Селевые потоки	Управление паводка	
	16	●	Материалы плотины	Безопасность плотины	
	8A	●	Край водохранилище	Безопасность плотины	
В	6	●	Землетрясения	Безопасность плотины	
	14	●	Оползни	Безопасность строительство	
	10A	●	Оползни	Безопасность плотины	
	13	●	Утечка с водохранилище	Мощность и электроэнергия	
	21	●	График строительства	Перерасходы	
	15C	●	Сейсм. Смещения	Мощность и электроэнергия	
	19	●	Проектирование, данные	Перерасходы, дополнительные задержки	
	1	●	Паводки	Безопасность плотины	
	3	●	GLOF	Безопасность плотины	
	8B	●	Соль-Гипс	Обвал во время строительство	
10B	●	Оползни	Управление паводка		
До: 6 6 11 =23					
сле: 5 18 =23					

Рисунок 68: Уровень рисков до и после мер по смягчению последствий

Следующая таблица представляет резюме таблиц риска, подробно описывая причину, воздействованные системы и оценку риска до и после мер по смягчению последствий.

ПРИЧИНА				Система (ы)	Оценка риска	
Лист n°	Уровень 1	Уровень 2	Уровень 3		До смягчения	После смягчения
1	Природный	Гидрология	Редкий паводок	Система плотины		
2	Природный	Гидрология	Строительный паводок	Система плотины		
3	Природный	Гидрология	НПЛО	Система плотины		
4А	Природный	Гидрология	Наносы	Система управления паводком		
4Б	Природный	Гидрология	Наносы	Система выдачи мощности и электроэнергии		
5	Природный	Гидрология	Доступность воды	Система выдачи мощности и электроэнергии		
6	Природный	Сейсмика	Землетрясения	Система плотины / Система управления паводком		
7	Природный	Геологический / Геотехнический / Геомеханический	Растворение соли в основание плотины	Система плотины / Система управления паводком		
8А	Природный	Геология / Геотехника / Геомеханика	Неустойчивость откосов краев водохранилища	Система плотины /подъездные пути		
8Б	Природный	Геологический / Геотехнический / Геомеханический	Карст в водохранилище (вблизи г. Рогун)	Система водохранилища		
9	Природный	Геология / Геотехника / Геомеханика	Интрузия соли на ПБ	Система плотины		

ПРИЧИНА				Система (ы)	Оценка риска	
Лист n°	Уровень 1	Уровень 2	Уровень 3		До смягчения	После смягчения
10А	Природный	Геология / Геотехника / Геомеханика	Правый берег - вниз по течению, важная не стабильность	Система плотины / Система управления паводком		
10Б	Природный	Геология / Геотехника / Геомеханика	Правый берег - вниз по течению, важная не стабильность	Система плотины		
11	Природный	Геология / Геотехника / Геомеханика	Долгосрочное ползучесть разломов	Система плотины / Система управления паводком / Система выдачи мощности и электроэнергии		
12	Природный	Геология / Геотехника / Геомеханика	Селевые потоки с саяя Обишур и других саев	Подъездные пути / Система плотины / Система управления паводком / Система выдачи мощности и электроэнергии		
13	Природный	Геология / Геотехника / Геомеханика	Утечка с водохранилище	Система водохранилища / Система выдачи мощности и электроэнергии		
14	Природный	Геология / Геотехника / Геомеханика	Неустойчивость склонов при выработке плотины	Система плотины		
15А	Природный	Геология / Геотехника / Геомеханика	Ко-сейсмические смещения	Система плотины		
15Б	Природный	Геология / Геотехника / Геомеханика	Ко-сейсмические смещения	Система управления паводком		
15В	Природный	Геология / Геотехника / Геомеханика	Ко-сейсмические смещения	Система выдачи мощности и электроэнергии		
16	Природный	Геология / Геотехника / Геомеханика	Материалы плотины: не соответствующее исследование, не соответствующая порода	Система плотины		
17	Природный	Геология /	Сооружения -	Система выдачи		

ПРИЧИНА				Система (ы)	Оценка риска	
Лист n°	Уровень 1	Уровень 2	Уровень 3		До смягчения	После смягчения
		Геотехника / Геомеханика	каверны: выемка пород	мощности и электроэнергетики		
18	Технический	Эксплуатация и ремонт	Строительные/отводящие тоннели: Качество строительства	Система управления паводком / Система выдачи мощности и электроэнергетики		
19	Технический	Проектирование	Исследования по проектированию	Система плотины/Система управления паводком		
20	Технический	Проектирование	Максимальный напор в тоннелях	Система плотины		
21	Технический	Строительство	График строительства	Система плотины/Система управления паводком		

Таблица 86: Резюме таблицы риска

5 ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ

В настоящей главе описываются процедуры выявления рисков, 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 один не остается на более высоких уровнях. Предложение оставшихся шести случаев все еще можно сократить на один уровень, но было стратегически решено оставить их на уровне «умеренного» чтобы выступать в качестве напоминания о требуемых действиях на следующей фазе исследований. Они должны напоминать, что на следующих этапах проекта (как только будет выбран наиболее приемлемый вариант проекта) должны быть разработаны дальнейшие исследования и усовершенствования проектирования.

Источниками этих шести оставшихся рисков являются пять естественных причин (наосы, сейсмичность, активный разлом с соляным заполнением, локально

низкое качество породы, сдвиги разломов) и одна причина проектирования (слишком высокий гидравлический напор на затворах в гидро-тоннелях), которая тесно связана с высотой предлагаемой плотины. Эти шесть случаев риска затем следует рассматривать как характерные признаки сложности и трудности проекта.

На основе этих выводов текущего технического анализа рисков, исполнитель проекта Рогунской ГЭС может теперь продолжить свою разработку для следующего этапа исследований, то есть дальнейшие отдельные анализы, рекомендованные в данном отчете и подробный проект выбранного варианта.


Дальнейшие исследования и усовершенствования проектирования должны быть выполнены на следующих этапах проекта, как только будет выбран вариант высоты плотины, чтобы подробно описать дальнейшие меры по смягчению, которые следует реализовать. Должен отдаваться приоритет 6 остаточным рискам, определенных как умеренные, обеспечивая соответствующий подробный проект мер по смягчению, коррелированный мониторинг их эффективности и план действий в случае пониженной эффективности выполненных мер по смягчению.

Далее представлена оценка риска в соответствии с шестью рисками умеренного уровня после выполнения соответствующих мер по их смягчению.

