



# Технико-экономическая оценка по предлагаемому проекту

## Рогунской ГЭС

Мнение по поводу Фаз 0 и I

и последняя информация о статусе

Оценочных исследований

Обмен информации и консультации с

представителями стран речного бассейна

17/18/20 октября 2013 г.

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

*Авторы презентации: Р. Джилл (Председатель), Л.  
Спасик-Грил, Проф. П. Маринос*

# Мнение членов Группы экспертов по поводу инженерно-технических вопросов и безопасности плотины

Тема	Группа экспертов по инженерно-техническим вопросам и вопросам безопасности плотины
Комментарии по поводу процесса оценки	Роджер Джилл (Председатель)
Соляной купол и подземные выработки	Проф. Пол Маринос
Строительные туннели, Другие подземные сооружения и строительные материалы	Лилиана Спасик-Грил
Имеющееся оборудование для производства электроэнергии	Роджер Джилл (по материалам Джона Гаммера)

# КОММЕНТАРИИ ПО ПОВОДУ ПРОЦЕССА ОЦЕНКИ

- Группа экспертов по инженерно-техническим вопросам и вопросам безопасности плотины может заверить, что оценочные исследования, над которыми работает Консультант, самым тщательным образом изучаются и проверяются ГЭ и Всемирным банком.
- Консультант с готовностью принимает конструктивные рекомендации, и члены ГЭ могут быть уверенными в том, что поднятым вопросам уделяется должное внимание.
- ГЭ в настоящий момент занимается рассмотрением возможности завершения особо важных исследований управления наносами и ждет продвижения экономического и финансового анализа.

# Оценка ГЭ статуса исследований

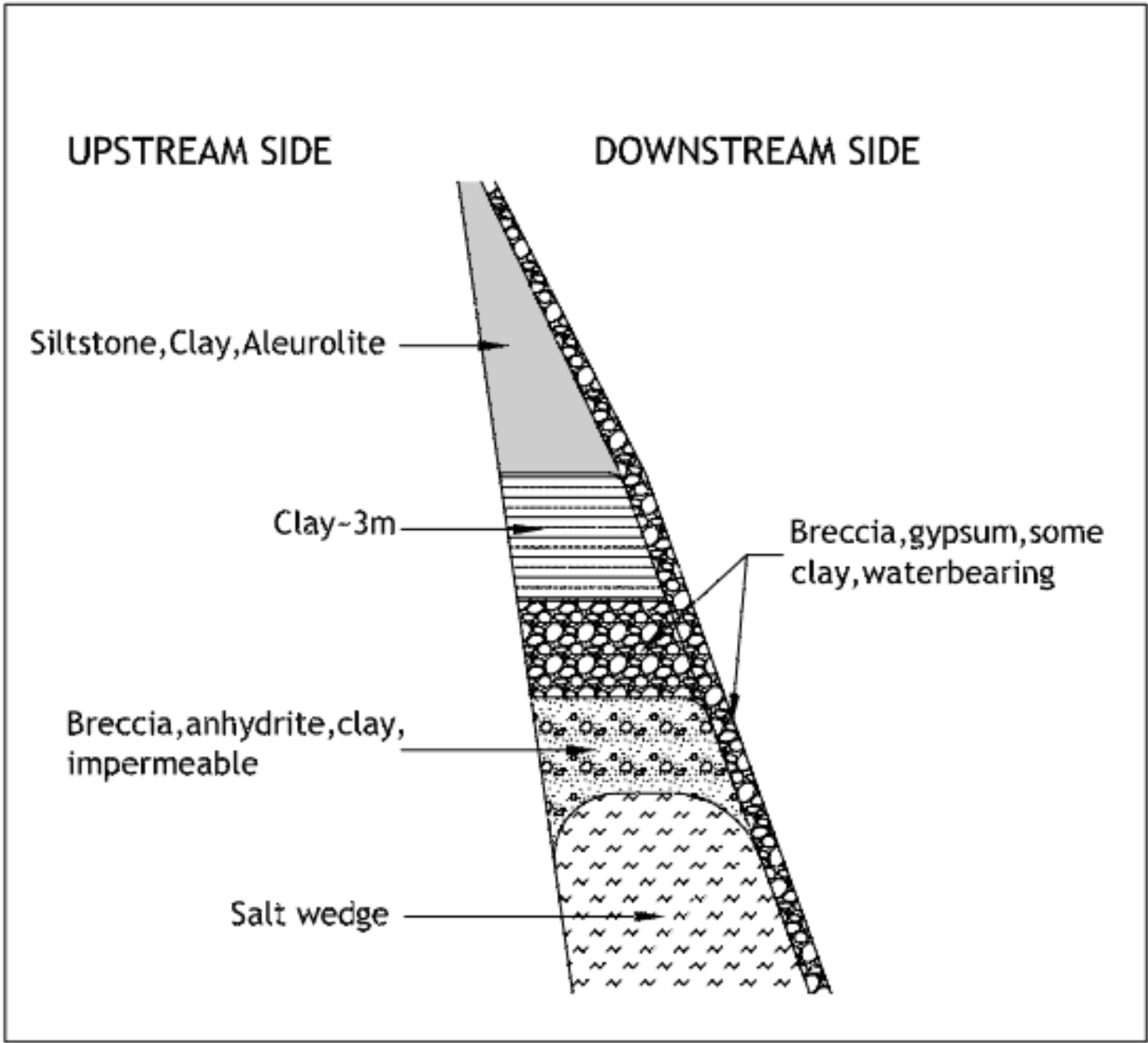
Текущая деятельность	Комментарии
Критерии инженерного проектирования	Обнародованы в октябре 2012 г. и представлены на обсуждение в рамках Консультаций 2012 года.
Этап 0 – Геотехническое исследование соляного купола	Обзор отчета опубликован: ГЭ представит свои комментарии в октябре 2013 г.
Этап 1 – Оценка выполненных работ – подземные выработки, строительные туннели и имеющееся оборудование	Обзор отчета опубликован: ГЭ представит свои комментарии в октябре 2013 г.
Этап 2: Технико-экономическая оценка	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Исследование геологии</li> <li>• Исследование гидрологии</li> <li>• Исследования сейсмичности</li>   <li>• Управление наносами</li> <li>• Имитационное моделирование эксплуатации водохранилища</li> <li>• Исследование безопасности в условиях высоких паводков</li>   <li>• Экономический и финансовый анализ</li> </ul>	<p>Завершено и рассмотрено в рамках консультаций в феврале 2013 г.</p> <p>Завершено и рассмотрено в рамках консультаций в феврале 2013 г.</p> <p>Исследования близки к завершению, работа признана удовлетворительной.</p> <p>Важный вопрос: продолжает рассматриваться.</p> <p>Продолжается: Объем стока ниже Нурекской ГЭС должен оставаться в пределах исторических значений</p> <p>Продолжается: Заполнение Рогунского водохранилища должно способствовать повышению гидрологической безопасности нижележащих плотин</p> <p>Сбор данных идет полным ходом, включая окончательную оценку затрат</p>

