



ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА РОГУНСКОЙ ГИДРОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

ОСНРС BARKI TOJIK

Геологическое и геотехническое исследование соляного купола в основании плотины и в водохранилище

Обзор

Отчет о Фазе 0

СОДЕРЖАНИЕ

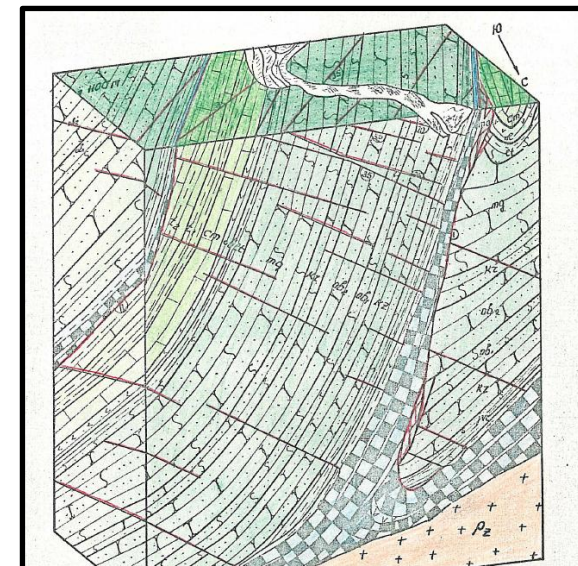
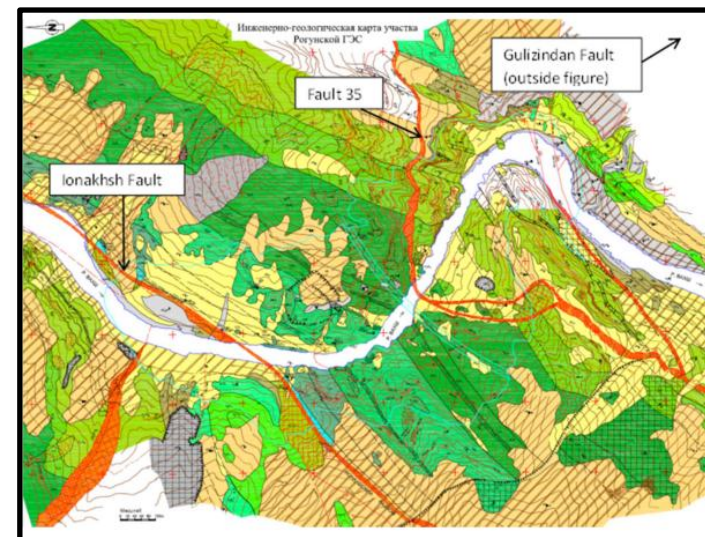
- Цели исследования
- Методы работы
- Оценка
- Рекомендации
- Выводы

- В рамках проведения Фазы 0 Консультант выполнит **оценку рисков** в отношении влияния соляного купола на **безопасность плотины**. Оценка будет проводиться на основании **существующей документации и визуальных обследований**. В случае необходимости Консультант может рекомендовать проведение **дополнительных исследований**. Оценка должна включать **рекомендации** относительно возможных **вариантов подготовки**, остаточных рисков во время эксплуатации Рогунской ГЭС и мер по управлению ими. На основании этих рекомендаций Консультант предложит Заказчику **наиболее оптимальный план действий**.

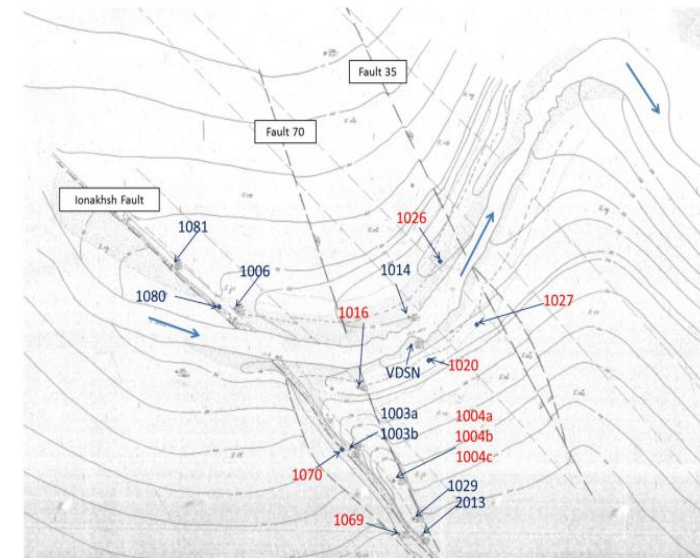
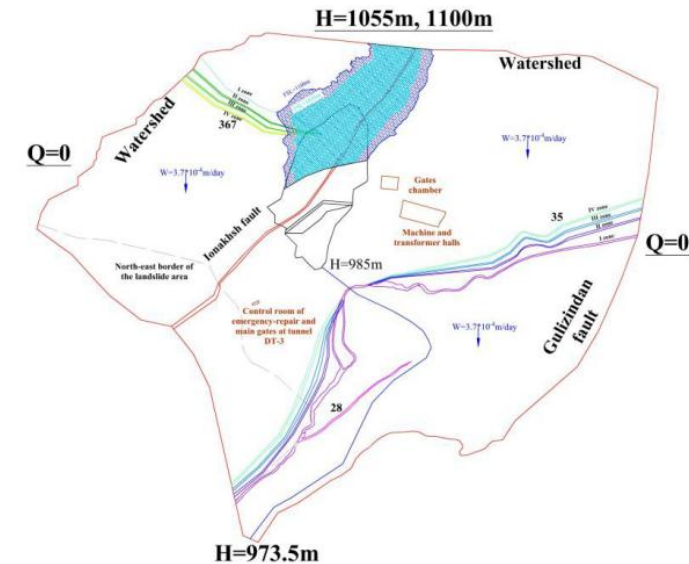
- В настоящем отчете представлены рассмотренные Консультантами возможные сценарии растворения соли, а также предлагаемые меры по предупреждению последствий, контролю и коррекции.
- Данный отчет представляет решение одной из первых поставленных задач в рамках Технических заданий (Отчет о Фазе 0). Он также включает оценку затрат на восстановительные мероприятия, представляющих собой основную часть сметы затрат на проведение Фазы II.

