

# ИССЛЕДОВАНИЯ ТЭО ПРОЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА РОГУНСКОЙ ГЭС

## ФАЗА II: ВАРИАНТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЕКТА

### Том 2: Исходные данные

#### Глава 2: Геология

#### Часть Б - Геологические исследования Правого берега

Март 2014

Отчет No. P002378 RP29 Ред. Д

Д		Окончательная версия	Сильвию Ианос	Николя Санс	Николя Санс
Г	15.01.2013	Предварительная версия для опубликования	Сильвию Ианос	Николя Санс	Николя Санс
В	11/01/2013	Предварительная версия для опубликования	Сильвию Ианос	Марк Дейрот	Николя Санс
Б	07/01/2013	Финальная версия	Сильвию Ианос	Николя Санс	Николя Санс
А	11/12/2012	Первое издание	Сильвию Ианос	Кристоф Вибер	Николя Санс
<b>Редакция</b>	<b>Дата</b>	<b>Тема редакции</b>	<b>Подготовлено</b>	<b>Проверено</b>	<b>Одобрено</b>

## Содержание

<b>1</b>	<b>Объем данного отчета .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Список основных сокращений и определений.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Справочная информация .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Дополнительные полевые исследования в 2012 году .....</b>	<b>15</b>
	<i>Геологическое картирование поверхности.....</i>	<i>15</i>
	<b>Бурение.....</b>	<b>23</b>
	<i>Сейсморазведка МПВ.....</i>	<i>25</i>
	<i>Микрогравиметрия .....</i>	<i>29</i>
	<i>Осмотр галереи 1034 .....</i>	<i>32</i>
<b>5</b>	<b>Геодезический мониторинг .....</b>	<b>32</b>
<b>6</b>	<b>Обсуждение результатов.....</b>	<b>33</b>
	<i>Геологические условия в атипичной зоне .....</i>	<i>33</i>
	<i>Риск оползни .....</i>	<i>35</i>
<b>7</b>	<b>Выводы и рекомендации .....</b>	<b>37</b>
	<i>Общее геологическое строение .....</i>	<i>37</i>
	<i>Риск оползня .....</i>	<i>37</i>
	<i>Рекомендации.....</i>	<i>38</i>

## Список рисунков

Рисунок 1. Схема регионального места, недалеко от зоны контакта между Таджикской впадиной и Тянь-Шанем.....	6
Рисунок 2. Интерпретация блок-схемы глубокого фундамента плотины (от ТЭО 1978). Корень соленого слоя Гаурдак будет лежать около 2000 м ниже уровня реки. ....	8
Рисунок 3. Фрагмент из геологического отчета 1978 г. Расширение геологических контактов и напластований структурных позиций выделяют предполагаемые смещения и резкое изменение угла наклона напластования. ....	11
Рисунок 4. Выписка из оригинальной карты, с расширением границы оползня (вверху) и экстраполяции на уровне пола галереи 1034 (внизу), в конце левой ветки. Отображаются несколько трещин, СЗ-ЮВ и В-З, но залегания представлены как изгиб вместо того, чтобы быть указанными как смещение. ....	12
Рисунок 5. Интерпретация сечения 'области оползня (с отчета ТЭО 1978). Вид по направлению вниз по течению (ЮЗ). Изначальная настройка в верхней части, после оползня установка у основания. ....	13
Рисунок 6. Вид сверху и поперечное сечение атипичной зоны (воспроизведен из ссылки[8]).....	14
Рисунок 7. Белая рамка показывает область интереса на правом берегу. ....	16
Рисунок 8. Карстовая воронка в толстом слое гипса, левый берег сая Арарак. ....	17
Рисунок 9. Солевые тектоники, пузырчатая пленка складки в левом противоположном берегу нетипичной области. ....	17
Рисунок 10. В пределах нижнего бьефа картированной области. Левый берег потока Арарак проявляет большой масштаб изгиба и поворота меловой последовательности. Образования моложе слева направо. На левом, нормальное положение с падением пласта на юго-восток. Справа обратное положение с падением пласта на СЗ. Черные сланцы Турона и массивные известняки на Туронский/Сеноманский соединении, в качестве ключевых пластов, можно проследить практически без перерыва к створу плотины. ....	18
Рисунок 12. Рядом с восточной границей нетипичной зоны. Структурное положение этого слоя гипса и прилегающих сланцев, почти перпендикулярно к тем, что в неразрушенной области, указывает на изгиб вместо бокового смещения через разрыв. ....	20
Рисунок 13. На крутом склоне нетипичной зоны, в перестроенном нижнемеловом ряду. Хрупкие деформации песчаника, рядом с пластичной деформации гипса и аргиллитов. Перемешивание гипса в трещине которой перезает и переломы в слоях песчаника в соответствии с медленными, управляемой тектонической деформацией этой горной породы.....	21
Рисунок 14. Карстовые воронки вытянутые параллельно наслоению в восточной части высоких плоских площадях.....	22
Рисунок 15. Расположение трещин на узком гребне.....	23
Рисунок 16. Место нахождения сейсмических профилей, получаемый методом преломленных волн.....	26
Рисунок 17. Обзор результатов по линии 1 в соответствии с двумя методами интерполяции...27	27

Рисунок 18. Сводка результатов по линии 2 в соответствии с двумя методами интерполяции. .28	
Рисунок 19. Модель скорости распространения сейсмических волн вдоль линии 3.....29	
Рисунок 20. Расположение измерительных станций.....30	
Рисунок 22. Расположение систем геодезического мониторинга. ....32	
Рисунок 23. Толкование сечения Правого берега, вид с юго-запада. Выдавливание эвапоритов обозначенные на верху напоминает мелкомасштабный сгиб на рисунке 11 выше.....34	
Рисунок 24. Зона древнего оползня в центральной части склона. Стрелка указывает на вершину недавно начатого оползня.....36	

## 1 Объем данного отчета

Настоящий отчет является лишь частью общей оценки геологических условий строительства Рогунской ГЭС. В этом документе представлены результаты геологических исследований, проведенных в 2012 году с целью уточнения оценки геологических условий на правом берегу участка плотины Рогунской ГЭС и, в частности, нетипичной зоны правого берега в целом. В то время как большая часть общей оценки Рогунского объекта основана на предыдущих, обильных данных и документации, результаты исследования 2012 года, являются важным вкладом как новый ввод исходных данных.

## 2 Список основных сокращений и определений

Для удобства, в этой главе представлен список наиболее часто используемых сокращений и основные понятия, используемые в настоящем отчете.

**ФС:** технико-экономическое обоснование, используется для отчета технического проектирования изданный в 1978 году

**ИГП:** Институт Гидропроект (Гидропроект)

**ЙР:** Йонахшский разлом

**ЛИ:** Ламайер Интернэшнл

**Лю:** Единица Люжона (единица меры для проницаемости горной массы)

**mgal:** Единство меры для гравитационного поля

**ПБ:** Правый берег, со ссылкой на участке плотины Рогунской ГЭС, оно обозначает области, ограниченные рекой Вахш и ее притоков, Арарак и Паси Морухо.

**Соляная тектоника:** в этом отчете термин означает конкретные деформации, происходящие в результате выдавливания, куполовидное поднятие, просачивание соли или гипса; это может произойти в локальные сгибы, которая может отражать или полностью отличаться от образование складок вергкности, связанные с региональными тектоническими напряжениями.

**ИТЭО:** Исследование Технико-Экономического Обоснования, используется в настоящем исследовании, порученное Консорциуму состоящий из Койне-эт-Беллие, Электроконсульт и IPA.

## 3 Справочная информация

### Список основных ссылок, имеющих отношение к нетипичной зоне в районе Правого берега

- [1] Рогунский ГЭС на реке Вахш, технический проект. Гидропроект Ташкент 1978 г.
- [2] Технико-экономическое обоснование для фазы 1 первой очереди, строительства плотины Рогунской ГЭС. ИГП Москва, 2000 г.
- [3] Инструментальный мониторинг новейшие тектоники в области строительства Рогунской ГЭС. Ленметрогипротранс ("ОАО" ЛМГТ), г. Санкт-Петербург 2005 г
- [4] Спецификация исходной сейсмичности области Рогунской ГЭС и определения проектирования параметров воздействия землетрясения. ООО "Центр геодинамических исследований", "РКУ", г. Москва (для Гидроспецпроект) 2005 г.
- [5] Спецификация начальной сейсмичности Рогунской ГЭС площадь и характеристика проектируемой сейсмической нагрузки ИГП Москва 2005 г.

- [6] Геофизические и инженерно-геологические изыскания для диагностического исследования существующих конструкций подземной части Рогунской ГЭС Геодинамический Исследовательский Центр (ГИЦ), Москва 2005 г.
- [7] Рогунская ГЭС в Республике Таджикистан, банковское ТЭО для достройки строительства первой очереди. Геология, геотехника и сейсмические характеристики. ЛИ, 2006 г.
- [8] Отчет о сборе и анализе результатов инженерно-геологических, инфильтрации грунтовых вод, геомеханических, геофизических и других видов исследований в области основных структур для разработки проекта Рогунской ГЭС. ИГП 2009 г.
- [9] Концепция достройки проекта, ИГП, 2009 г.
- [10] ИТЭО для Рогунской ГЭС, Начальный отчет.

## Геологический контекст

### ➤ *Краткий региональный контекст*

Поскольку вся площадь участка плотины, правый берег лежит в структурной области Таджикской впадины. Участок находится, точно говоря очень близко к северной границе этого блока, вдоль которой она сталкивается с Тянь-Шанским блоком (рис. № 1).

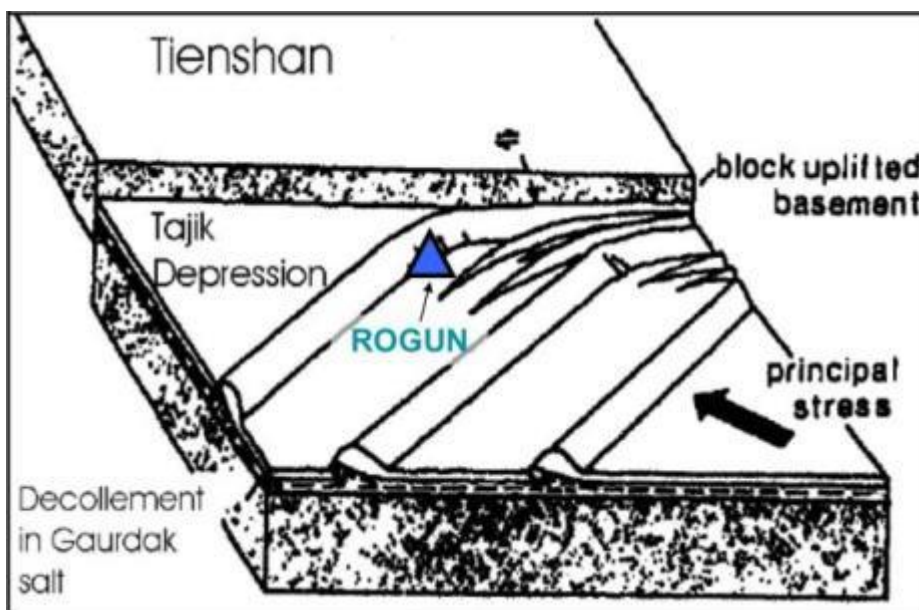


Рисунок 1. Схема регионального места, недалеко от зоны контакта между Таджикской впадиной и Тянь-Шанем

В результате высоких сжимающих напряжений и региональных поднятий, Мезозойской осадочной толщи, ранее отложившее выше Палеозойского фундамента в районе афгано-таджикского бассейна, в настоящее время выходят на поверхность в молодых горных хребтах.

Значительное сокращение осадочного чехла в ответ на сжимающие напряжения в основном размещены последовательно надвиговым пропласткам. Основной уровень разъединения, где пропласток является толстым слоем соли юрского периода определенной как Гаурдакская свита. Один из этих региональных разломов пропластка, Ионахский разлом, проходит именно через правого берега реки Вахш на участке плотины.

### ➤ *Литологическая последовательность*

Таблица № 1 представляет результаты компиляции из доступных источников информации о составе и толщине Мезозойского образования. В отличие от предыдущих отчетов, которые очень точно показывают толщину для каждого пласта (точность  $10^{-1}$  м), Таблица № 1 показывает диапазоны изменения. В то время как высокая точность может быть достаточной для небольшого участка на участке плотины, диапазон изменения представляется более отображающим для больших площадей, которым является случай для растянутого Правого берега.

Концепция, инициированная в ТЭО 1978 году, которая состояла в различении групп образований, является более приспособленной к дополнительному картированию Правого Берега масштаба 1:5 000 М представленное в этом отчете. Эти группы являются: (I) эвапоритовые образования Юрского периода, (II) нижнемеловая континентальная последовательность (III), морские последовательности, в основном верхнемелового периода.