Рогунская ГЭС		Консорциум ИТЭО - Фаза II - Оценка риска		14.03.2014																								
ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ				Лист №	4А																							
				Идент. Риска	Наносы																							
					Система управления паводка																							
				Оценка риска		До смягчения	После смягчения																					
ОПРЕДЕЛЕНИЕ		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">ПРИЧИНА (ы)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Уровень 1</td> <td>Природный</td> </tr> <tr> <td>Уровень 2</td> <td>Гидрология</td> </tr> <tr> <td>Уровень 3</td> <td>Наносы</td> </tr> </tbody> </table>	ПРИЧИНА (ы)		Уровень 1	Природный	Уровень 2	Гидрология	Уровень 3	Наносы	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">ВОЗДЕЙСТВИЕ (Я)</th> </tr> <tr> <th>СИСТЕМА (ы)</th> <th>КОМПОНЕНТ (ы)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Система управления паводка</td> <td>Временные низкие тоннели</td> </tr> <tr> <td>2. Система управления паводка</td> <td>Временные высокие тоннели</td> </tr> <tr> <td>3. Система управления паводка</td> <td>Постоянные тоннели</td> </tr> <tr> <td>4. Система управления паводка</td> <td>Поверхностные водосбросы</td> </tr> </tbody> </table>	ВОЗДЕЙСТВИЕ (Я)		СИСТЕМА (ы)	КОМПОНЕНТ (ы)	1. Система управления паводка	Временные низкие тоннели	2. Система управления паводка	Временные высокие тоннели	3. Система управления паводка	Постоянные тоннели	4. Система управления паводка	Поверхностные водосбросы					
ПРИЧИНА (ы)																												
Уровень 1	Природный																											
Уровень 2	Гидрология																											
Уровень 3	Наносы																											
ВОЗДЕЙСТВИЕ (Я)																												
СИСТЕМА (ы)	КОМПОНЕНТ (ы)																											
1. Система управления паводка	Временные низкие тоннели																											
2. Система управления паводка	Временные высокие тоннели																											
3. Система управления паводка	Постоянные тоннели																											
4. Система управления паводка	Поверхностные водосбросы																											
ОПИСАНИЕ (период смягчения)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ПРИЧИНА (ы)</th> <th>Вероятность</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Прохождение наносов через временных тоннелей низкого уровня.</td> <td>Почти достоверный</td> </tr> <tr> <td>2. Прохождение наносов через временных тоннелей высокого уровня.</td> <td>Редко</td> </tr> <tr> <td>3. Прохождение наносов через постоянных тоннелей.</td> <td>Почти достоверный</td> </tr> <tr> <td>4. Прохождение наносов через постоянных поверхностных водосбросов.</td> <td>Почти достоверный</td> </tr> </tbody> </table>	ПРИЧИНА (ы)	Вероятность	1. Прохождение наносов через временных тоннелей низкого уровня.	Почти достоверный	2. Прохождение наносов через временных тоннелей высокого уровня.	Редко	3. Прохождение наносов через постоянных тоннелей.	Почти достоверный	4. Прохождение наносов через постоянных поверхностных водосбросов.	Почти достоверный	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ВОЗДЕЙСТВИЕ (Я)</th> <th>Оценка</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Абразивные материалы повреждают временных тоннелей низкого уровня.</td> <td>Экстремальный</td> </tr> <tr> <td>2. Абразивные материалы повреждают временных тоннелей высокого уровня.</td> <td>Крупный</td> </tr> <tr> <td>3. Абразивные материалы повреждают постоянных тоннелей.</td> <td>Экстремальный</td> </tr> <tr> <td>4. Абразивные материалы повреждают поверхностных водосбросов.</td> <td>Экстремальный</td> </tr> </tbody> </table>	ВОЗДЕЙСТВИЕ (Я)	Оценка	1. Абразивные материалы повреждают временных тоннелей низкого уровня.	Экстремальный	2. Абразивные материалы повреждают временных тоннелей высокого уровня.	Крупный	3. Абразивные материалы повреждают постоянных тоннелей.	Экстремальный	4. Абразивные материалы повреждают поверхностных водосбросов.	Экстремальный	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Риск</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Экстремальный</td> </tr> <tr> <td>Крупный</td> </tr> <tr> <td>Экстремальный</td> </tr> <tr> <td>Экстремальный</td> </tr> </tbody> </table>	Риск	Экстремальный	Крупный	Экстремальный	Экстремальный
	ПРИЧИНА (ы)	Вероятность																										
1. Прохождение наносов через временных тоннелей низкого уровня.	Почти достоверный																											
2. Прохождение наносов через временных тоннелей высокого уровня.	Редко																											
3. Прохождение наносов через постоянных тоннелей.	Почти достоверный																											
4. Прохождение наносов через постоянных поверхностных водосбросов.	Почти достоверный																											
ВОЗДЕЙСТВИЕ (Я)	Оценка																											
1. Абразивные материалы повреждают временных тоннелей низкого уровня.	Экстремальный																											
2. Абразивные материалы повреждают временных тоннелей высокого уровня.	Крупный																											
3. Абразивные материалы повреждают постоянных тоннелей.	Экстремальный																											
4. Абразивные материалы повреждают поверхностных водосбросов.	Экстремальный																											
Риск																												
Экстремальный																												
Крупный																												
Экстремальный																												
Экстремальный																												
Комментария		Комментария		Адаптирован																								
МЕРЫ ПО СМЯГЧЕНИЮ	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Рекомендованные меры по смягчению</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Надлежащее проектирование. Низкие скорости. Предоставление возможности проверки и ремонтных работ.</td> </tr> <tr> <td>3. Не полагаться на напорных туннелей для долгосрочного управления паводка.</td> </tr> <tr> <td>4. Резервирование водосбросных сооружений.</td> </tr> <tr> <td>1 - 2 - 3 - 4. Проведение мониторинга мутности потока и закрытия тоннелей, когда абразивные материалы достигают водоприемников.</td> </tr> <tr> <td>/ Периодическая профилактика.</td> </tr> </tbody> </table>	Рекомендованные меры по смягчению	1. Надлежащее проектирование. Низкие скорости. Предоставление возможности проверки и ремонтных работ.	3. Не полагаться на напорных туннелей для долгосрочного управления паводка.	4. Резервирование водосбросных сооружений.	1 - 2 - 3 - 4. Проведение мониторинга мутности потока и закрытия тоннелей, когда абразивные материалы достигают водоприемников.	/ Периодическая профилактика.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Рекомендованные меры по смягчению</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 - 2. Рассмотрение срока службы при проектирование.</td> </tr> <tr> <td>1 - 2 - 3. Закрытия тоннелей, когда абразивные материалы достигают водоприемников.</td> </tr> <tr> <td>1 - 2 - 3 - 4. Ремонтные работы после каждого сезона паводка.</td> </tr> </tbody> </table>	Рекомендованные меры по смягчению	1 - 2. Рассмотрение срока службы при проектирование.	1 - 2 - 3. Закрытия тоннелей, когда абразивные материалы достигают водоприемников.	1 - 2 - 3 - 4. Ремонтные работы после каждого сезона паводка.																
	Рекомендованные меры по смягчению																											
1. Надлежащее проектирование. Низкие скорости. Предоставление возможности проверки и ремонтных работ.																												
3. Не полагаться на напорных туннелей для долгосрочного управления паводка.																												
4. Резервирование водосбросных сооружений.																												
1 - 2 - 3 - 4. Проведение мониторинга мутности потока и закрытия тоннелей, когда абразивные материалы достигают водоприемников.																												
/ Периодическая профилактика.																												
Рекомендованные меры по смягчению																												
1 - 2. Рассмотрение срока службы при проектирование.																												
1 - 2 - 3. Закрытия тоннелей, когда абразивные материалы достигают водоприемников.																												
1 - 2 - 3 - 4. Ремонтные работы после каждого сезона паводка.																												
Комментария		Комментария																										
ОСТАТОЧНЫЙ РИСК (после смягчения)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ПРИЧИНА (ы)</th> <th>Вероятность</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Прохождение наносов через временных тоннелей низкого уровня.</td> <td>Вероятный</td> </tr> <tr> <td>2. Прохождение наносов через временных тоннелей высокого уровня.</td> <td>Редко</td> </tr> <tr> <td>3. Прохождение наносов через постоянных тоннелей.</td> <td>Крайне редко</td> </tr> <tr> <td>4. Прохождение наносов через постоянных поверхностных водосбросов.</td> <td>Почти достоверный</td> </tr> </tbody> </table>	ПРИЧИНА (ы)	Вероятность	1. Прохождение наносов через временных тоннелей низкого уровня.	Вероятный	2. Прохождение наносов через временных тоннелей высокого уровня.	Редко	3. Прохождение наносов через постоянных тоннелей.	Крайне редко	4. Прохождение наносов через постоянных поверхностных водосбросов.	Почти достоверный	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ВОЗДЕЙСТВИЕ (Я)</th> <th>Оценка</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Абразивные материалы повреждают временных тоннелей низкого уровня.</td> <td>Умеренный</td> </tr> <tr> <td>2. Абразивные материалы повреждают временных тоннелей высокого уровня.</td> <td>Умеренный</td> </tr> <tr> <td>3. Абразивные материалы повреждают постоянных тоннелей.</td> <td>Незначительно</td> </tr> <tr> <td>4. Абразивные материалы повреждают поверхностных водосбросов.</td> <td>Умеренный</td> </tr> </tbody> </table>	ВОЗДЕЙСТВИЕ (Я)	Оценка	1. Абразивные материалы повреждают временных тоннелей низкого уровня.	Умеренный	2. Абразивные материалы повреждают временных тоннелей высокого уровня.	Умеренный	3. Абразивные материалы повреждают постоянных тоннелей.	Незначительно	4. Абразивные материалы повреждают поверхностных водосбросов.	Умеренный	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Риск</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Умеренный</td> </tr> <tr> <td>Умеренный</td> </tr> <tr> <td>Незначительно</td> </tr> <tr> <td>Умеренный</td> </tr> </tbody> </table>	Риск	Умеренный	Умеренный	Незначительно	Умеренный
	ПРИЧИНА (ы)	Вероятность																										
1. Прохождение наносов через временных тоннелей низкого уровня.	Вероятный																											
2. Прохождение наносов через временных тоннелей высокого уровня.	Редко																											
3. Прохождение наносов через постоянных тоннелей.	Крайне редко																											
4. Прохождение наносов через постоянных поверхностных водосбросов.	Почти достоверный																											
ВОЗДЕЙСТВИЕ (Я)	Оценка																											
1. Абразивные материалы повреждают временных тоннелей низкого уровня.	Умеренный																											
2. Абразивные материалы повреждают временных тоннелей высокого уровня.	Умеренный																											
3. Абразивные материалы повреждают постоянных тоннелей.	Незначительно																											
4. Абразивные материалы повреждают поверхностных водосбросов.	Умеренный																											
Риск																												
Умеренный																												
Умеренный																												
Незначительно																												
Умеренный																												
Комментария		Комментария		Адаптирован																								

Рогунская ГЭС		Консорциум ИТЭО - Фаза II - Оценка риска		14.03.2014																				
ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ				Лист №	7																			
				Идент. Риска	Растворение соли в основании плотины Система плотин / система управления паводком																			
				Оценка риска																				
			До смягчения	После смягчения																				
ОПРЕДЕЛЕНИЕ	ПРИЧИНА <table border="1"> <tr> <td>Уровень 1</td> <td>Природный</td> </tr> <tr> <td>Уровень 2</td> <td>Геология / Геотехника / Геомеханика</td> </tr> <tr> <td>Уровень 3</td> <td>Растворение соли в основании плотины</td> </tr> </table>		Уровень 1	Природный	Уровень 2	Геология / Геотехника / Геомеханика	Уровень 3	Растворение соли в основании плотины	ВОЗДЕЙСТВИЕ (я) <table border="1"> <thead> <tr> <th>Система (ы)</th> <th>Компонент (ы)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Система плотины</td> <td>Основная плотина</td> </tr> <tr> <td>2. Энергетическая система/система мощности</td> <td>Водоприемник</td> </tr> <tr> <td>3. Система управления паводка</td> <td>Строительные тоннели 1,2,3</td> </tr> <tr> <td>4. Система управления паводка</td> <td>Тоннели среднего уровня 1,(2)</td> </tr> <tr> <td>Система управления паводка</td> <td>Тоннели высокого уровня 1, (2), (3)</td> </tr> </tbody> </table>		Система (ы)	Компонент (ы)	1. Система плотины	Основная плотина	2. Энергетическая система/система мощности	Водоприемник	3. Система управления паводка	Строительные тоннели 1,2,3	4. Система управления паводка	Тоннели среднего уровня 1,(2)	Система управления паводка	Тоннели высокого уровня 1, (2), (3)		
	Уровень 1	Природный																						
Уровень 2	Геология / Геотехника / Геомеханика																							
Уровень 3	Растворение соли в основании плотины																							
Система (ы)	Компонент (ы)																							
1. Система плотины	Основная плотина																							
2. Энергетическая система/система мощности	Водоприемник																							
3. Система управления паводка	Строительные тоннели 1,2,3																							
4. Система управления паводка	Тоннели среднего уровня 1,(2)																							
Система управления паводка	Тоннели высокого уровня 1, (2), (3)																							
ОПИСАНИЕ (перед смягчением)	ПРИЧИНА (ы) 1. Выщелачивания соли в Йонахском разломе. 2. Выщелачивание соли на левом берегу. 2. Выщелачивание соли на левом берегу. 2. Выщелачивание соли на левом берегу.		Вероятность Почти достоверный Умеренный Умеренный Умеренный		Риск 																			
	Комментария а. Чрезмерное выщелачивание соляного пласта Йонахского разлома: Верхняя часть соляного пласта снизится. б. Отметка соли и ее структура не известна на правом берегу, возможное растворение такой соли после наполнения водохранилище не исключается.		ВОЗДЕЙСТВИЕ (я) 1. Деформация основания и тело плотины. 2. Сползание или сдвиг основания водоприемника. 3. Повреждение порталом СТ 1 и 2. Повреждение СТЗ. 4. Возможные повреждения водосбросов среднего уровня и высшего уровня.			Оценка Экстремальный Крупный Крупный Экстремальный																		
Комментария а. Если скорость выщелачивания окажется больше, чем ожидалось, деформация тело плотины первой очереди и ее основания могут привести к экстремальному случаю, к переливу. В случае с основной плотине, это может повлиять на водонепроницаемый компонент плотины (глинистое ядро), и в конечном итоге приведет к переливанию. б. Растворение соляного пласта на подножье склона, где расположена основания водоприемников может привести к неприемлемому сдвигу и даже сползанию основания водоприемника (большие последствия, поскольку управление паводком все еще предполагается должно быть в рабочем состоянии). в. Резкое выщелачивание соли может привести к неприемлемой осадки оснований порталов, и их разрушению из-за их разрыва. г. Повреждение водосбросов среднего уровня и других тоннелей может привести к деформации обделок тоннеля, имея катастрофические последствия, если останется незамеченным и приведет к обвалу тоннеля после размыва водой под высоким скоростям.		Комментария а. В целях моделирования выщелачивания соли, считается необходимым выполнения и гидравлического барьера и цементации над зоной поверхностью соляного клина, по крайней мере для плотины первой очереди. б. Скорость поднятия соляного клина в Йонахском разломе является ключевым параметром для моделирования выщелачивания соли и необходимо подтвердить как можно скорее. в. Все рекомендации по мониторингу указанные в отчете RP38 нацелены на прослеживания развития возможного растворения соляного клина, путем измерения осадков, вариации солёности воды и регулярное проведении микро гравиметрических измерений. г. Исследования правого берега должна позволить узнать, если все еще потребуется какие-либо специфические меры по смягчению последствий.		Адаптирован 																				
МЕРЫ ПО СМЯГЧЕНИЮ	Рекомендованные меры по смягчению 1-2-3-4. Выполнение гидравлического барьера / Цементация зона поверхности соляного пласта (<1 Люжон) / Мониторинг скорости поднятия соляного пласта / Общий мониторинг (содержание соли, гравиметрия, деформации и т.д.) / Цементация кончики Гулизиандского разлома и проведение исследований на правом берегу.		Комментария а. Необходимо обеспечить гидравлический барьер вниз по течению от поверхности соляного пласта, с равным напором как в водохранилище, чтобы сбалансировать градиент. б. Цементация поверхностной зоны соляного пласта должна быть выполнена эффективно и фактически должна достигать меньше 1 Люжона по гидравлической проводимости. в. Необходимо выполнять мониторинг скорости поднятия соляного клина, в качестве основных входных данных для моделирования процесса выщелачивания. г. Необходимо выполнять мониторинг согласно отчета по Фазе 0, отчет RP38 (измерение осадок, солёность воды, исследование возможного развития пустот путем проведения микро гравиметрии и т.д.) д. Проведение подробных геологических исследований для проверки точной отметки соли в нижнем правом берегу.		Риск 																			
	Рекомендованные меры по смягчению 1-2-3-4. Уменьшение градиента над соляного пласта / Уменьшение циркуляции воды над поверхностью соляного пласта / Калибровка модели по выщелачиванию соли для лучшей оценки выщелачивания / Исследования развития возможного выщелачивания / Проверка возможной утечки через правого берега или Гулизиандского разлома.		Комментария а. В целях моделирования выщелачивания соли, считается необходимым выполнения и гидравлического барьера и цементации над зоной поверхностью соляного клина, по крайней мере для плотины первой очереди. б. Скорость поднятия соляного клина в Йонахском разломе является ключевым параметром для моделирования выщелачивания соли и необходимо подтвердить как можно скорее. в. Все рекомендации по мониторингу указанные в отчете RP38 нацелены на прослеживания развития возможного растворения соляного клина, путем измерения осадков, вариации солёности воды и регулярное проведении микро гравиметрических измерений. г. Исследования правого берега должна позволить узнать, если все еще потребуется какие-либо специфические меры по смягчению последствий.																					
ОСТАТОЧНЫЙ РИСК (после смягчения)	ПРИЧИНА (ы) 1. Выщелачивание соли в Йонахском разломе. 2. Выщелачивание соли на правом берегу. 3. Выщелачивание соли на правом берегу. 4. Выщелачивание соли на правом берегу.		Вероятность Вероятный Маловероятный Маловероятный Маловероятный		Риск 																			
	Комментария а. Вероятность снижения эффективности гидравлического барьера будет сильно зависит от ее правильного проектирования и выполнения в ходе строительства. Оно даст указание на чрезмерное выщелачивание. б. Потеря эффективности цементации в долгосрочном перспективе неизбежна, из-за прогрессивной смещения Йонахского разлома, и может совсем становится не эффективным в случае косейсмического движения вдоль данного разлома. в. Необходимо тщательно выбирать и установить контрольно-измерительных устройств, чтобы гарантировать их долгосрочную работоспособность в соляной воде.		ВОЗДЕЙСТВИЕ (я) 1. Деформация основания и тело плотины (плотины первой очереди и основной плотины). 2. Снежение или скольжение основания водоприёмника ГЭС. 3. Повреждения порталов строительных тоннелей 1.2. Повреждение СТЗ. 4. Возможное повреждение водосбросов среднего и верхнего уровней.			Оценка Умеренный Умеренный Умеренный Умеренный																		
Комментария а. Гидравлический барьер в основном необходим для плотины первой очереди. б. Подтверждено что потеря эффективности цементации до 0.1 Люжона не имеет никакого воздействия согласно модели по выщелачиванию соли; как и гидравлический барьер оно не так необходимо для основной плотины. в. Не имея система мониторинга означает не быть в состоянии работат, особенно если плотина первой очереди приведет к незаметной выщелачиванию соли и внезапно могут возникать повреждения; риск является большой для полтины первой очереди. г. Для остаточного риска, предполагается что будут проводится предназначенные исследования, чтобы условия правого берега была лучше известна чем на сегодняшний день.		Комментария а. Гидравлический барьер в основном необходим для плотины первой очереди. б. Подтверждено что потеря эффективности цементации до 0.1 Люжона не имеет никакого воздействия согласно модели по выщелачиванию соли; как и гидравлический барьер оно не так необходимо для основной плотины. в. Не имея система мониторинга означает не быть в состоянии работат, особенно если плотина первой очереди приведет к незаметной выщелачиванию соли и внезапно могут возникать повреждения; риск является большой для полтины первой очереди. г. Для остаточного риска, предполагается что будут проводится предназначенные исследования, чтобы условия правого берега была лучше известна чем на сегодняшний день.		Адаптирован 																				