СОЛЯНОЙ КУПОЛ – ОПРЕДЕЛЕНИЕ

- Соль, залегающая в Йонахшском разломе
 - Йонахшский разлом пролегает через участок Рогунской плотины в северо-восточном – юго-западном направлении
 - В пределах Йонахшского разлома установлено наличие соли
 - Соляное тело (соляной купол) было тщательно исследовано, и наблюдается его клинообразная форма на протяжении 1 км разлома с центром на Реке (толщина соляного клина увеличивается на 15 м на каждые 100 м глубины)
 - Из-за своей специфической геометрии эта структура будет называться соляным клином Йонахшского разлома
- В мире существует очень немного аналогов такой специфической особенности
- Этот вопрос требует решения, так как заполнение водохранилища может увеличить гидравлический градиент. Если его не уменьшить, гидравлический градиент способен привести к растворению соляного тела и образованию полости, которая может представлять опасность для тела плотины



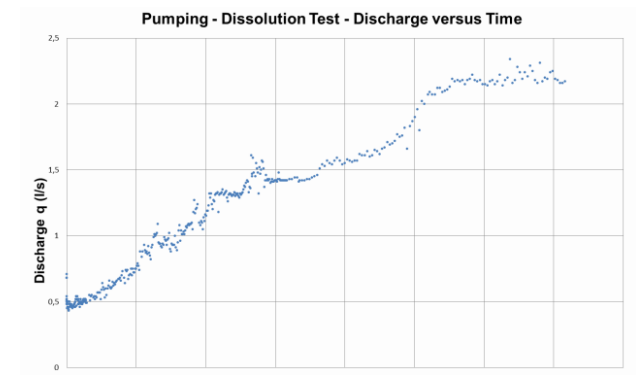
- Анализ предыдущих оценок и имеющихся данных
 - Анализ существующих моделей и литературы со времени реализации проекта 1978 года
 - Тщательный анализ модели ИГП, которая нуждается в усовершенствовании и рекалибровке (в части гидравлической проводимости)
 - Анализ мер по снижению степени риска, предусмотренных в первоначальном проекте: гидравлическая завеса, соляная завеса, цементация пород над оголовком пласта соли.
- Определение **ключевых параметров**, влияющих на результаты
- Анализ **чувствительности модели** к этим параметрам
- Анализ **надежности данных**, определяющих эти ключевые параметры и рекомендации в отношении проведения дополнительных обследований



- Сбор данных об участке

- Использование имеющихся данных, полученных в ходе проводимых исследований (показания пьезометра...)
- Посещение участка с целью сбора данных (измерение расхода жидкости, химический анализ источников)
- 18 скважин, оборудованных наблюдательными колодцами и средствами контроля
- Проведение в декабре 2012 года масштабного испытания на растворимость при откачивании в одной из скважин

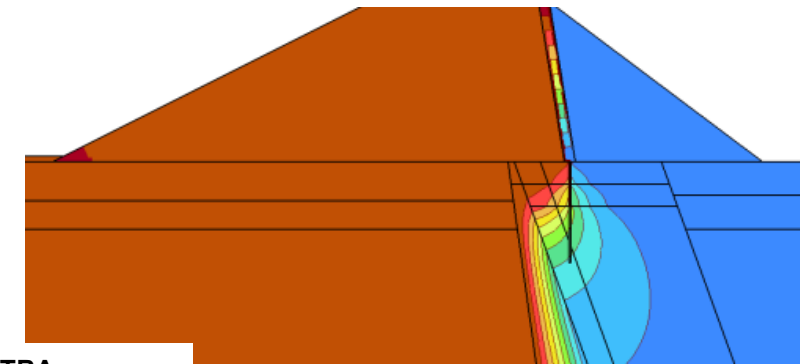
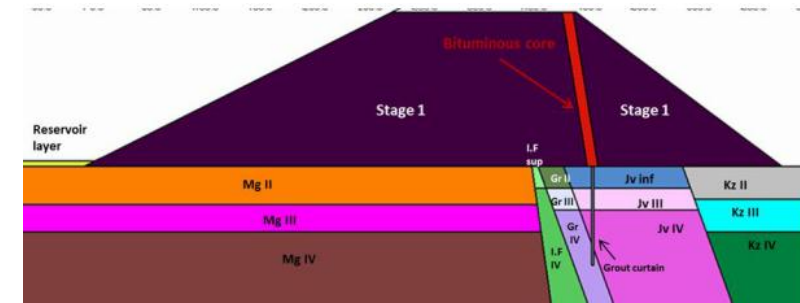
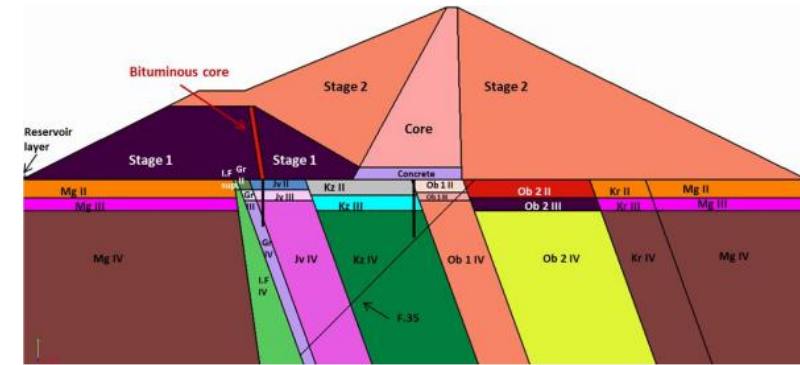
- Оценить гидрогеологическую ситуацию в целом
- Получить большее количество данных для калибровки моделей
- Более точно определить ключевые параметры