### Юрская Гаурдакская формация

Это образование верхнеюрского периода является самым старым из мезозойского осадочного чехла. Это главным образом состоит из соли, вторичного гипса, с тонким красноватым слоем аргиллитов на верху. Максимальная предполагаемая толщина на региональном уровне, 400 метров. В зоне реализации проекта, он образует клин, который обрезается Йонахшским разломом. На основании данных из бурения и штолен, толщина клина будет увеличиваться на 15 м на каждые 100 м глубины. Таким образом, от нескольких метров около поверхности толщина будет около 100 - 150 м на глубине 800 - 1000 м ниже оси плотины. Толщина будет дальше увеличиваться вниз до пологой зоны, где Йонахшский разлом и другие региональные пропластки располагаются около 2000 м ниже уровня воды в реке (Рис. 2).

Толщину солевого образования на большой глубине можно только предполагать. В любом случае, при сильном режиме сжатия, толщина таких месторождений является чрезвычайно переменной: это может быть "ноль", где соль была зажата и вытиснута или во много раз превосходить ее первоначальную толщину, когда накопились в разуплотненных районах или в диапировых структурах.

### Нижнемеловая континентальная последовательность

Эта группа, узнаваема по доминирующему красному цвету, включает в себя образования от формы Валанжиниан до Нижней Альбиан: Яван, Кызылташ, Обигарм, Каракуз, Мингбатман и Лятобанд.

Они состоят главным образом из песчаников, слоев алевролитов и аргиллитов и редких, как правило, тонких, эвапоритовых слоев. Толщина этой последовательности на участке плотины составляет порядка, 1100 м (1082 м указывается в отчете ТЭО).

### Морская последовательность

На участке плотины она включает в себя формирования из Верхне Альбского, Сенманского и Туронского периода. Толщина этой группы достигает около 550 м (544,7 в отчете ТЭО). Далее в правом берегу, в частности, на левом берегу родника Араак, верхнемеловой последовательности, были выявлены в ходе картирования в 2012 году вплоть до Маастрихта, добавив, около 250 - 300 м в зависимости от толщины верхнемеловых морских отложений

Состоящее из песчаников, алевролитов и сланцев, эта последовательность особенно характеризуется наличием известняков, мергелей и гипсовых слоев. Серый до темно-серого и зеленовато-серого цвета являются распространенным. Часто, также встречается окаменелость.

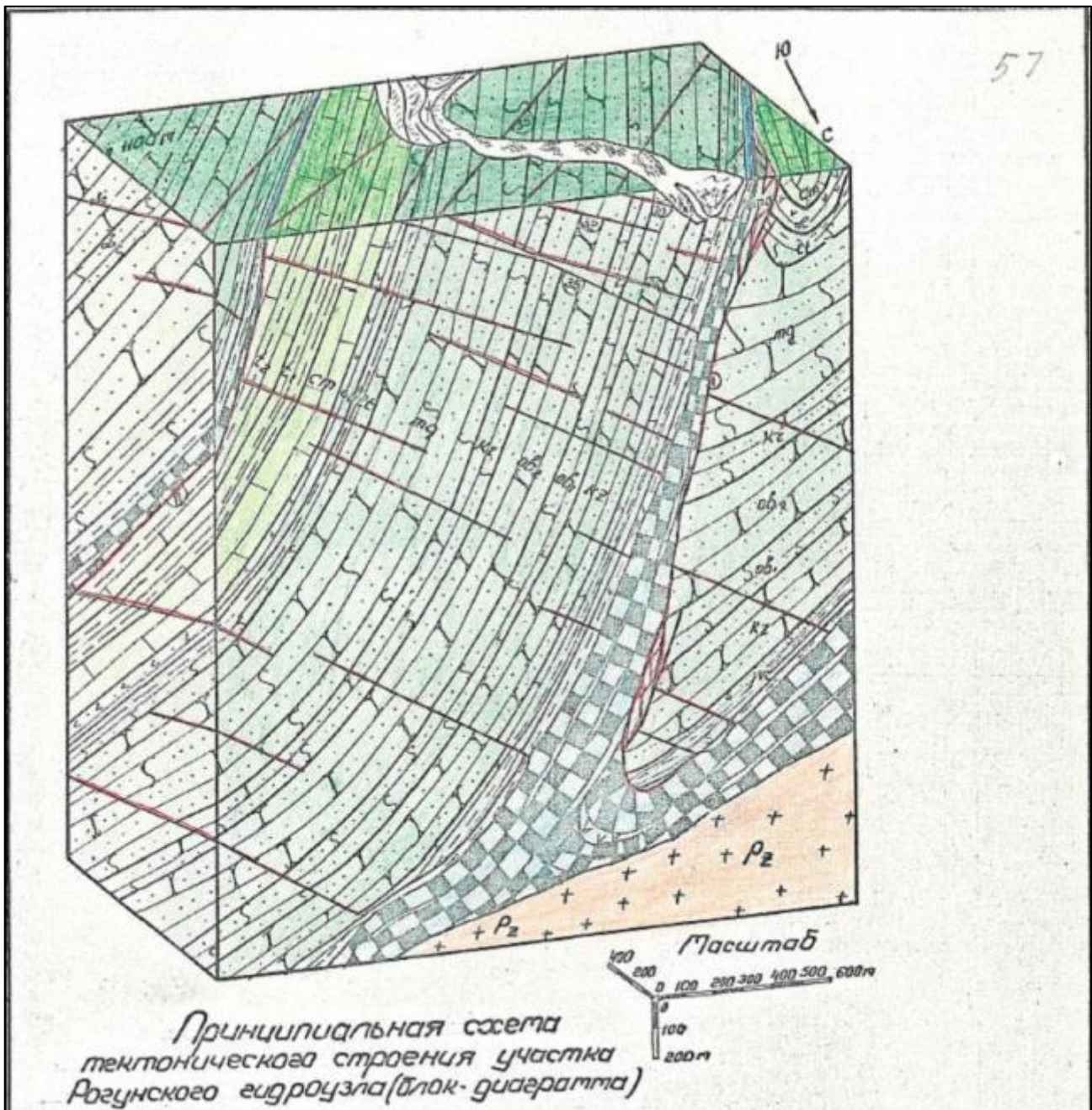


Рисунок 2. Интерпретация блок-схемы глубокого фундамента плотины (от ТЭО 1978). Корень соленого слоя Гаурдак будет лежать около 2000 м ниже уровня реки.



Таблица № 1. Стратиграфические последовательности

Геологический возраст	Формирование	Символы	Толщина	Литология	
Меловой	Маастрихтская эпоха		K <sub>2m</sub> 80 - 110m	Серый, розово-серый, массивный известняк с редкими прослоями (0,5-10 м) песчаника. Известняк в основании слегка глинистые, серовато-зеленые и содержат окаменелости.	
	Кампанская эпоха		K <sub>2cp</sub> 50 - 55m	Зеленый, серовато-зеленые аргиллиты, слегка песчаный, с прослоями (0,5 м) мергелей, серовато-зеленые, слабо песчаных известняков с ископаемой мусора; серого песчаника.	
	Сантонская эпоха		K <sub>2st</sub> 53	Слоистый, зеленовато-серый и розовый, слоистый гипс, серый, желто серый, коричневый, красноватый, зеленовато-серый, фиолетовые аргиллиты, алевролиты и песчаник.	
	Коньякская эпоха		K <sub>2cn</sub> 65 - 80m	Зеленовато-желтые слюдяные песчаника с прослоями серых, песчаный известняк и глинистые желтоватого известняка.	
	Туранская Эпоха	Верхний турон	K <sub>2t</sub>	150-160m	Верхние слои: тонкие серые альтернанты и темно-серые сланцы и желтовато-серые, глинистые известняки и мергели. На основе этого набора, до 20 м толщины слоя ископаемого известняка. Нижний слой: серый ископаемый известняк, зеленовато-серые, мергелистые сланцы с прослоями ископаемых мергелей. Гипс, упомянутые в источнике (2)
		Верхний Сеноман	K <sub>2mt1</sub>	90m	Темно-серые и зеленовато-серыми сланцами с редкими прослоями серых мергелей ископаемых.
	Сеноманский Век	Верхний Сеноман	K <sub>2cm2</sub>	33 - 60m	Серые альтернанты, ископаемый глинистый известняк с темно-серыми и серыми сланцами, слюдяные песчаники, алевролиты и сланцы с гипсовыми линзами.
		Нижний Сеноман	K <sub>2cm1</sub>	45 - 50m	(1): аргиллиты, песчаники, известняки, гипс, (2): серый, розовато-серый мелкокристаллический плотный известняк, серовато-зеленый, местами коричневатый среднезернистый песчаник. (3): альтернант темно-серый и серый сланцы, с гипсовыми линзами, серые глинистый известняк.
	Альбийский Век	Верхний Альбиан	K <sub>1al</sub>	50-65m	Небольшой альтернант коричнево-красноватых аргиллитов и гипса, с серым песчаником.
		Верхний Лятобанд	K <sub>1lt2</sub>	30 - 130m	Частые прослойки белого и розового сахаровидного гипса с зеленовато-серым и коричневым аргиллитом, алевролитом и песчаником. Редкие прослойки светло-серого известняка.
		Нижний Лятобанд	K <sub>1lt1</sub>	35 - 115m	Тонкие, темно-серые, зеленовато-серые сланцы с тонкими слоями (0,3-0,5 м) светло-серого мелкокристаллического известняка, доломита, мергеля (0,6 м) и белого сахаровидного гипса. В средней части слоя - темно-коричневый, утяжеленный среднезернистый, слюдяной песчаник с прослоями зеленовато-серого песчаника (0,1-0,2 м)
		Мингбатман	K <sub>1mg</sub>	130 - 375m	Коричневый и красновато-коричневый, утяжеленный среднезернистый песчаник, светло-серый песчаник, до 10 м толщиной, в верхней средней части.
		Каракуз	K <sub>1kr</sub>	85 - 175m	Красно-коричневый песчаник с прослоями серых и бурых аргиллитов.
	Баремский - Аптский Век	Верхний Обигарм	K <sub>1ob2</sub>	110 - 240m	Песчаники, в основном коричнево-красноватые и фиолетовые с буровато-серыми и светло-серыми прослойками; второстепенными тонкими прослойками аргиллитов.
		Нижний Обигарм	K <sub>1ob1</sub>	80 - 115m	Коричневый, темно-серый, зеленый аргиллитов, алевролитов, белые гипсовые прослойки, до 30 CLM толстые в средней части, верхняя часть включает в светло-серых песчаников прослойки.
Валанжинский-Готервский век	Кызылташ	K <sub>1kz</sub>	165 - 205m	Буровато-красный, уплотненный среднезернистый, слюдяной песчаник, второстепенными прослоями алевролитов и аргиллитов.	
	Верхний Яван	K <sub>1jv2</sub>	40 - 100m	Красно-коричневые и коричневые, порода аргиллитов, алевролитов. Источник (2) упоминает малахит (Cu) в двух прослоях зеленовато-серых, голубовато-серых аргиллитов.	
	Нижний Яван	K <sub>1jv1</sub>	30 - 285m	На верхней части, красновато-коричневый, коричневый и фиолетовый уплотненный мелкозернистый песчаник, алевролитов и аргиллитов. Нижняя часть: темно-коричневые и красновато-коричневые сланцев и алевролиты, некоторые количество гипсовой линзы 0,1 - 0,3 м.	
Юрский период	Гаурдак	J <sub>3gr</sub>	400 m	Красновато-коричневые аргиллиты, соль и гипс.	

Источники упомянуты если описание отличается: (1) FS 1978; (2) стратиграфической колонке 1962-63; (3) Геологический отчет (проект) 2012, Барки Точик

### ➤ **Основные геологические структуры**

Основные структурные тенденции на региональном и местном масштабах ВСВ-3Ю3. Это направление наслоения, основного горизонтального давления и то что ось заметна только на участке плотины, а именно Кирбичский синклиналь. Вергентность наслоений является ССЗ. Соответственно, горизонтальное давление, а также поверхность наслоения далеко от оси, впадают в основном в ЮЮВ. На участке плотины, угол падения горизонтального давления и направления слоения, в основном высоко, более 75° для Йонахшского разлома и 60° для наслоения моноклиналиных последовательностей вниз по течению Йонахшского разлома.

### ➤ **Специфичные особенности на Правом Берегу: нетипичная зона**

Вдали от устоя плотины, геологическая структура правого берега отмечено поперечными изменениями. Наиболее выдающимися особенностями являются:

- Широкая, относительно плоская зона в 1700 - 1750 м над уровнем моря, то есть около 300 м ниже хребта и 700-800 м над долиной реки Вахш.
- Угол наклона напластования является в сторону СЗ (вверх по течению), в отличие от угла наклона напластования ЮВ (вниз по течению) в каньоне. В результате, в нетипичной зоне, на склоне правого берега, мезозойская последовательность находится в перевернутом положении, т.е. более старые образования лежат сверху молодых образований. Наклонная последовательность включает в себя Йонахшского разлома, который является одним основным горизонтальным давлением соприкасающимся между юрским и меловым слоями.
- Вниз по склону смещение образований, на десятки метров до более чем 100 м.