# **СОЛЯНОЙ КУПОЛ В ОСНОВАНИИ ПЛОТИНЫ И ВОДОХРАНИЛИЩА**

Проф. Пол Маринос

## Тезисы:

Соляной купол залегает в верховой части оси плотины вдоль нестабильного Йонахшского разлома, и если не будет найден эффективный способ предотвращения растворения под действием потенциального гидравлического давления, эта проблема может повлиять на осуществимость всего проекта.



## Данные и анализ:

- Структурная геометрия и гидрогеологические характеристики хорошо изучены, включая важность глинистого покрытия, которое обеспечивает плотность и целостность соляного пласта.
- Приняты к сведению процессы выщелачивания и подъема соляного купола, а анализ, проведенный Консультантом по ТЭО, признан приемлемым.
- Существует две модели – одна была разработана Консультантом, а вторая, более ранняя, принадлежит Институту «Гидропроект» (ИГП). В результатах моделирования с использованием этих двух моделей нет значительных расхождений, что подтверждает правильность сделанных выводов и целесообразность предложенных мер по минимизации рисков.
  - Имеющиеся расхождения обусловлены значениями использованных параметров, поскольку значения ИГП основывались на нескольких допущениях
  - Хотя дополнительные данные, полученные в ходе недавнего длительного испытания по откачке, представляют определенную ценность, для модели Консультанта также необходимо сделать несколько допущений.



## Данные и анализ (продолжение):

- Члены ГЭ считают вполне обоснованным выбор значений, используемых в качестве входных параметров модели, принимая во внимание существующие неопределенности.
- Два наиболее важных входных параметра основаны на допущениях в отношении:
  - Скорости подъема соляного пласта и процента поверхности соляного пласта, покрытой глиной.
  - Только параметрический анализ может позволить решить проблему существующих неточностей, и мы одобряем способ решения вопроса и согласны с использованием коэффициента запаса, равного 3.
  - После ознакомления с геологическими условиями в месте возведения опор мы пришли к выводу, что скорость подъема соляного пласта вероятно ниже изначально определенной (2,5 см/год).