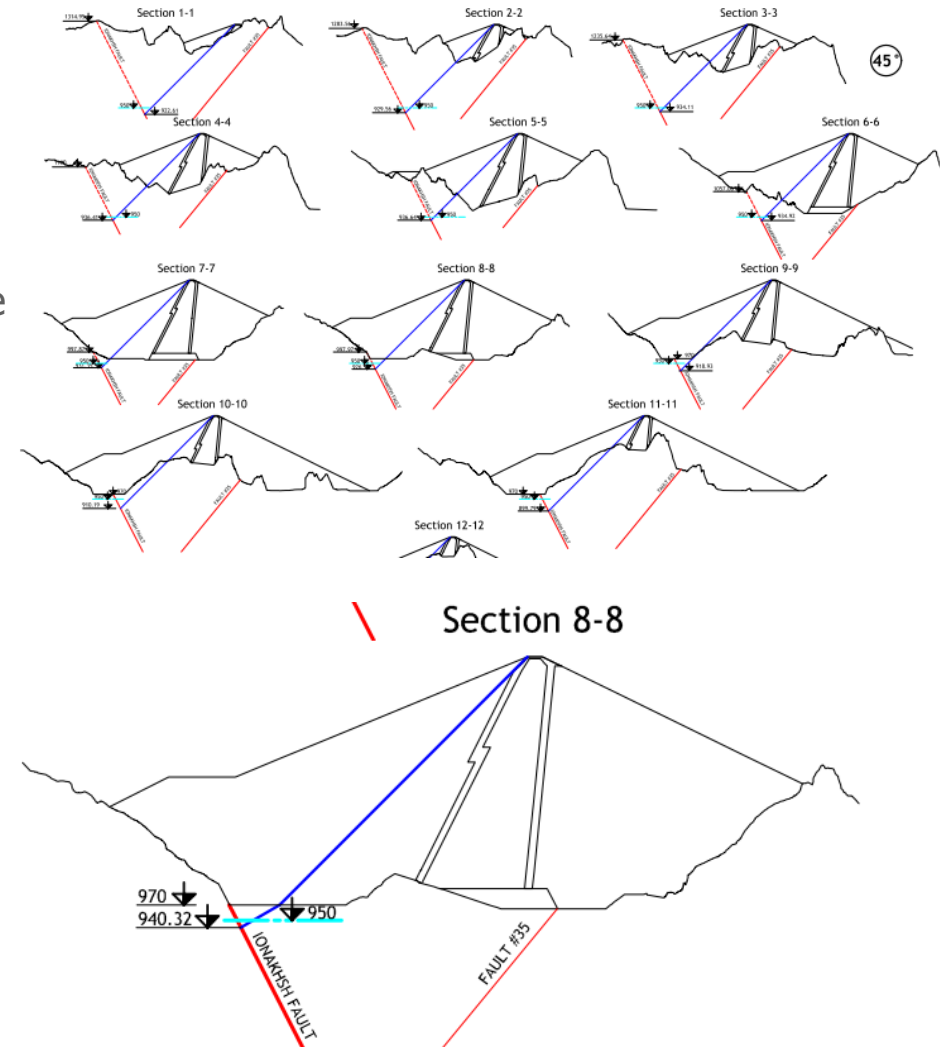
- **Моделирование**

- Консультантом по ТЭО созданы три взаимосвязанные суб-модели
- Модель движения подземных вод
- Модель процесса растворения
- Модель транспортировки

- Провести независимую оценку существующих моделей
- Провести оценку ранее не рассматриваемых сценариев
- Провести анализ влияния на наиболее точные параметры
- Оценить эффективность мер по снижению отрицательного воздействия
- Провести оценку рисков



- Проведение анализа риска с учетом различных сценариев
 - Было проведено исследование с целью определения максимального размера полости, наличие которой не представляет опасности для ядра и фильтров плотины: образование пустоты критично только при ее размере более 25 м (при анализе результатов был определен критический уровень – 8 м).
 - Наиболее важными параметрами являются гидравлическая проводимость, градиент грунтовых вод, скорость выдавливания соляного клина, % покрытия глинистой коркой.
 - Анализ различных мер по минимизации рисков, и их комбинации (в том числе анализ существующего состояния и ситуации с отсутствием сценария проведения мер по минимизации рисков).
 - Анализ влияния на входные параметры
 - Влияние задержки в осуществлении Этапа 2 строительства плотины (строительство основной плотины)