Рогунская ГЭС		Консорциум ИТЭО - Фаза II - Оценка риска		14.03.2014							
ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ				Лист №	17						
				Идент. Риска	Структуры - каверны: проходка Энергетическая система/система мощности						
				Оценка риска							
				До смягчения	После смягчения						
ОПРЕДЕЛЕНИЕ	ПРИЧИНА Уровень 1 Природный Уровень 2 Геология / Геотехника / Геомеханика Уровень 3 Структуры - каверны: проходка		ВОЗДЕЙСТВИЕ (я) <table border="1"> <thead> <tr> <th>СИСТЕМА (-ы)</th> <th>КОМПОНЕНТ (-ы)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Энергетическая система/система мощности</td> <td>Машзал</td> </tr> <tr> <td>2. Энергетическая система/система мощности</td> <td>Трансформаторы</td> </tr> </tbody> </table>			СИСТЕМА (-ы)	КОМПОНЕНТ (-ы)	1. Энергетическая система/система мощности	Машзал	2. Энергетическая система/система мощности	Трансформаторы
	СИСТЕМА (-ы)	КОМПОНЕНТ (-ы)									
1. Энергетическая система/система мощности	Машзал										
2. Энергетическая система/система мощности	Трансформаторы										
ОПИСАНИЕ (перед смягчением)	ПРИЧИНА (ы) 1. Неуправляемое крушение породы между выработками. 2. Неуправляемое крушение породы между выработками.	Вероятность Почти достоверный Почти достоверный	ВОЗДЕЙСТВИЕ (я) 1. Конвергенция выработки машинного зала. 2. Конвергенция выработки трансформаторного помещения.	Оценка Экстремальный Умеренный	Риск Экстремальный Умеренный						
	Комментария а. История выемки машинного зала и последующие исследования показывают, что крепление не предотвратило прогрессирующее крушение породных масс, особенно в зоне алевролитов в выработке машинного зала; наблюдалась исключительно большая конвергенция, была вызвана вновь после возобновления работ в выработке в 2008 году. б. В таких условиях должны вестись тщательный мониторинг и пристальное наблюдение данных мониторинга; если измерения выполнены слишком поздно после выемки, значения будут недооценены. в. Если тщательно не следить за конвергенцией или неправильно ее трактовать, невозможно будет предвидеть обрушение или обвал породы в выработке.		Комментария а. До настоящего момента смена конвергенций не представляет реальной стабилизации, и существует риск частичного обвала в машинном зале (особенно в зоне алевролитов). б. При неадекватном выполнении мониторинга, или при отсутствии интерпретации его результатов в реальном времени, не будут известны действительное движение конвергенции, скорость, ускорение, что будет препятствием для предотвращения окончательного обрушения а. в. Неправильная интерпретация и недостаток постоянных наблюдений может привести к непредсказуемому обрушению у, с жертвами и повреждениями. г. В случае обвала породы или обрушение а выработки, большие повреждения понесут каменные столбы, разделяющие выработку машинного зала от выработки трансформаторного помещения на юге, и д. Оценка последствий принимает во внимание оставшиеся работы и потерю выработки электроэнергии.								
МЕРЫ ПО СМЯГЧЕНИЮ	Рекомендуемые меры по смягчению последствий 1-2. Немедленная укладка тяжелого дополнительного крепления, чтобы попытаться стабилизировать выработку. / Выполнение мониторинга в реальном времени, с дополнительными средствами. / Расширение выработки к востоку, зацементировав зону алевролитов.		Рекомендуемые меры по смягчению последствий 1. Мониторинг выработки машинного зала. Должны выполняться тщательные наблюдения и иметься возможность своевременного предупреждения в случае опасности. 2. Мониторинг выработки трансформаторного помещения. Должны выполняться тщательные наблюдения и иметься возможность своевременного предупреждения в случае опасности. 1-2. Позволит вести строительство для агрегатов 5 и 6 в более комфортных геологических условиях.								
	Комментария а. Укладка особенно тяжелой арматуры требуется для стабилизации движений в уже пройденной зоне алевролитов в выработке машинного зала; при адекватном исполнении, и укладке адекватной поддержки в последующих строительных этапах, риск обрушения а или обвала породы в выработке будет снижен. б. В любом случае, необходимо выполнять тщательный мониторинг в реальном времени, как и постоянные наблюдения (напр. слежение за раскрытием основных трещин, шумом, и т.п.); интерпретация должна выполняться немедленно. в. Имеется вероятность оставить незавершенной и зацементировать зону алевролитов в выработке, что решит проблему зоны алевролитов в выработке.		Комментария а. Укладка дополнительной тяжелой арматуры в существующих частях выработки машинного зала и в частях, которые только будут пройдены, возможно позволит стабилизировать движения и предотвратить обвалы пород и обрушение выработки. б. Тщательный мониторинг в реальном времени и незамедлительная интерпретация позволит предупредить об опасности в случае большого риска обвала пород или обрушение а. в. При обеспечении адекватной поддержки расширения выработки к востоку, избежит крушения породных масс (более предпочтительна формация Каракуз, в основном из песчаника), данное расширение может быть выполнено в более комфортных условиях, чем настоящее расширение в алевролитах; агрегаты 5 и 6 будут перенесены туда, а зона алевролитов в выработке будет зацементирована для ее окончательной стабилизации (или будет служить в качестве монтажной площадки).								
ОСТАТОЧНЫЙ РИСК (после смягчения)	ПРИЧИНА (ы) 1. Неуправляемое крушение породы между выработками. 2. Неуправляемое крушение породы между выработками.	Вероятность Вероятный Вероятный	ВОЗДЕЙСТВИЕ (я) 1. Конвергенция выработки машинного зала. 2. Конвергенция выработки трансформаторного помещения.	Оценка Умеренный Незначительный	Риск Умеренный Незначительный						
	Комментария а. Имеется довольно большая вероятность, что выполненные работы не помогут в стабилизации зоны алевролитов в выработке. б. Риск непредвиденного обвала породы или даже обрушение а выработки существует даже при наличии мониторинга, если конвергенции не стабилизируются, так как землетрясение может спровоцировать обрушение непредсказуемым путем. в. Существует вероятность, рассматриваемая как низкая, столкнуться с неблагоприятными локальными геологическими условиями к востоку, особенно при приближении к Разлому 35. г. Была сделана специальная заметка, подтверждающая техническую осуществимость мер по смягчению последствий (RP50).		Комментария а. Если конвергенции не стабилизируются, остается риск обвала пород или обрушение а. б. В случае обвала пород или обрушение а, повреждения и крушения породы могут вынудить сдвиг выработки к востоку, как предлагается другой мерой по смягчению последствий. в. Если геологические условия к востоку от настоящей выработки не смогут быть освоены во время строительства, остается тот же риск обвала породы или обрушение а выработки.								

