

**TECHNO-ECONOMIC ASSESSMENT STUDY
FOR ROGUN HYDROELECTRIC CONSTRUCTION PROJECT**

Отчет Фазы II: Варианты определения проекта

Безопасность плотины

Часть 1: Основные данные и проект плотины

Безопасность плотины

- Геология / Геотехника
- Тектоника / Сейсмичность

Проект плотины

- Место расположение плотины
- Тип плотины
- Устойчивость плотины

Часть 1

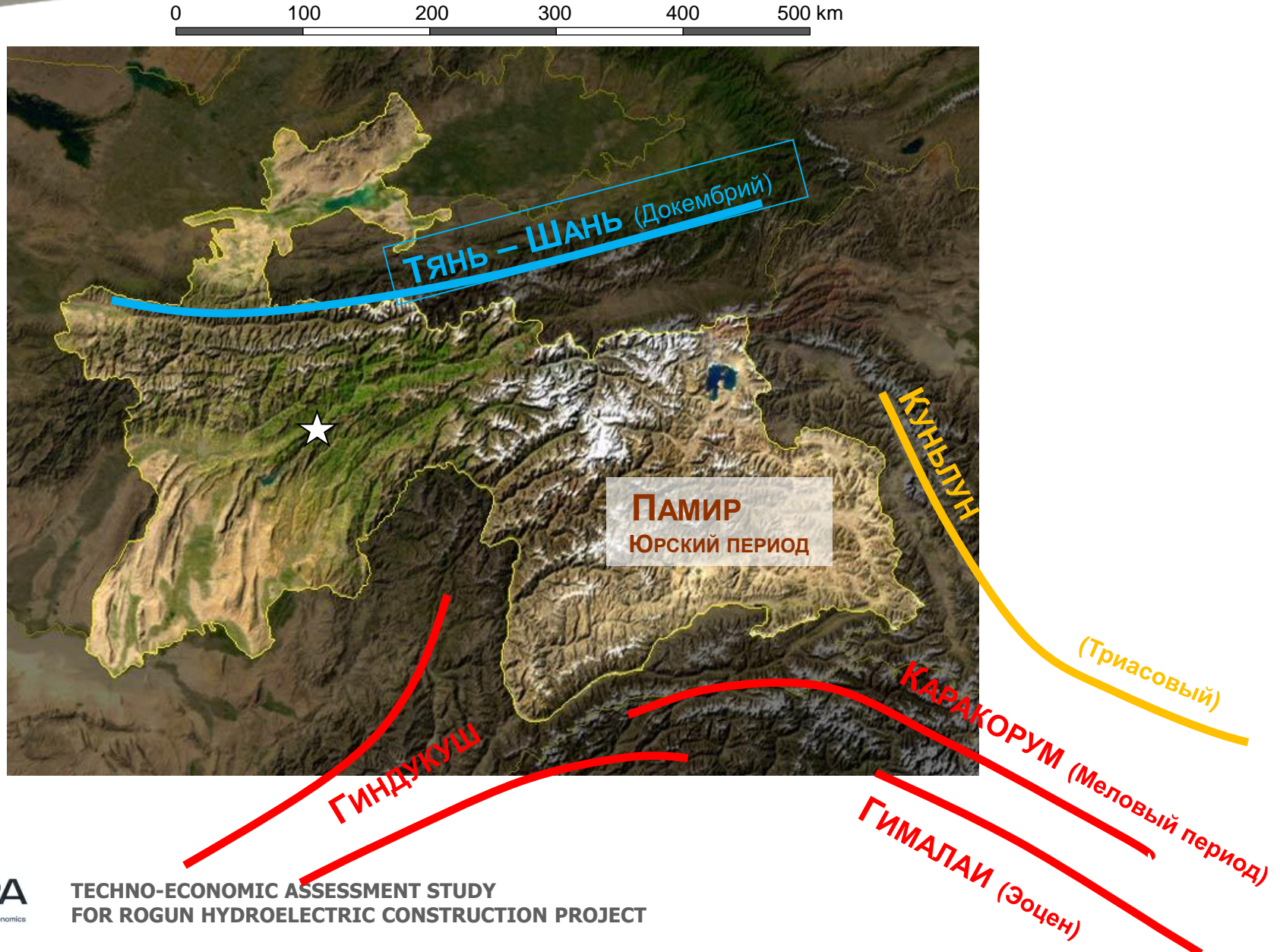
- Гидрология

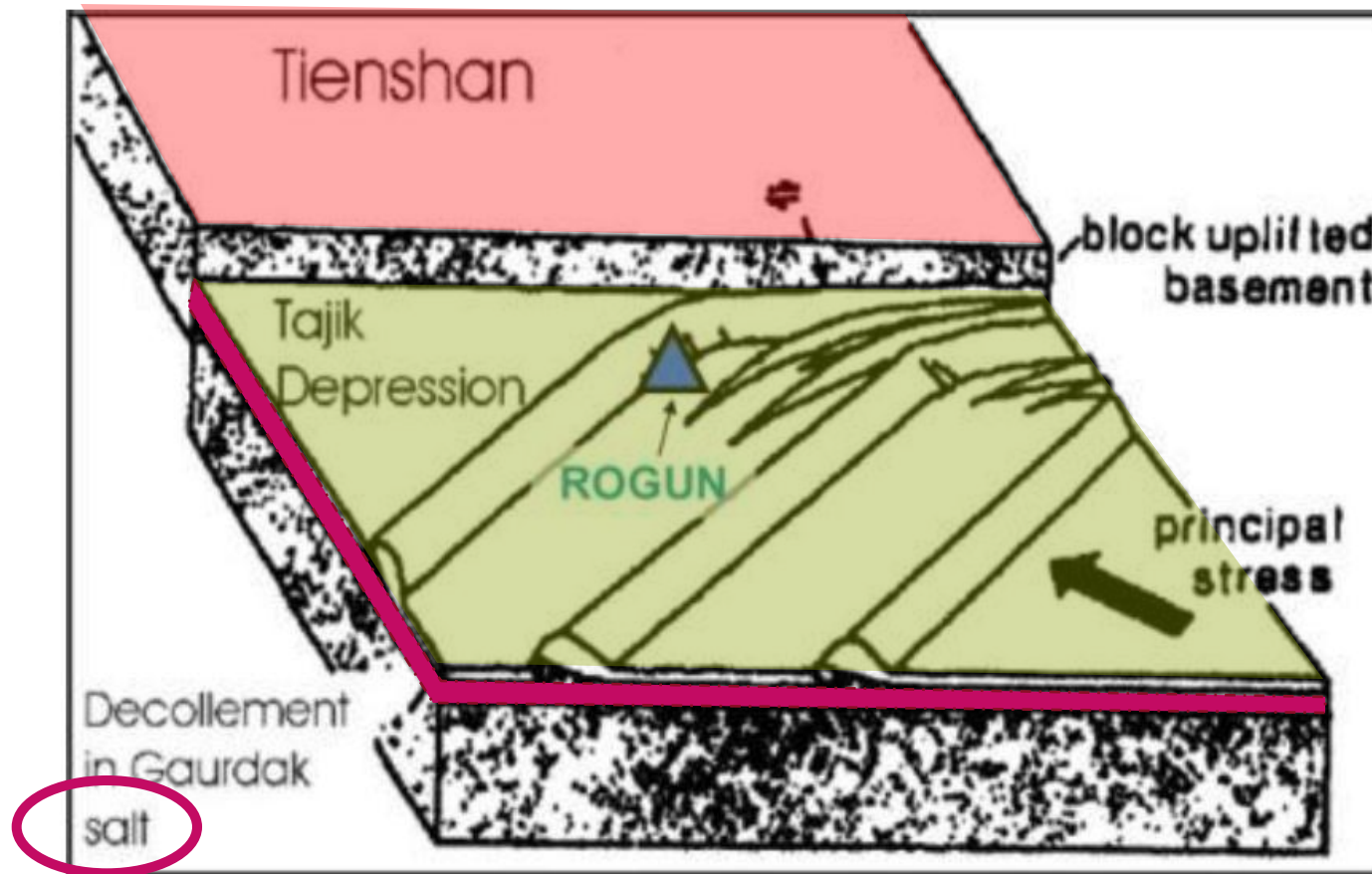
Часть 2

Защита плотины

- Сооружения пропуска паводка

Геология участка





Схематическая региональная обстановка около зоны контакта между Таджикской депрессией и Тянь-Шанем

Геология участка - Разломы

Региональные разломы в Таджикской Депрессии

- Йонахшский разлом, Гулизинданский разлом
- Укоренившиеся в соляном пласте Юрского периода, соляной клин выклинивается вдоль висячей стены
- Ориентированный на СВ-ЮЗ, с крутым падением на ЮВ, со смещением ЮВ блока над СЗ блоком
- Зона разлома действует в качестве гидравлического барьера в направлении верхнего – нижнего бьефа, за исключением остаточной породы над соляным клином
- Йонахшский разлом – Измеренный коэффициент фильтрации в скважине DZ1 в зоне разуплотнения на отметке 1450 мнум (150 м выше НПУ) составляет от среднего до **ВЫСОКОГО**