## Данные и анализ (продолжение):

- Различные сценарии, предполагающие разную скорость подъема соляного пласта, были рассмотрены для плотины Этапа 1 и Основной плотины с учетом продолжительности воздействия в рамках каждой ситуации.
  - Вероятность развития сценария с наиболее неблагоприятными предположениями крайне мала.
  - Ситуация с образованием больших полостей, которая рассматривается в ряде сценариев, неприемлема.
- Для урегулирования такой экстремальной ситуации еще до ее развития необходимы соответствующие меры по минимизации рисков и своевременному обнаружению любой проблемы.
- Можно обоснованно предположить, что подъем соляного пласта примет на себя призма плотины.

## Защита/меры по минимизации рисков:

- Принцип обеспечения равновесия в отношении гидравлического напора по обеим сторонам соляного купола с целью устранения гидравлического давления, представляющего собой основной стимулирующий фактор выщелачивания, является абсолютно верным. Теоретически это может решить проблему.
- Цементационная завеса над непрopusкающим воду слоем пласта (глинистое покрытие и плотная солевая масса) обеспечивают дополнительную пассивную защиту. Значительная часть этой завесы уже сооружена.
- Необходимы и гидравлическая завеса, и цементация. Это позволит компенсировать возможные недостатки каждого из этих решений по отдельности. И следует отметить, что такие недостатки могли бы иметь место даже в случае наличия возможности получения более точных данных.

## Защита/меры по минимизации рисков (продолжение):

- При сооружении этих завес необходимо обеспечить большой запас прочности (с учетом наихудших прогнозов) и разработать четкие операционные процедуры, выполнение которых будет строго контролироваться.
- Члены ГЭ согласны с отказом от 3-его уровня защиты с использованием соляной завесы, поскольку это приведет к засорению нагнетательных скважин и потребует слишком большого количества соли.

## Мониторинг:

- ГЭ поддерживает предложение Консультанта по поводу специально разработанных контрольных мероприятий, которые позволят на постоянной основе следить за эффективностью мер по минимизации рисков, включая:
  - Установку пьезометров,
  - Определение проводимости воды для оценки потенциального растворения,
  - Измерение смещений и деформаций в пределах соляного купола и окружающей породы при помощи инклинометров,
  - Микрогравиметрические методы оценки подъема соляного пласта или образования полостей,
  - Гидролокация напорной грани плотины после заполнения водохранилища с целью выявления аномальных деформаций.
- Существующая модель, которая подлежит калибровке с использованием данных, полученных в ходе мониторинга, должна применяться в качестве средства прогностической диагностики в течение всего срока эксплуатации плотины.

## Дополнительные меры в случае неудачи:

- Такое же важное значение имеют дополнительные (восстановительные) меры, которые в случае неэффективности первоначально предусмотренных мер потребуют:
  - Повторной цементации или переустановки гидравлической завесы с гребня плотины, предусмотренной Этапом 1
  - Сложных работ на Основной плотине, например, направленного бурения скважин с берегов.

## СОЛЯНОЙ КУПОЛ – ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- ГЭ одобряет заключение консультанта по поводу осуществимости проекта в чрезвычайно неблагоприятных условиях, обусловленных интрузией эвапоритов в основание плотины.
  - Это заключение сделано с учетом внедрения комплексной системы мониторинга, которая будет функционировать без перебоев, и при условии, что для любого случая неэффективности будут предусмотрены исправительные меры.

