

Геофизические исследования

**с целью поиска потенциальных мест для бурения скважин водоснабжения
«ЭТАП РАБОТ №1».**

Введение

Геофизика — комплекс научных дисциплин, исследующих физическими методами строение Земли, процессы, происходящие в геосфере, а также специфические методы исследования упомянутых объектов и процессов.

Разведочной геофизикой называют раздел геофизики, посвящённый изучению строения Земли с целью поиска и уточнения строения залежей полезных ископаемых, а также выявлению предпосылок для их образования. Разведочные геофизические исследования проводятся на суше, акватории морей, океанов и пресных водоемов, в скважинах, с воздуха и из космоса. Разведочная геофизика является важной составляющей геологоразведочного процесса благодаря высокой эффективности, надёжности, дешевизне и скорости проведения. К методам разведочной геофизики относят сейсморазведку, электроразведку на постоянном и переменном токе, магниторазведку, гравиразведку, геофизические исследования скважин, радиометрию, ядерную геофизику и теплометрию.

Как правило исследования проводятся комплексом из 2 и более перечисленных выше методов, позволяющих четко и однозначно выделить физические характеристики геологических объектов.

Общие физические принципы и предпосылки

Вопреки общепринятому мнению грунтовые воды в подавляющем большинстве случаев это вовсе не подземные «реки и озера», а горные породы, которые в силу своего строения могут содержать или пропускать через себя воду, называемые коллекторами.

Геофизики в отличие от лозоходцев и экстрасенсов ищут не «воду», а коллектора, места возможного ее нахождения исследуя геофизические поля и показатели геологической среды.

В целом физические предпосылки наличия воды следующие: коллектор должен быть проницаем, т.е. его плотность на фоне окружающих пород пониженная, также обводненные горные породы по отношению к сухим имеют меньшее электрическое сопротивление и пониженный электрический потенциал.

Сведения о районе работ

1. Геологическая обстановка

Тектоническое положение: Станица Исправная расположена в предгорной зоне, на северном макро склоне Большого Кавказа. Это область перехода от высокогорья к равнине (Предкавказской равнине). Здесь проходят важные региональные тектонические разломы, разделяющие различные структурные этажи.

Стратиграфия (последовательность горных пород):

Разрез представлен породами разного возраста и состава, которые условно можно разделить на два комплекса:

- **Докембрийско-палеозойский кристаллический фундамент:**

Залегают на большой глубине. Представлен древними, прочными метаморфическими (сланцы, гнейсы) и магматическими (граниты) породами. В районе станицы на поверхность не выходит, но оказывает влияние на всю тектоническую обстановку.

- **Осадочный чехол мезо-кайнозойского возраста:**

Именно эти породы слагают поверхность в районе станицы и определяют рельеф и гидрогеологию.

- **Юрские отложения (J):**

Широко распространены в горном обрамлении. Это темные аргиллиты, алевролиты, песчаники, часто сланцеватые. Мощные толщи. Характеризуются сложной тектоникой (смяты в складки, разбиты разломами).

- **Меловые отложения (K):**

Имеют огромное распространение. Представлены в основном мергелями, мелями, известняками, песчаниками. Это ключевой водоносный комплекс для всего региона.

- **Палеогеновые отложения (P):**

Также широко развиты. Это аргиллиты, мергели, глины, часто с прослоями песчаников. Играют роль регионального водоупора.

- **Неоген-четвертичные отложения (N-Q):**

Заполняют речные долины (аллювий рек Кубань, Зеленчук, их притоков), представлены галечниками, песками, суглинками. Образуют самые верхние и важные с практической точки зрения водоносные горизонты.

Структурные особенности:

Район характеризуется складчато-глыбовыми дислокациями. Породы смяты в пологие и сложные складки, разбиты системой разломов на блоки.

Эти разломы:

1. Контролируют положение речных долин (например, долины реки Кубань).
2. Являются путями для глубокого проникновения воды и восходящих разгрузок минеральных вод.
3. Обуславливают высокую сейсмическую активность региона (зона считается сейсмоопасной, возможны землетрясения силой до 7-8 баллов).

2. Гидрогеологическая обстановка

Регион чрезвычайно богат водными ресурсами различных типов, что напрямую связано с его геологией.

Водоносные комплексы (сверху вниз):

1. Воды четвертичных аллювиальных отложений (Q):

Тип: Безнапорные или слабо напорные грунтовые воды.

Вмещающие породы: Галечники, пески в долинах рек Кубань, Большой Зеленчук и их террасах.

Значение: Основной источник хозяйственно-питьевого водоснабжения через колодцы и неглубокие скважины. Воды пресные, с малым содержанием солей. Имеют тесную связь с поверхностным стоком рек.

2. Воды меловых карбонатных отложений (K):

Тип: Напорные (артезианские) и трещинно-карстовые воды.

Вмещающие породы: Трещиноватые известняки и мергели мелового возраста.

Значение: Крупнейший региональный водоносный комплекс. Воды часто являются минеральными (гидрокарбонатно-натриевыми, сульфатными). Именно к этому комплексу приурочены знаменитые месторождения минеральных вод Кавказских Минеральных Вод (Кисловодск, Ессентуки), которые залегают северо-восточнее. В районе станции Исправной также возможны выходы таких вод по разломам. Воды используются для бальнеологических целей и водоснабжения.

3. Воды палеогеновых отложений (P):

Играют в основном роль водоупора, разделяя вышележащие меловые воды и нижележащие более глубокие комплексы. Однако в песчаных прослоях могут содержать локальные водоносные горизонты.

Гидрогеодинамика:

Область питания:

Главный Кавказский хребет и его отроги. Атмосферные осадки и талые воды ледников инфильтруются в трещиноватые породы.

Область движения:

Воды движутся с юга на север, по направлению падения пластов и по тектоническим разломам, из областей высокого давления в предгорьях к областям разгрузки.

Область разгрузки:

Естественная: Многочисленные родники и источники в долинах рек, часто по контакту водоносных пластов с водоупорами. Реки Кубань и Зеленчук являются зонами дренирования подземных вод.

Восходящая разгрузка минеральных вод:

По глубинным тектоническим разломам на поверхность могут выходить глубинные минерализованные воды (часто углекислые, термальные).

Инженерно-геологические и гидрогеологические риски:

1. Оползни:

Крутые склоны, сложенные глинистыми породами юры и палеогена, насыщенные водой, чрезвычайно оползнеопасны. Это главный геологический риск в районе станицы.

2. Карст:

В меловых известняках может развиваться карст, что приводит к образованию воронок и повышенной проницаемости, а также к рискам для строительства.

3. Подтопление:

В плоских частях долин и на террасах, где уровень грунтовых вод (аллювиальный комплекс) высок, существует риск подтопления фундаментов и подвалов.

4. Сейсмическая опасность:

Как упоминалось выше, активные разломы определяют высокий сейсмический риск, который необходимо учитывать при строительстве.

Выводы

Район станицы Исправной — это сложная и динамичная геолого-гидрогеологическая система предгорья Кавказа.

Геология:

Определяется чередованием слоев осадочных пород (глины, песчаники, известняки), смятых в складки и разбитых разломами.

Гидрогеология:

Характеризуется наличием нескольких этажей подземных вод — от пресных грунтовых вод в долинах до глубоких напорных и минеральных вод в меловых известняках. Реки являются основными дренами.

Ключевые особенности:

Богатство водными ресурсами, наличие предпосылок для минеральных вод, высокая природная опасность (оползни, сейсмика).