Геология участка – Разломы

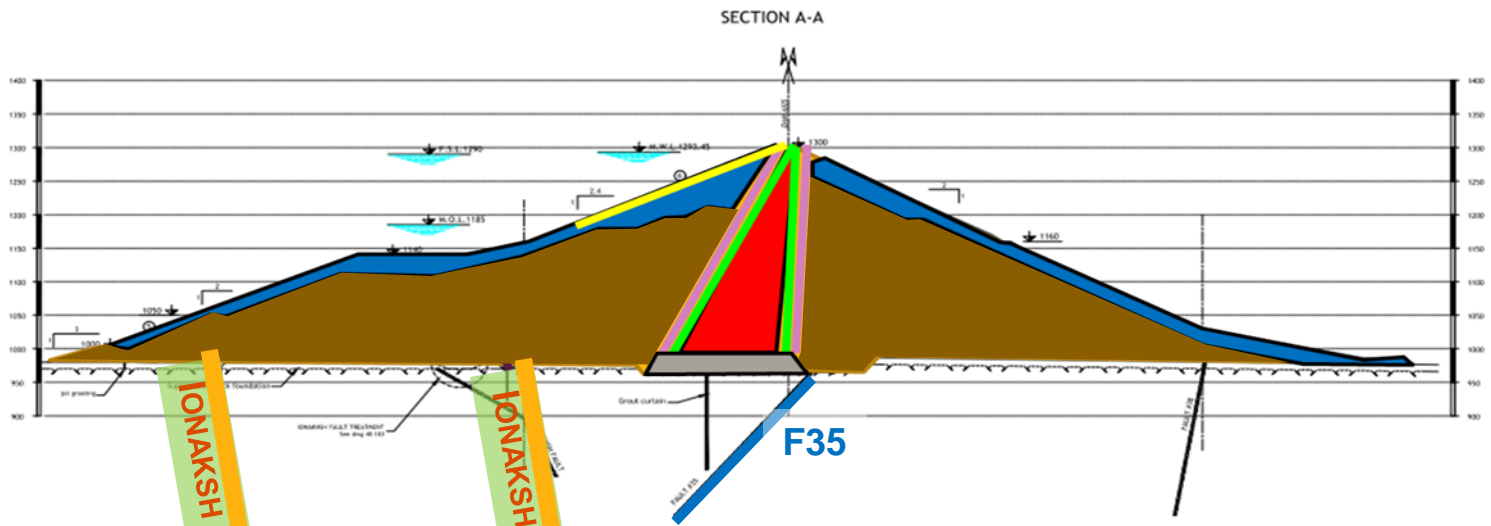
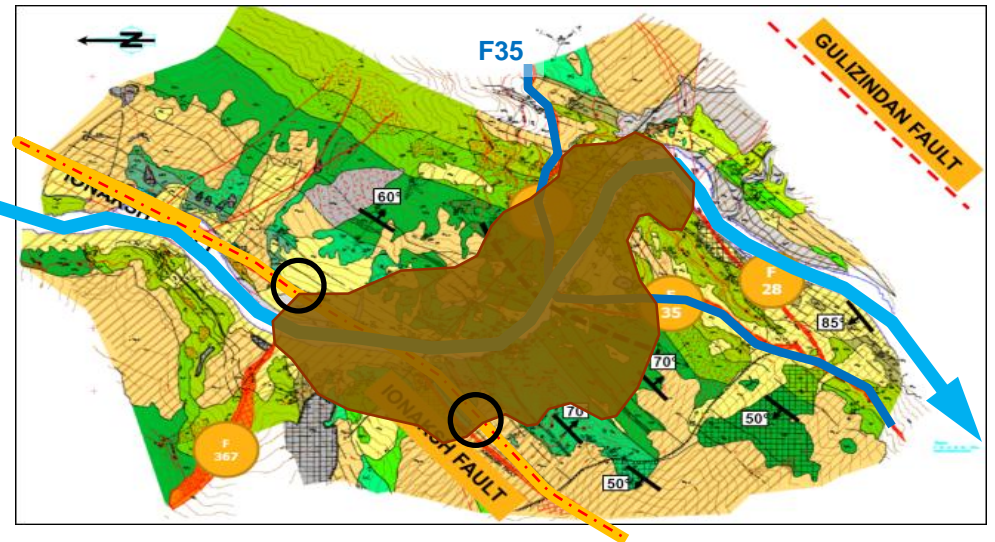
Локальные разломы

- Обратные разломы: падают противоположно основным сдвигам
 - Разлом № 35, Разлом № 70
 - Основные системы нарушения сплошности (S4) имеют схожие отношения
 - Разломы и нарушения сплошности пересекают основания плотины и тоннелей
 - Помещение Машинного зала затронуто зоной влияния разлома № 35 и нарушения сплошности (S4) пересекают ее
- Другие разломы
 - Разлом № 28, почти параллельно с наслоением, крутое падение в зоне выходных порталов и бассейн нижнего бьефа
 - Разлом № 367, почти перпендикулярен наслоению пласта, крутое падение, в верхнем бьефе, срезано Йонахшским разломом. Затрагивает верхнюю перемычку.