Индивидуальные особенности упомянутые выше приводят к различиям, начиная с самых ранних стадий, «нетипичной» зоны.

### ➤ **Геологическая модель нетипичной зоны**

На стадии ТЭО (отчета 1978 г), особая структура объяснялся большим масштабом неустойчивости склона, предусматривающие последовательность, массивные оползни приблизительным объемом определенном ранее в ТЭО равное 900 миллионов кубических метров.

Как представлено на геологической карте, вырезка из которого представлен в иллюстрации № 3, смещение вниз по склону было интерпретировано, как результат отрыва вдоль восточной границы «оползневой зоны».



**Рисунок 3. Фрагмент из геологического отчета 1978 г. Расширение геологических контактов и напластований структурных позиций выделяют предполагаемые смещения и резкое изменение угла наклона напластования.**

«Граница оползня» было также указано на карте левой ветки галереи 1034, который точно нацелен на эту функцию (рисунок 1079-03-99, ТЭО 1978). Тем не менее, экстраполированная карта на уровне пола галереи показывает только изгиб слоев (рис. № 4).

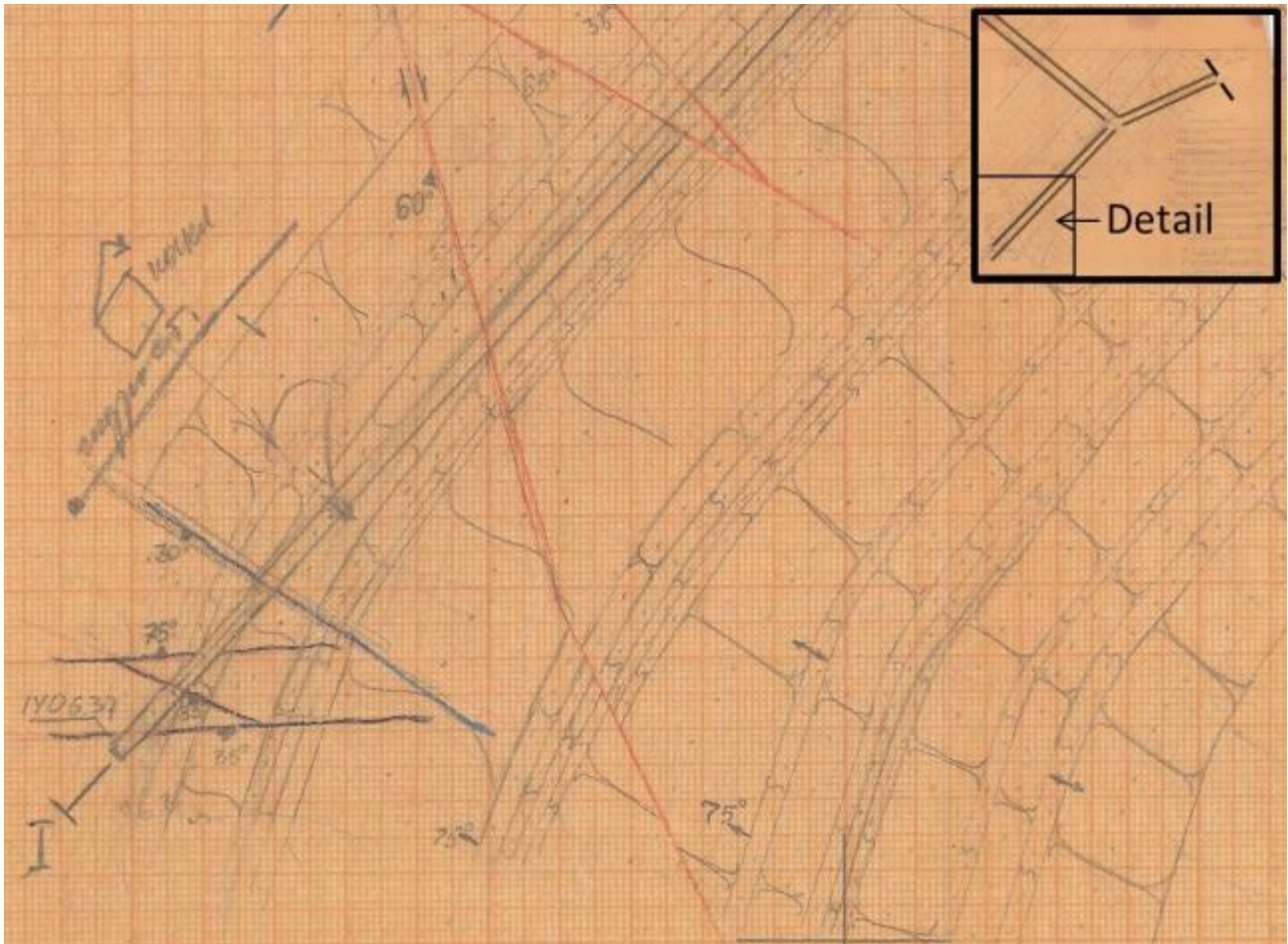
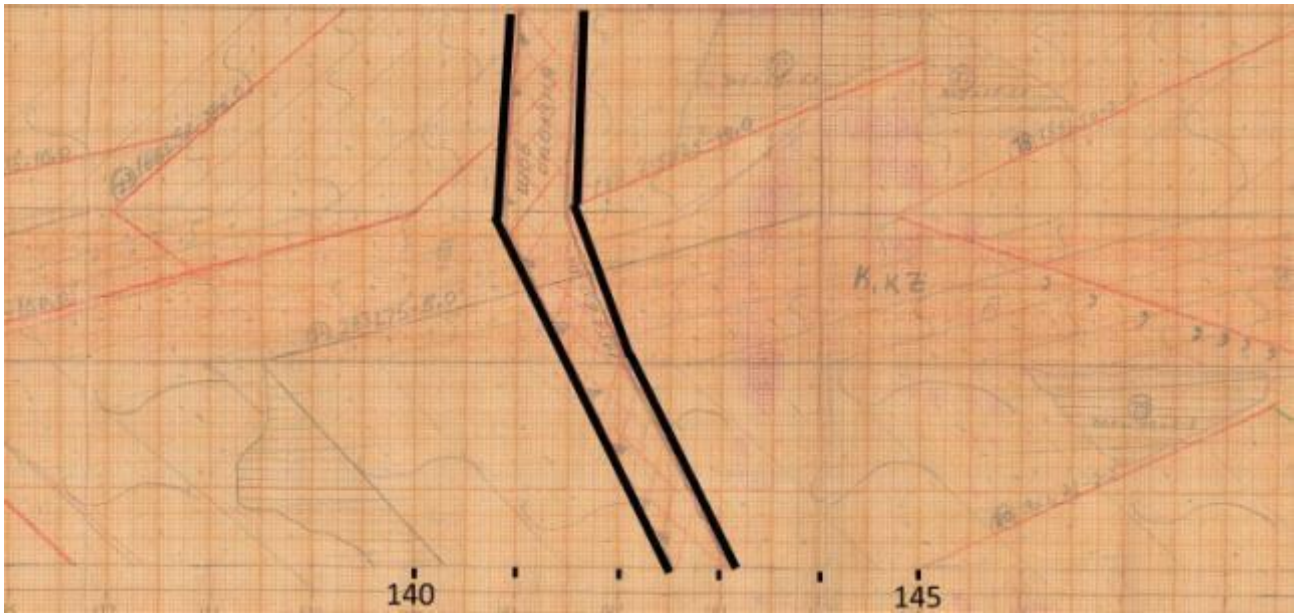
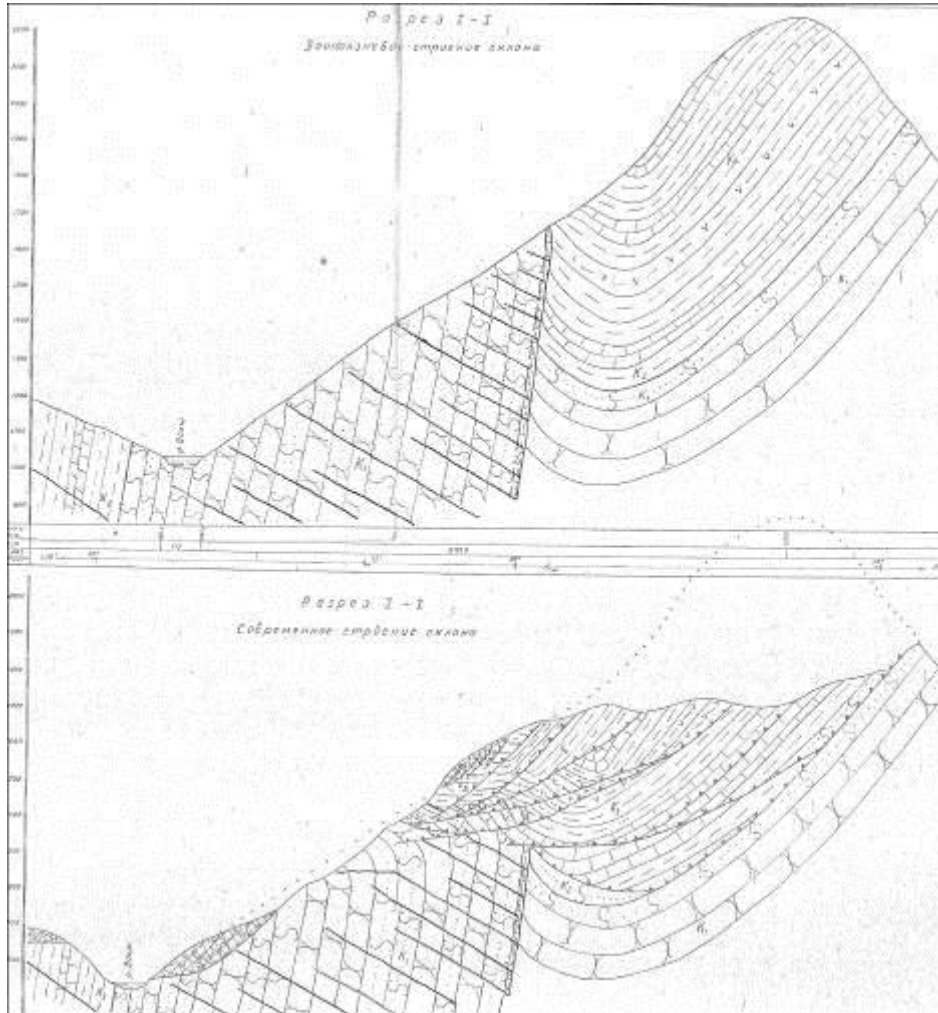


Рисунок 4. Выписка из оригинальной карты, с расширением границы оползня (вверху) и экстраполяцией на уровне пола галереи 1034 (внизу), в конце левой ветки. Отображаются несколько трещин, СЗ-ЮВ и В-З, но залегания представлены как изгиб вместо того, чтобы быть указанными как смещение.

Как объясняет модель оползня, в то время как большая часть сползающих горных пород скоплены в верхней части склона с образованием нетипичной плоской поверхности, значительные массы сползли вниз к долине реки. Соответственно, смена падения залегания могло произойти из драгирование верхней части слоев в основании скольжении (Рис. 5).



**Рисунок 5. Интерпретация сечения 'области оползня (с отчета ТЭО 1978). Вид по направлению вниз по течению (ЮЗ). Изначальная настройка в верхней части, после оползня установка у основания.**

Выводы отчета ТЭО заключают, что древняя зона оползня в основном стабилизировались. В настоящее время только поверхностные оползни могут возникнуть в результате смещение залежей из группы древних оползней и от нарушенных слоев на склоне. Максимальный размер таких потенциальных оползней оценивается в «несколько сотен тысяч метров.

После первой интерпретации, представленной в отчете ТЭО, общий объем предполагаемых оползней был пересмотрен. Самая последняя переоценка датируется 2009 (ссылка. [8]), когда общий объем оползня был оценен в '75 - 100 млн. м<sup>3</sup>. Риск реактивации как массивный оползень, также считается очень низким. Новые изучения объединяют результаты сейсморазведки, электрического зондирования проведенные в 2006 году в основном на плато на 1700 м. Вид сверху на атипичные зоны и интерпретации сечения приводятся на рисунке 6.