Рогунская ГЭС		Консорциум ИТЭО - Фаза II - Оценка риска		14.03.2014	
ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ				Лист №	20
				Идент. Риска	Максимальный напор в тоннелях Система плотины
				Оценка риска	
			До смягчения	После смягчения	
ОТРЕДЕЛЕНИЕ	ПРИЧИНА		ВОЗДЕЙСТВИЕ (я)		
	Уровень 1	Технический	СИСТЕМА (-Ы)	КОМПОНЕНТ (-Ы)	
	Уровень 2	Проектирование	1. Система плотины	Основная плотина	
Уровень 3	Максимальный напор в тоннелях		Система плотины	Плотина 1-ой очереди	
ОПИСАНИЕ (перед смягчением)	ПРИЧИНА (ы)		ВОЗДЕЙСТВИЕ (я)		Оценка
	1. Отказ СТ2, СТ3 или отдаленных водосбросных сооружений из-за высокого рабочего напора.		1. Потеря контроля. Перелив плотины.		Экстремальный
	Вероятность Вероятный		Риск		
Комментария		Адаптирован			
а. При настоящих условиях (проект ИГП), тоннели будут эксплуатироваться при высоком напоре (до около 200м для СТ2).		а. Такой беспрецедентный высокий напор при постоянной, длительной (несколько лет во время строительства) эксплуатации, может привести к потере контроля над тоннелями по причине вибрации затворов и кавитации. При отказе тоннелей произойдет потеря контроля над паводками, что приведет к коллапсу плотин (первой очереди и основной).			
б. Предполагается постоянная работа данных тоннелей на протяжении нескольких лет с максимальным напором величиной от 150 / 160 м (СТ3, отдаленные водосбросные сооружения) и до 200 м для СТ2.		б. При отказе тоннеля, произойдет перелив плотины (первой очереди и основной).			
		в. После строительства, отказ поверхностного водосброса может привести к			
МЕРЫ ПО СМЯГЧЕНИЮ	Рекомендуемые меры по смягчению последствий		Рекомендуемые меры по смягчению последствий		
	1. Сокращение максимального рабочего напора до 120м.				
	Комментария		Комментария		
а. Смотрите отчет Проводка паводков во время строительства.					
б. Более низкий рабочего напор, потребует большее число тоннелей для проводки паводков во время строительства.					
ОСТАТОЧНЫЙ РИСК (после смягчения)	ПРИЧИНА (ы)		ВОЗДЕЙСТВИЕ (я)		Оценка
	1. Отказ СТ2, СТ3 или отдаленных водосбросных сооружений из-за высокого рабочего напора.		1. Потеря контроля. Перелив плотины.		Экстремальный
	Вероятность Маловероятный		Риск		
Комментария		Адаптирован			

Рогунская ГЭС		Консорциум ИТЭО - Фаза II - Оценка риска		14.03.2014																			
ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ				Лист №	11																		
				Идент. Риска	Получение разломов на долгосрочном / Система плотины / Система пропуск паводков / Мощность и энергетическая система																		
				Оценка риска																			
			До смягчения	После смягчения																			
ОПРЕДЕЛЕНИЕ	ПРИЧИНА Уровень 1 Природный Уровень 2 Геология / Геотехника / Геомеханика Уровень 3 Получение разломов на долгосрочном периоде		ВОЗДЕЙСТВИЕ (я) <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>СИСТЕМА (-Ы)</th> <th>КОМПОНЕНТ (-Ы)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">1.</td> <td>Система плотины</td> <td>Основная плотина</td> </tr> <tr> <td>Система плотины</td> <td>Перемычка</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">2.</td> <td>Система управления паводка</td> <td>Строительные тоннели 1,2,3</td> </tr> <tr> <td>Система управления паводка</td> <td>Поверхностный водосброс</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">3.</td> <td>Энергетическая система/система мощности</td> <td>Машзал</td> </tr> <tr> <td>Энергетическая система/система мощности</td> <td>Турбинный водовод</td> </tr> </tbody> </table>				СИСТЕМА (-Ы)	КОМПОНЕНТ (-Ы)	1.	Система плотины	Основная плотина	Система плотины	Перемычка	2.	Система управления паводка	Строительные тоннели 1,2,3	Система управления паводка	Поверхностный водосброс	3.	Энергетическая система/система мощности	Машзал	Энергетическая система/система мощности	Турбинный водовод
		СИСТЕМА (-Ы)	КОМПОНЕНТ (-Ы)																				
1.	Система плотины	Основная плотина																					
	Система плотины	Перемычка																					
2.	Система управления паводка	Строительные тоннели 1,2,3																					
	Система управления паводка	Поверхностный водосброс																					
3.	Энергетическая система/система мощности	Машзал																					
	Энергетическая система/система мощности	Турбинный водовод																					
ОПИСАНИЕ (перед смягчением)	ПРИЧИНА (ы) 1. Сползание почвы в Йонахском разломе / Разломе 35. 2. Наклонение блока между Йонахским разломом и Разломом 35. 3. Сползание почвы в Разломе 70 или второстепенные сбросы.	Вероятность Почти достоверный Почти достоверный Вероятный	ВОЗДЕЙСТВИЕ (я) 1. Деформация основания плотины (около 0.3м за 100 лет). 2. Ущерб облицовке гидравлического тоннеля, может привести к прорыву. 3. Прогрессирующий наклон оси турбин.	Оценка Незначительный Крупный Крупный	Риск Адаптирован																		
	Комментария а. Многолетнее сползание почвы в разломах и последующий подъем блока из-за тектонической напряженности. Йонахский разлом: сползание принято не более чем 3мм/год; 2мм/год для краев Йонахского разлома, дополнительно 1мм для тектонической линии, следовательно 3мм/год кумулятивного смещения, распределенного вдоль разлома (измерения 1970-1980-ых). Разлом 35: согласно периодическим измерениям, 2.3мм/год вертикального смещения б. Медленное наклонение блока между Йонахским разломом и Разломом 35 подтверждается измерениями 1970-1980-ых, которое может привести к прогрессирующему наклону оси турбины. в. Аккомодация сползания почвы возможно приведет к медленной аккомодации смещений между двумя разломами (Разлом 70 или другие): скорость смещения неизвестна.		Комментария а. Воздействие на тело плотины смещением разлома расценивается незначительным, так как фильтры и водонепроницаемые элементы плотины спроектированы, чтобы справиться со смещением, которое не должно превысить около 0.3мм за 100 лет. б. Последствия смещения на гидравлические тоннели могут быть драматичными, так как разрыв почвы сквозь треснувшую облицовку при большой скорости воды может быстро привести к прорыву тоннеля; другими последствиями являются кавитация и потери напора, воздействие которых тем не менее оценивается ниже, чем разрыв. в. Прогрессирующий наклон оси турбин имеет значительные последствия, так как это сократит эффективность турбин, и может повлиять на выработку объекта.																				
МЕРЫ ПО СМЯГЧЕНИЮ	Рекомендуемые меры по смягчению последствий Комментария а. Необходимо возобновить точные измерения для подтверждения значений смещения разлома и, если необходимо, позволить дальнейшую адаптацию проекта б. Относительно наклонения блока между Йонахским разломом и Разломом 35, также необходимо возобновить измерения для точного мониторинга данного смещения. Необходимо принять все меры относительно ожидаемого наклона оси турбины для своевременного выпрямления их позиции, чтобы выработка оставалась на нормальном уровне. в. Необходимо выполнить точные измерения вдоль основных второстепенных сбросов внутри блока, а также вдоль основных разрывов сплошности, подверженных аккомодации наклонения и смещения, и определить может ли их скорость нанести ущерб проекту.		Рекомендуемые меры по смягчению последствий 1. Возобновление точного мониторинга для подтверждения значений; адекватный проект плотины. Адаптация проекта плотины (фильтры и расположение водонепроницаемых элементов) 2. Специальный проект тоннельной облицовки в местах пересечения со 3. Возобновление точного мониторинга; обеспечение для выпрямления оси турбины.																				
	Комментария а. Расположение ядра спроектировано таким образом, чтобы избежать смещения разломов, а фильтров плотины таким образом, чтобы поддержать деформацию. б. Планируемая перенастройка оси турбин будет определяться на основе измерений наклонения в машинном зале в. Специальный проект для избежания ущерба гидравлическим тоннелям (выполняется работами по смягчению последствий против ко-сейсмического смещения разломов) г. Тщательный мониторинг разломов с потенциальным смещением, включая Разлом 70 и второстепенные																						
ОСТАТОЧНЫЙ РИСК (после смягчения)	ПРИЧИНА (ы) 1. Сползание почвы в Йонахском разломе / Разломе 35. 2. Наклонение блока между Йонахским разломом и Разломом 35. 3. Сползание почвы в Разломе 70 или второстепенные сбросы.	Вероятность Почти достоверный Почти достоверный Вероятный	ВОЗДЕЙСТВИЕ (я) 1. Деформация основания плотины (около 0.3м за 100 лет). 2. Ущерб облицовке гидравлического тоннеля, может привести к прорыву. 3. Прогрессирующий наклон оси турбины.	Оценка Незначительный Умеренный Умеренный	Риск Адаптирован																		
	Комментария а. Мониторинг не внедрен на всех участках, или недостаточно аккуратен. б. Несвоевременная интерпретация результатов мониторинга, или неадекватная, ведущая к неправильной оценке реального смещения / наклонения.		Комментария а. Относительно долгосрочного смещения разломов, так как гидравлические тоннели, пересекающие Йонахский разлом и Разлом 35, будут эксплуатироваться максимум в течение 15 лет, риск незамеченного существенного смещения принимается за небольшой; Разлом 70 можно наблюдать в машинном зале. б. Если не будут приняты действия при значительном наклонении оси турбины, риск будет большим, так как он воздействует на работу турбин и выработку энергии. в. Слабая сторона в обслуживании и эксплуатации, в особенности относительно турбин, или в проведении ремонтных работ от значительных смещений, остается основным риском.																				