# **ВЫРАБОТКА МАШИННОГО ЗАЛА**

Проф. Пол Маринос



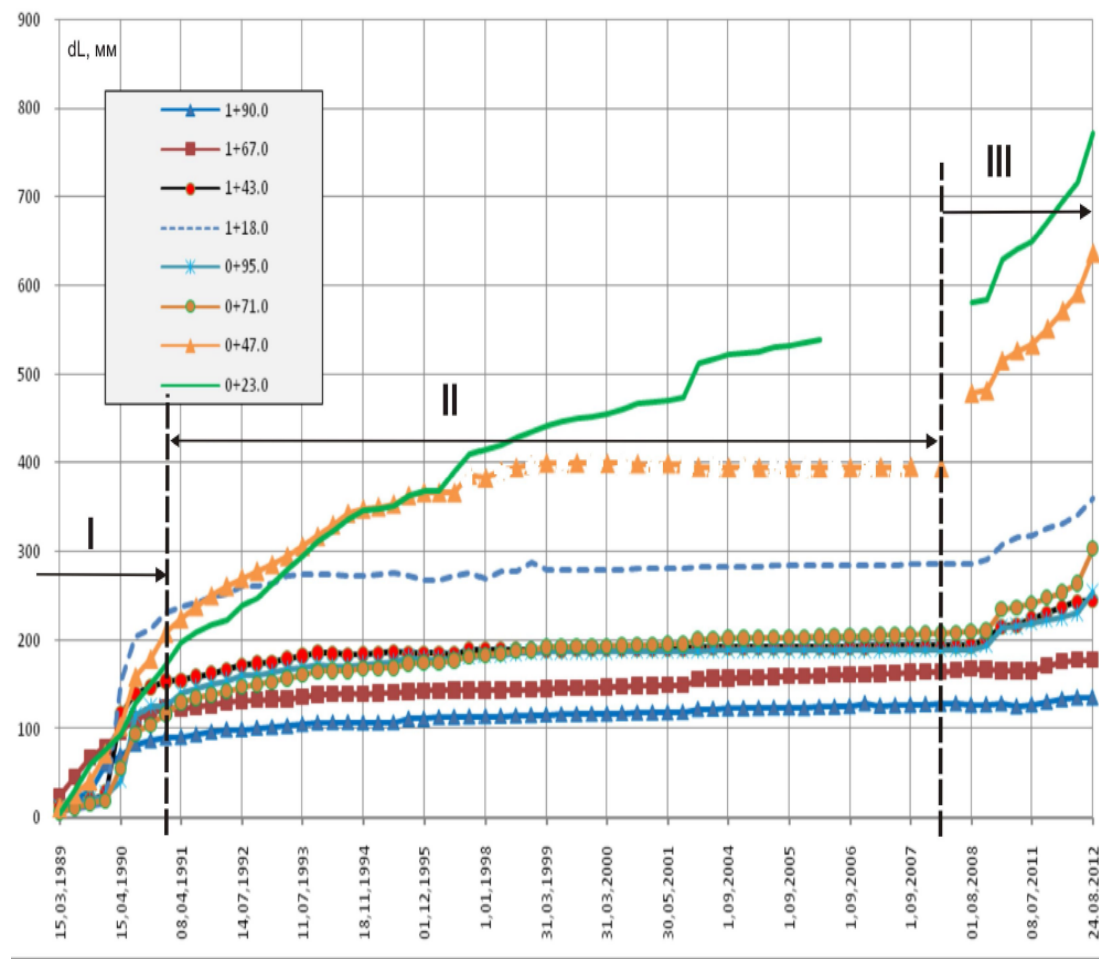
## Тезисы:

- Машинный зал расположен в выработке, состоящей из песчаника и алевролита, причем последний в основном можно обнаружить в месте установки 5 и 6 Агрегатов. Размеры машинного зала: 21 м в ширину, 69 м в высоту и 220 м в длину. К настоящему моменту выполнена значительная часть экскавационных работ (более 30 м в высоту).
- Зависящие от времени деформации наблюдаются с конца 80-х гг., и в этой связи возникают вопросы по поводу усиления ползучести пород и вероятности нарушения устойчивости преимущественно на участках залегания алевролита.
- В апреле 2013 г. члены ГЭ организовали независимую проверку строительной площадки с целью анализа условий и измерения конвергенции, а Консультант в это же время занимался отбором образцов для испытаний.

## Ситуация с деформациями:

- Была зафиксирована значительная конвергенция стен выработки, на участках залегания алевролита составившая 600 мм в середине 2008 г. и около 750 мм в августе 2012 г.





*Конвергенция, представленная на графике в отчете ИГП за 2012 г.*

*Примечание: шкала времени не поделена на равные отрезки, и градиент конвергенции на самом деле ниже.*

*Значения должны соответствовать конвергенции прохода выработки, но<sub>19</sub> не конвергенции ее стен.*

## Причины:

- По результатам проверки в апреле 2013 г. члены ГЭ предположили, что именно возможное прогрессирующее повреждение породы в сочетании с износом систем крепей, установленных в конце 80-х гг., является причиной зависящих от времени деформаций, а не постепенное ухудшение качества петрографического состава вследствие размягчения алевролита. Эта проблема может быть эффективно решена посредством установки дополнительных опор в боковые стены.
- Члены ГЭ согласны с необходимостью численного моделирования на основе всех новых данных, полученных в ходе измерений, и результатов лабораторных испытаний с использованием модели ИГП (3D модель) и модели Консультанта по ТЭО (2D модель) с целью решения вопроса по поводу практической возможности установки Агрегатов 5 и 6 на участке залегания алевролита.



*Повреждение алевролитовой породы под бетонными подкосами после экскавационных работ*





Образцы (керны) алевrolита, изъятые из породы за бетонными креплениями на глубине +999.

Эта область соответствует верхней части выработки, проходка которой была произведена 20 лет назад.

Изменений в основных характеристиках породы выявлено не было.

## **Рекомендации Консультанта:**

В своем отчете Консультант рекомендует принять меры по стабилизации выработок Агрегатов 5 и 6 до продолжения любых работ по проходке. Меры по стабилизации должны включать:

- a) установку анкерных крепей длиной 35 м по обеим сторонам обеих выработок выше текущего уровня экскавационных работ от свода и книзу с целью уменьшить/ограничить скорость движения; и
- b) укрепление и стабилизацию сильно поврежденного массива породы в «опорной зоне» между двумя выработками. Это будет достигнуто посредством установки Мультипакерной системы труб с муфтовыми соединениями, которая укрепит массивы породы, а также будет использоваться для укрепления грунта цементным раствором.