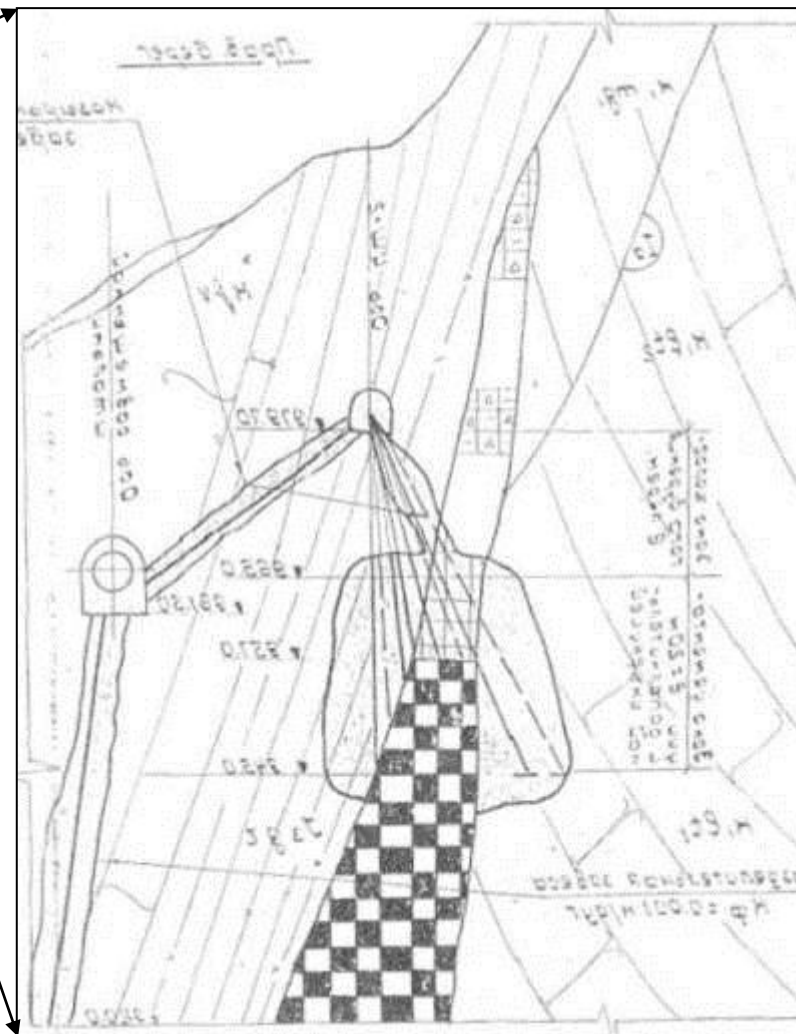
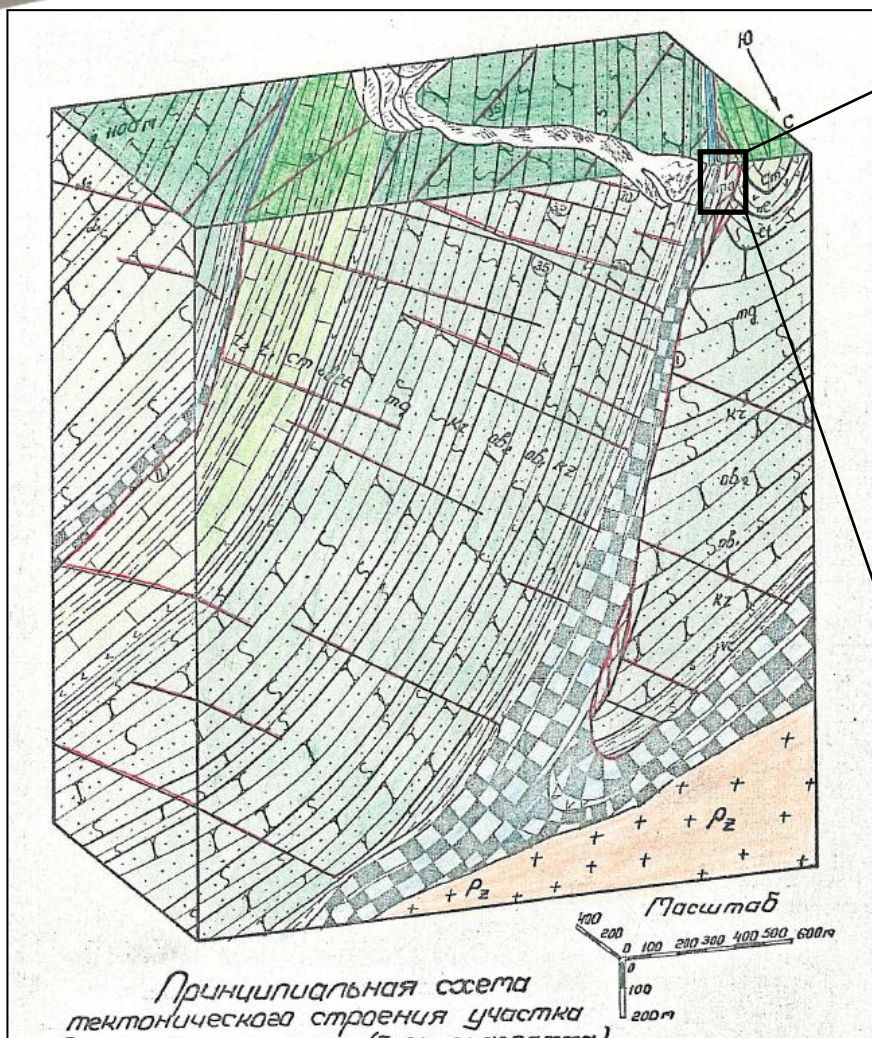
- По результатам моделирования были представлены рекомендации в отношении наиболее приемлемых комбинаций мер по минимизации рисков, направленных на обеспечение безопасности плотины
- Рекомендации в отношении мониторинга и проведения мероприятий по минимизации рисков
- Расходы на проведение мероприятий по минимизации рисков и осуществлению мониторинга включены в общую стоимость проекта (стоимость Фазы II)