Эта информация крайне важна для планирования любого хозяйственного освоения территории, строительства, водоснабжения и оценки природных рисков. Для детальных изысканий под конкретный объект необходимы локальные инженерно-геологические и гидрогеологические исследования.

Методика исследований и организация работ

Для понимания полученных результатов необходимо иметь представление как об общих положениях теории, так и о принципах обработки полученных данных

Теоретические основы метода РАП

Комбинированный метод стоячих волн (он же - Резонансно-Акустического Профилирования (РАП)) использует для получения информации стоячие волны, возникающие в толще горных пород под воздействием разных источников (Zuykov I.V. 2001). Источниками возбуждения колебаний являются различные тектонические и другие природные процессы (низкочастотные колебания), для создания высокочастотных колебаний используется искусственное возбуждение в непосредственной близости от датчика. Известно, что поле стоячих волн формируется независимо от того, в каком месте колебания попадают в этот объем. Условия и процесс возникновения стоячих волн детально описаны в трудах по физике волновых процессов (например - Крауфорд Ф. 1976), здесь мы кратко остановимся лишь на основных положениях, используемых в методе РАП.

При широкополосном возбуждении колебаний в пространстве между земной поверхностью и поверхностью ослабления механического контакта пород (зона резкого контакта пород с различными механическими свойствами, зона трещиноватости и т.д.) формируется набор стоячих волн. Частоты возникающих колебаний равны собственным частотам слоя породы со свободными границами, мощность которого равна глубине от земной поверхности до поверхности ослабления механического контакта пород.

Результаты математического моделирования, выполненного в 2013 году специалистами компании ООО «Аль Терра» с привлечением венгерского физика М. Варга (Зуйков И.В., Varga M. и др. 2015), а также Ю.С. Погореловым (Зуйков И.В., Погорелов Ю.С. и др. 2018) в ноябре – декабре 2017-го года, подтвердили возможность формирования стоячих волн сжатия – растяжения как под действием поля микросейсм, так и под влиянием внешнего возбуждения. Эти же выводы подтверждаются и результатами полевых измерений. При формировании стоячих волн между нижней и верхней границами слоя с двумя свободными границами должно укладываться целое число полудлин стоячих волн. По механизму образования они подобны стоячим волнам в незакрепленном тонком стержне (Хайкин С.Э., 1971)]. Известным является факт, что на частотах нормальных мод стоячих волн осуществляется резонансное усиление колебаний. В свою очередь, резонансные колебания выделяются в спектре акустического сигнала резким всплеском (повышением) амплитуды (рис. ниже).

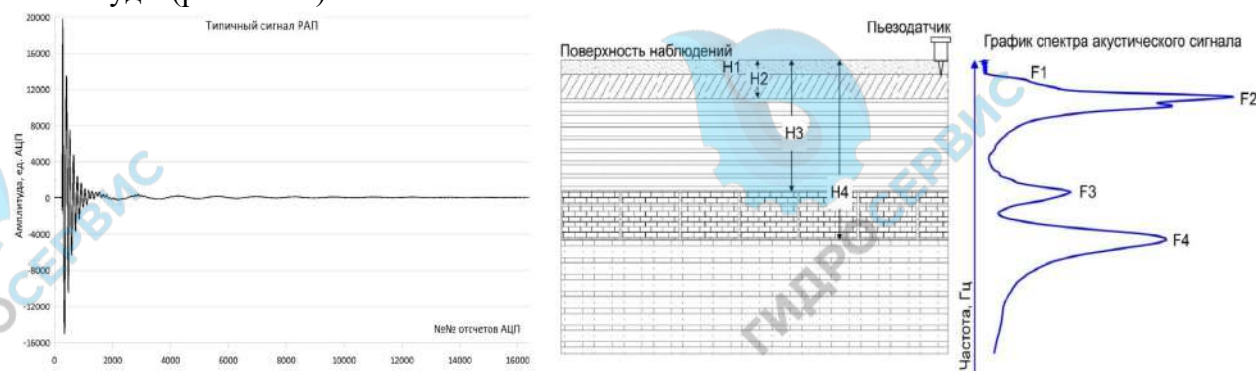


Рисунок. Результат реальных измерений методом РАП в одной точке. Слева – записываемый сигнал. Справа – его спектр с резонансными частотами F и разрез, соответствующий этому спектру (H – глубины залегания отражающих границ)

В настоящее время существует множество методов, использующих для получения информации стоячие волны. Известный способ динамических испытаний зданий и сооружений основан на возбуждении стоячих волн искусственными источниками колебаний, где на основании полученных спектров делаются выводы о сейсмостойкости

здания, а также о его состоянии и степени износа (Еманов А.Ф. и др. 2008). Кроме этого, существуют методы пассивных стоячих волн, используемые сегодня, в основном, для решения инженерных задач – поисков и картирования зон разуплотнений грунта и др. Метод пассивных стоячих волн использует в качестве источника информации стоячие волны, возникающие под воздействием шумового поля микросейсм, позволяя выделять механические неоднородности в геологическом разрезе (Колесников, Федин 2015). Частоты стоячих волн вертикального сжатия-растяжения в таком слое (собственные частоты) определяются формулой (1):

$$f_n = \frac{n \cdot V_p}{2h} f_n = \frac{n \cdot V_p}{2h}, \quad (1)$$

, где n – номер моды, h – глубина залегания отражающей границы, V_p – скорость продольной волны в слое формирования стоячей волны.

Следует понимать, что в связи с неоднородностью реального геологического разреза при работе методом РАП мы можем наблюдать лишь одну – две моды стоячих волн (низкочастотные). Высокочастотные моды практически не фиксируются в связи с процессами затухания и рассеивания. Амплитуда стоячей волны зависит от «волновой контрастности» контактирующих слоев. Чем контрастнее граница, формирующая отражение и образование встречной волны – тем выше амплитуда возникающей стоячей волны.

Именно последнее позволяет применять метод РАП при выделении в разрезе участков с пониженными скоростными характеристиками – участков ослабления механической прочности пород (повышенной пористости и трещиноватости пород геологического разреза), то есть – в том числе и границы контакта различных геологических объектов. Следует отметить, что датчик для измерений методом РАП сконструирован таким образом, что его диаграмма направленности практически вертикальна. В качестве приемного элемента используется пьезокристалл, диаметр которого (сантиметры) намного превосходит его толщину (доли миллиметра), что позволяет принимать, в основном, вертикальную компоненту акустического сигнала. Техногенные помехи также мало влияют на получаемый результат, так как являются одним из источников формирования стоячих волн. Зная скорость продольной волны в изучаемом слое и, вычислив частоту принимаемых датчиком колебаний – можно определить глубину нижней отражающей границы. Однако, на практике редко имеется возможность точного определения скоростей продольных волн в изучаемом разрезе, к тому же – небольшие искажения вносит и датчик акустических колебаний, применяемый при полевых наблюдениях. Следует также учитывать, что формула 1 предполагает наличие идеальной среды. В связи с этим определение глубин при работах методом РАП выполняется с использованием эмпирического коэффициента пересчета K , определяемого по результатам параметрических наблюдений на скважине с известным геологическим разрезом, расположенной в районе проведения работ. Либо – корректировка эмпирического коэффициента пересчета K производится в процессе бурения по результатам РАП при подсечении скважиной первых границ с контрастной зоной контакта (отражающей границей).