Геология участка – Разломы: *Место расположения плотины?*

- Региональные разломы
 - Йонахшский, Гулизинданский разломы
- Локальные разломы
 - Обратные разломы: Разлом № 35 и № 70
 - Другие разломы: Разлом № 28, №367



ДОСО, Детерминистическая оценка сейсмической опасности:

Оценка сейсмической опасности была проведена в несколько этапов:

Определение магнитуды и расстояния МВЗ (Максимального Вероятного Землетрясения), возникновение которого вероятно на каждом идентифицированном активном разломе или / и сейсмогенных источниках, которые могут повлиять на плотину;

Оценка ПУГ (Пиковое Ускорение Грунта) на участке, вызванное каждым базовым землетрясением на каждом из выявленных активных разломах; и

Оценка ожидаемого колебания грунта на участке.



Оценка Максимального вероятного землетрясения (МВЗ)

Сейсмогенный источник	МИЗ глубина, ширина, расстояния до участка, Mw	МИЗ + 0.5 Глубина, ширина, расстояния до участка, Mw
Гиссарский разлом	Mw=7.4 Глубина очага = 10 км Ширина разрыва по падению = 26 км Расстояние Джойнер-Бор = 5 км Расстояние разрыва = 5 км	Mw=7.9 Глубина очага = 10 км Ширина разрыва по падению = 42 км Расстояние Джойнер-Бор = 5 км Расстояние разрыва = 5 км
Вахшский разлом	Mw=6.4 Глубина очага = 10 км Ширина разрыва по падению = 10 км Расстояние Джойнер-Бор = 2.3 км Расстояние разрыва = 6.2 км	Mw=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	Mw=5.9 Глубина очага = 5 км Ширина разрыва по падению = 6 км Расстояние Джойнер-Бор = 0 км Расстояние разрыва = 2.4 км	Mw=6.4 Глубина очага = 5 км Ширина разрыва по падению = 9 км Расстояние Джойнер-Бор = 0 км Расстояние разрыва = 1.1 км

Предложенные расстояния, глубины и магнитуды являются для самое крупное ожидаемое землетрясения в каждом сейсмогенном источнике



ПРЕДЛАГАЕМЫЙ СЕЙСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

В контексте Рогуна, требуется два вида сейсмических инструментов:

- **сеть сейсмоприёмников** (акселерометры) для обзора сейсмического поведения плотины при сильных землетрясениях. Для этого, акселерометры должны быть расположены в свободном поле далеко от плотины, в устоях и в теле плотины.
- **микросейсмическая сеть** вокруг плотины и в районе водохранилища, что может записать фоновую сейсмичность до начала строительства плотины (по крайней мере, на два года раньше, как правило, рекомендуемый период времени) и сейсмичность в ходе строительства, первого наполнения водохранилища и последующие годы работы водохранилища. Инструментами должны быть цифровые сейсмические станции с датчиками скорости. Количество приборов и географическое распределение зависит от желаемой магнитуды порога, размера озера водохранилища и уже имеющейся региональной сейсмической сети. Минимум, скорее всего, это шесть-восемь станций. Требуется распределение по одной станции на каждые 5 км, если сеть должна выявлять события ~ М 1.0.