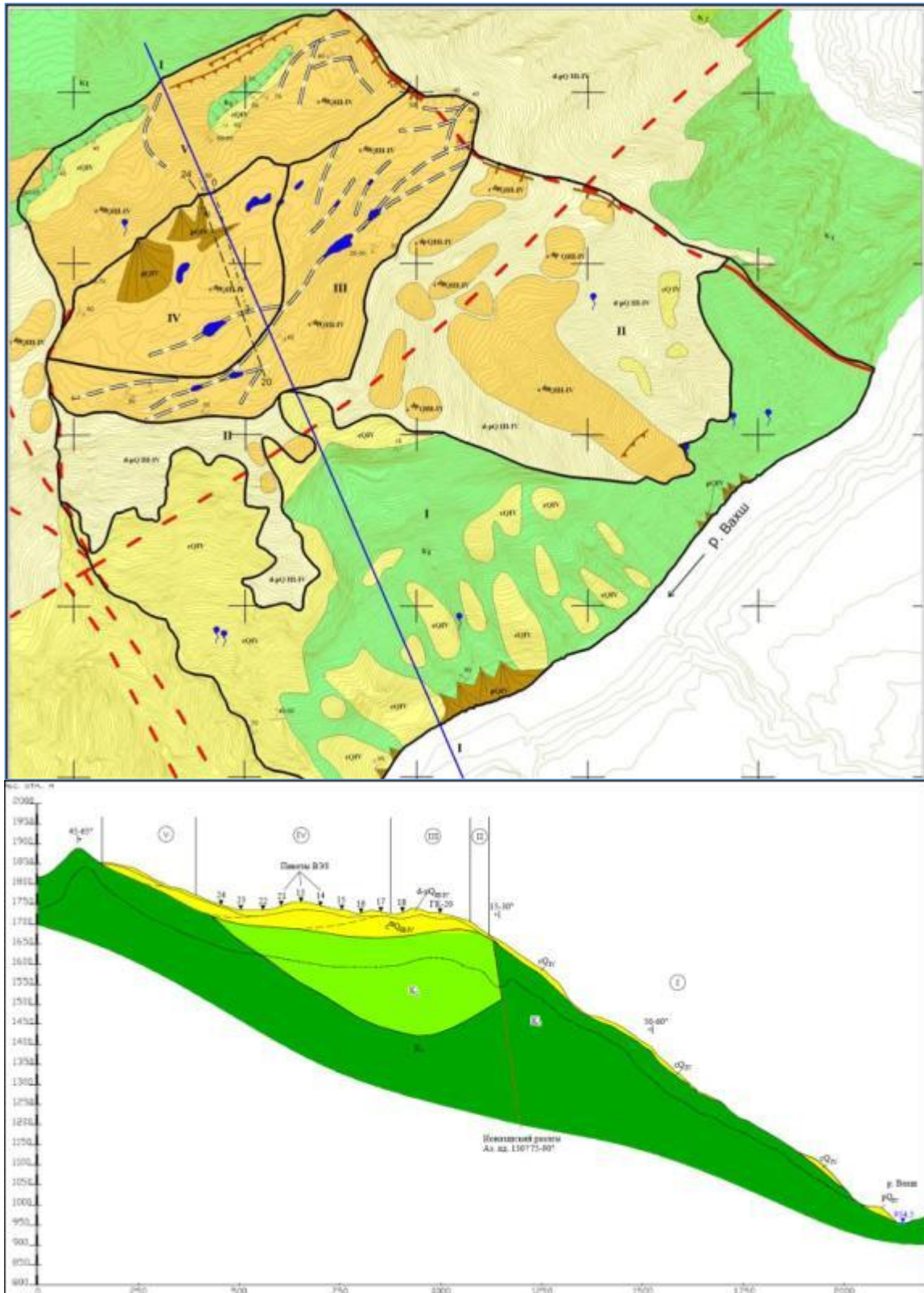


Рисунок 6. Вид сверху и поперечное сечение атипичной зоны (воспроизведен из ссылки[8])

## 4 Дополнительные полевые исследования в 2012 году

Вначале ИТЭО, было рассмотрено, что модель «оползня» не была проверена достаточными подземными исследованиями. Кроме того, наличие соляных куполов и складок типичны для соляной тектоники в районе осуществления проекта, предполагающие, что альтернативные сценарии могли бы объяснить нетипичную конфигурацию.

В целях уменьшения неопределенностей, связанных с геологической установкой и, в частности, с риском массивного оползня, рекомендуются дополнительные геологические исследования. Исследования, завершённые в 2012 году состоят из:

- Картирование геологической поверхности, масштаба 1:5 000
- Бурение с отбором керна и тестированием проницаемости, как это показано ниже

Скважина	Длина (м)	Тест Лужона
IF1	115	15
WRB1	110	10
WRB2/DZ1	217	10
DZ2	166	

- Преломление сейсмических профилей: 3 линий, общая длина 2380 м
- Микрогравиметрические измерения: 684 станций на 25 профилей
- Установка 30 станций для мониторинга потенциальных перемещений склона
- Проверка существующих галерей, специально реабилитированных
- Источники: измерения сбросов, химические анализы
- Пьезометрическое бурение и измерения

Результаты исследования и основные результаты по оценке правого берега обсуждаются в следующих параграфах.

### Геологическое картирование поверхности

На основе анализа аэрофотоснимков и полевых наблюдений, нетипичная морфология и геологическая обстановка выявлены, также для выхода за пределами имеющейся подробной геологической карты. Поэтому было решено завершить геологическое картирование в масштабе 1:5 000, в следующей ограниченной области:

- на восток и на юг, рекой Вахш,
- на запад, потоком Арарак, первый правый приток д/с створа плотины,
- на север, у ручья Пасимурако, правый приток U/S створа плотины.

Область интереса, указана на рисунке 7. Этот блок имеет четкие геоморфологические границы. Это можно рассматривать как естественное расширение правого берега створа плотины, например, в целях гидрогеологического моделирования.



**Рисунок 7. Белая рамка показывает область интереса на правом берегу.**

Геологическая карта представлена в Приложении 1. Английский перевод полевых заметок приводится в Приложении 2.

Основные результаты дополнительных карт и геологических критических обзоров приводятся здесь ниже.

➤ **Расширение нетипичной установки**

Картирование в более широкой области показало, что «нарушенная» или «нетипичная» геологическая установка выходит за пределы области ранее разделенной и называемой зоной "древних оползней". В принципе, геологическая установка отличается от той, что на створе плотины по всей дороге и даже за пределами сай Арарак.

➤ **гипсовые слои, карстовые и уровни разъединений**

В сайте Арарак, верхнемеловые отложения были представлены Сантонскими, Коньякскими и Верхне-Маастрихскими образованиями. Среди них, Сантонское образование включает в себя толстые слои гипса, которые обладают многочисленными свойствами карстового растворения (рис. 8).





**Рисунок 8. Карстовая воронка в толстом слое гипса, левый берег сая Арарак.**

Такой гипс по видимому ответственен за недостающие пузырьчатые пленки складки, типичной соли/эвапоритовых тектоник, которые видны на противоположном берегу реки Вахш (рис. 9). Сделан вывод, что в области проекта, тектонические напряжения размещаются по разъединением не только в юрских отложений солей, но и на других благоприятных уровнях выше.



**Рисунок 9. Солевые тектоники, пузырьчатая пленка складки в левом противоположном берегу нетипичной области.**

- Прямые наблюдения крупномасштабной тектонической складки

Большой масштаб складки, которая превращает нормальную последовательность (молодых образований, лежащих на старых) с падением пласта юго-востока в перевернутом положении (старые образования, лежащие на молодых) с Северо-Западным падением, был замечен в преимственности с «нетипичной установкой», которая ранее интерпретировалась как «оползень "верхне меловых слоев».

Это наблюдение является убедительным доказательством того, что отмена падения пласта является результатом тектонических деформаций (рис. 10).

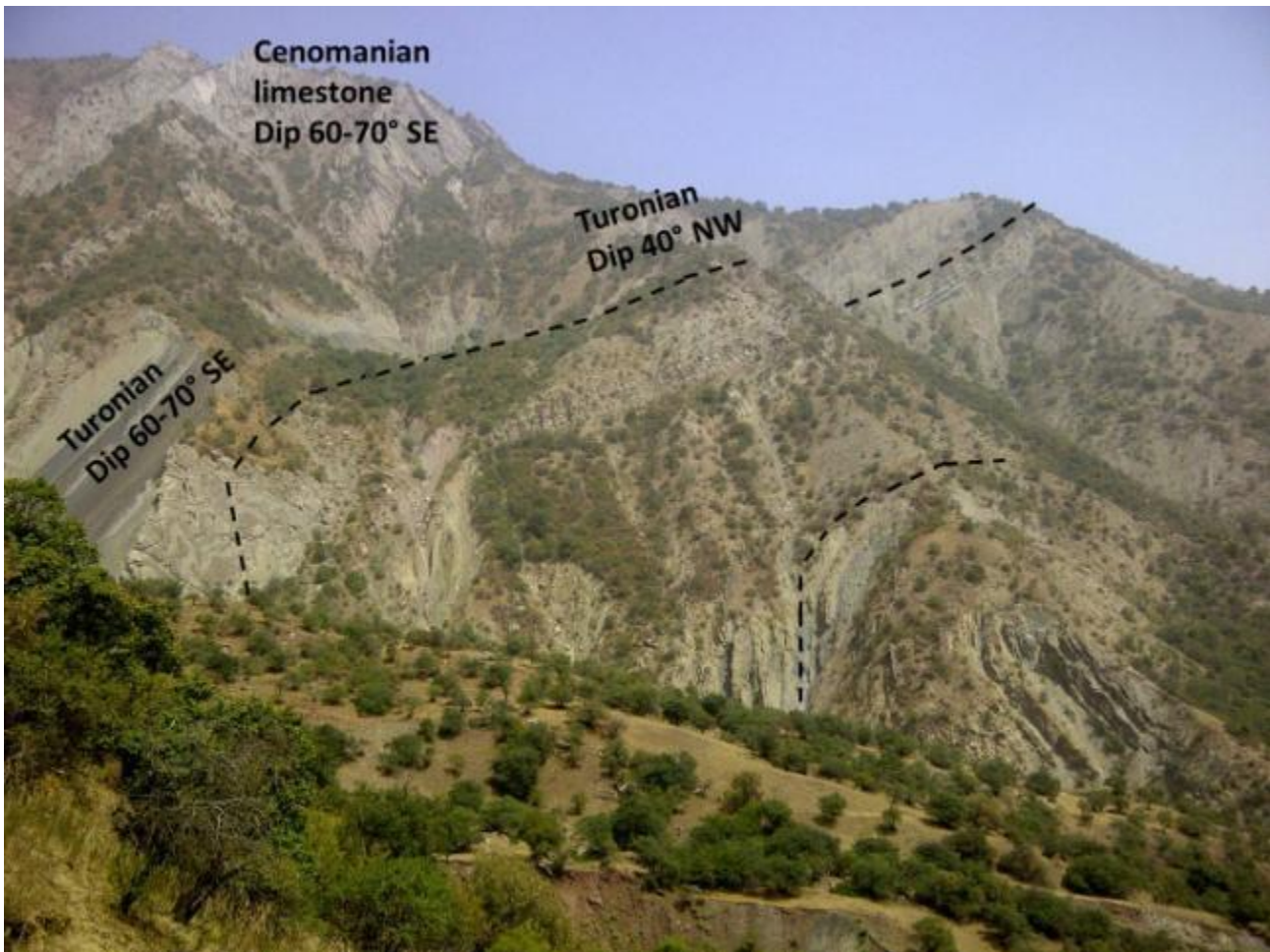


Рисунок 10. В пределах нижнего бьефа картированной области. Левый берег потока Арарак проявляет большой масштаб изгиба и поворота меловой последовательности. Образования моложе слева направо. На левом, нормальное положение с падением пласта на юго-восток. Справа обратное положение с падением пласта на СЗ. Черные сланцы Турона и массивные известняки на Туронский/Сеноманский соединении, в качестве ключевых пластов, можно проследить практически без перерыва к створу плотины.

➤ **Образование складок небольшого масштаба**

Был также обнаружен образование складок небольшого масштаба, которая является типичной для соляной тектоники (рис. 11).



**Рисунок 11. Левый берег сая Аракак. Жесткая складкака в Конякского пласта.**

- Разломы ном. 35 и 28

Существующие геологические карты показывают, что разломы № 35 и 28 пересекают границу и продолжают в обратной нетипичной последовательности. Основываясь на последних полевых наблюдениях, никаких доказательств не было найдено для такой преемственности.

- Природа границы нетипичной зоны

В районе предполагаемой восточной границы "оползневой зоны, никаких доказательств СЗ-ЮВ зоны разлома не было найдено. Напротив, полевые наблюдения предполагают, что очевидно небольшое смещение слоев исходит от пластической деформации (изгиб), в отличие от резкого сдвига (Рис. 12). Другие наблюдения на склоне также свидетельствуют о медленной тектонической деформации (рис. 13).



**Рисунок 12.** Рядом с восточной границей нетипичной зоны. Структурное положение этого слоя гипса и прилегающих сланцев, почти перпендикулярно к тем, что в неразрушенной области, указывает на изгиб вместо бокового смещения через разрыв.