Обработка и истолкование результатов работ методом РАП

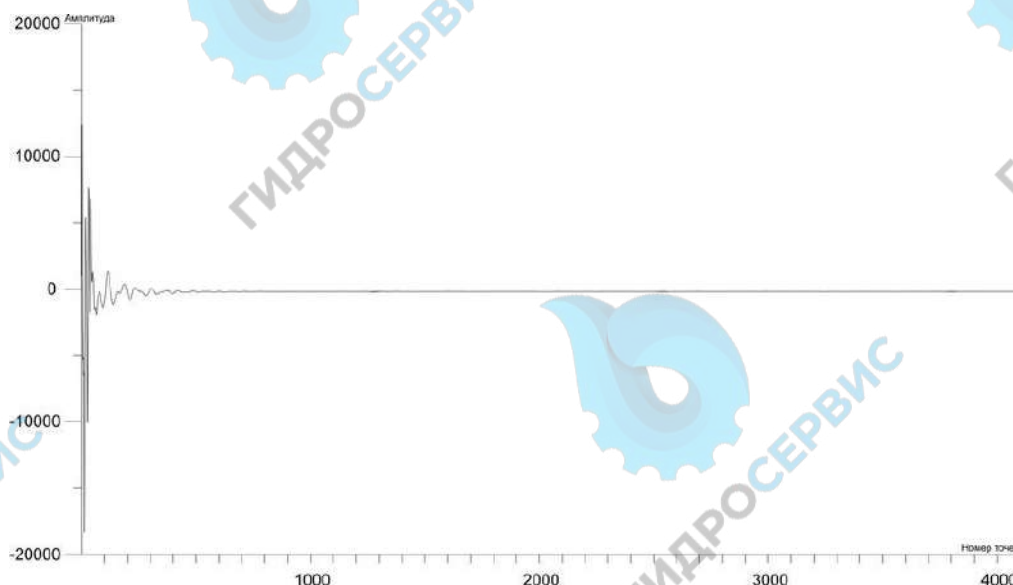
Обработка результатов метода РАП состоит из нескольких этапов и заключается в вычислении спектральных характеристик сигналов по точкам наблюдений (при помощи Быстрого Преобразования Фурье), их увязке и корреляции, и построении цветотеневых геомеханических разрезов по профилям наблюдений.

Все результаты измерений обрабатывались по одной и той же методике, хорошо зарекомендовавшей себя для решения подобных задач:

- выполнялось вычисление спектра полученных акустических сигналов по каждому профилю наблюдений.
- выполнялся пересчет спектра (преобразование частота – глубина).

Как уже было написано выше, основным объектом изучения метода являются поверхности ослабленного механического контакта в изучаемом разрезе, выделяемые всплесками амплитуд в спектре акустических сигналов.

Таким образом, основной задачей обработки результатов работ методом РАП является выделение и локализация участков аномального повышения амплитуд спектров акустических сигналов. Сигнал, полученный в результате работ методом РАП, имеет следующий вид:

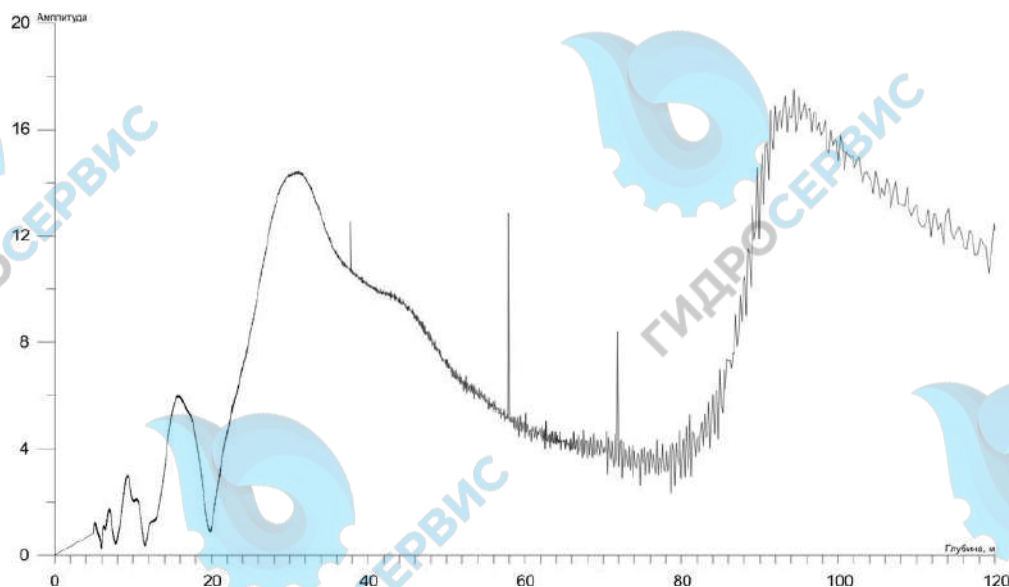


Таким образом, в идеальном случае РАП-сигнал представляет собой затухающую полигармоническую синусоиду, являющуюся, как было написано выше, суммой собственных акустических колебаний породных толщ.

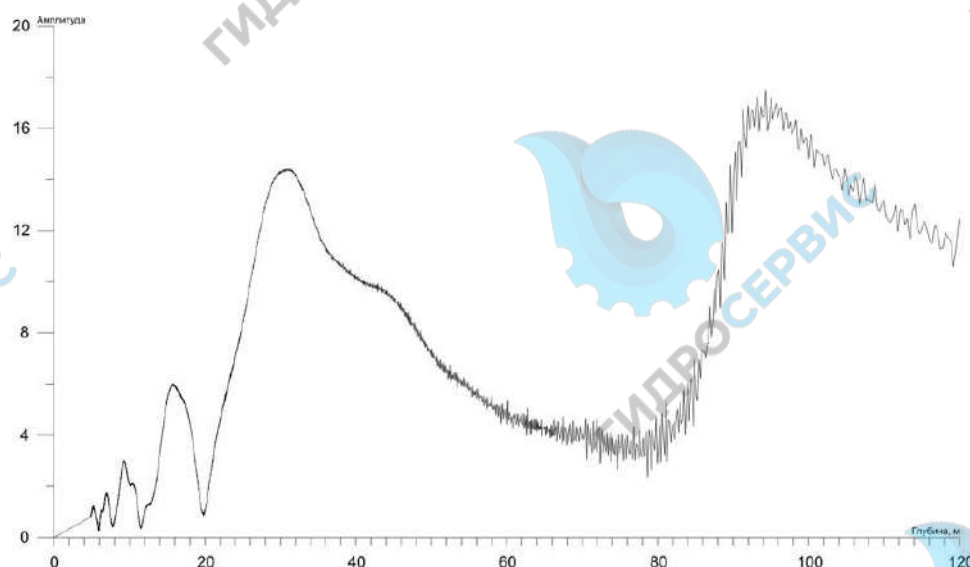
Первым этапом обработки является вычисление спектров полученных акустических сигналов, и пересчет частот полученных спектров в глубины, в соответствии с формулой и коэффициентом пересчета, установленным для данного участка. Вычисление спектров выполняется по программе «RAP_Plus» (автор – Зуйков И.В.) по алгоритму Быстрого Преобразования Фурье (БПФ). Для повышения точности результаты при вычислениях

применяется оконная функция Уэлча (Welch). Типичный вид спектров, пересчитанных в глубину, представлен ниже:

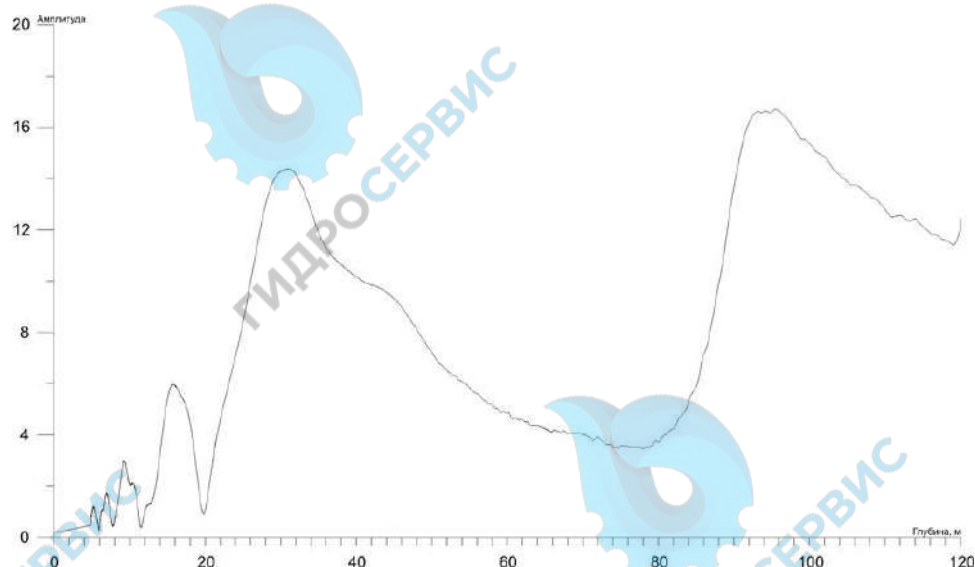
Как видно по рисунку, в спектре акустических сигналов могут присутствовать нежелательные помехи, искажающие форму спектра. Источником помех могут служить электромагнитные излучения различных частот. Данные помехи также могут быть отфильтрованы в программе «RAP_Plus» в подпрограмме «Фильтрация единичной



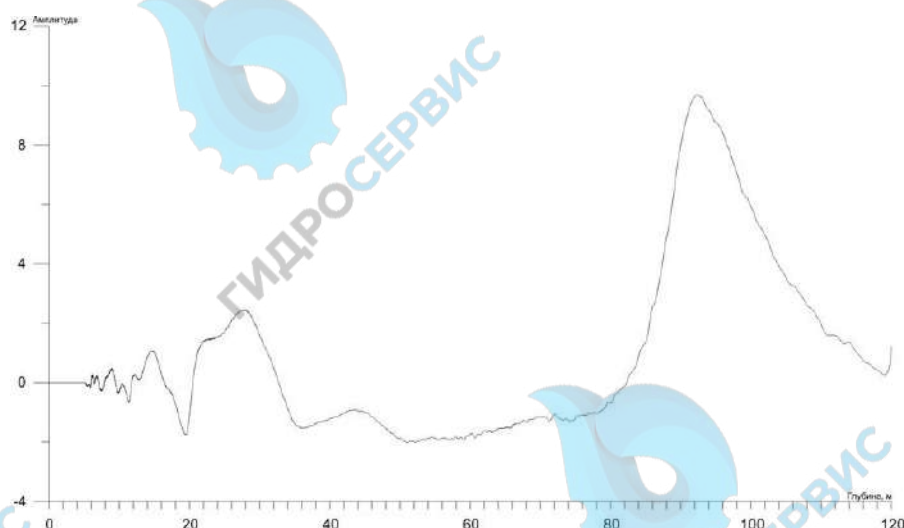
помехи». После фильтрации спектр акустического сигнала приобретает вид:



Следующий этап обработки – тонкая фильтрация полученных спектров с целью удаления «дребезга», который заметен на более глубоких участках спектра:



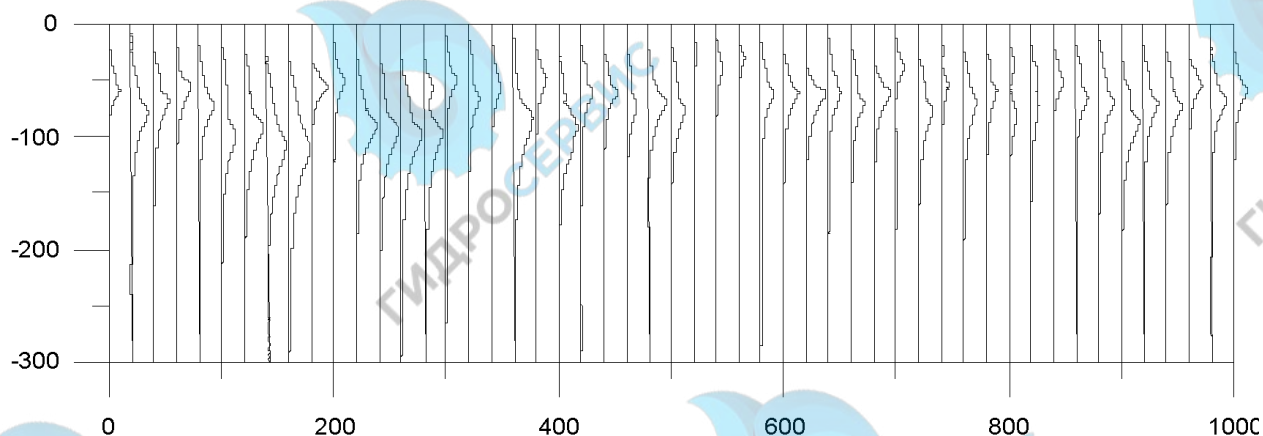
Для более точного выделения положения экстремальных значений спектров акустических сигналов, которые соответствуют поверхностям ослабленного механического контакта, вычисляется локальная (остаточная) составляющая спектра, которая, для нашего случая, имеет вид:



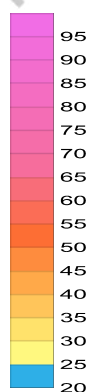
По такой же методике (одновременно) обрабатываются все точки наблюдений по профилю, в результате получается массив данных (координаты по линии профиля, глубина, амплитуда спектра), который нужно отобразить графически.

В дальнейшем полученный массив спектров акустических сигналов может быть обработан как в программе «RAP_Plus», программе обработки результатов аэрогеофизических съемок «Centre» (разработчик - Петербургская Геофизическая экспедиция), так и в любой программе обработки результатов площадных геофизических съемок (например – «Surfer» компании Golden Software).

Далее – результаты отображаются графически, либо в виде карты графиков спектров по всем точкам наблюдений (не самый наглядный вариант), либо в виде цветотеневых геомеханических разрезов. Примерный вид массива в виде графиков можно увидеть на рисунке:



Дальнейшая задача обработки результатов РАП-измерений – интерполяция полученного массива в равномерную сеть и построение цветотеневого геомеханического разреза. Обычно это выполняется в программе обработки аэрогеофизических наблюдений «Centre» (Петербургская Геофизическая экспедиция).