Рогунская ГЭС		Консорциум ИТЭО - Фаза II - Оценка риска		14.03.2014																						
ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ				Лист №	156																					
				Идент. Риска	Ко-сейсмические смещения																					
					Система пропуска паводков																					
				Оценка риска																						
			До смягчения	После смягчения																						
ОПРЕДЕЛЕНИЕ	ПРИЧИНА <table border="1"> <tr> <td>Уровень 1</td> <td>Природный</td> </tr> <tr> <td>Уровень 2</td> <td>Геология / Геотехника / Геомеханика</td> </tr> <tr> <td>Уровень 3</td> <td>Ко-сейсмические смещения</td> </tr> </table>		Уровень 1	Природный	Уровень 2	Геология / Геотехника / Геомеханика	Уровень 3	Ко-сейсмические смещения	ВОЗДЕЙСТВИЕ (я) <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>СИСТЕМА (-ы)</th> <th>КОМПОНЕНТ (-ы)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.</td> <td>Система управления паводка</td> <td>Строительные тоннели 1,2,3</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Система управления паводка</td> <td>Тоннели среднего уровня 1,(2)</td> </tr> <tr> <td>2.</td> <td>Система управления паводка</td> <td>Тоннели высокого уровня 1, (2), (3)</td> </tr> <tr> <td>3.</td> <td>Система управления паводка</td> <td>Поверхностный водосброс</td> </tr> </tbody> </table>				СИСТЕМА (-ы)	КОМПОНЕНТ (-ы)	1.	Система управления паводка	Строительные тоннели 1,2,3		Система управления паводка	Тоннели среднего уровня 1,(2)	2.	Система управления паводка	Тоннели высокого уровня 1, (2), (3)	3.	Система управления паводка	Поверхностный водосброс
	Уровень 1	Природный																								
Уровень 2	Геология / Геотехника / Геомеханика																									
Уровень 3	Ко-сейсмические смещения																									
	СИСТЕМА (-ы)	КОМПОНЕНТ (-ы)																								
1.	Система управления паводка	Строительные тоннели 1,2,3																								
	Система управления паводка	Тоннели среднего уровня 1,(2)																								
2.	Система управления паводка	Тоннели высокого уровня 1, (2), (3)																								
3.	Система управления паводка	Поверхностный водосброс																								
ОПИСАНИЕ (перед смягчением)	ПРИЧИНА (ы) 1. Ко-сейсмическое смещение вдоль Йонахского разлома (принятое за 1м). 2. Ко-сейсмическое смещение вдоль Разлома 35 или второстепенных сбросов (принятое за 0.1м). 3. Ко-сейсмическое смещение вдоль Разлома 35 или второстепенных сбросов (принятое за 0.1м). Вероятность Умеренный Умеренный Умеренный	ВОЗДЕЙСТВИЕ (я) 1. Повреждение строительным тоннелям и выходному порталу среднего уровня 1. 2. Повреждение тоннелям верхнего уровня, в зависимости от местоположения движущегося разлома. 3. Повреждение поверхностному водосбросу, в зависимости от местоположения движущегося разлома. Оценка Экстремальный Умеренный Умеренный	Риск <table border="1"> <tr><td>Экстремальный</td></tr> <tr><td>Умеренный</td></tr> <tr><td>Умеренный</td></tr> </table>		Экстремальный	Умеренный	Умеренный																			
	Экстремальный																									
Умеренный																										
Умеренный																										
Комментария а. Ко-сейсмическое смещение вдоль Йонахского разлома во время землетрясения: максимум 1м согласно сейсмо-тектоническим исследованиям. б. Риск подсчитывается только во время срока службы тоннелей СТ3 и среднего уровня 1, только в период строительства менее чем на 10 лет. в. Ко-сейсмическое смещение вдоль Разлома 35 или второстепенных сбросов во время землетрясения: максимум 0.1м согласно сейсмо-тектоническим исследованиям. г. Относительно строительных тоннелей и выходного портала среднего уровня 1, ко-сейсмическое смещение вдоль Разлома 35 может спровоцировать некоторые повреждения, но незначительные в сравнении с теми, которые может спровоцировать Йонахский разлом.		Комментария а. Только СТ3 и выходной портал среднего уровня 1 пересекаются Йонахским разломом. Ко-сейсмическое смещение вдоль Йонахского разлома затронет строительные тоннели 1 и 2, а также строительный тоннель 3 и выходной портал среднего уровня 1; несостоятельность тоннельных блоков и повреждение облицовки гидравлических тоннелей может быстро привести к прорыву тоннелей из-за вымывания земли от высокой скорости воды; также следует ожидать кавитацию и потери напора. б. В случае с поверхностным водосбросом, являясь наружным сооружением, данный факт облегчает мониторинг и ремонтные работы. Это делает его менее чувствительным к данному рода риску. в. Ко-сейсмическое смещение вдоль Разлома 35 или других подобных разломов влияет на большое количество тоннелей, практически все основные гидравлические и подходные тоннели; повреждения облицовки гидравлических тоннелей может быстро привести к прорыву тоннелей из-за вымывания земли от высокой скорости воды; также следует ожидать		Адаптирован																						
МЕРЫ ПО СМЯГЧЕНИЮ	Рекомендуемые меры по смягчению последствий Комментария		Рекомендуемые меры по смягчению последствий 1 - 2 - 3. Специальный проект облицовки гидравлических тоннелей, пересекающих потенциально активные разломы, для избегания размывания. / Позволить приостановку эксплуатацию и незамедлительную инспекцию и ремонтные работы всех гидравлических тоннелей после сильного землетрясения, во время которого могло произойти ко-сейсмическое смещение. Для СТ3, вторую каверну затворов для того, чтобы позволить проводить инспектирование и ремонтные работы. Для выходного портала среднего уровня 1, мы увеличиваем кульверт в зоне пересечения. Комментария а. Специальный проект для снижения влияния ко-сейсмического смещения на тоннель и прежде всего, избегания размывания (выемка грунта с превышением проектных размеров и размещение колец с облицовкой из железобетонной крепи, разделяющих трещины). б. Установить в гидравлических тоннелях адекватные шандоры/клапаны, в. Система мониторинга для выявления сдвиговой деформации тоннелей и																							
	ПРИЧИНА (ы) 1. Ко-сейсмическое смещение вдоль Йонахского разлома (принятое за 1м). 2. Ко-сейсмическое смещение вдоль Разлома 35 или второстепенных сбросов (принятое за 0.1м). 3. Ко-сейсмическое смещение вдоль Разлома 35 или второстепенных сбросов (принятое за 0.1м). Вероятность Умеренный Умеренный Умеренный		ВОЗДЕЙСТВИЕ (я) 1. Повреждение строительным тоннелям и выходному порталу среднего уровня. 2. Повреждение тоннелям верхнего уровня, в зависимости от местоположения движущегося разлома. 3. Повреждение поверхностному водосбросу, в зависимости от местоположения движущегося разлома. Оценка Крупный Незначительный Незначительный		Риск <table border="1"> <tr><td>Крупный</td></tr> <tr><td>Незначительный</td></tr> <tr><td>Незначительный</td></tr> </table>	Крупный	Незначительный	Незначительный																		
Крупный																										
Незначительный																										
Незначительный																										
ОСТАТОЧНЫЙ РИСК (после смягчения)	Комментария а. Если ко-сейсмическое смещение происходит вдоль разлома, не оснащенного специально оборудованной облицовкой. б. Если специальные проектные меры окажутся неадекватными, или не полностью эффективными, особенно по отношению к размыванию, например в случае, когда сдвиговое смещение разлома концентрируется вдоль очень узкого участка, как надрез пилы.		Комментария а. Если смещение происходит там, где не было принято никаких специальных мер, уровень риска одинаков как при отсутствии мер по смягчению последствий. б. Если специальные проектные меры в местах пересечения с потенциально активными разломами не эффективны, хорошо выполненная железобетонная крепь должна ограничить проникновение быстротекущей воды, а крепь сохранит устойчивость по крайней мере на время, достаточное на инспектирование и проведение ремонтных работ.		Адаптирован																					

ТОМ 7: ЗАКЛЮЧЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1 ПОДХОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕННЫХ ВАРИАНТОВ

Согласно объему услуг, определенному в техническом задании (ТЗ), была проведена обширная технико-экономическая оценка всей имеющейся на сегодняшний день проектной документации и доступной консультанту. Все рекомендации по изменению проекта в результате этой оценки строго соответствуют критериям проектирования, изложенные консультантом в томе 3, главе 1 (Критерии проектирования) отчета второй фазы. Эти критерии основаны на международно признанных стандартах и современной инженерной практике для крупных гидроэнергетических проектов. Этот подход гарантирует полную прозрачность в методологиях и концепциях, принятых для оценки, а так же рекомендованных проектных изменений.

Те же строгие принципы были применены к различным альтернативам, представленным в этом отчете, обеспечивая равные основы проектирования для представленных вариантов. Эти критерии проектирования были установлены с целью объединения качества, производительности, устойчивости и оптимизации затрат для всех предложенных вариантов, как описано ниже.

1.1 Качество

Критерии проектирования, использованные в этой оценке, основаны на международно признанных стандартах и лучшей практике отрасли. Их целью является гарантирование качества работ и строгого соблюдения рекомендаций. Долгосрочная безопасность сооружений имеет первостепенное значение и является движущей силой для всех проектных концепций, разработанных в данном отчете.

1.2 Эксплуатационные характеристики

Все сооружения были спроектированы для гарантирования оптимальных эксплуатационных характеристик во время эксплуатации проекта, как только будет гарантирована безопасность эксплуатации.

1.3 Устойчивость, влияние на окружающую и социальную среду

Должна быть гарантирована долгосрочная безопасность и работа предложенного проекта Рогуна. В особенности в случае реализации предлагаемого проекта Рогуна и учитывая масштабы работ, которые должны быть осуществлены Правительством Республики Таджикистан, все усилия были предприняты, чтобы гарантировать, что

окончательное гидросооружение не станет обузой для страны в любой момент времени. Поэтому оценка была проведена с учетом долгосрочных воздействий и аспектов конца срока эксплуатации, когда станция не сможет вырабатывать электроэнергию.

Воздействия на окружающую и социальную среду в краткосрочной перспективе (во время строительства), а так же в долгосрочной перспективе были специально оценены консультантом ОЭСВ в параллельном исследовании. В исследовании ИТЭО постоянно прилагались усилия для достаточно точного отражения оценки воздействий, путем плотного сотрудничества с консультантом ОЭСВ.

1.4 Оптимизация затрат

После гарантирования качества, работоспособности, безопасности и устойчивости, учитывается оптимизация затрат при завершении проектирования, в соответствии с интересами заказчика, разрабатывающего проект. Тщательное внимание было уделено включению затрат по воздействию на окружающую и социальную сферу в общий анализ для соответствующего обеспечения этих средств в общей стоимости проекта.

1.5 Управление рисками

Для проекта был разработан всесторонний перечень рисков, чтобы основательно определить потенциальные будущие риски для всех вариантов, на случай если проект будет реализоваться. Обнаружилось, что по всем вариантам проекта существует одинаковый перечень рисков, и были рекомендованы меры по смягчению последствий, чтобы снизить риски до приемлемого уровня в соответствии с указанными требованиями качества, безопасности, производительности и устойчивости.

2 КОНТЕКСТ ВАРИАНТОВ ПРОЕКТА

Предлагаемые варианты были разработаны с учетом сложных особенностей предлагаемого проекта Рогунской ГЭС, в частности в контексте следующих аспектов:

2.1 Природные условия

2.1.1 Геология и соляной купол

Предлагаемые варианты должным образом принимают во внимание сложную геологию створа. Всесторонний обзор существующих данных и дополнительные

исследования на участке позволили в ходе оценки получить лучшее понимание условий створа, в частности правого берега по нижнему бьефу.

Было подробно исследовано присутствие соляного тела, расположенного в пределах основания плотины во всех вариантах. Это является темой отчета фазы 0, который включает числовые модели и фактические исследования, для внимательного рассмотрения этой проблемы. Все варианты одинаково подвержены риску, вызванному присутствием соляного купола. Однако, при внедрении рекомендуемых мер по смягчению, описанных в отчете фазы 0, этот риск может быть снижен до уровня, который гарантирует долгосрочную безопасность предложенных вариантов плотины.