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

После этого проводится ВОСО



Некоторые типичные результаты

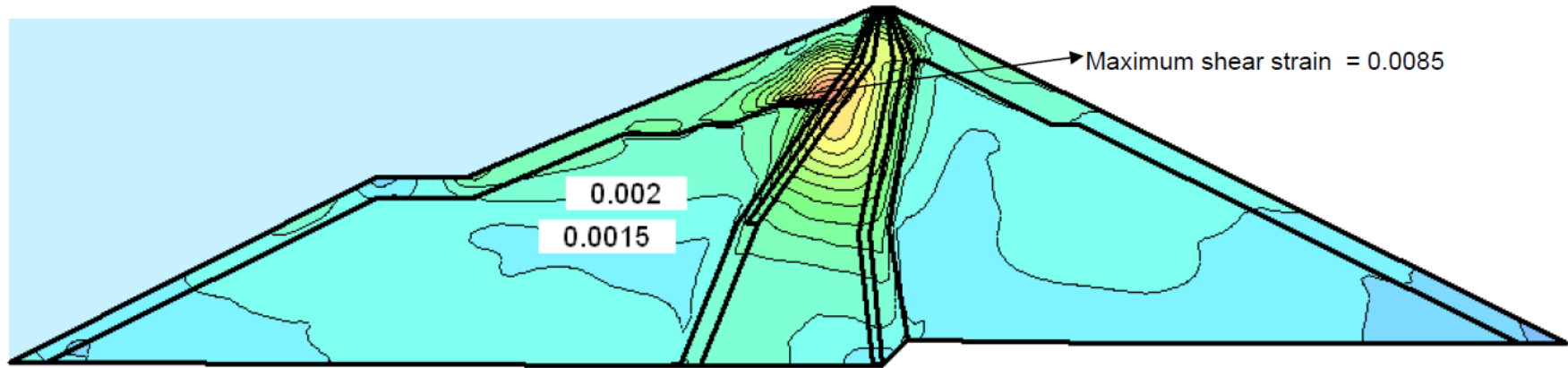


Figure 6.10 : Maximum Shear strain - Section 2-1

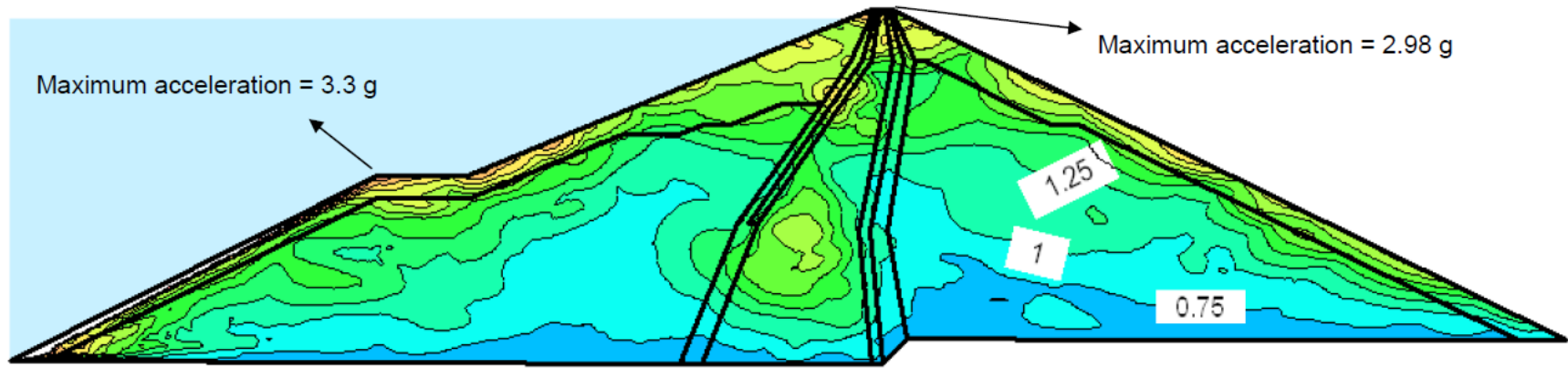


Figure 6.11 : Maximum horizontal acceleration - Section 2-1

Устойчивость плотины: выводы:

Устойчивость Рогунской плотины регулируется сценарием сейсмической нагрузки.

Обследования показали, что откосы плотины достаточны для обеспечения устойчивости плотины.

Большие горизонтальные смещения требуют расширения фильтрующего и переходного слоев ($d \geq 10$ м), чтобы обеспечить непрерывность функции даже в случае МВЗ.

Сухой надводный борт должен быть достаточным, чтобы приспособиваться к максимальному оседанию плотины ($s \approx 1.5$ % для МВЗ).

Необходимо обратить особое внимание на 50 м верхней части плотины, путем помещения там каменной насыпи, с большим углом трения нежели аллювий.

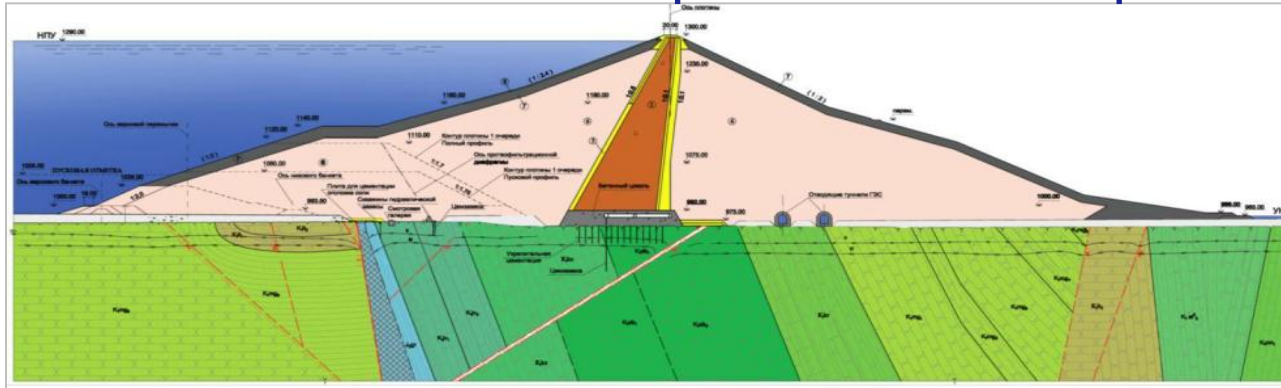
Дальнейшие исследования:

3D геометрия: S-образная долина и крутые берега: эффект арки и пере ориентация напряжений. Эласто-пластичный, не линейный материал: постоянные смещения и чрезмерное поровое давление.