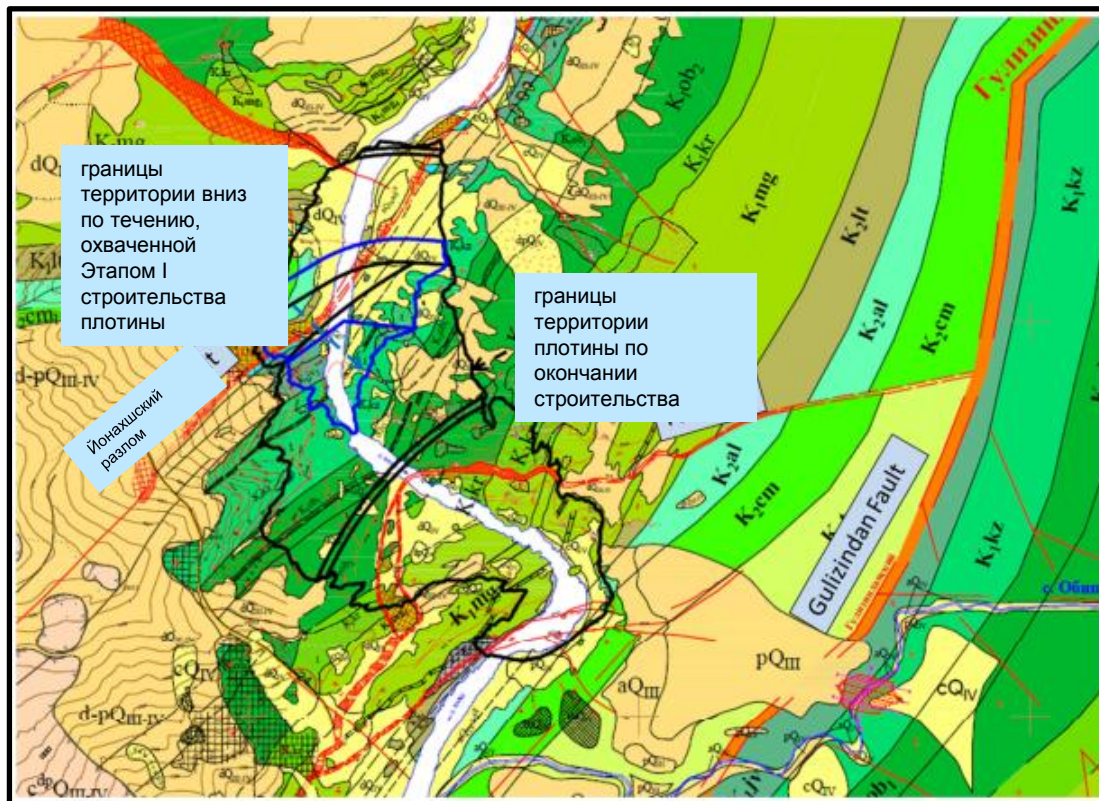


- С момента проведения первых исследований была тщательно изучена геометрия соляного тела
- Соляное тело имеет клинообразную форму. Толщина соляного тела увеличивается с глубиной (увеличение на 15 м на каждые 100 м глубины).
- Под воздействием орогенических сил приблизительная скорость выдавливания соляного клина оценивается как 2,5 см в год.
- Соль растворяется течением Реки с такой же скоростью, в результате чего на настоящем этапе установлен баланс между скоростью выдавливания и скоростью растворения.
- Наполнение Рогунского водохранилища приведет к увеличению гидравлического градиента, что, в свою очередь, при отсутствии мер по минимизации рисков, повлечет за собой повышение скорости растворения и возможное образование полости.

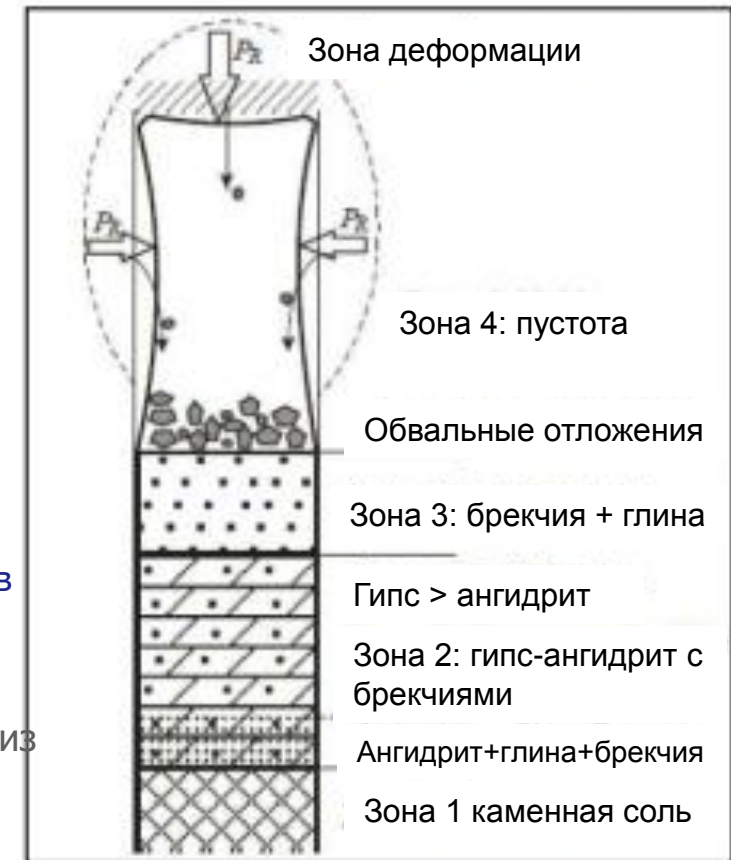


ОЦЕНКА – СОЛЯНОЙ КЛИН





- Характерный водоносный горизонт над вершиной соляного клина Йонахшского разлома
 - Над вершиной соляного клина выявлена зона повышенной гидравлической проводимости
 - После растворения соли остаются частицы глины и ангидритов
 - За счет ангидритов увлажняется гипс
 - Данные по скважинам показывают, что над слоем соли существует брекчия из глины и ангидрита, затем лежит пласт из гипса/ангидрита/глины и истощенный в результате выщелачивания слой («экранирующая порода»)
 - В дальнейшем, после растворения гипса, остается глинистая корка (в которой обычно можно наблюдать наличие эвапоритов)
 - Выше над экранирующей породой под воздействием высокого давления это пространство смыкается, образуя плотную брекчию из глины и гипса
 - Может наблюдаться в галерее противодиффузионной завесы
 - Уклон водоносного горизонта очень низкий (менее 10%)
 - Дренажное воздействие подземных работ



- **Обзор ключевых параметров**
 - Скорость выдавливания соляного клина
 - Гидравлическая проводимость залегающих горных пород
 - Гидравлическая проводимость в зоне растворения («экранирующая порода»)
 - Действующая пористость
 - Глинистая корка над соляным клином
 - Кинетика растворения
 - Градиенты подземных вод, выведенные при моделировании течения под плотиной (суб-модель 1)

**гидравлическая проводимость: легкость, с которой жидкость (обычно - вода) может проходить через пористые участки или трещины в горных породах/почве.*

- Суб-модель 1: Модель движения подземных вод

- Имитирует **движение подземных вод вокруг соляного клина** в разного рода естественных условиях, на разных этапах проекта, во время проведения работ по минимизации рисков и с различной степенью эффективности таких мероприятий,