2.1.2 Сейсмичность

Детерминистический подход привел к предварительной оценке сейсмических проектных параметров, по сравнению с которыми должна гарантироваться устойчивость разных вариантов плотины.

Как подробно изложено в отчете по устойчивости плотины, все три разных варианта плотины спроектированы для выдерживания пикового ускорения грунта (ПУГ), соответствующего максимально возможному землетрясению (МВЗ) (оцениваемого в 0.71g). Это полностью соответствует международным критериям проектирования, принятым для плотин такого масштаба.

Были оценены косейсмические смещения в случае крупных землетрясений и полностью учтены при проектировании сооружений проекта (тоннели и т.д.).

2.1.3 Гидрология

Расчетные паводки были получены из подробных гидрологических рядов. Максимальный Вероятный Паводок (PMF) был рассмотрен в качестве расчетного паводка для всех вариантов плотины, со значением 7800 м³/с.

Исследования по регулированию водного режима для трех предложенных вариантов и соответствующей выработке электроэнергии были получены из тех же исследований. Сравнение выгод для каждого варианта основано на идентичном длинном наборе данных, который считается надежным для определения экономической жизнеспособности предлагаемых проектных вариантов.

2.1.4 Седиментация

Исследование седиментации было основано на имеющихся данных, включая существующие исследования Нурекского водохранилища. Чтобы соответствующим образом рассмотреть неопределенности, был использован тот же консервативный подход для определения различных сроков службы предлагаемых вариантов. Ежегодный приток наносов в водохранилище считается 100 миллионов м³/год.

Следует отметить, что из-за высокого уровня наносов в реке Вахш, все предлагаемые варианты плотин имеют ограниченный срок службы. Рогунское водохранилище обязательно будет заполнено наносами в течение определенного периода времени. Таким образом, запланирована специальная стратегия конца срока службы для всех вариантов плотины.

2.2 Существующие активы

Все варианты были разработаны, чтобы соответствующим образом объединить существующие сооружения, ранее построенные на участке Рогунской ГЭС. Была проведена тщательная оценка этих сооружений и подробно изложена в отчете по Фазе I. Целью оценки было определение пригодности этих сооружений, с учетом предложенных вариантов. Там, где это было необходимо, были рекомендованы обязательные меры, чтобы привести сооружения к стандартам безопасности и качеству функционирования, необходимым для проекта.

Все три предложенных варианта стараются включить существующее оборудование и сооружения где это возможно. В лучших интересах заказчика, разрабатывающего проект, является оптимизация общей стоимости проекта.

Каждый вариант Рогунского каскада предлагается для работы в тандеме с Нурекской плотиной, чтобы получить максимальную выгоду от основных активов в существующем таджикском гидро портфеле. Были приложены все усилия для обеспечения максимальной выработки на Нурекской ГЭС на время максимального возможного периода.

2.3 Институциональные рамки распределения воды

Все варианты проекта были определены в строгом ограничении того, что принцип работы Вахшского каскада вниз по течению от Нурека остается неизменным во время реализации (наполнения) и эксплуатации любого из вариантов Рогунского каскада. На практике это

означает, что каждый год, скомбинированные водохранилища Рогуна и Нурека будут эксплуатироваться таким образом, чтобы обеспечивать соответствие объему воды, передающегося из летнего периода в зимний, объему, передаваемому в настоящее время. Будущее использование доли воды Таджикистаном было включено в модель, в строгом соответствии с существующей практикой распределения воды на реке Вахш.

В связи с этим, следует отметить, что все предложенные варианты плотины могут работать при режиме, который не будет менять сезонную водообеспеченность в низовье и останется подобно тому, как каскад эксплуатируется сегодня. Единственным значительным изменением будет будущее использование таджикской доли воды первоначально для наполнения Рогунского водохранилища и далее для орошения, в соответствии с имеющимися в настоящее время договоренностями и практикой.

2.4 Экологические и социальные воздействия

Оценка Экологического и Социального Воздействия (ОЭСВ) была проведена параллельно консультантом ОЭСВ на основе технических характеристик предлагаемых вариантов, определенных в отчете по Фазе II.

Анализ экологических и социальных последствий этих трех вариантов, проведенный консультантом ОЭСВ, не привел к исключению какого-либо из предлагаемых вариантов. При рассмотрении сравнения трех вариантов было подтверждено, что ни один из них не имеет неприемлемого уровня воздействий на окружающую и/или социальную среду – не смотря на то, что вариант самой высокой плотины требует более обширного процесса переселения чем два других варианта высоты плотины.

Все затраты на замену инфраструктуры и переселение для различных вариантов плотины, согласно оценки консультанта ОЭСВ, были должным образом приняты во внимание для получения общих капитальных затрат каждого предлагаемого варианта. В соответствии с задачами консультанта ИТЭО, экологические и социальные воздействия, следовательно, отражаются в экономическом сравнении вариантов.

2.5 Прогноз спроса на электроэнергию и рынок

Все предложенные варианты Рогуна будут вырабатывать электроэнергию, которая может использоваться, как для удовлетворения внутреннего спроса, так и для экспорта в соседние страны через межсистемные ЛЭП. Был проведен подробный прогноз роста внутреннего спроса, в том числе оценки в настоящее время неудовлетворенного спроса. Этот анализ является неотъемлемой частью оценки, гарантируя, что все

предложенные варианты соответственно адаптированы к существующим рынкам и их будущим тенденциям.

2.6 План расширения выработки с наименьшими затратами и Экономический анализ

План расширения выработки с наименьшими затратами и Экономический анализа всех предлагаемых вариантов Рогуна, показывают, что каждый вариант проекта Рогуна является прогнозированием для обеспечения значительной экономии общих системных затрат и образования положительной Чистой Текущей Стоимости (ЧТС) в широком диапазоне предположений. Это преимущество в значительной степени происходит от контролируемой природы выработки от проекта Рогунской ГЭС. Все проектные варианты Рогуна лучше подходят к спросу (в частности, в зимнее время), а также обеспечивают более значительные уровни экспорта, чем другие вырабатываемые альтернативы в Таджикистане.

3 ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ВАРИАНТОВ

3.1 Основные технические характеристики

Для получения девяти вариантов Рогуна, представленных в томе 3, главе 3 (Проект вариантов) отчета по 2 фазе, использовались одинаковые критерии проектирования. Эти девять проектных вариантов состоят из трех вариантов высоты плотины (НПУ 1290 м.н.у.м., НПУ 1255 м.н.у.м. и НПУ 1220 м.н.у.м.) и трех разных вариантов установленной мощности (МВт) для каждой высоты плотины.

Ниже описаны подробности 9 проектных вариантов, все из которых рассматриваются как технически осуществимые:

3.1.1 Характеристики плотины

	НПУ = 1290 м.н.у.м.	НПУ = 1255 м.н.у.м.	НПУ = 1220 м.н.у.м.
Гребень плотины (м.н.у.м.)	1300	1265	1230
Уровень основания (м.н.у.м.)	965	965	965
Высота (м.н.у.м.)	335	300	265
Общий объём водохранилища (млн.м ³)	13 300	8 550	5 220
Отметка 1 очереди (м.н.у.м.)	1110	1090	1075

Таблица 87: Основные характеристики вариантов плотины

3.1.2 Характеристики электромеханического оборудования

Общая установленная мощность (МВт)	3600	3200	2800
Количество агрегатов	6	6	6
Количество повторно использованных агрегатов (*)	2	2	2

Таблица 88 : Электромеханическое оборудование – отметка финальной плотины 1290 м.н.у.м.

Общая установленная мощность (МВт)	3200	2800	2400
Количество агрегатов	6	6	6
Количество повторно использованных агрегатов (*)	2	2	2

Таблица 89: Электромеханическое оборудование – отметка финальной плотины 1255 м.н.у.м.

Общая установленная мощность (МВт)	2800	2400	2000
Количество агрегатов	6	6	6
Количество повторно использованных агрегатов (*)	2	2	2

(*) Принятие финальных рабочих колес перед вводом в эксплуатацию

Таблица 90 : Электромеханическое оборудование – отметка финальной плотины 1290 м.н.у.м.

3.2 График выполнения работ и логистика

Все варианты были подробно проанализированы для для получения подробного графика строительства. Получившиеся в результате разные строительные периоды для всех трех вариантов плотины представлены в следующей таблице 3.5:

	НПУ 1290	НПУ 1255	НПУ 1220
Утверждение ИТЭО и решение ПРТ о выполнении проекта	0	0	0
Дата перекрытия реки	28	28	28
Завершение строительства перемычки	36	36	36
Завершения строительства первой очереди плотины	58	53	49
Завершение строительства плотины	163	142	120

Таблица 91 : График выполнения работ - основные данные 1 – время с предварительного контракта (в месяцах)

Как описано в основном отчете Фазы 2, требуемая степень улучшения сооружений, существующей инфраструктуры и подходных тоннелей по строительным работам для предложенного проекта Рогуна является схожим для всех вариантов. Реализация любой из различных вариантов потребует постоянный контроль качества и организации на участке. Следует отметить, что основная разница в строительном периоде проекта связана с укладкой материала плотины. Это означает, что работы с высоким уровнем риска и последствиями, такие как подземные сооружения и тоннели являются одинаковыми для трех вариантов. Следовательно, в этом конкретном случае, увеличенный строительный период не обязательно означает увеличение рисков внедрения для данного варианта.

Для всех вариантов, ввиду очень сложной природы проекта и очень сжатого графика работ, консультант рекомендует внимательный отбор опытных и высококвалифицированных Генерального подрядчика/ Подрядчиков (и потенциально субподрядчиков), а так же проектировщиков и инженеров заказчика.

3.3 Концепция ранней выработки

Учитывая большую продолжительность периода строительства для всех предложенных вариантов плотины, для всех вариантов было принято раннее наполнение и концепция ранней выработки. Это позволит получение выгод от ранней выработки на протяжении длительного этапа реализации (наполнения) проекта.

Эксплуатация Рогуна во время строительства также была оптимизирована, чтобы увеличить выработку электроэнергии на всём каскаде, как можно раньше, со следующими основными результатами:

Вариант плотины	НПУ 1290 м.н.у.м.	НПУ 1255 м.н.у.м.	НПУ 1220 м.н.у.м.
Время до достижения нормальной эксплуатации	16 лет	13 лет	9 лет
Дополнительная электроэнергия, вырабатываемая каскадом во время строительства, по сравнению с вариантом «без Рогуна»	111 ТВт-ч	69 ТВт-ч	37 ТВт-ч
Эквивалентные года нормальной эксплуатации	7.7 лет	5.5 лет	3.7 лет

Таблица 92 : Выработка электроэнергии во время строительства для всех вариантов плотины

3.4 Выработка электроэнергии и дата ввода в эксплуатацию

Как обсуждалось выше, для проекта была принята ранняя выработка вместе последовательной установкой агрегатов (турбин). Основные даты ввода в эксплуатацию приведены ниже и получены из детального анализа графика строительства работ:

	НПУ 1290	НПУ 1255	НПУ 1220
Утверждение ИТЭО	0	0	0
Перекрытие	28	28	28
Ввод в экспл. Временного 6 агрегата	73	73	82 (*)
Ввод в экспл. Временного 5 агрегата	75	75	84 (*)
Завершение монтажа агрегата №4	85	85	85
Завершение монтажа агрегата №3	98	98	98
Завершение монтажа агрегата №2	112	112	112
Завершение монтажа агрегата №1	112	112	112
Достижение минимального уровня водохранилища	112	94	80
Отключение временных агрегатов №5 и 6	117	114	(*)
Ввод в эксплуатацию агрегата № 4	115	101	101
Ввод в эксплуатацию агрегата № 3	117	114	114
Ввод в эксплуатацию агрегата № 2	119	116	116
Ввод в эксплуатацию агрегата № 1	121	118	118
Ввод в эксплуатацию агрегата № 6	123	120	(*)
Ввод в эксплуатацию агрегата № 5	127	122	(*)

(*) Агрегаты №5 и 6 в варианте НПУ1220 сразу устанавливаются в финальной конфигурации (т.е. с финальными рабочими колесами). Для вариантов НПУ 1255 и 1290, установка производится с финальными рабочими колесами и временными генераторами.