**Рисунок 13. На крутом склоне нетипичной зоны, в перестроенном нижнемеловом ряду. Хрупкие деформации песчаника, рядом с пластичной деформации гипса и аргиллитов. Перемешивание гипса в трещине которой перезает и переломы в слоях песчаника в соответствии с медленными, управляемой тектонической деформацией этой горной породы.**

➤ Карстовая воронка на высоком плато

Морфология широкой плоской области в РБ осложняется многочисленными углублениями рельефа (рис. 14). Они могут быть вытянуты параллельно пласту, **ВСВ-3Ю3**, но и круглой формы. Их ширина очень изменчива, от нескольких метров до более чем 100 метров. Небольшие провалы, очень похожи на те, которые известны в карстовых районах. Самые крупные из них могут укрыть постоянные или временные озера. Один с постоянным озером лежит к югу от скважины DZ2. Как говорится в следующей главе, эта скважина пересекла около 65 м глины, которые могут быть интерпретированы как остаточное заполнение большого карстового провала. Наличие известняк в обнажении и толстый гипс / аргиллитов последовательность в скважине предполагает, что карстовые воронки связаны с карстовым растворением.



**Рисунок 14. Карстовые воронки вытянутые параллельно наслоению в восточной части высоких плоских площадях.**

➤ Трещины, связанные со стабильности наклона

Некоторые удлиненные впадины наблюдались также на узком хребте ориентированном СЗ-ЮВ, которые доминируют в правой устье плотины (рис.15). Впадины лежат на стороне хребта, которые в противоположении устоя плотины. Они могут достигать до 20 м, шириной 5 м и 2 - 5 м глубины. Целиком лежащие в слоях песчаник-аргиллит, они не могут быть связаны с растворением, а возможно с нестабильностями уклона. Несуществует никаких признаков недавней или прогрессивной, продолжающей открытии. На основании структурной конфигурации, эти функции кажутся отражающими, скорее, на внезапное развитие, например, во время землетрясения. Тем не менее, этот хребет обеспечивает крутой склон на юго-западе по крайней мере, обвалами. Из-за близости к верхнему краю склона, более объемные сползания не могут быть отброшены вдоль трещин.

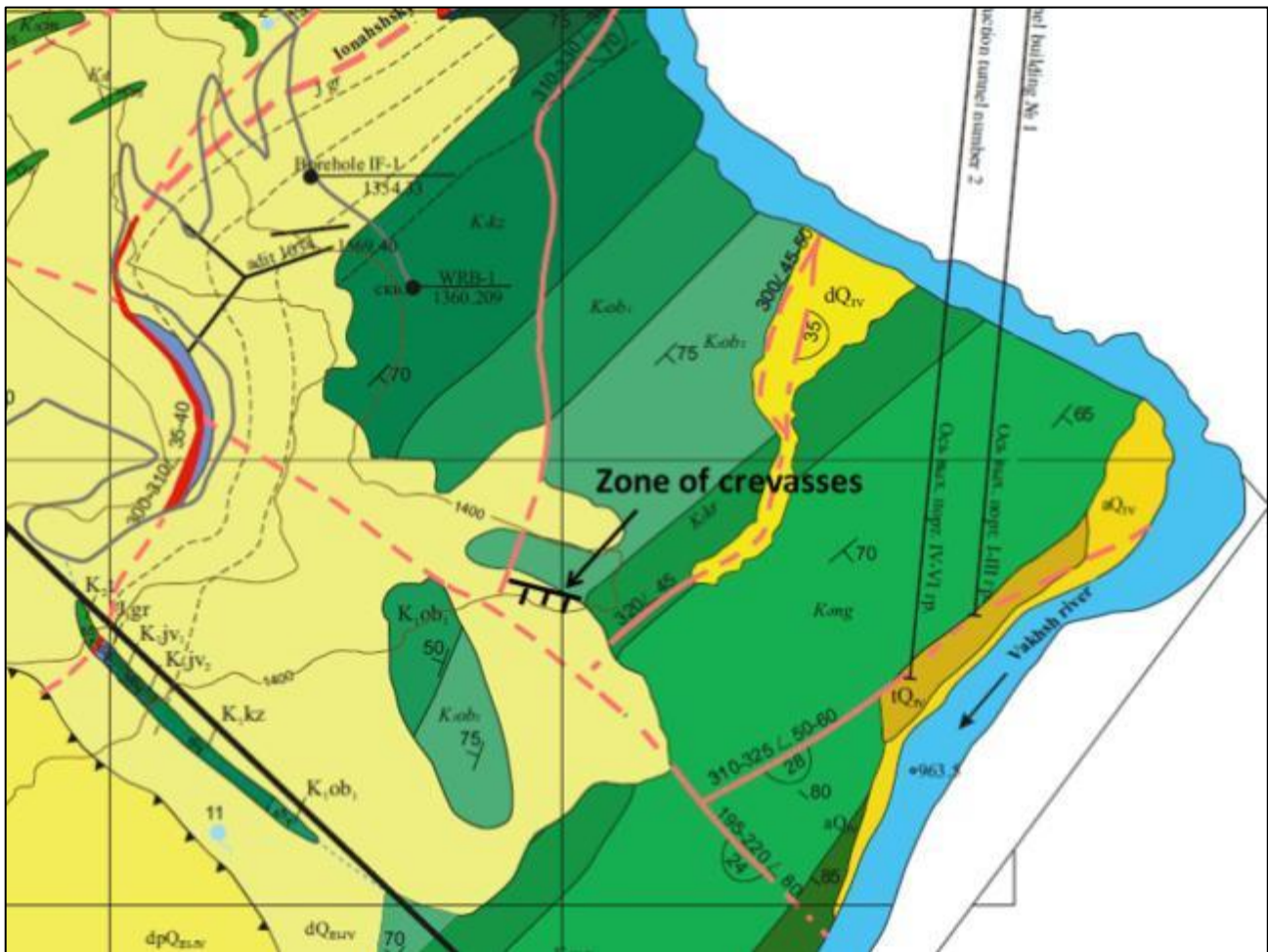


Рисунок 15. Расположение трещин на узком гребне.

## Бурение

Четыре скважины были пробурены, две около фундамента плотины и два в атипичной зоне. Для каждого из этих скважин, цели и основные результаты изложены в этой главе. Подробная информация представлена в Приложении 3.

### ➤ Скважина IF1

**Расположение и длина:** верхняя часть правого берега на месте плотины; пробуренное с наклоном в направлении близко перпендикулярно Ионахшскому разлому, длиной 115 м.

**Цель:** Изучить Ионахшский разлом в верхней части упора, чтобы проверить отсутствие соли на этой высоте, для проведения испытаний проницаемости при высоком давлении.

**Основные результаты:** Ионахшская зона разлома была пересечена. Зона разлома характеризуется сильно расланцованными глинами и гипсами в висячем блоке образования (юрского периода) и брекчиями у подножия стены (верхний мел). Уровень грунтовых вод зафиксированных в октябре составляла 74 м глубины вдоль отверстия. Это УГВ высок по отношению к одной предположенной в отчете ТЭО в этих реках. В следующей таблице приведены результаты испытаний проницаемости.

Этап	Эффективное давление (в барах)	Проницаемость (в Люжонах)
42-47	5	19
47-52	5	41
52-57	21	16
57-62	10	24
62-67	22	15
67-72	7	1
72-77	7	30
77-82	12	3
82-87	31	8
87-92	18	2
92-97	19	2
97-102	19	1
102-107	20	1
107-112	20	1
112-115	20	2

Зона разлома лежит в интервале 107 - 112, где проницаемость является очень низким. Напротив, многие этапы верхней части скважины дали высокие значения.

➤ Скважина WRB1

Расположение и длина: верхняя часть правого берега возле оси плотины, 110 м, вертикальная

Цель: дать характеристику скальному основанию в верхней части упора в районе оси плотины, для проведения испытаний проницаемости при высоком давлении.

Основные результаты: Разрез скважины состоит главным образом из песчаников и аргиллитов. Породы относительно переломались, что также отражены величиной проницаемости.

Этап	Эффективное давление (в барах)	Проницаемость (коэффициент фильтрации )(в LU)
60-65	13	25
65-69.9	14	25
89.9-74.9	15	23
74.9-79.9	17	20
79.9-84.9	16	21
84.9-90	18	18
90-95	17	19
95-100	18	19
100-105	11	16
105-110	20	15



### ➤ **Скважина WRB2/DZ1**

Расположение и длина: атипичная зона вблизи границы с недислоцированной установки фундамента плотины, 217,2 м, вертикальная.

Цель: изучить геологические структуры, чтобы характеризовать горную массу в атипичной зоне, пересекать и характеризовать зону Ионахшского разлома в атипичной зоне, провести испытания проницаемости.

Основные результаты: Скважиной пройдены около 30 м вскрышных пород и породы Туронского яруса верхнего мела (от серого к темно-серого известняка, часто глинистых, мергелей и сланцев) до пересечения зоны IF между примерно 160 и 170 м глубины. Зона разлома характеризуется рассланцованным красным аргиллитом и гипсом. Вся последовательность, в том числе зона Ионахшского разлома, падает умеренно в СВ. Породы Тулона над зоной разлома обладают несколькими интервалами измельченных ядер. Значение прочности пород (RQD) главным образом изменяется от 0 до 50.

### ➤ **Скважина DZ2**

Расположение: горизонтально залегающий район в атипичной зоне, 166,2 м, вертикально.

Цель: изучить геологические структуры, для калибровки геофизических измерений, выполненных в 2012 и 2006 гг.

Основные результаты: скважина пересекла:

- очень плотные глины вскрышных пород, лишь с редкими обломками коренных пород, вплоть до глубины около 70 м
- 15 м песчаника и алевролита и
- альтернантного гипса и аргиллита в течение примерно 80 метров.

Формирование толстого гипс-аргиллита было образовано в Альпских отложений, хотя следует подчеркнуть, что слои гипса намного толще, чем описаны в существующих документах. Учитывая местные условия, в том числе выходы известняков, многочисленных гипсов при бурении скважины и морфологии, толстая глинистая покрывающая толща может быть остаточным заполнением большой карстовой воронки.

## **Сейсморазведка МПВ**

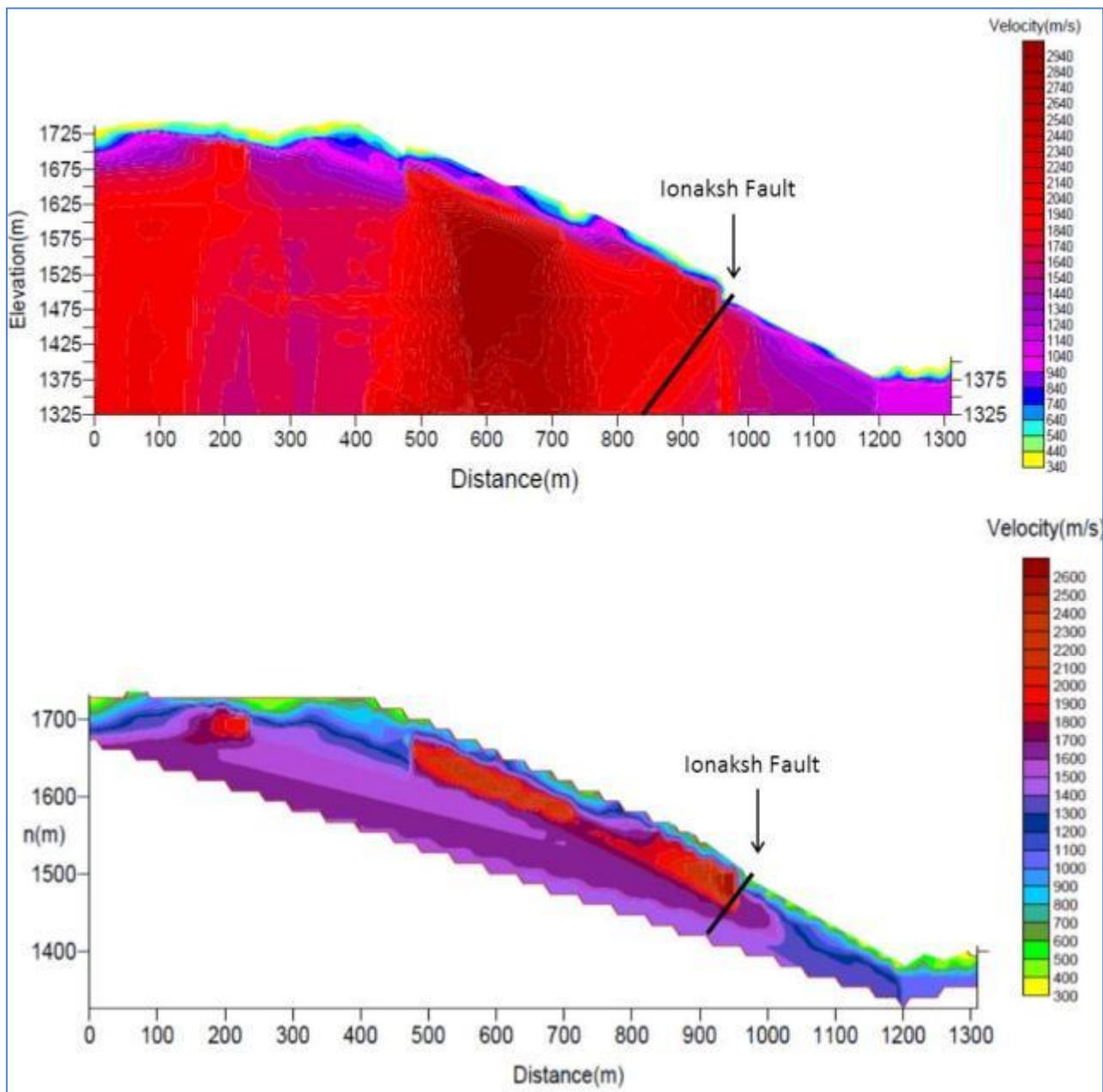
Исследования сейсморазведки МПВ проводилось для того, чтобы оценить мощность перекрывающих пород и приблизиться к характеристикам основных пород за счет изменения скорости упругих волн. Расположение сейсмических линий показаны на рисунке 16.