- Суб-модель 2: Модель процесса выщелачивания

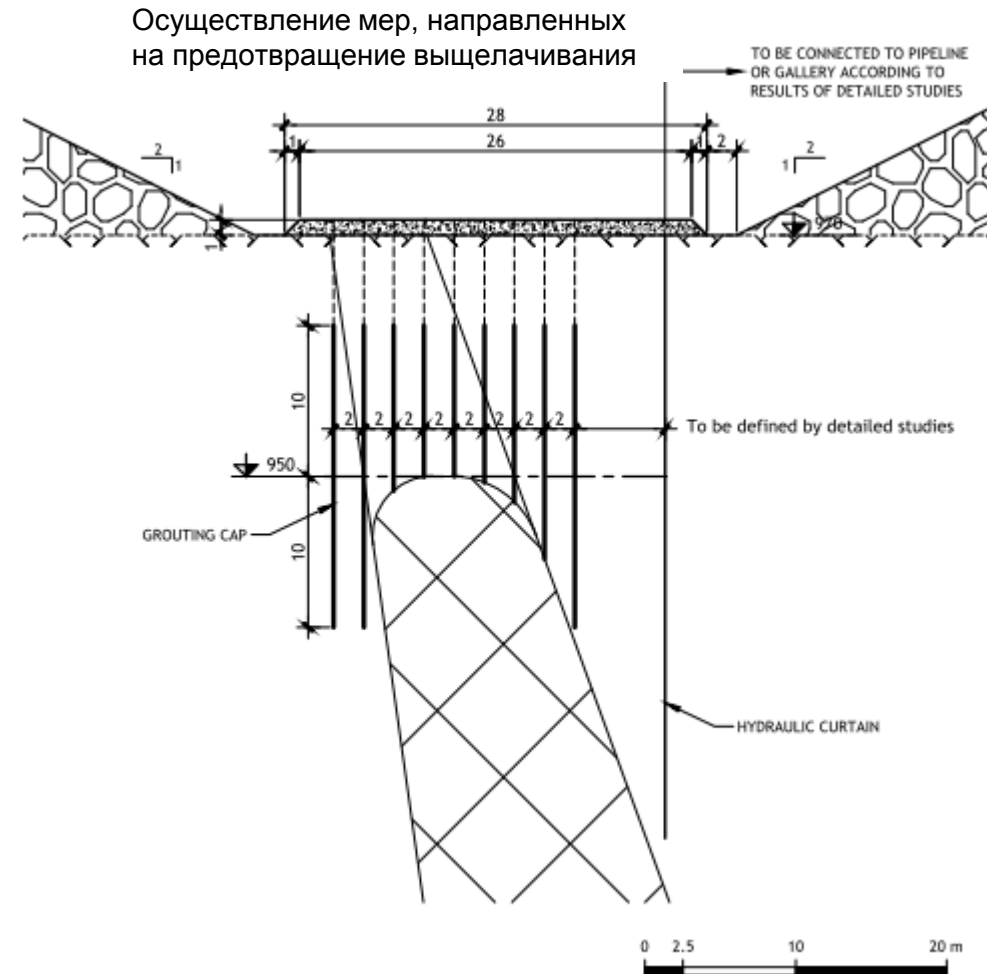
- Моделирует **максимальную степень выщелачивания** внутри растворяемой части соляного клина. Необходимо установить толщину соляного клина в растворяемой его части. Градиент на соляном клине устанавливается исходя из суб-модели 1,

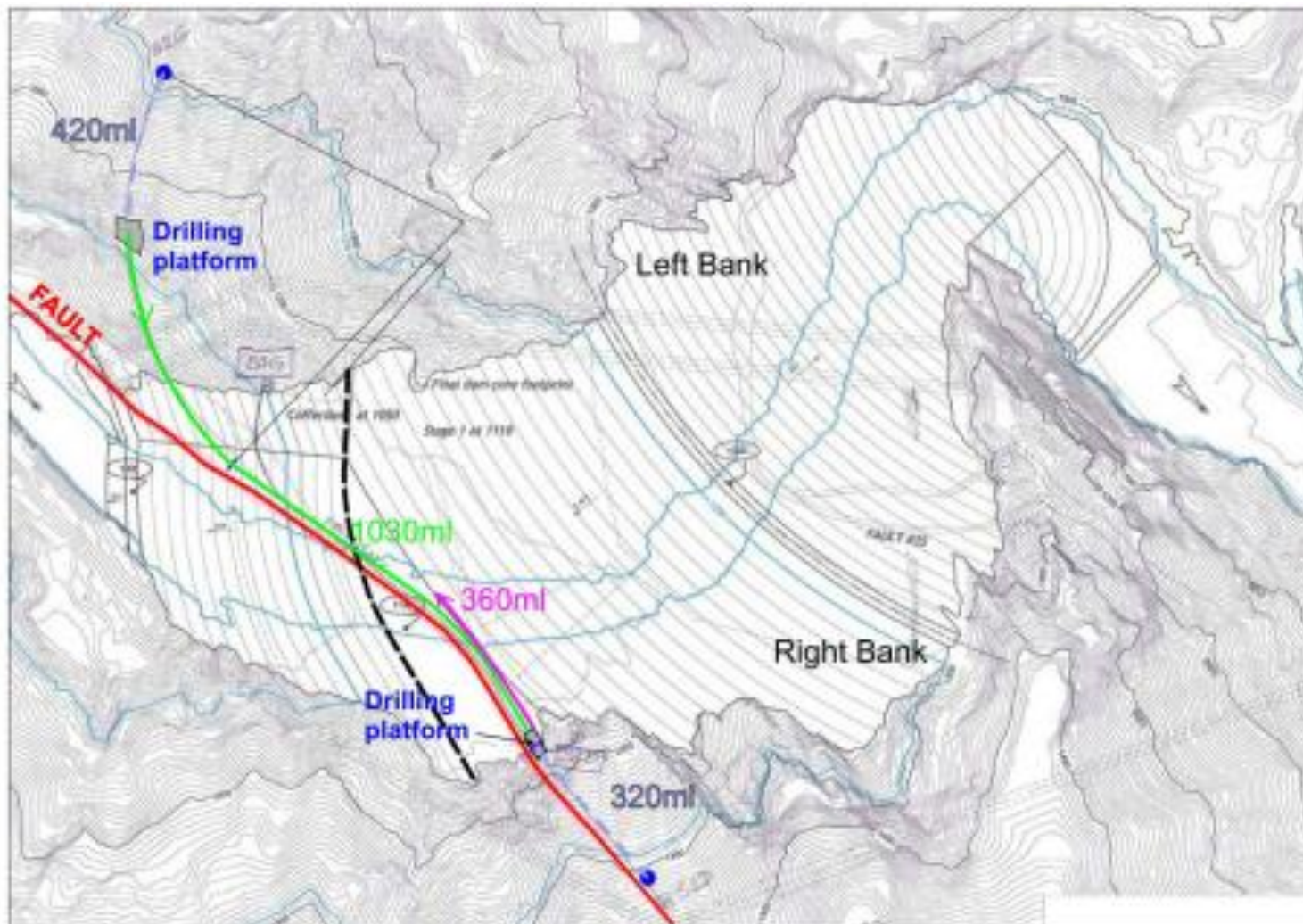
- Суб-модель 3: Модель транспортировки

- Демонстрирует **процесс транспортировки**: распространение и адвекция/конвекция. Гравитационная конвекция не моделируется. **Результаты пробного откачивания** представлены гидравлической проводимостью и кинематической пористостью. Градиенты подземных вод установлены исходя из **результатов суб-модели 1**. **Калибровка** модели проводится после получения результатов, показавших, что **скорость выщелачивания равна скорости выдавливания соляного клина**.