Таблица 93: График проведения работ – основные данные 2 – время после предварительного контракта (в месяцах)

Для базового сценария, обсуждаемого в разделе эксплуатации водохранилища (том.3, глава 5) ожидается следующая среднегодовая выработка E_{Rogun} , с разными предложенными проектными вариантами во время нормальной эксплуатации:

Вариант плотины НПУ 1290 м.н.у.м.	
Мощность	Среднегодовая электроэнергия в ГВт
3600 МВт	$E_{Rogun}=14\ 398$
3200 МВт	$E_{Rogun}=14\ 288$
2800 МВт	$E_{Rogun}=14\ 066$

Таблица 94 : Среднегодовая электроэнергия – вариант плотины НПУ 1290 м.н.у.м.

Вариант плотины НПУ 1255 м.н.у.м.	
Мощность	Среднегодовая электроэнергия в ГВт
3200 МВт	$E_{\text{Rogun}}=12\ 391$
2800 МВт	$E_{\text{Rogun}}=12\ 295$
2400 МВт	$E_{\text{Rogun}}=12\ 072$

Таблица 95 : Среднегодовая электроэнергия – вариант плотины НПУ 1255 м.н.у.м.

Вариант плотины НПУ 1220 м.н.у.м.	
Мощность	Среднегодовая электроэнергия в ГВт
2800 МВт	$E_{\text{Rogun}}=10\ 121$
2400 МВт	$E_{\text{Rogun}}=10\ 037$
2000 МВт	$E_{\text{Rogun}}=9\ 800$

Таблица 96: Среднегодовая электроэнергия – вариант плотины с НПУ 1220 м.н.у.м.

3.5 Инвестиционные затраты

Была проведена подробная оценка затрат (включая анализ ставки за единицу) для девяти предложенных вариантов, с одинаковым уровнем точности. Это был основной вклад в экономическое сравнение вариантов.

3.6 Срок службы проекта

Как уже упоминалось выше, на основе расчетного объема твердого стока, конечный срок службы водохранилища (когда больше не возможно регулирование в водохранилище) можно рассчитать для каждого варианта.

	Эксплуатационный срок службы
НПУ=1290 мнум	115 лет
НПУ=1255 мнум	75 лет
НПУ=1220 мнум	45 лет

Таблица 97: Предполагаемый максимальный срок службы Рогунского водохранилища

Следует отметить, что подъём водоприемников во время эксплуатации проекта был предложен, чтобы увеличить срок службы каждого варианта до максимально возможного. Так же при получении этих цифр был учтен годовой приток наносов в размере 100 млн. м³/год.

Как обсуждалось в Томе 2 Глава 6 (Седиментация), открытый поверхностный водосброс с соответствующей аэрацией и рассеивающим устройством является обязательным. Предлагаемое решение должно быть реализовано для того, чтобы безопасно перейти долгосрочную перспективу расчетного паводка (т.е. ВМП), когда водосбросные туннели перестанут функционировать из-за блокирования наносами.

В конце срока эксплуатации, этот поверхностный водосброс сможет так же пропускать твердый сток и управлять балансом наносов еще большой период после того, как будут выведены из эксплуатации станция и другие водосбросные сооружения.

Для всех предложенных вариантов, вариант управления увеличения сроком службы мог бы состоять в снятии затворов с поверхностного водосброса, позволяющей наносам прорубит канал через водосброс и подстилающую породу в течении нескольких десятилетий. Данное решение приемлемо для всех предложенных вариантов.

4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДПОЧИТАЕМОЙ ПРОЕКТНОЙ КОНФИГУРАЦИИ

4.1 Экономическая Оценка

Экономический анализ показывает экономическую жизнеспособность всех проектных вариантов Рогуна при диапазоне предположений.

Вариант НПУ 1290 м над уровнем моря с установленной мощностью 3200 МВт показывает самую высокую общую системную экономию затрат и самую высокую Чистую Текущую Стоимость экономических выгод. Это показывает, что дополнительные затраты на реализацию самого высокого варианта, компенсируются растущими выгодами, получаемыми в течение службы проекта. Эти результаты укреплены более низкой дисконтной ставкой, которая распределяет больший вес в долгосрочные выгоды проекта.

С чисто экономической точки зрения, вариант самой высокой плотины и средняя установленная мощность (НПУ 1290 м над уровнем моря и 3200 МВт) является наиболее привлекательным вариантом.

4.2 Срок службы и Экономический анализ

Как показано выше, разные предлагаемые проектные варианты плотины имеют существенно разные ожидаемые 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 вариантами плотины является существенным фактором, поскольку проект Рогуна является большим инвестированием для ПРТ, также как главным активом, как во всем энергетическом секторе страны, так и в регионе.

К сожалению, существуют ограничения в отражении ключевых экономических параметров после 50 лет, поэтому, план увеличения с наименьшей стоимостью и экономический анализ концентрируется на период до 2050. Более того, долгосрочные выгоды такого большого проекта очень сложно оценить достаточно четко, несмотря на включения расчета окончательного значения в анализ, из-за эффекта уменьшения коэффициента дисконтирования. Однако, проведенный анализ чувствительности на коэффициент дисконтирования четко показывает, что любое снижение в дисконтной ставке, существенно улучшает чистые прибыли от варианта самой высокой плотины (НПУ 1290 мнум), показывая, что в длительном периоде самая большая плотина играет главную роль в долгосрочной перспективе в таджикской энергетической системе.

Также ясно, что такое стратегическое инвестирование для ПРТ не может быть решено на основе периода исследования в 50 лет, а должно рассматриваться как наследие для будущих поколений. Это главный аргумент в пользу самой высокой плотины (НПУ 1290 мнум), что обеспечивает самый длительный срок службы проекта, гарантируя производство недорогой электроэнергии на самый длинный период для таджикской энергетической системы и более обобщенно для Региона как стратегический проект экспорта.

4.3 Устойчивость и долгосрочное управление

Как упоминалось ранее, концу управления сроком службы такого большого ресурса понадобится иметь дело в начале проекта и потребует больших инвестиций (например, тех. обслуживание поверхностного водосброса, используемого для эвакуации речного стока, когда плотина будет заполнена наносом).

Консультант рекомендует обеспечить средства на вывод из эксплуатации как можно раньше, с частью проектных выгод для того, чтобы финансировать эти затраты конца службы. Финансирование такого капитала будет легче для проекта с продленным сроком службы, который обеспечит прибыль на достаточно долгий период времени. Также можно предположить, что инженерные методы будут развиваться в течение срока службы проекта. Это определенно говорит в пользу вариантов с более длительным сроком службы.

4.4 Возможности институциональной рамки водораспределения

Различные предлагаемые варианты Рогунской плотины не повлияют на режим сезонного стока ниже по течению от Нурека. Кроме того, эксплуатация строго

соответствует существующим соглашениям и практике распределения воды. Однако, в этом эксплуатационном режиме самое большое водохранилище при НПУ 1290 м над уровнем моря и среднее водохранилище при НПУ 1255 м над уровнем моря, не будут полностью использованы и имеют большой неиспользованный полезный объем.

Это может представлять потенциальную возможность для сотрудничества в рамках всего бассейна Амударьи, приведя дополнительную емкость, которая возможно может быть мобилизована в засушливые годы для поддержания ирригационных нужд прибрежных стран. Вариант самой высокой плотины предоставляет наибольшие возможности для объема и связанной с ним экономической пользы, которую он может дать. Механизмы сбыта должны быть институционализированы между заинтересованными странами для более эффективного использования, а также обеспечения долгосрочной жизнеспособности такого подхода совместного эффективного водораспределения.

Значительный потенциал для варианта самой высокой плотины (НПУ 1290 м над уровнем моря) и, возможно, средний вариант (НПУ 1255 м над уровнем моря), может быть получен, если международные соглашения могут быть согласованы со странами низовья.

4.5 Безопасность экстремального паводка каскада Вахш

Как поясняется в Главе 3 Тома 3, Вахшский Каскад на сегодняшний день не предназначен для пропуска ВМП. Это в частности так для Нурекской плотины, одной из крупнейших в мире плотин.

Моделирования показывают, что единственные варианты плотины с НПУ 1290 м над уровнем моря и 1255 м над уровнем моря могут безопасно справиться с ВМП и защитить сооружения вниз по течению от перелива. Эта функция не может быть гарантирована вариантом самой низкой плотины, требующим незамедлительные большие работы по модернизации на сооружениях вниз по течению, которые могут соответствовать общему инвестированию до 1 млрд. долл. США для всего каскада.

Ввиду ограниченного ожидаемого срока службы варианта НПУ 1255 м (75 лет), и для того, чтобы гарантировать, что такая позитивная выгода, приводит к безопасности каскада за самый долгий период времени, было бы более эффективно реализовать вариант НПУ 1290 м.

Это также соответствует идее о средствах конца срока службы, что должны быть собраны во время срока службы проекта, чтобы обеспечить финансирование работ по модернизации, необходимых для проектов вниз по течению, чтобы безопасно пропустить ВМП. Инвестиции в 1 млрд. ДСША, в любом случае понадобятся, когда объем водохранилища будет потерян для всех вариантов и, следовательно, в далеком горизонте для варианта самой высокой плотины.

Консультант рекомендует установить систему прогнозирования паводков: во время исключительных лет, когда условия могут быть благоприятными для возникновения паводка масштаба ВМП, уровни водохранилищ Рогуна и Нурека должны быть понижены до наступления паводкового сезона.

4.6 Изменение климата и избежание выброса углерода

Проекты водохранилища оказываются более адаптивными к изменениям расчетного паводка в связи с изменением климата. Дополнительные объемы водохранилища для доступного регулирования потока в двух вариантах самой высокой плотины и неиспользованной в настоящем моделировании может принести больше гибкости, чтобы справиться с изменчивостью гидрологии. Это может быть увеличение в расчетном паводке (ВМП) или лучшем управлении в засушливые годы, в зависимости от эффектов изменения климата в будущем. Это говорит в пользу вариантов с самым большим неиспользованным объемом и дает больше потенциала вариантам плотины повыше.

Более того, выработка из проектов водохранилища может заменить выработку использования ископаемого топлива, что приводит к сокращению выбросов углекислого газа ("CO₂"). Чем больше производится годовая энергия ГЭС, тем выше предотвращаются выбросы и, следовательно, потенциальные выгоды от сокращения выбросов CO₂. Этот аргумент способствует вариантам самой высокой плотины.