Поперечное сечение плотины

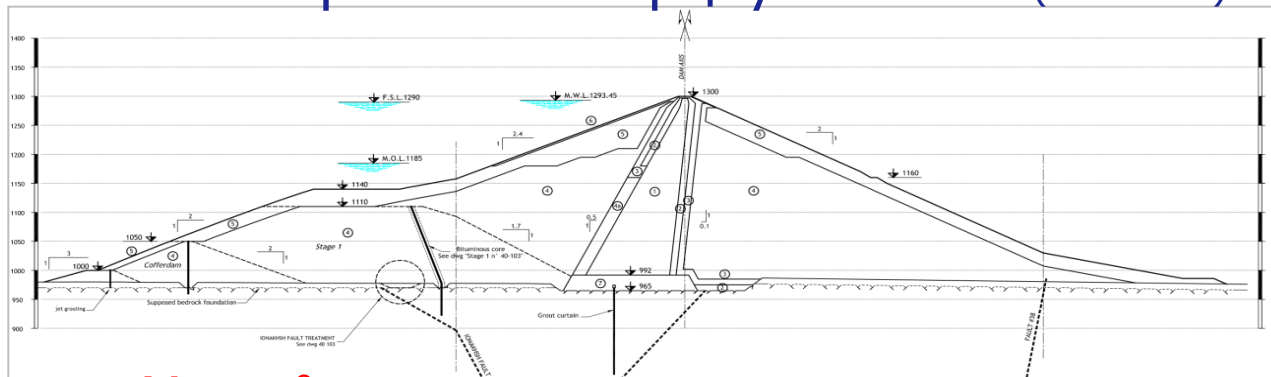
Первоначальный проект



71.4 Млн. м³

- Завышенный гребень перемычки.
- Улучшена водонепроницаемость верхнего банкета + перемычка + плотина первой очереди.

Проект Консорциума ИТЭО (НПУ 1290)



73.6 Млн. м³

- Больше фрикционных материалов на важных зонах.
- Ширина фильтрующих слоев увеличена.

Устойчивость откосов – Общие соображения

- Камнепады
 - Частое возникновение, в основном угроза безопасности строителей
 - Рекомендовано: очистка, анкерные болты, армосетки и мониторинг
- Оползни, вовлекающие четвертичные отложения
 - Хорошо определены с ранних стадий
 - Рекомендуются стандартные смягчающие меры, чтобы избежать их развития (дренаж, изменение формы склонов, подпорные сооружения)
- Оползни, контролируемые структурными нарушениями сплошности
 - Левый берег
 - Правый берег нижнего бьефа