## Комментарии и выводы ГЭ

Члены Группы экспертов по инженерно-техническим вопросам и вопросам безопасности плотины полагают, что предлагаемые меры по стабилизации реально позволят обеспечить устойчивость выработок.

Однако ГЭ дополнительно рекомендует следующее:

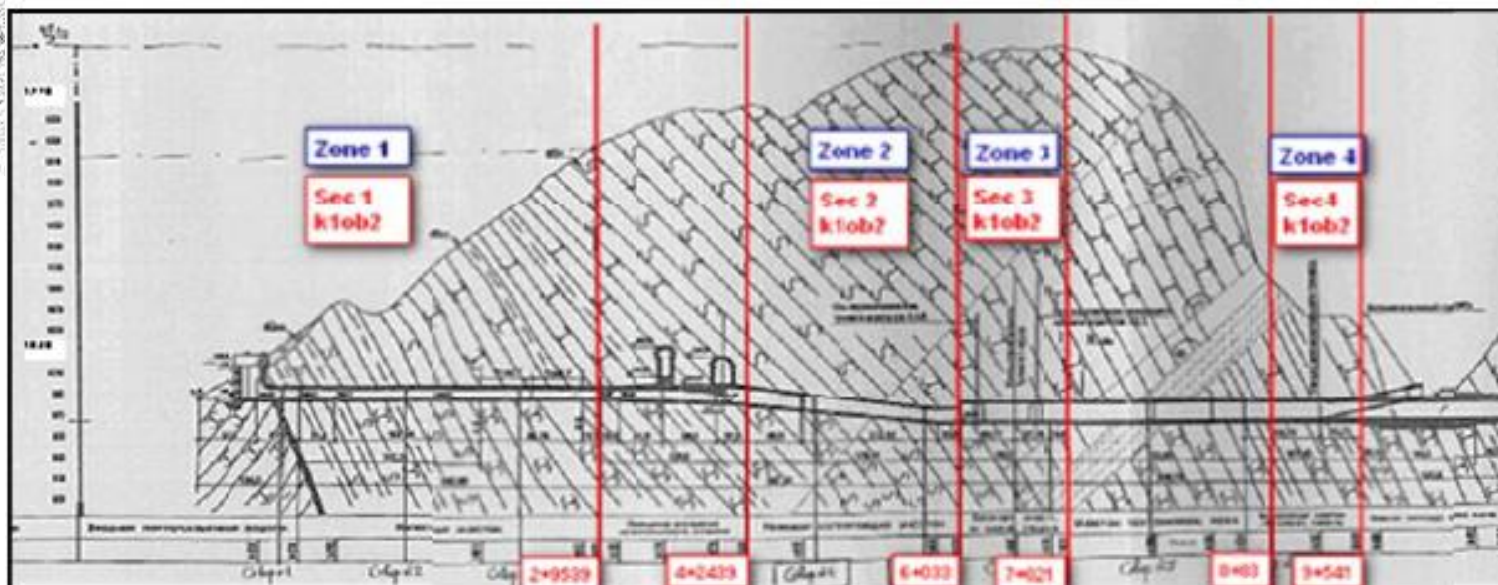
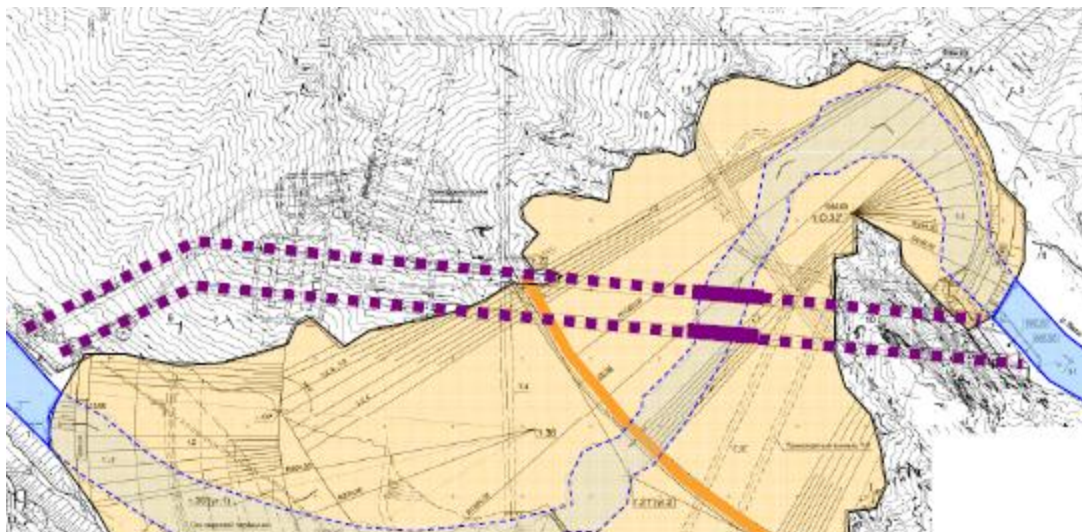
- a) Продолжать мониторинг смещений пород в выработках;
- b) Модернизировать вычислительную модель с целью учета новых величин смещения и дополнительных результатов лабораторных испытаний;
- c) Определить объем предлагаемых работ по стабилизации в «опорной зоне».
- d) Определить другие практически осуществимые меры по укреплению «опорной зоны» и заложить в бюджет проекта достаточную сумму на покрытие непредвиденных расходов в процессе составления сметы.
- e) По мнению ГЭ, установка распорок в выработках по мере продвижения экскавационных работ является еще одним решением наряду с новыми анкерными креплениями
- f) Перед детальным проектированием провести полевые испытания анкерных креплений, включая испытания на прочность при статической нагрузке и выдергивание для анкеров и оголовков анкеров и полевые испытания зацементированной породы. Расходы на эти мероприятия следует включить в смету расходов на работы по стабилизации.



# СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТОННЕЛИ

Лиана Спасик-Грил

# Строительные тоннели СТ1 и СТ2



# Строительные тоннели СТ1 и СТ2

Консультант по ТЭО выполнил:

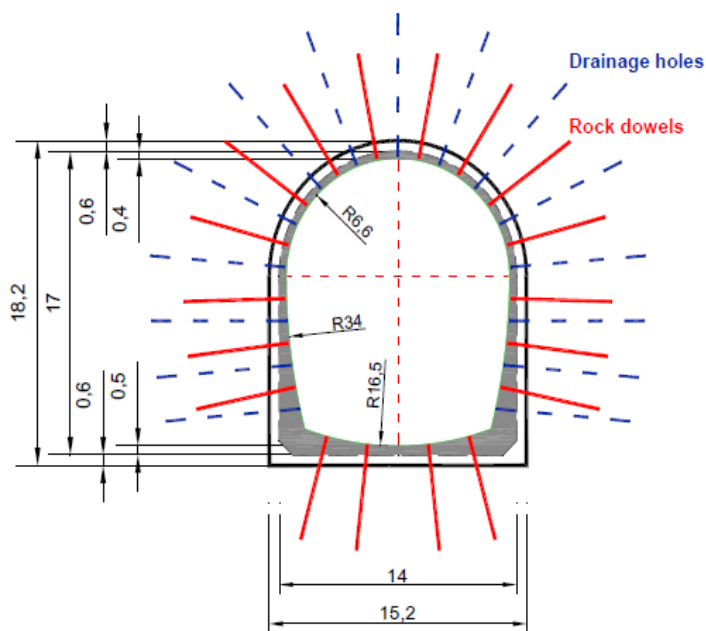
- Проверку состояния тоннелей;
- Соответствующие испытания (на прочность бетонных крепей и проницаемость породы);
- Оценку нагрузок на тоннели (нагрузка горных пород, гидростатическое давление и сейсмическая нагрузка) в соответствии с международными стандартами и в сравнении с оригинальным дизайном.

# Строительные тоннели СТ1 и СТ2

Результаты, полученные Консультантом по ТЭО:

- Тоннели СТ1 и СТ2 не отвечают техническим требованиям в отношении безопасности и эксплуатационной надежности, предусмотренным признанными на международном уровне стандартами и критериями проектирования;
- В отношении тоннелей следует выполнить значительный объем работ по устранению недостатков;
- Особое внимание следует уделить областям, которые пересекают разломы Р70 и Р35.

# Строительные тоннели СТ1 и СТ2 – рекомендуемые меры по устранению недостатков



- Проложить дренажные системы через крепи тоннелей или дренажные штольни;
- Укрепить конструкции, добавив дополнительные железобетонные крепи и полностью покрытые цементом штыри;
- Вмонтировать высокопрочные штанговые крепи для стабилизации дна тоннелей на некоторых участках;
- Дополнительно зацементировать те участки тоннелей, где была зафиксирована высокая проницаемость пород;
- Предпринять специальные меры в отношении участков тоннелей, которые пересекают разломы Р70 и Р35, которые позволят предусмотреть относительное движение сегментов тоннеля.