**Рисунок 16. Место нахождения сейсмических профилей, получаемый методом преломленных волн.**

Сейсмические линии распределены по плоской площади, а наклон ниже. Линия 1 пересекает центральную часть атипичной области, проходя по месту скважины DZ2. Линия 2 проходит вблизи восточной границы атипичной зоны и вблизи скважины WRB2/DZ1. Линия 3, длиной всего в 230 м, дает дополнительную информацию о плоской площади, проходящей через расположение DZ2.

Отчет приведен в Приложении 4. Результаты приведены здесь ниже. Рис. 17 представляет сводные результаты для линии 1.

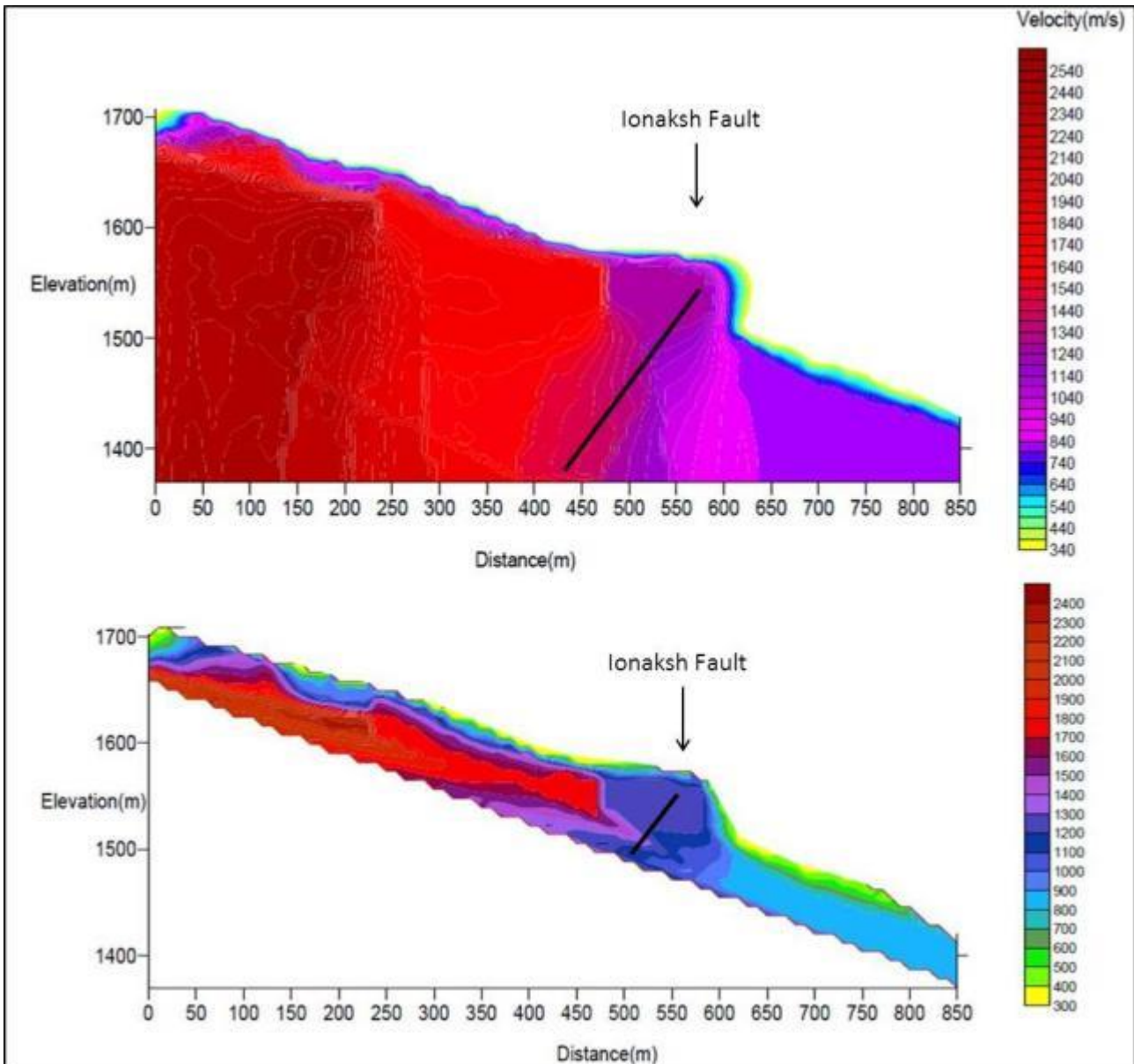


**Рисунок 17. Обзор результатов по линии 1 в соответствии с двумя методами интерполяции.**

Обе модели ясно показывают:

- Очень толстая покрывающая толща на высоком плоском участке, и меньшей толщины на склонах подтверждая результаты скважины DZ2.
- Йонахшский разлом, обратная позиция (падение СЗ) хорошо отличается, разделив две различные области: (i) вверх по склону, верхний мел, с относительно высокими скоростями в глубоких горизонтах и (ii) вниз по склону, нижнемеловых образований, где скорость остаётся на низком уровне, в порядке 1200-1500 м / с даже на глубине.

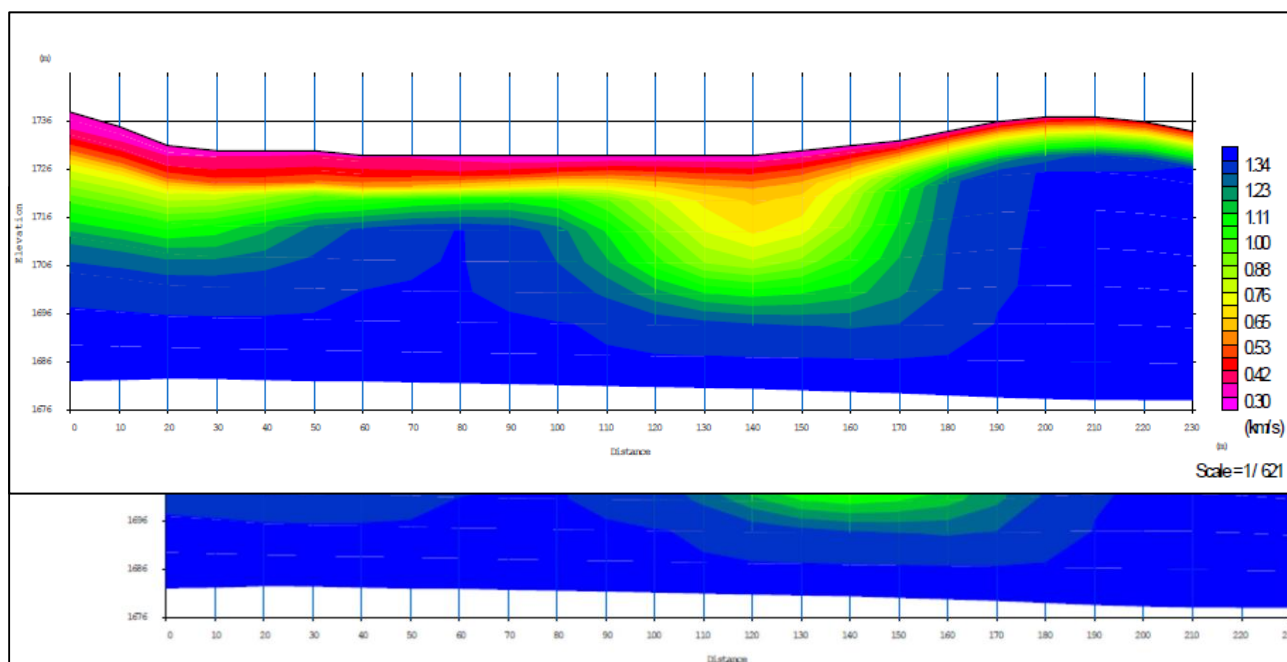
Результаты области линии 2 обобщены в рис. 18



**Рисунок 18. Сводка результатов по линии 2 в соответствии с двумя методами интерполяции.**

Что касается линии 1, результаты указывают контраст с каждой стороны Йонахшского разлома, в подвёрнутом положении. Основная порода Верхнего мела характеризуется более высокими скоростями, чем нижнего мела. Характерный шаг в местоположении Йонахшского разлома соответствует толстые линзы обнажения видимости гипса в разрезе подъездной дороги.

Результаты линии 3 подтвердят значительную толщину мощность перекрывающих пород на высокой плоской области, в частности в прогибах рельефа (рис. 19). В местных условиях, такие функции могут быть интерпретированы как карсты заполненные глиной.



**Рисунок 19. Модель скорости распространения сейсмических волн вдоль линии 3.**

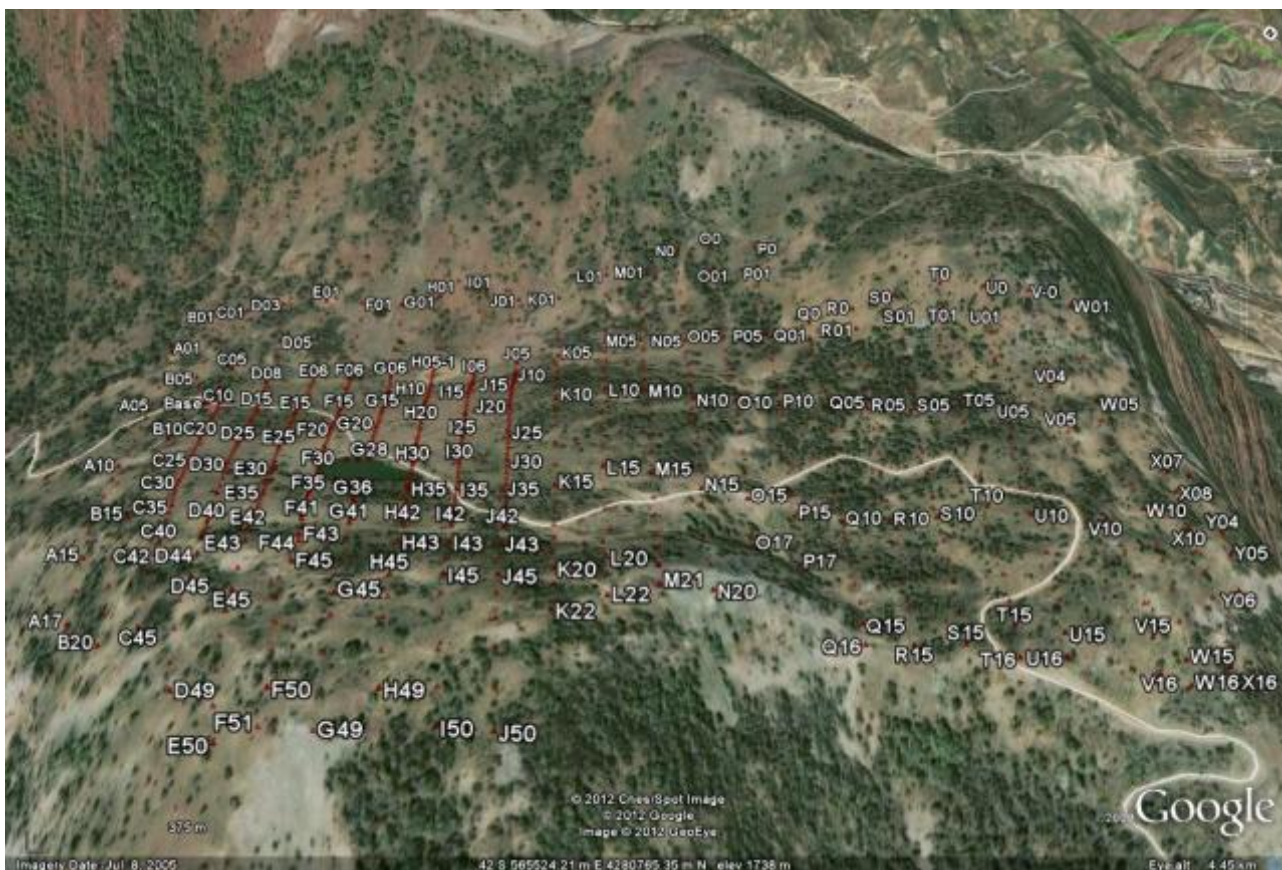
Наконец, следует отметить также, что результаты исследований 2012 года сопоставимы в отношении профиля скорости с предыдущими (ссылка [8]). Тем не менее, интегрируя результаты скважины DZ2 и микрогравиметрии, настоящая интерпретация привилегирует карстовой модели.