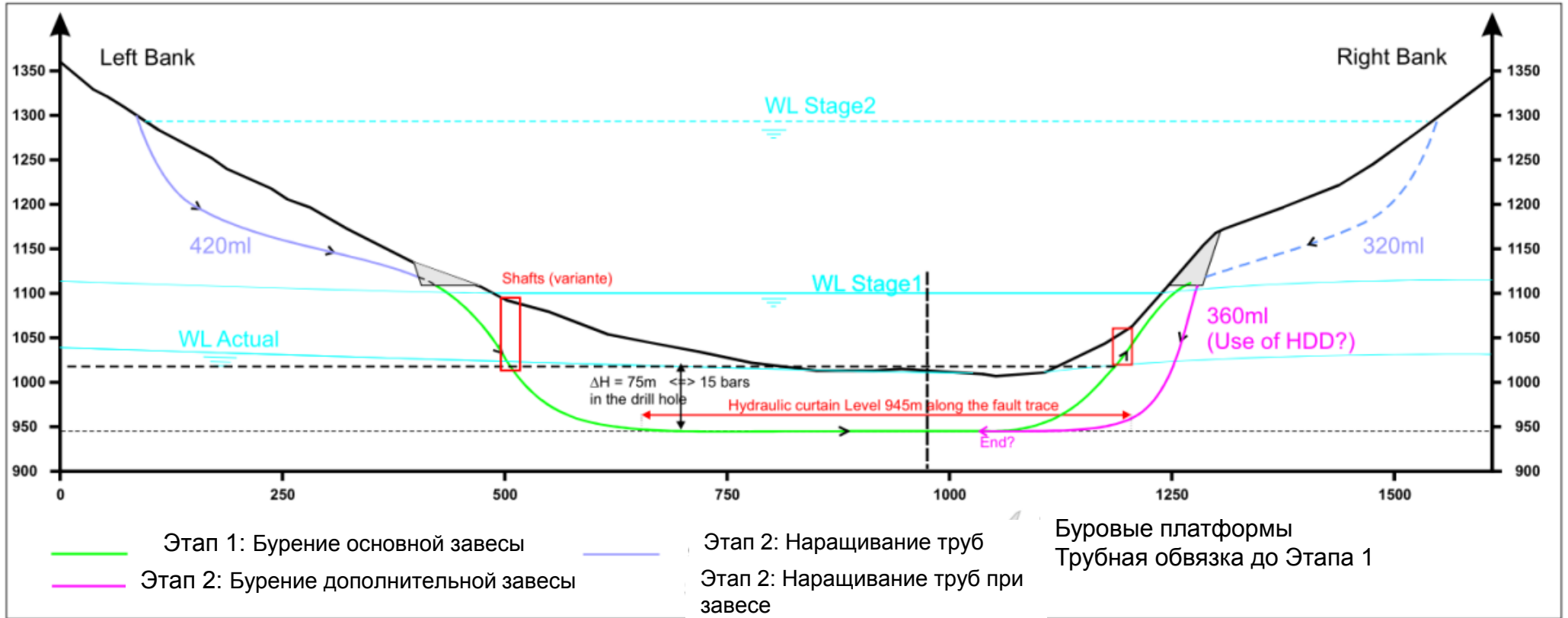


- Оценка корректирующих мер:
 - Цементация породы вокруг вершины соляного клина
 - Гидравлическая завеса: устанавливается на ряде скважин стороны соляного клина, залегающей вниз по течению с целью поддержания пластового давления для снижения до минимального уровня градиента воды между двумя сторонами соляного клина
 - В качестве альтернативы гидравлической завесы: горизонтально-направленное бурение





ОЦЕНКА – КОРРЕКТИРУЮЩИЕ МЕРЫ



- Рассмотрены различные сценарии:
 - Условия до начала любых работ, калибровка моделей исходя из установленного естественного баланса между скоростью выщелачивания и скоростью выдавливания соляного клина,
 - Вариант с отсутствием корректирующих мер после Этапа 1 строительства плотины: не принимаются никакие корректирующие меры.
- 10-летний период Этапа 1 строительства плотины (первый этап выполнения работ): образование декаметровой полости для выдавливания соляного клина с большой скоростью, или в случае если скорость выщелачивания будет превышать скорость выдавливания соляного клина, появившегося еще на Этапе 1,
- Если продолжительность Этапа 1 строительства плотины составит 40 лет: почти во всех случаях – образование декаметровой полости в период Этапа 1 и Этапа 2 (фаза строительства основной части плотины),
- Вариант с отсутствием корректирующих мер считается неприемлемым



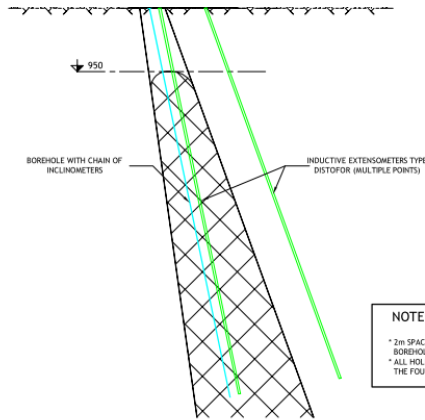
- Для трех вариантов подъема смоделированы следующие меры по минимизации рисков:
 - Цементация только пород над оголовком пласта соли,
 - Нарушенная цементация только пород над оголовком пласта соли (т. е. нарушение качества цементации с течением времени),
 - Только гидравлическая завеса,
 - Гидравлическая завеса и цементация над оголовком пласта соли,
 - Гидравлическая завеса и нарушенная цементация пород над оголовком пласта соли .
- Во всех случаях высота образовавшейся полости всегда ниже 3 м (установлена Консультантом как предельно приемлемая величина), в противном случае соляной купол пройдет в тело плотины
- Тем не менее, рекомендации предусматривают и цементацию пород над оголовком пласта соли покрывающей породы, и гидравлическую завесу.