# Строительные туннели СТ1 и СТ2

*Члены ГЭ согласны с:*

- Проведенными оценками;*
- Использованной методологией;*
- Предложенными мерами по устранению недостатков, которые были приведены для всех модификаций.*

# **ДРУГИЕ ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ**

Лиана Спасик-Грил

# Другие подземные сооружения

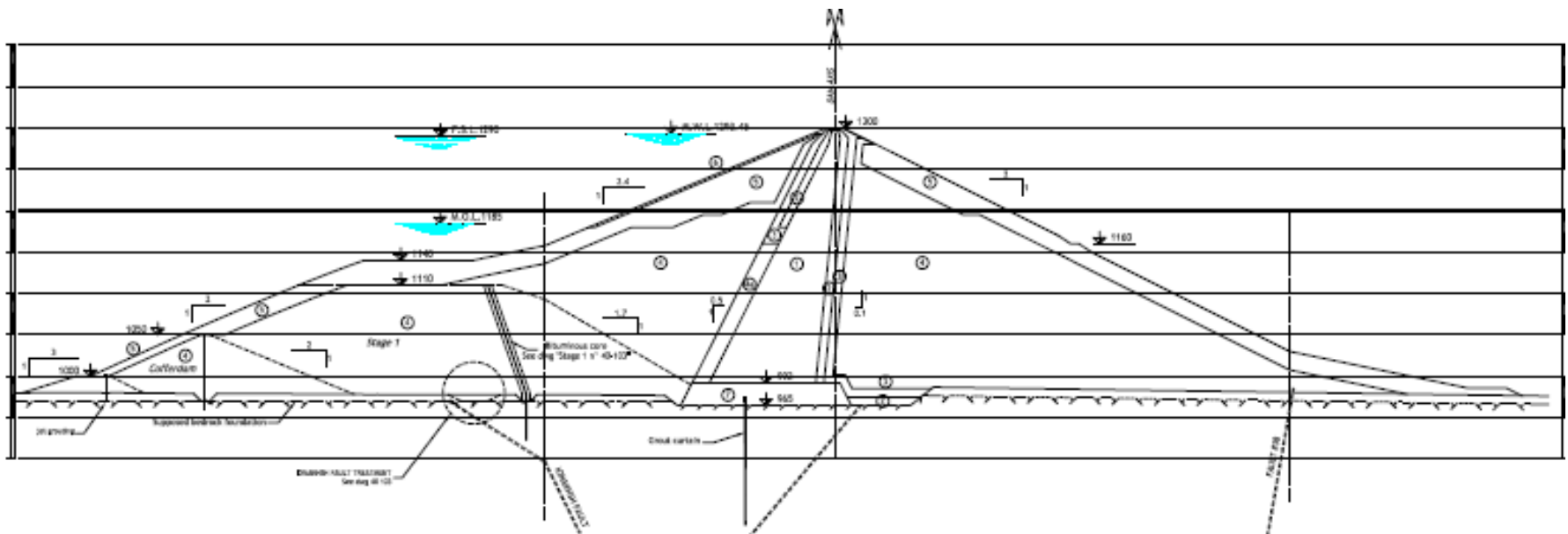
- Некоторые другие подземные сооружения, главным образом постоянные и временные транспортные тоннели, были тщательно проверены Консультантом с целью отражения всех дефектов и представления рекомендаций относительно возможных мер по устранению недостатков;
- Признаков неустойчивости сооружений не отмечено;
- Тем не менее, были замечены дефекты, связанные с покрытием поверхности футеровки, наличием раковин в бетоне, оголенной стержневой арматурой и неконтролируемым притоком воды. Хотя данные недостатки необходимо устранить, в целом, они не нарушают условий техники безопасности;
- *ГЭ по инженерно-техническим вопросам и вопросам безопасности плотины согласна с рекомендациями.*



# **СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Лилиана Спасик-Грил

# Плотина – Типовое сечение



# Строительные материалы– объемы для модификации 1300м

	Часть плотины	Количество
	<i>[-]</i>	<i>[м³]</i>
1	Ядро	6 992 490
2-3	Фильтры тонкой очистки	5 621 610
	Фильтры грубой очистки	
4	Материалы для призм плотины	43 063 864
5	Насыпь из скальной породы/ Ракушечник	17 365 059
6	Мелкий щебень	555 675
7	Бетонная плита под ядром	354 405
<b>Итого</b>	<i>(не включая бетонную плиту)</i>	<b>73 697 698</b>

# Строительные материалы– объемы для модификации 1265м

Модификация 1 265 м	Часть плотины	Количество
	<i>[-]</i>	<i>[м<sup>3</sup>]</i>
1	Ядро	5 130 207
2-3	Фильтры тонкой очистки	3 383 714
	Фильтры грубой очистки	
4	Материалы для призм плотины	33 182 921
5	Насыпь из скальной породы/ Ракушечник	12 475 052
6	Мелкий щебень	368 629
7	Бетонная плита под ядром	329 782
<b>Итого</b>	<i>(не включая бетонную плиту)</i>	<b>54 540 523</b>