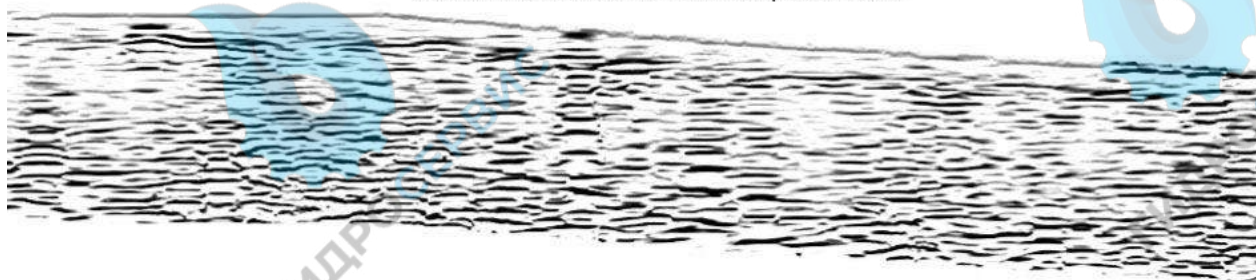
Результаты наблюдений, как правило, представляются как растровое изображение амплитуд преобразованного в спектральный вид акустического сигнала. Вычисления производятся отдельно для полной и для локальной (остаточной) составляющих спектра.

При обработке результатов РАП используется цветотеневое отображение амплитуд спектра по линии профиля наблюдений.

Соответствие цвета определенным амплитудам подбирается аналогично иллюстрации слева, то есть – большей амплитуде спектра сигнала (цифры справа от шкалы) соответствуют более насыщенные цвета. При этом не существует зависимости «цвет – литология», то есть цветовая гамма определяет только механические особенности пород разреза. Таким образом, различные породные комплексы могут выделяться одинаковыми цветами. Но, чем меньше механическая прочность (больше пористость, повышенная расслоенность, обводненность и т.д.), тем больше амплитуда спектра.

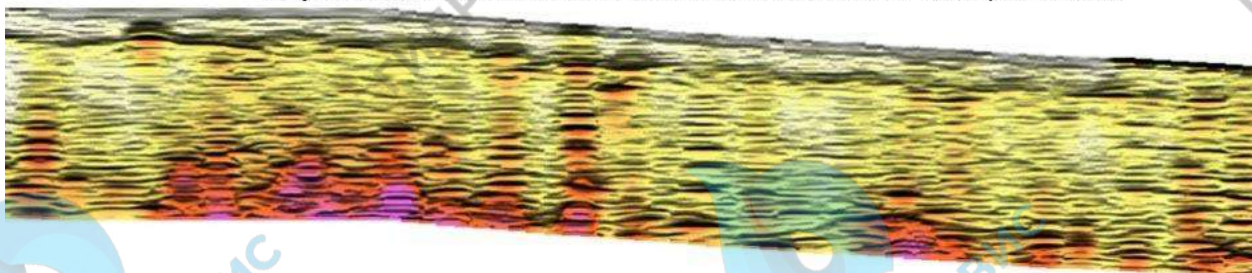
Для каждого участка работ подбирается своя шкала соответствия амплитуд спектра - цветам отображения геомеханического разреза и строятся отдельные цветотеневые геомеханические разрезы для каждой компоненты.

Цветотеневой геомеханический разрез по результатам обработки локальной компоненты спектра сигнала

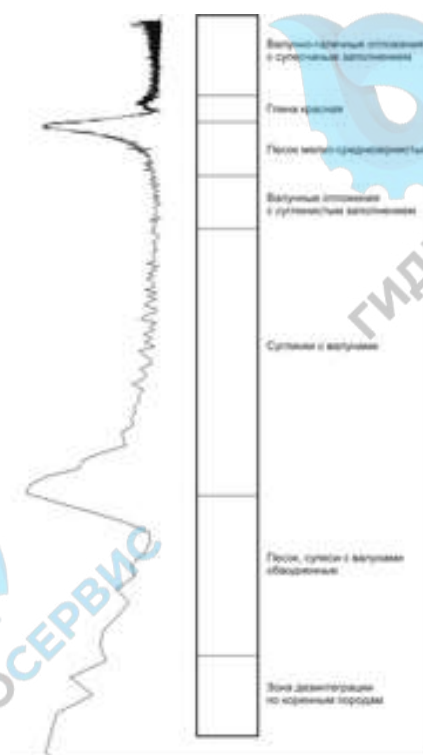


Затем, для более четкой визуализации поверхностей ослабленного механического контакта, производится сложение полученных результатов вычислений по полной компоненте спектра акустического сигнала и по локальной его компоненте:

Цветотеневой геомеханический разрез
Результат композиции полной и локальной компонент спектра сигнала



Таким образом, **цветотеневые геомеханические разрезы**, получаемые в результате обработки, фактически **являются картой изолиний механической прочности** изучаемого разреза, где более слабым участкам отвечают более интенсивные цвета. Следовательно, участки повышенной расслоенности пород, зон трещиноватости, участки обводнения, зоны тектонических нарушений и т.д. могут быть выделены на геомеханических РАП-разрезах именно по повышенной насыщенности и интенсивности цветовой гаммы.



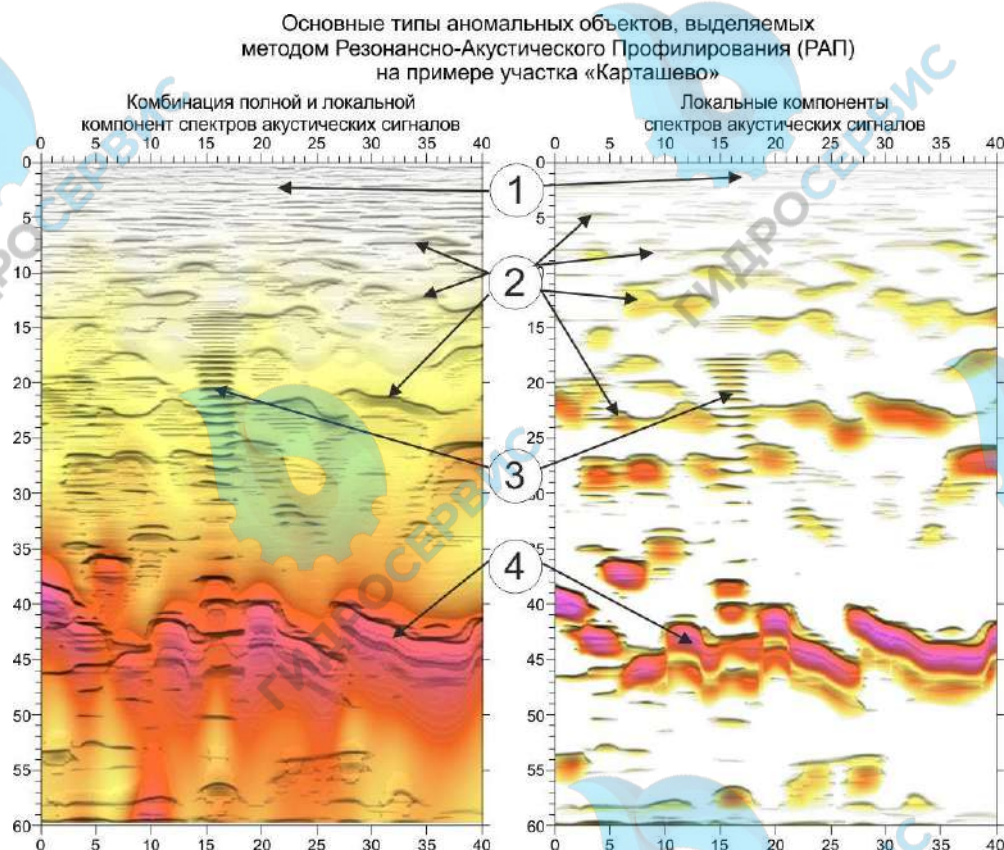
Поверхности ослабленного механического контакта выделяются в спектре РАП экстремальными значениями (всплесками амплитуды), причем сама граница ОМК соответствует положительному пику спектра. Поскольку наличие поверхностей ОМК не всегда определяется разницей в физических свойствах породных комплексов, контактирующих по данной поверхности, это порой приводит к определенным недоразумениям при попытках их истолкования с позиций традиционной геологии и геофизики. Поэтому - однозначная геологическая интерпретация полученных материалов возможна только при наличии априорной информации о геологическом строении района.