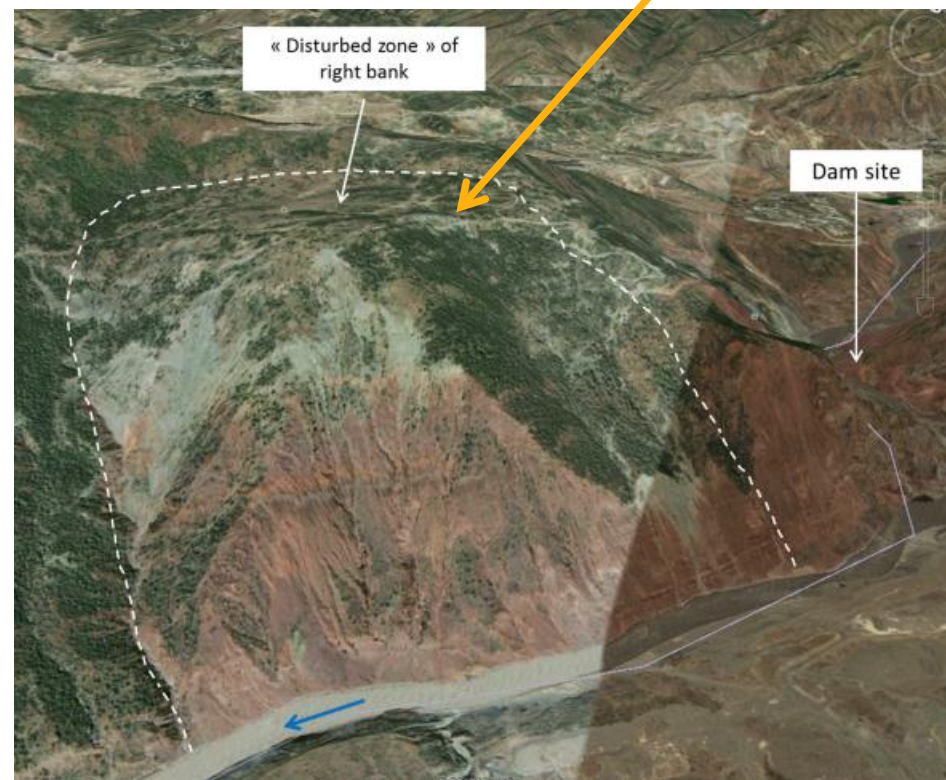
Атипичная зона правого берега



Атипичная зона правого берега

"АТИПИЧНАЯ ЗОНА" ПРАВОГО БЕРЕГА

- Атипичная морфология верхней части правого берега
 - Большое ровное плато, показывающее карстовые характеристики
 - Раннее проведенные исследования не охватывали эту зону (за исключением сейсмического исследования в 2005 г)
 - Интерпретировалась как результат древних оползней, согласно предыдущим исследованиям (до 900 Млн. м³!)
- Выявилось, что она тектонического происхождения (см. геологический отчет)