- **Тщательный мониторинг подъема соляного купола:**
 - измерение смещений в соляном клине и залегающих породах, последующее изучение деформаций в соляном теле при помощи клинометров.
- **Для мониторинга потенциальных случаев выщелачивания предлагаются следующие системы:**
 - мониторинг напора подземных вод с целью проверки эффективности гидравлической завесы (скважины и установки для измерения напряжения в грунте),
 - мониторинг проводимости воды с целью проверки надежности модели и текущего процесса выщелачивания, если таковой имеет место (скважины и кондуктометрические ячейки),
 - микрогравиметрические измерения с целью проверки скорости выдавливания соли в Йонахшском разломе и потенциального образования пустоты (подобное мероприятие проводится раз в полгода на протяжении этапа 1),
 - Проведение регулярных гидролокационных обследований напорной стороны плотины с целью выявления ее нетипичной деформации.

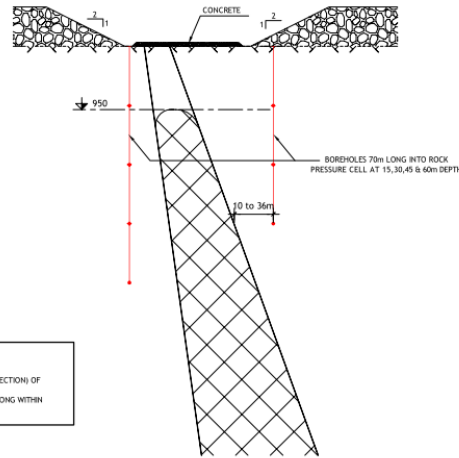


Профиль мониторинга скорости выдавливания соли (Секция 1-1-SR)

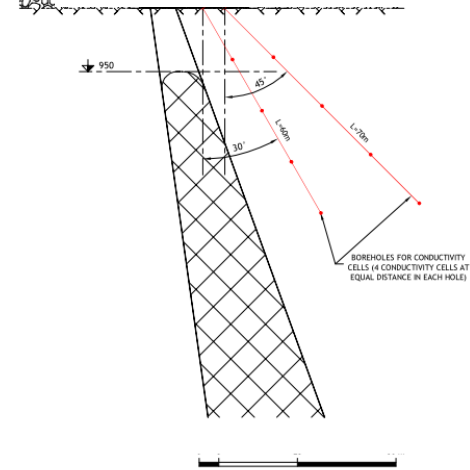


NOTE:
 * 2m SPACING (TRANSVERSAL TO SECTION) OF BOREHOLES WITHIN SALT ROCK.
 * ALL HOLES ARE MINIMUM 100m LONG WITHIN THE FOUNDATION.

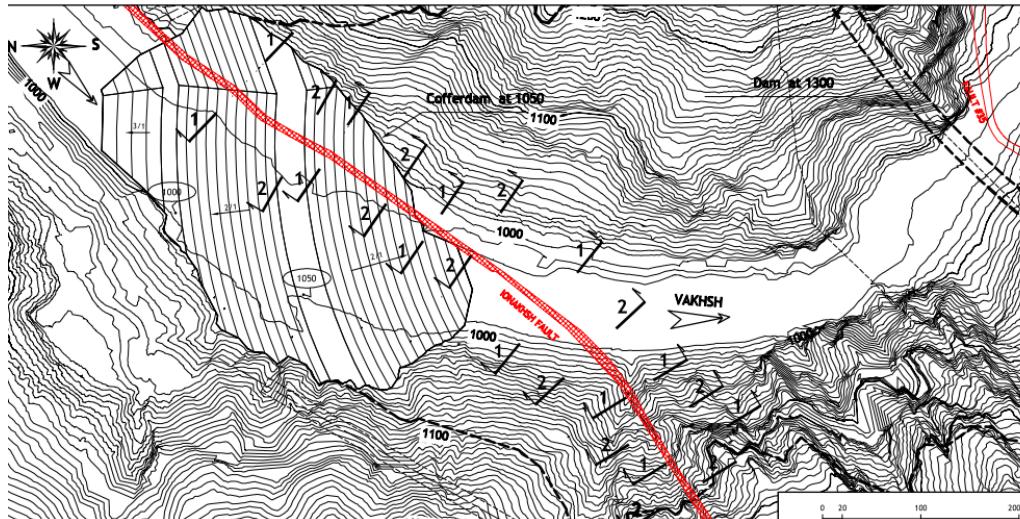
Мониторинг процесса выщелачивания
 Установки для измерения напряжения в грунте



Мониторинг процесса выщелачивания
 Проницаемость (Секция 2-2)



PLAN VIEW
 TENTATIVE DISTRIBUTION OF MONITORING PROFILES



TEAS for ROGUN HPP CONSTRUCTION PROJECT PHASE 0	
IONAKHSH FAULT TREATMENT SALT RISE & SALT LEACHING MONITORING PRINCIPLES	
	40-403-A P 002 378
	Var. 1/1 FORM HYDR
.4 0 .0 0 .3 A	

- Модель растворения, представленная Институтом «Гидропроект», требует рекалибровки и усовершенствования и должна использоваться в качестве прогностического средства (при необходимости в тщательной оценке скорости выдавливания соляного клина)
- В случае образования больших пустот (наличие которых можно было бы установить, к примеру, при помощи микрогравиметрических измерений) потребуются своевременно осуществить необходимое вмешательство.
- Если бы этих два мероприятия по минимизации рисков не увенчались успехом, это повлекло бы за собой необходимость повторной цементации над оголовком пласта соли и восстановления гидравлической завесы.
 - Этап 1: повторная цементация над оголовком пласта соли и восстановление гидравлической завесы могут быть выполнены с вершины плотины в ходе Этапа 1 строительства.
 - Этап 2: единственный вариант для выполнения повторной цементации над оголовком пласта соли и восстановления гидравлической завесы – это осуществление этих мероприятий с берегов, над уровнем воды водохранилища, что может быть выполнено только методом наклонно-направленного бурения.



- Для обеспечения потенциальной безопасности плотины и управления риском, связанным с устойчивым образованием соляного клина, необходимо принимать корректирующие меры
- Такие меры должны включать как цементирование покрывающей породы, так и создание гидравлической завесы
- Необходимо проводить тщательный мониторинг для выявления случаев снижения эффективности, а также обеспечить своевременность выполнения всех необходимых мероприятий
- Осуществления этих двух мер будет достаточно для того, чтобы растворение соляного купола не представляло опасности для целостности и работы плотины
- Стоимость данных мероприятий определена, и должным образом включена в экономический анализ предлагаемого проекта.