Пример сопоставления спектра сигнала РАП с результатами бурения показан на рисунке выше.

Как видно по рисунку, некоторые из границ (наиболее контрастные по геомеханическим свойствам) выделяются четкими аномалиями спектра РАП, некоторые же границы, выделяемые по данным бурения, по данным РАП практически не выделяются. Это объясняется отсутствием контрастной механической границы, то есть – постепенным переходом одной породной толщи в другую.

Кроме этого, интенсивность спектра акустического сигнала в районе границы говорит не только о механической прочности контакта, но и степени обводненности этой границы ослабления механических свойств. К сожалению, пока оценка степени обводненности и механической прочности не имеет количественного выражения.

Пример интерпретации геомеханического РАП-разреза и типы аномальных объектов, выделяемых методом, на примере одного из профилей участка «Карташево», можно увидеть на рисунке ниже. Данный пример выбран потому, что на нем представлены практически все типы выделяемых методом РАП аномальных объектов:



Описание и истолкование основных выделяемых аномальных объектов

1 – зона пониженных значений спектров акустических сигналов. Отличается частой структурой слоистости, с выделением особенно четких коррелируемых прослоев (например, на глубине около 1.5 и 5 метров), которые могут быть мелкими прослоями глины либо суглинков. Вероятнее всего, данный слой сложен рыхлыми породами четвертичных отложений (вскрышные породы). Не имеют постоянного обводнения.

2 – маломощные линейные зоны с повышенными значениями спектров акустических сигналов. Могут быть связаны с прослоями пород различного состава, при больших повышениях интенсивности спектра – могут быть обводнены. В случае корреляции по линии профиля (или большей ее части) могут соответствовать границам контакта пород различного литологического состава (например – переход от глинистых к песчаным грунтам, переход от «сухих» пород к началу зоны обводнения).

3 – субвертикальные зоны повышенного расслоения (трещиноватости) пород. Могут быть связаны с влиянием более глубоких зон тектонических нарушений, при больших значениях интенсивности спектров акустических сигналов (яркие, интенсивные цвета) – могут быть обводнены.

4 – зоны максимальных значений спектров акустических сигналов. В геологическом разрезе соответствуют зонам резкого контакта пород, зонам потенциального максимального обводнения пород.

Таким образом, **основные положения, применяемые для интерпретации результатов работ методом РАП:**

- **в спектре акустического сигнала в местах, соответствующих границе резкого изменения геомеханических свойств пород, можно наблюдать резкие всплески амплитуды. Положения максимума этого всплеска соответствует положению границы изменения свойств.**

- **амплитуда всплеска связана с геомеханическими свойствами. Чем больше амплитуда – тем меньше относительная механическая прочность породы (повышенная трещиноватость, расслоение, пористость). Зоны обводнения имеют повышенные значения амплитуд всплесков спектра**

- **частота, на которой наблюдается всплеск спектра на АЧХ сигнала, обратно пропорциональна глубине залегания границы резкого изменения геомеханических свойств**

В соответствии с вышеуказанным и производится истолкование результатов РАП по полученным цветотеневым разрезам относительной механической прочности пород.

Метрологическое и патентное обеспечение

Федеральный закон Российской Федерации от 26 июня 2008 г. N 102-ФЗ "Об обеспечении единства измерений"

Статья 2. Основные понятия

8) **измерение** - совокупность операций, выполняемых для определения **количественного значения величины;**

21) **средство измерений** - техническое средство, предназначенное для **измерений;**

В методе Резонансно-Акустического Профилирования для получения результата используется запись акустического сигнала с датчика акустических колебаний (акустоэлектрического преобразователя). В отличие от традиционных геофизических методов, аппаратурой записи не выполняются измерения какой-то физической величины (силы тока, напряжения и т.д.), таким образом – **аппаратура метода РАП средством измерения не является, следовательно – не подлежит метрологическим поверкам.** Характеристики акустоэлектрического преобразователя должны обеспечить прием акустического сигнала в широком диапазоне частот (от 1 Гц до 2000 – 3000 Гц) без

искажений. В качестве акустоэлектрического преобразователя в датчике РАП используется пьезоматериал, обеспечивающий решение данной задачи и имеющий собственные резонансные колебания в диапазоне частот, выше собственных частот акустических колебаний геологического разреза.

Амплитудно-частотная характеристика измерялась при помощи цифрового генератора Velleman PCG10/8016 и цифрового запоминающего осциллографа Velleman PCS100/8031. Как видно по характеристике, она линейна и однородна в полосе частот, используемых методом РАП при работах на участке (1 Гц – 4000 Гц, что соответствует глубинам 0.63 метра – 2500 метров). Небольшой подъем амплитудно-частотной характеристики в районе 50 Гц является следствием влияния промышленных помех на измерительный тракт аппаратуры.



Рисунок. Стандартная АЧХ датчика, используемого в аппаратуре РАП

Регистратор аппаратуры РАП-4 является высокоточным аналого-цифровым преобразователем с предварительным аналоговым согласующим усилителем. Задача регистратора – запись принимаемого с акусто - электрического преобразователя электрического сигнала без искажений.

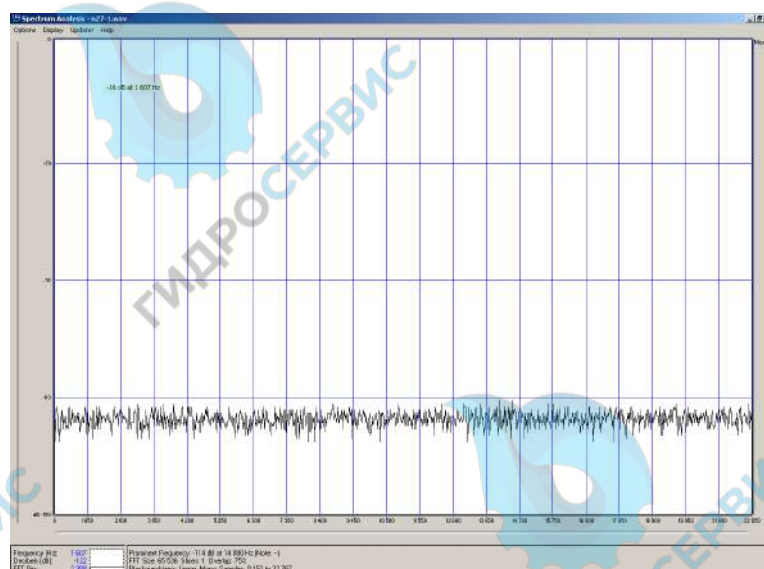


Рисунок. АЧХ аналогового усилительного тракта регистратора аппаратуры РАП-4

Согласующий усилитель обеспечивает минимальный уровень собственных шумов, неравномерность АЧХ усилительного тракта в полосе частот 1-35000 Гц составляет $\pm 0,2$ дБ.