4.7 Установленная мощность и пик

План увеличения с наименьшей стоимостью, принятый для Таджикистана и его соседей предполагает, что дополнительная чистая выгода добавления мощности за пределами определенной точки ограничена. Следует отметить, что среднегодовая выработка (измеряемая в МВт-час) от каждого варианта плотины очень похожа и не зависит от установленной мощности. Выгода дополнительной пиковой мощности (измеряемой в мощности МВт, доступной во время пикового спроса) ограничена возможностями линий электропередач и уровнем достижимых цен в Таджикистане и Пакистане (который является основным экспортным рынком для Таджикистана). Это объясняет, почему вариант 3600 МВт при НПУ 1290 м.н.у.м. является менее привлекательным, чем 3200 МВт в соответствии с экономическим анализом, проведенным до сих пор.

Однако есть и другие критерии для рассмотрения, такие как возможность увеличения установленной мощности позднее. Одним из решений может быть оставить одно места для агрегата пустым, и рассмотреть установки другого агрегата на более позднем этапе. Кроме того, если дополнительные затраты на добавление одного агрегата незначительны, следует отметить, что этот дополнительный агрегат может принести больше гибкости в вырабатываемой

системе, позволяя резервные периоды для обслуживания без потери общего годового производства энергии. Дополнительные расходы будут возмещены избежавшей потерей выработки во время технического обслуживания. Это должно быть подробно исследовано в следующей фазе исследований, как финальной оптимизации выбранного варианта.

5 ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ

На основании выше приведенных соображений, консультант рекомендует далее подробно рассматривать вариант самой высокой плотины (НПУ = 1290 м над уровнем моря): Этот вариант станет основным ресурсом в таджикской системе производства энергии, а также на региональном рынке энергоресурсов, обеспечивая устойчивое производство по низкой цене на самый длинный промежуток времени. Он также защитит Вахшский каскад от экстремальных паводков без дополнительных инвестиций на самый длительный период, избегая большие восстановительные работы, что необходимо провести на Каскаде.

Поскольку экономические результаты, предоставляемые разными вариантами установленных мощностей относительно схожи, рекомендуется более подробно изучить заключительную оптимизацию размера агрегата. На основе проведенного анализа для фазы II оказывается, что средней установленной мощности будет достаточно (3200 МВт), из-за разницы в первоначальных капиталовложениях на оборудование и очень маленькой дополнительной выработки энергии от варианта установленной мощности больше.

Был представлен ряд рекомендаций по дальнейшим исследованиям и анализам, которые необходимо провести для детального проекта..

6 ДЕТАЛИ РЕКОМЕНДОВАННОГО ВАРИАНТА

6.1 Плотина

	НПУ = 1290 м.н.у.м.
Гребень плотины	1300 м.н.у.м.
Уровень основания	965 м.н.у.м.
Высота плотины	335 м
Длина гребня	660 м
Ширина гребня	20 м
Уровень ядра гребня	1296.25 м.н.у.м.
Максимальный уровень воды	1293.45 м.н.у.м.
Минимальный эксплуатационный уровень	1185 м.н.у.м.
Полезный объём водохранилища	10 300 млн. м ³
Общий объём водохранилища	13 300 млн. м ³
Среднегодовой приток	20 100 млн. м ³
Откосы плотины	Верховой 2.4 Н/1V Низовой 2 Н/1V
Уровень плотины первой очереди	1110 м.н.у.м.
Толщина ядра гребня	8 м
Откосы ядра	Верховой: 0.5 Н/1V Низовой -0.1 h/1V
Толщина фильтров	Верховой: 2 слоя по 10 м каждый, над минимальным эксплуатационным уровнем и одинслой 10 м под ним Низовой: 2 слоя по 10 м каждый

6.2 Сооружения отвода реки

	НПУ = 1290 м.н.у.м.
Строительный тоннель №1	
<i>Общая длина тоннеля</i>	1439.5 м
<i>Сечение напорного участка (D-образное)</i>	96.55 м ²
<i>Низкий уровень водоприемника</i>	989.60 м.н.у.м.
<i>Верхний уровень водоприемника</i>	1020 м.н.у.м.
<i>Расчетный напор</i>	120 м
<i>Минимальный эксплуатационный уровень</i>	989.60 м.н.у.м.
<i>Максимальный эксплуатационный уровень</i>	1110 м.н.у.м.
<i>Расчетный расход</i>	2490 м ³ /с
Строительный тоннель №2	
<i>Общая длина тоннеля</i>	1420.7 м
<i>Сечение напорного участка (D-образное)</i>	96.55 м ²
<i>Низкий уровень водоприемника</i>	1001.80 м.н.у.м.
<i>Верхний уровень водоприемника</i>	1020 м.н.у.м.
<i>Расчетный напор</i>	120 м
<i>Минимальный эксплуатационный уровень</i>	1001.80 м.н.у.м.
<i>Максимальный эксплуатационный уровень</i>	1110 м.н.у.м.
<i>Расчетный расход</i>	2490 м ³ /с
Строительный тоннель №3	
<i>Общая длина тоннеля</i>	1560 м
<i>Диаметр напорного участка</i>	15 м
<i>Уровень водоприемника</i>	1035.0 м.н.у.м.
<i>Уровень выбросного портала</i>	1023.45 м.н.у.м.
<i>Расчетный напор</i>	150 м
<i>Минимальный эксплуатационный уровень</i>	1035 м.н.у.м.
<i>Максимальный эксплуатационный уровень</i>	1160 м.н.у.м.
<i>Расчетный расход</i>	3694 м ³ /с

Данные относятся к условиям максимального исключительного напора.

6.3 Водосбросные сооружения

6.3.1 Водосбросное сооружение среднего уровня

	НПУ = 1290 м.н.у.м.
Водосбросное сооружение среднего уровня №1	
<i>Общая длина тоннеля</i>	1464.0 м
<i>Диаметр напорного участка (круговой)</i>	15 м
<i>Уровень водоприемника</i>	1083.50 м.н.у.м.
<i>Уровень выбросного портала тоннеля</i>	1077.60 м.н.у.м.
<i>Расчетный напор</i>	150 м
<i>Минимальный эксплуатационный уровень</i>	1100.0 м.н.у.м.
<i>Максимальный эксплуатационный уровень</i>	1215 м.н.у.м.
<i>Расчетный расход</i>	3686 м ³ /с
Водосбросное сооружение среднего уровня №2	
<i>Общая длина тоннеля</i>	1117.0 м
<i>Диаметр напорного участка (круговой)</i>	15 м
<i>Уровень водоприемника</i>	1140 м.н.у.м.
<i>Уровень выбросного портала тоннеля</i>	1026.80 м.н.у.м.
<i>Расчетный напор</i>	150 м
<i>Минимальный эксплуатационный уровень</i>	1215 м.н.у.м.
<i>Максимальный эксплуатационный уровень</i>	1270 м.н.у.м.
<i>Расчетный расход</i>	3710 м ³ /с

Данные относятся к условиям максимального исключительного напора.

6.3.2 Тоннели высокого уровня

	НПУ = 1290 м.н.у.м.
Тоннель высокого уровня №1	
<i>Общая длина тоннеля</i>	1264.1 м
<i>Диаметр напорного участка (подковообразный)</i>	10 м
<i>Уровень водоприемника</i>	1190 м.н.у.м.
<i>Уровень выбросного портала тоннеля</i>	1177.70 м.н.у.м.
<i>Уровень выбросного сооружения</i>	1000.00 м.н.у.м.
<i>Длина водосброса</i>	440.3 м
<i>Расчетный напор</i>	100 м
<i>Минимальный эксплуатационный уровень</i>	1190 м.н.у.м.
<i>Максимальный эксплуатационный уровень</i>	1290 м.н.у.м.
<i>Расчетный расход</i>	1570 м3/с
Тоннель высокого уровня №2	
<i>Общая длина тоннеля</i>	1410.1 м
<i>Диаметр напорного участка (подковообразный)</i>	10 м
<i>Уровень водоприемника</i>	1190 м.н.у.м.
<i>Уровень выбросного портала тоннеля</i>	1176.57 м.н.у.м.
<i>Уровень выбросного сооружения</i>	1000 м.н.у.м.
<i>Длина водосброса</i>	415.9 м
<i>Расчетный напор</i>	100 м
<i>Минимальный эксплуатационный уровень</i>	1190 м.н.у.м.
<i>Максимальный эксплуатационный уровень</i>	1290 м.н.у.м.
<i>Расчетный расход</i>	1570 м3/с
Тоннель высокого уровня №3	
<i>Общая длина тоннеля</i>	
<i>Диаметр напорного участка (подковообразный)</i>	
<i>Уровень водоприемника</i>	
<i>Уровень выбросного портала тоннеля</i>	
<i>Уровень выбросного сооружения</i>	
<i>Длина водосброса</i>	
<i>Расчетный напор</i>	
<i>Минимальный эксплуатационный уровень</i>	
<i>Максимальный эксплуатационный уровень</i>	
<i>Расчетный расход</i>	

Данные относятся к условиям максимального исключительного напора.

6.3.3 Многоуровневые водоприемники

	НПУ = 1290 м.н.у.м.
<i>Длина разработанных водоводов водоприемника</i>	312.5 м
<i>Внутренние размеры водоводов</i>	16 x 12 м
<i>Уровень верхних напорных водоприемников (агрегаты 1, 2, 5, 6)</i>	1167 м.н.у.м.
<i>Уровень нижних напорных водоприемников (агрегаты 3, 4)</i>	1152 м.н.у.м.
<i>Количество активных входных порталов водоприемника</i>	4
<i>Уровень верхних активных входных порталов водоприемника</i>	1179.3 м.н.у.м.
<i>Уровень нижних активных входных порталов водоприемника</i>	1104.3 м.н.у.м.
<i>Расчетный напор на затворах напорных водоприемников</i>	140 м

6.3.4 Поверхностный водосброс

	НПУ = 1290 м.н.у.м.
Первый этап	
<i>Количество модулей</i>	1
<i>Количество тоннелей</i>	2
Финальный этап	
<i>Количество модулей</i>	3
<i>Количество тоннелей</i>	6
Ширина тоннеля (D-образная)	9.40 м
Высота тоннеля (D-образная)	15 м
Высота падения	224 м
Количество промежуточных водосбросов	2
Ширина промежуточных водосбросов	33 м
Расчетный расход (ВМП)	7800 м ³ /с
Уровень порога	1284 м.н.у.м.
Уровень конца носка отброса струи	1060 м.н.у.м.
Минимальный эксплуатационный уровень	1284 м.н.у.м.
Максимальный эксплуатационный уровень	1300 м.н.у.м.

6.4 Машинный зал и электромеханическое оборудование

Общая установленная мощность (МВт)	3600	3200	2800
Количество агрегатов	6	6	6
Количество повторно использованных агрегатов (*)	2	2	2
P _{max} (МВт)	615	533.3	466.7
P _{min} (МВт)	360	270	245
Напор - Н _{макс} (м)	320	320	320
Напор - Н _{мин} (м)	185	185	185
Напор - Н _{расчетный} (м)	285	285	285
Об/мин	166.7	166.7	166.7