## Микрогравиметрия

Основная цель микрогравиметрических измерений было изучение возможного наличия большой массы соли или гипса, учитывая, что такие случаи в непосредственной близости от места плотины может иметь непредсказуемые последствия для проекта. По сравнению с исследованиями сейсморазведки МПВ, которые дают надежные результаты для мелких горизонтов, микрогравиметрия интегрирует реакцию очень глубокого аномального источника. Кроме того, он может предоставить достоверную информацию на наличие полостей или провалов в верхних слоях земли. В обоих случаях эвапоритовые породы или полости имеют меньшую плотность, чем коренные породы и соответствуют отрицательным остаточным аномалиям.

Отчет приведен в Приложении 4. Основные результаты приведены ниже.

Исследуемый район примерно соответствует плоскости высокого плато (рис. 20). Именно эта область наиболее интересна, а также область с наиболее благоприятным рельефом.



**Рисунок 20. Расположение измерительных станций.**

Рисунок 21 представляет основные результаты, как остаточные аномалии на поверхности и на глубине 120 м. Среди намеченных аномалии, те которые, вблизи границ области исследования могли бы быть более под влиянием топографии. Хотя они не могут считаться бессмысленными, их интерпретация не будет надежным без расширения области исследования по крутым склонам с еще более высоким топографическим влиянием.

После обработки и геофизических моделирований, источником аномалии № 1 в центре исследуемой области был истолкован как низкая плотность массы, достигающая максимальной глубины порядка 120 метров. Его природа, эвапоритовые массы (диапира?) Или очень глубокие области впадины с заполненной глиной, являются неопределенными. На основании анализа всех имеющихся данных, эвапоритовые массы кажется наиболее вероятной (см. также интерпретации геологического разреза в рисунке 23). Однако, поскольку плато лежит на не менее 350 м над уровнем гребня плотины, пока аномальная масса не распространяется глубже, она имеет мало значение для проекта.

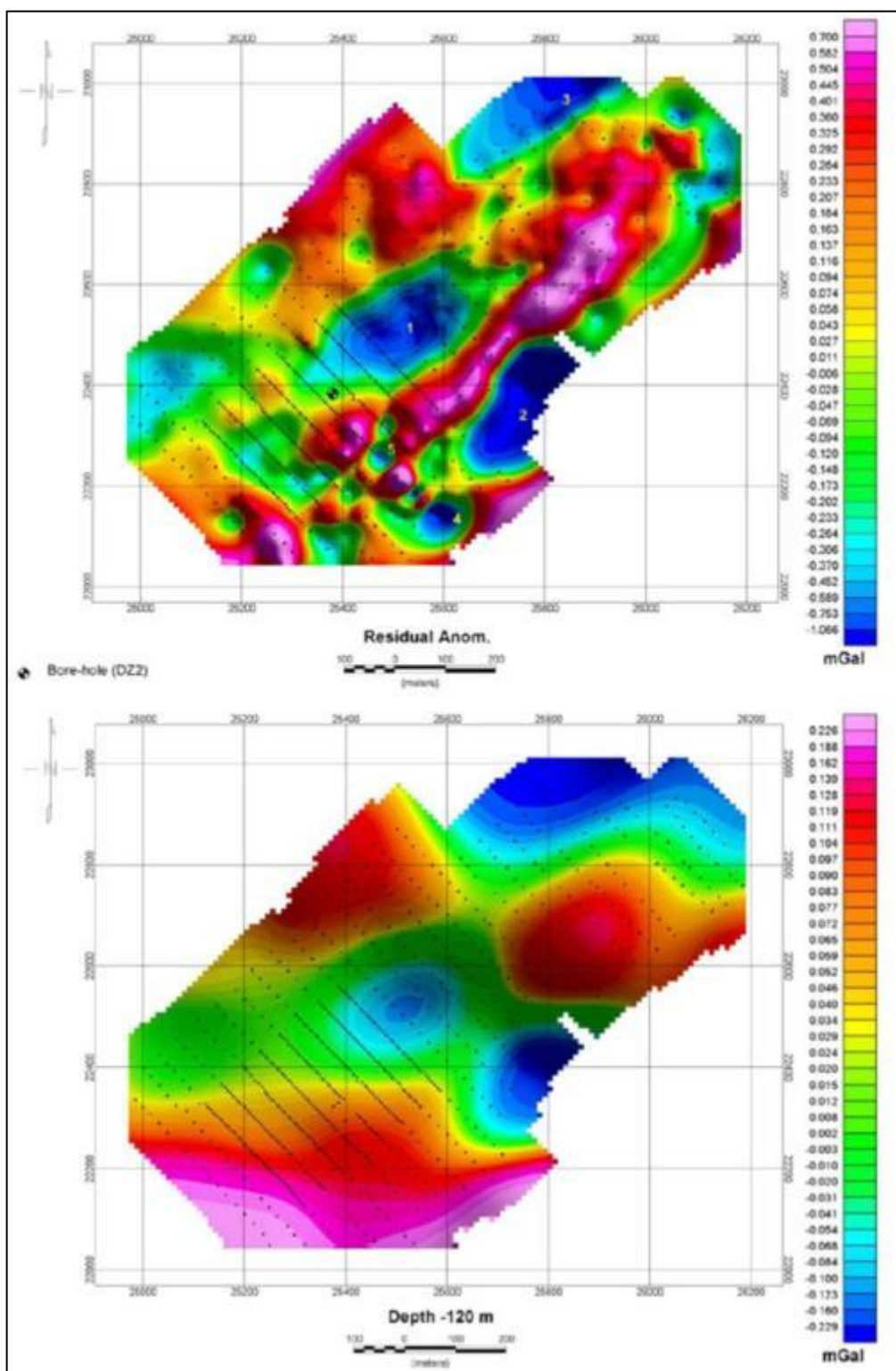


Рисунок 21. Итоговые результаты микрогравиметрии: Остаточные аномалии на поверхности (вверху) и экстраполированные на глубину 120 м. (внизу).

## Осмотр галереи 1034

Среди других мероприятий на местах, осмотр галереи 1034 предлагает ценную информацию в зоне «границы оползня». Как отмечалось выше, левая ветвь этой галереи была специально разработана, чтобы исследовать границы предполагаемой зоны оползня. Работы по восстановлению штолни с трудом за 145 м продвигались от зоны разветвления. В конце восстановленной зоны, а также в потолке за зоной вывала, никаких серьезных изменений в наклонение ориентации не наблюдалось.

Реабилитация продолжается и должна быть завершена. Обновленные замечания будут учтены в окончательном проекте, для которого природа этой зоны, сгибание или разрыв и смещение слоев, имеет важное значение.

## 5 Геодезический мониторинг

В целях оперативного выявления и реагирования на любые движения склона, были установлены 30 геодезических станции (в том числе три старых станций, которые были реабилитированы). Цели были разбросаны на верхней части склона ниже плато. Чтения будут выполняться от 2 базовых станций, расположенных на противоположном берегу (рис. № 22).

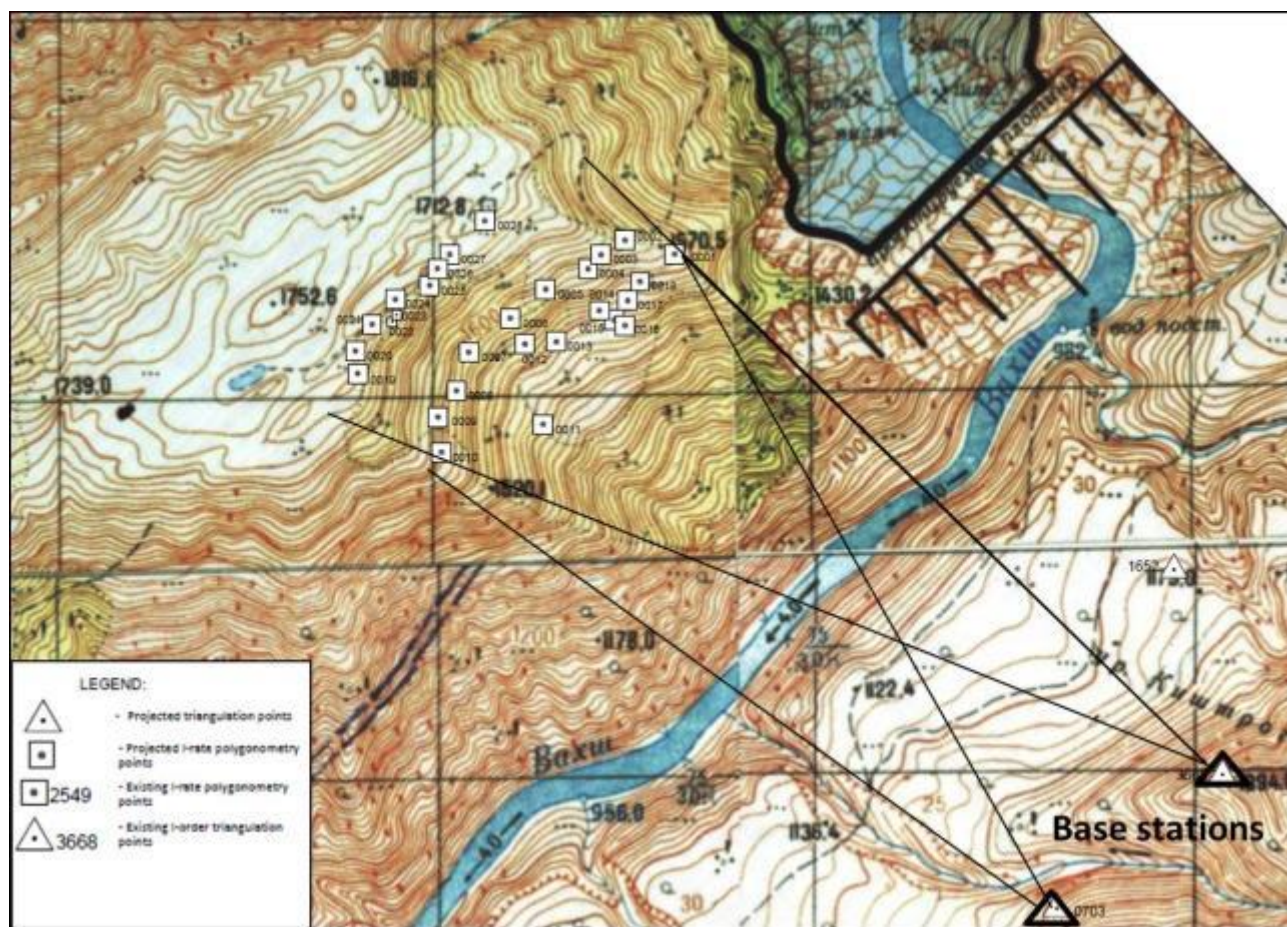


Рисунок 22. Расположение систем геодезического мониторинга.