Соляной клин



COYNE ET BELLIER
Ingénieurs Conseils

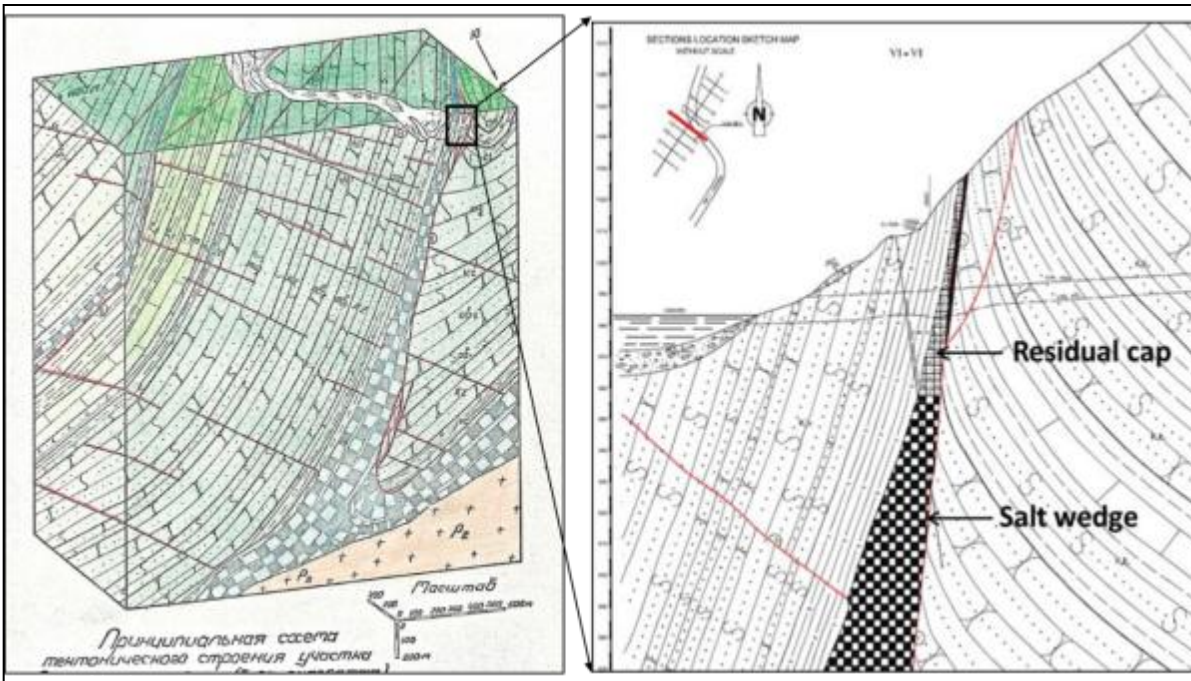


IPA
Energy + Water Economics

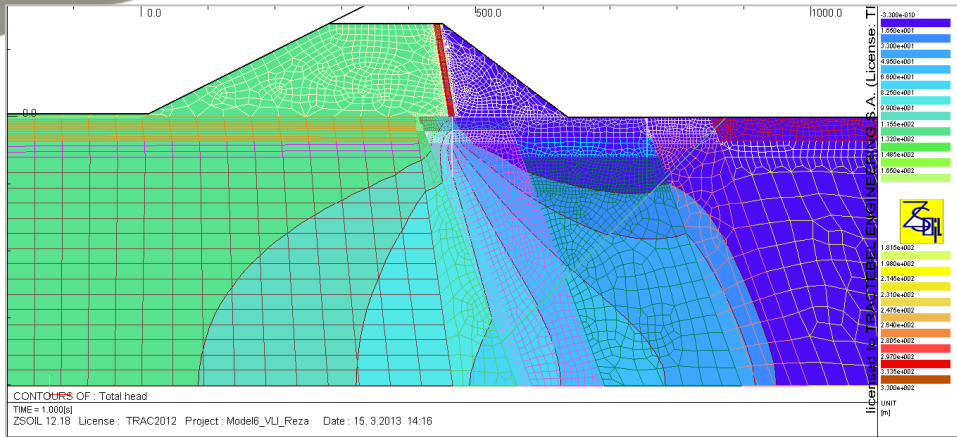
TECHNO-ECONOMIC ASSESSMENT STUDY
FOR ROGUN HYDROELECTRIC CONSTRUCTION PROJECT

Геология участка – соляной клин

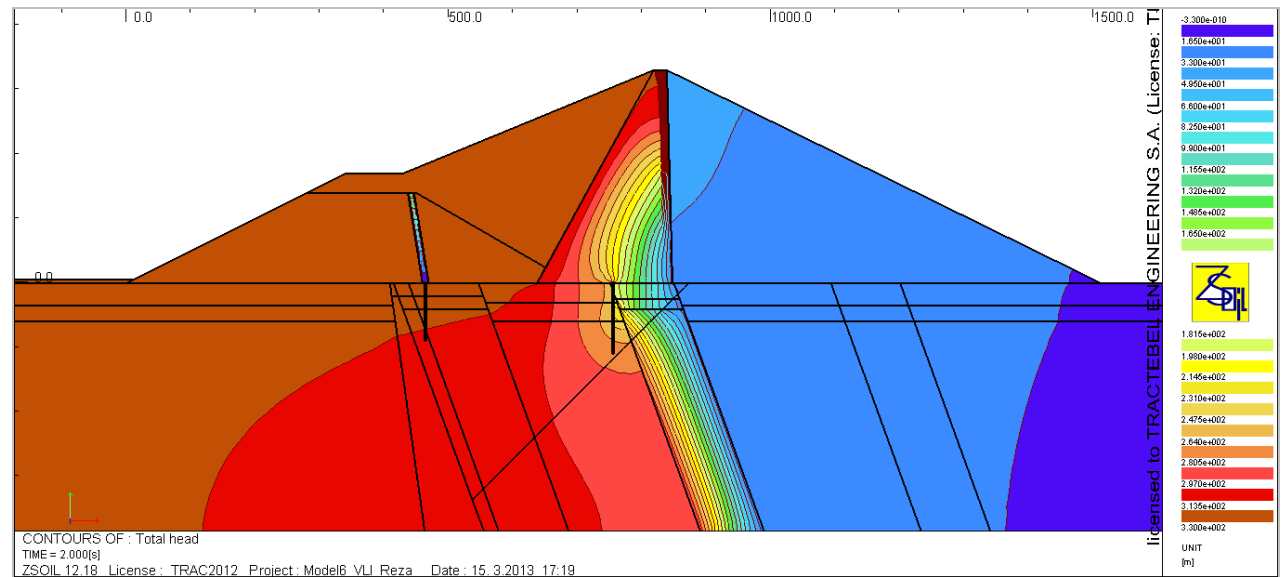
- Вершунка соляного клина 952-970 мнм, близко к УГВ
- Толщина увеличивается на 15 м при каждых 100 м глубины
- Основание соляного клина на участке Рогунской ГЭС расположено ~2000 м ниже уровня воды
- Соляной клин является водонепроницаемым, но остаточная поверхностная порода локально является проницаемой
- Скорость выталкивания соляного клина оценивается 2.5 см/год



Моделирование инфильтрации: результаты



Такой же графический масштаб.
Такой же масштаб эквипотенциалов



- Требуются **коррекционные меры**, для управления потенциальной безопасностью плотины и риском устойчивости соляного клина
- Мероприятия должны состоят из **цементации** кипрока и установки **гидравлического барьера**
- Адекватный **мониторинг** для выявления любой утраты эффективности и обеспечения своевременного ремонта
- Эти две меры **достаточны**, чтобы убедиться, что растворение соляного клина не угрожает целостности и функционированию плотины
- **Стоимость** этих мер была оценена и надлежащим образом включена в экономический анализ предлагаемого проекта



- **Исходные данные:**

- Сбор данных..... ✓
- обширность (кампании по измерению) ✓
- улучшенная интерпретация ✓

- **Проектирование плотины:**

- Проверено статическое и динамическое поведение плотины..... ✓

- **Прилегающие структуры:**

- Левобережные оползни ✓
- Правобережный оползень нижнего бьефа ✓
- Соляной клин ✓
- Утечка из водохранилища ✓



Спасибо!