# Строительные материалы– объемы для модификации 1230м

Модификация 1 230 м	Часть плотины	Количество
	<i>[-]</i>	<i>[м<sup>3</sup>]</i>
1	Ядро	3 714 728
2-3	Фильтры тонкой очистки	3 366 184
	Фильтры грубой очистки	
4	Материалы для призм плотины	18 924 605
5	Насыпь из скальной породы/ Ракушечник	9 352 361
6	Мелкий щебень	302 589
7	Бетонная плита под ядром	308 811
<b>Итого</b>	<i>(не включая бетонную плиту)</i>	<b>35 660 467</b>

# Строительные материалы

Четыре карьера/карьерные зоны считаются подходящими для поставки строительных материалов:

- Карьерная зона 15 (К315): материал для аллювиальных призм, фильтры и инертный материал для бетона;
- Отвалы с карьерной зоны Лябидора, используемые для переходного участка и фильтров (основной источник);
- Карьерная зона 17 (К317): ядро плотины;
- Карьер 26 (К26) : ракушечник и мелкий щебень.

# Строительные материалы: Выводы

- Необходимые для плотины объемы материалов имеются в карьерах / карьерных зонах и смежных хранилищах;
- КЗ 17: материал для ядра плотины – потребуются доработка (добавка мелкого материала из другого источника (КЗ 21) для повышения водонепроницаемости; удаление частиц >200 мм; кроме того, необходимо снизить абсолютную влажность). Эти дополнительные меры были учтены в смете затрат;
- КЗ 15: Следует уделить особое внимание своевременному извлечению материала, поскольку данная карьерная зона будет затоплена на ранних этапах строительства.

# Транспортировка материала для строительства плотины

- Перемычка: использование грузовых автомобилей/самосвалов;
- Основная плотина: использование транспортной системы (частично снаружи и частично в туннелях);
- Консультант рекомендует спроектировать и установить новую транспортную систему, поскольку:
  - Имеющееся оборудование невозможно отремонтировать экономически оправданным способом;
  - Технология транспортеров была усовершенствована с момента разработки транспортной системы Рогун 30 лет назад. Значительно улучшилось качество работы как электромеханических частей, так и ремней.



# **ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

Роджер Джилл

(по материалам Джона Гаммера)

## **Имеющееся электромеханическое оборудование:**

- Члены ГЭ, несмотря на отчет Джона Гаммера, провели оценку состояния электромеханического оборудования, которое уже было приобретено и находится в складском помещении.

## **Комментарии ГЭ:**

- машинный зал хорошо спроектирован с точки зрения функциональности, и необходимость в существенных изменениях оборудования отсутствует. Внимание сосредоточено на мерах, требуемых для предупреждения загрязнения каналов нефтью.

- на момент своего изготовления агрегаты были хорошо спроектированы, и не требуют существенной модификации. Однако рекомендуется пересматривать окончательную конструкцию постоянных подвижных блоков (которые еще не были изготовлены), используя современные методы вычислительной гидродинамики, с целью повышения эффективности и качества работы.

- следует провести оценку предрасположенности гидравлических каналов турбин к повреждениям в результате заиливания.

## **Комментарии ГЭ относительно имеющегося электромеханического оборудования (продолжение):**

- Поэтапная разработка в соответствии с первоначальным вариантом является как безопасной, так и рациональной. Единственная проблема предвидится в потере генерируемой мощности в ходе модификации турбин и генераторов. Рекомендуется рассмотреть вариант с генераторами с переменной скоростью вращения для Агрегатов 6 и 5, поскольку он предусматривает возможность получения значительных экономических выгод в результате непрерывной выработки электроэнергии и повышения КПД турбин в течение длительного производства электроэнергии.

# Заключение – Основные вопросы по Фазе 1

По результатам всесторонней оценки и проверок на объекте члены ГЭ по инженерно-техническим вопросам и вопросам безопасности плотины пришли к следующим заключениям:

- предлагаемый комплекс мер по стабилизации реально позволит обеспечить устойчивость выработок машинного зала;
- меры по устранению недостатков, предложенные в отношении строительных туннелей СТ1 и СТ2, являются необходимыми и целесообразными;
- потребуются устранить некоторые дефекты в других подземных сооружениях, но в целом они не нарушают условий техники безопасности;
- объемы материала, необходимого для плотины, имеются на строительной площадке, но качество карьерной зоны, из которой планируется получать материал для ядра плотины, следует улучшить путем добавления мелкого материала из другого источника для повышения водонепроницаемости;
- на момент своего изготовления имеющееся оборудование для агрегатов 5 и 6 было хорошо спроектировано и не требует существенной модификации.