## 6 Обсуждение результатов

### Геологические условия в атипичной зоне

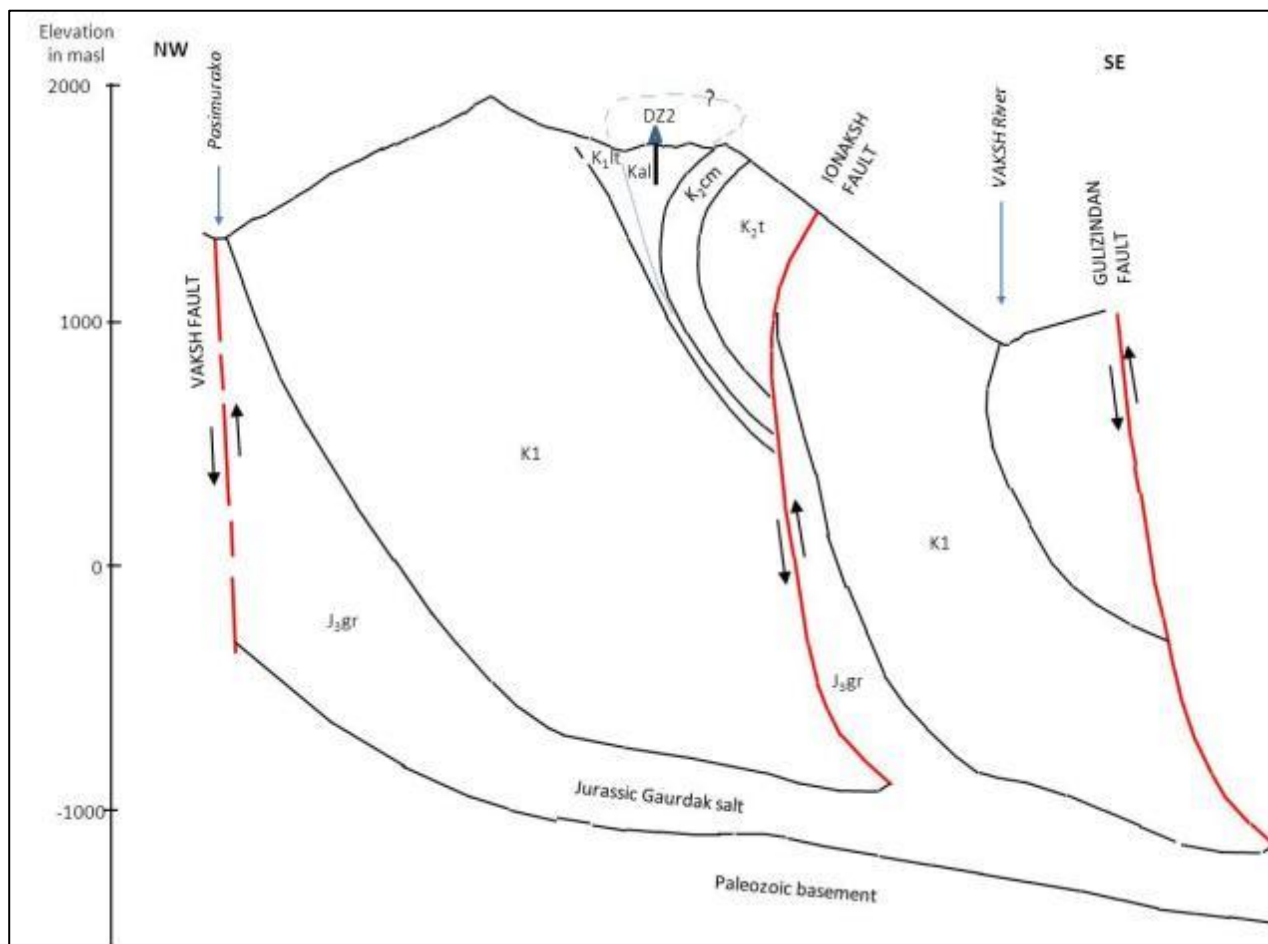
Исходя из имеющихся данных, геологическая обстановка атипичной зоны в правобережье результат от комбинации следующих элементов:

- Местные деформации, связанные с соляной/эвапоритовой тектоникой
  - карстовые растворения
  - Поверхностные оползни
- *Местные деформации, связанные с соляной/эвапоритовой тектоникой*

Наиболее убедительные доказательства это непосредственное наблюдение крупномасштабного сгибания приводящего к опрокидыванию положения наслоения. Тот факт, что образования старых нижнемеловых периодов, соответствуют в обратной последовательности, можно предположить, что *отслаивание* приведшее к этой деформации состоялось в период формирования Юрской и Гаурдакской свиты. Однако, заметив присутствие других уровней *отслаивания* в молодых образованиях, другие сценарии также могут быть исследованы. Одно из возможных представлений полевых наблюдений и региональные данные показаны на рисунке 23.

Современная тектоническая активность в исследуемом районе, недалеко от границы земной коры Тянь-Шанского блока, определяет его конкретный контекст. Деформация происходит на старых, основных направлениях, таких как Йонахшский разлом. Тем не менее, в ответ на повышение интенсивности тектонических напряжений, сокращение осадочного чехла могут быть размещены на (I) инициирования новых склонов в слое Гаурдак, но и (II) *отслаивание* на уровне эвапоритовых слоев, которые часто встречаются в верхнемеловых образованиях. Тектонический контекст может быть дополнительно осложнен диапировыми движениями больших масс соли или гипса. Такие недвигательные деформации могут принять старые свойства.

В таких сложных условиях, и лишь немногочисленными данными о геологическом разрезе, трудно построить точную структурную обстановку. Тем не менее, если неопределенность детальной модели сохраняются на данном этапе, наблюдение сложной складки в целом и в малом масштабе положительно способствует тектонической деформации относительно модели оползня.



**Рисунок 23. Толкование сечения Правого берега, вид с юго-запада. Выдавливание эвапоритов обозначенные на верху напоминает мелкомасштабный сгиб на рисунке 11 выше.**

➤ *Растворение*

Скважина DZ2 показала наличие толстой прослойки гипса, относящегося к Верхне-Альпскому периоду образования. Толщина этих слоев гипса значительно выше, чем наблюдалось в Верхне-Альском образовании на основании плотины, указывая на значительное боковое изменение фаций. Такая особенность не является редкостью в эвапоритовых средах. Наличие толстого слоя гипса, а также известняка и иногда доломита, характерно для верхнемеловых образований. В целом, результаты последних исследований показывают, что растворение гипса и / или известняковых / доломитовых слоев может происходить в пределах 100 - 150 м от поверхности под плоской областью, с последующим урегулированием естественного уровня земли. Это предположение в основном поддерживается толщиной глины встречавшийся в скважине DZ2, прямо над фундаментом содержащие толстые слои гипса. Гравиметрические аномалии также предполагают, что нижний предел источника низкой плотности основных локальных аномалий будет лежать на глубины 120 м. Кроме того, карстовое растворение может объяснить значительные впадины рельефа выявленные на плато.

➤ *Поверхностные оползни*

Хаотическое скопление крупномасштабных известковых блоков в восточной части плоскости свидетельствуют об оползне. 30 м мощная вскрыша пересечённая скважиной DZ1 также интерпретируется как оползневые отложения, возможно, переработанные наклонно.

На самом деле, предположение о крупномасштабном скольжении вниз, всего склона, а затем смывание рекой не поддерживается полевыми наблюдениями. На самом деле, нет никаких доказательств в долине реки такого случая в прошлом, который обычно перекрывает реку. Даже если большинство смещенных наносов промываются постепенно, всегда есть некоторые очень крупные блоки, свидетельствующие о древнем оползне.

## Риск оползни

При предусмотрении крупномасштабных оползней, следующие случаи могут быть отмечены:

- a) разрушение конструкции вдоль уже существующих, неблагоприятных разрывов;
- b) разрушение, когда прочность грунта или горной массы в целом превышена.

Что касается первого случая, на основе имеющихся данных и полевых наблюдений, нет никаких доказательств существования таких неблагоприятных разрывов.

Второй случай требует более подробного обсуждения. В атипичной области, на склоне ниже плоскости, край выветривания скалы, как правило, тонкий. Как результат интенсивных тектонических напряжений, степень разрыва горной массы является относительно высокой. Тем не менее, из-за высокой скорости подъема, угол наклона высокий и поверхностный, сильно выветренный и горизонты раздробленных пород постепенно вывихнуты и смываются вниз по склону. Следовательно, объемы выветренных почвоподобных материалов, висящих на склоне в неустойчивом положении, ограничены.

Материалы, возникающие вследствие древних неустойчивостей сосредоточены в центральной части главного склона, под плоской областью (Рисунок 24). Полевой обзор показал, что эти неустойчивости участвуют главным образом в сланцах Турона, провал которых впоследствии охватывает вышележащие массивные известняки. Эти отложения, как ожидается, будут постепенно в будущем сползать, как уже видно из вершины произошедшего оползня, скорее всего, в последние годы в торцовой части. Без мер по смягчению последствий, объем этого следующего оползня может варьироваться от одного до 5 сотен тысяч кубических метров.



**Рисунок 24. Зона древнего оползня в центральной части склона. Стрелка указывает на вершину недавно начатого оползня.**

Что касается сползания горных пород, есть один основной положительный аспект, а именно благоприятные структурные позиции напластания, которое на сегодняшний день является основными нарушениями сплошности. Кроме того, основа включает в себя многочисленные толстые слои песчаника. Благоприятно ориентированными, они предоставляют общую хорошую прочность на всю осадочную толщу и на склоне. В результате, склон довольно крутой, приближаясь к 1:01 на высоте нескольких сотен метров. Можно предположить развитие прогрессивных маломасштабных неустойчивостей в данном склоне.

Последние данные, представленные в этом отчете показывают, что геологическая обстановка является результатом медленной тектонической деформации. По сравнению с исходной моделью оползня, настоящее толкование является более благоприятным для устойчивости склона, принимая во внимание, что горная масса меньше, повреждена во время медленной деформации. В частности, предполагаемый, изгиб слоев из-за смещении оползней образует слабую зону, где может произойти потенциальный обвал.

Риск скольжения всегда увеличивается с поровым давлением. Нельзя игнорировать повышение локального порового давления в пределах «атипичной зоны», учитывая, что следующие условия характеризуют эту область: (I), высокий приток на широкую плоскую плато, в том числе карстовые образования и (II) гетерогенные подземные потоки, которые можно ожидать от переслаивания высоко и низко проницаемых образований. Дальнейшие исследования пьезометрических уровней и проходимости на ранней стадии строительства помогут проектированию соответствующих дренажных систем, которые смогут значительно снизить подобный риск.

## 7 Выводы и рекомендации

### Общее геологическое строение

Атипичная обстановка является результатом тектонической деформации в отличие от основной оползни. Подвёрнутая Мезозойская последовательность, которая образует склон Правого Берега вниз по течению плотины не является следствием перемещения древнего оползня(ей), а результатом соляной тектоники. В обоих случаях, но особенно в случае перемещения оползня, зона изгиба является слабой зоной. При условии, что структурные изгибы лежат глубоко в склоне, как предполагается, на этом этапе, тектоническое происхождение оценивается более благоприятной для устойчивости склона.

Другим важным следствием настоящей интерпретации является то, что восточная граница атипичной зоны будет соответствовать жесткому перегибу в отличие от резкого разрыва или зоны разрушения. В деталях, обстановка может быть комплексом, сочетающим изгиб более пластичных слоёв (аргиллита / гипса) и хрупкой деформации более прочных слоев (песчаника). Природа и особенности этой границы важны для расположения и проектирования сооружений на этой территории. Если не учитывать отрыв оползня, водосбросные туннели могут быть спроектированы с пересечением этой черты. Даже если изгиб соответствует зоне трещиноватости, тектонического происхождения, это может иметь те же характеристики, что и Разлом № 35, водосбросные туннельные уже спроектированы для пересечения. В любом случае, рекомендуется провести дополнительные исследования и мониторинг в целях предоставления надежных вводимых данных для окончательного проектирования. Наконец, подчеркивается, что это не вопрос осуществимости, а вопрос проектирования.

Сравнение с предыдущей интерпретацией приводится ниже.

Атипичный элемент	Предыдущие интерпретации	интерпретация ИТЭО
Плоская структура	Нагроможденные, последовательные, крупномасштабные оползни	Комбинация: наноса для смягчения падения напластаний, карстового расстворения и мелких оползней
Падение напластания СЗ	Перемещение оползнем	Тектоническая деформация
Видимое смещение слоев	Стенка срыва на границе оползня	Жесткий изгиб в ответ на тектоническую деформацию

### Риск оползня

На основании имеющихся данных и полевых наблюдений, нет никаких доказательств существования неблагоприятных ранее существующих разрывов, которые могут вызвать серьезное структурное сползание откоса.

Объемы выветривания, мягких материалов, висящих на склоне в неустойчивом положении ограничены, обвал таких материалов не считается серьезной угрозой для осуществимости проекта. Однако меры по смягчению последствий (восстановление формы склона, дренажной системы) рекомендуется в местах, с признаками нестабильности в будущем.

Оценка риска глобальной стабильности откоса контролируемого напряжения может быть основано на следующих элементах:

- структурная обстановка является благоприятным для стабильности
- Медленная тектоническая деформация, имеющая преимущества в данном отчете над моделью древнего оползня, является более благоприятным для устойчивости склона
- Можно заметить условия для повышения пластового давления в атипичной зоне. Поэтому рекомендуется спроектировать соответствующую дренажную систему для основного склона вниз по течению створа плотины.

Таким образом, геологическая обстановка достаточно благоприятна для устойчивости откоса. Тем не менее, это не является вопросом осуществимости, а ограничениями проектирования меры по смягчению последствий для управления риском связанным с увеличением пластового давления в течения реализации проекта.

## Рекомендации

- Проведение отслеживающего мониторинга внедрённой геодезической системы;
- Для того, что бы уточнить характер и особенности восточной границы атипичной зоны, рекомендуется следующее:
  - закончить восстановление галереи 1034
  - Выработать горизонтальную выработку вокруг этого контура на отметке 1100 м над уровнем моря.

При пересечений крупных зон разрушения, можно оборудовать эти штольни устройствами для мониторинга деформаций..