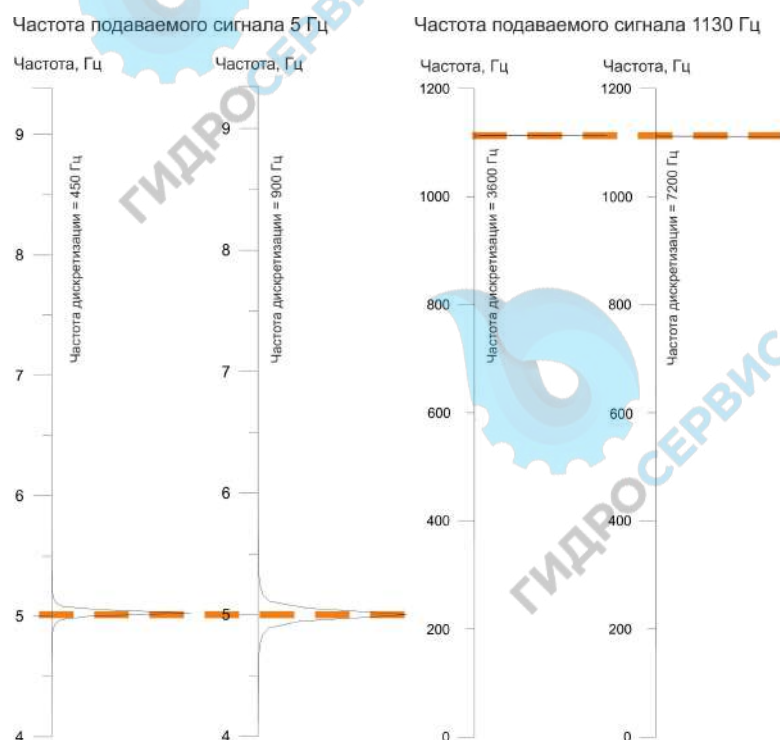


Рисунок. Результаты калибровки приемно-записывающего тракта аппаратуры РАП-4

Для проверки точности выполняемых измерений перед полевым сезоном выполнялась калибровка аппаратуры. Для калибровки использовался комплекс цифровой генератор Velleman PCG10/8016 и цифровой запоминающий осциллограф Velleman PCS100/8031. На вход регистратора с генератора подавался сигнал низкой (5 Гц) и

высокой (1130 Гц) частот, выполнялась запись сигналов с разными частотами дискретизации, после чего выполнялась стандартная обработка сигналов и вычислялись частотные характеристики записанных сигналов. Результаты калибровки показаны на рисунке выше.

Как видно по иллюстрации, частоты сигналов, полученные после обработки, абсолютно идентичны частотам сигналов, подаваемых на вход регистратора РАП-4 с цифрового генератора.

Метод Резонансно-Акустического профилирования, методика работ и основные принципы обработки получаемых результатов защищены патентом США № 6199016 В1 от 06 марта 2001 года:



US006199016B1

(12) **United States Patent**
Zuykov

(10) **Patent No.:** **US 6,199,016 B1**
(45) **Date of Patent:** **Mar. 6, 2001**

(54) **RESONANCE ACOUSTICAL PROFILING
SYSTEM AND METHODS OF USING SAME**

Geometrics Seismographical Equipment Description,
Downloaded from Internet URL <http://www.geometrics.com> (Nov. 4, 1997).

(75) **Inventor:** **Igor V. Zuykov, Brooklyn, NY (US)**

“Geophysics: More Than Numbers, Processing and Presen-

Рисунок. Патент США № 6199016 В1 от 06 марта 2001 года на метод Резонансно-Акустического Профилирования, автор – Зуйков И. В.

Методика проведения работ методом РАП

Так как для производства работ в большинстве случаев достаточно одного оператора и нет необходимости в использовании громоздких источников возбуждения, измерения могут быть проведены в любом месте, доступном для прохождения. Измерения выполняются путем установки датчика в точке наблюдений, записи акустического сигнала и перемещении оператора на следующую точку с повторением всех операций (см. иллюстрацию).

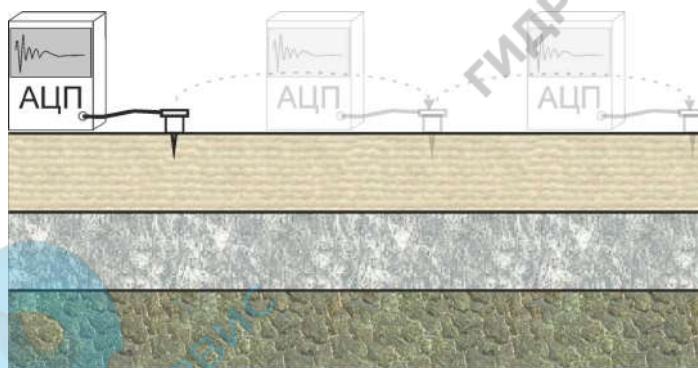


Рисунок. Методика выполнения измерений методом РАП

Исходя из поставленных Заказчиком задач, измерения выполнялись по периметру здания с расстоянием между точками наблюдений 1 метр. Такой шаг наблюдений

обусловлен тем, что метод РАП дает информацию строго в точке установки датчика. Следовательно, чем меньше расстояние между точками наблюдений – тем детальнее получаемая информация, размеры выделяемых объектов соизмеримы и более, чем расстояние между точками наблюдений. По многолетнему опыту работ по решению подобных задач, данный шаг наблюдений является оптимальным и достаточным для обследования участков подобных площадей.

Для наблюдений был использован датчик “морковка” – при измерениях по мягкой поверхности. Частота дискретизации сигнала при измерениях была выбрана равной 28 800 Гц, длина записываемого акустического сигнала - 16384 отсчета. Разрешающую способность метода при работе с такими параметрами можно оценить по рисунку ниже:

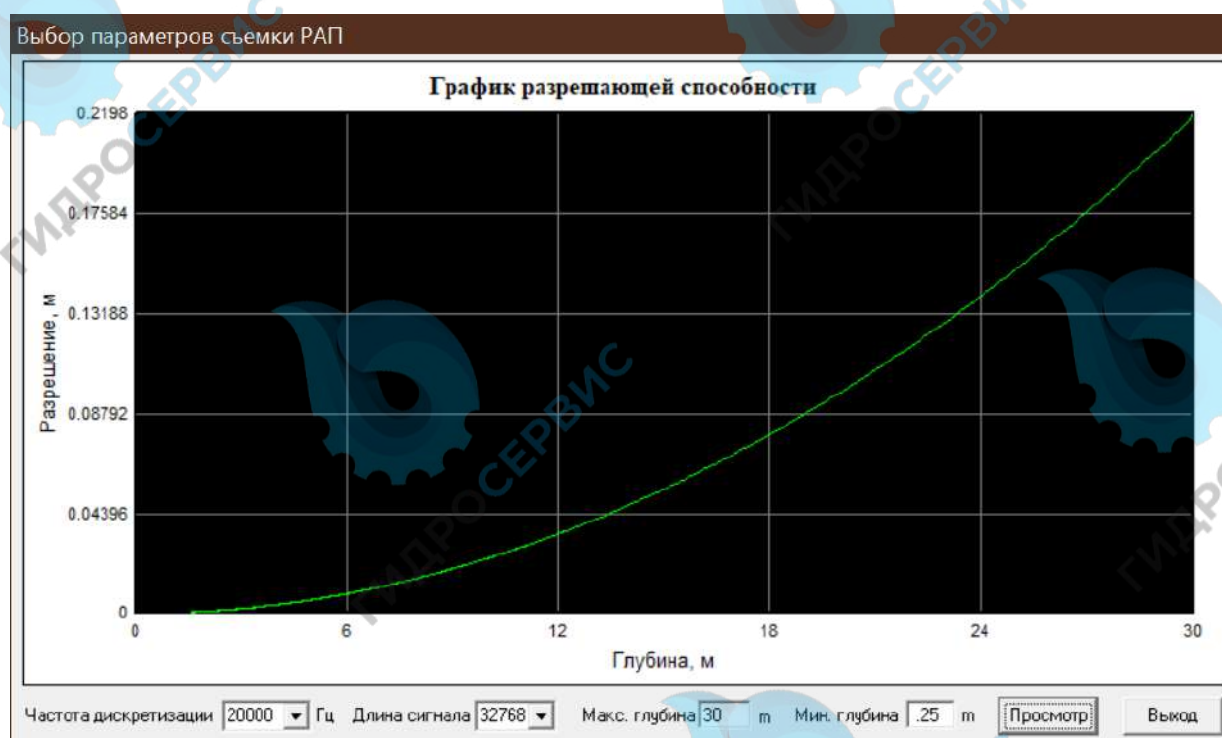


Рисунок. График разрешающей способности метода РАП при выбранных параметрах

Как видно по рисунку – разрешающая способность метода на глубине до 30 метров не превышает 22-х сантиметров, что вполне достаточно для решения поставленных задач и составляет не более 2% от глубины исследований. Верхняя граница наблюдений при таких параметрах съемки составляет около 0.25 м.

Гамма съемка

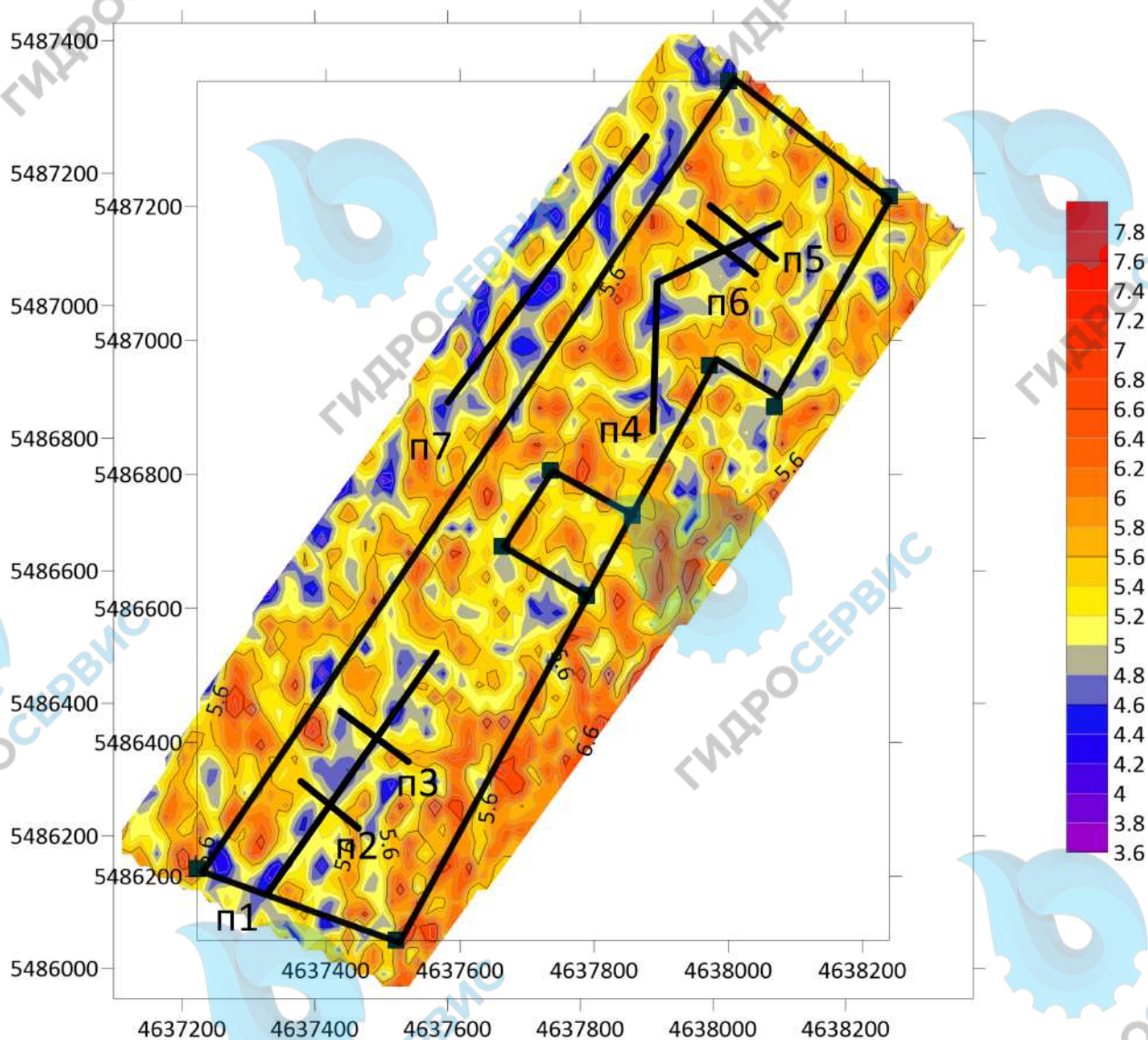
Гамма-съемка – это вид радиометрической съемки, построенный на измерении естественного гамма-излучения горных пород. Свою популярность данный вид съемки получил благодаря способности эффективно измерять интенсивность излучения и его энергетический состав.

Поисковая гамма-съемка территории — первый этап инженерно экологических изысканий для строительства. Ее проведение необходимо для выявления и локализации возможных радиационных аномалий, также для того, чтобы определить объем

необходимых измерений мощности дозы гамма-излучений на том или ином участке местности.

Радиометрические съемки бывают как самостоятельными, выполняемыми при площадных исследованиях масштаба 1:10 000 и крупнее (при расстояниях между профилями меньше 100 м), так и попутными, проводимыми совместно с маршрутными геологическими съемками в масштабах 1:25 000 - 1:50 000. При попутных и поисковых работах гильзу выносного зонда полевого радиометра располагают на высоте 10 - 20 см от поверхности, и оператор в движении "прослушивает" радиоактивный фон пород в полосе до трех метров по направлению движения.

В приложении к поиску воды суть метода в том, что глины и аргиллиты имеют повышенный радиационный фон, вода и песчаники (пески) – пониженный. Гамма съемка выполняется радиометром Полимастер МКС-РМ1401К (производства Республика Беларусь) в качестве регистратора уровня естественного фонового уровня гамма излучения. Результаты гамма съемки приведены ниже.



Гамма съемка по всей площади участка. Черными полосами отмечены линии профилей дальнейшего глубинного зондирования.

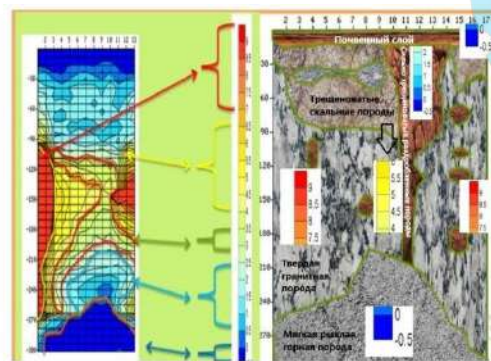
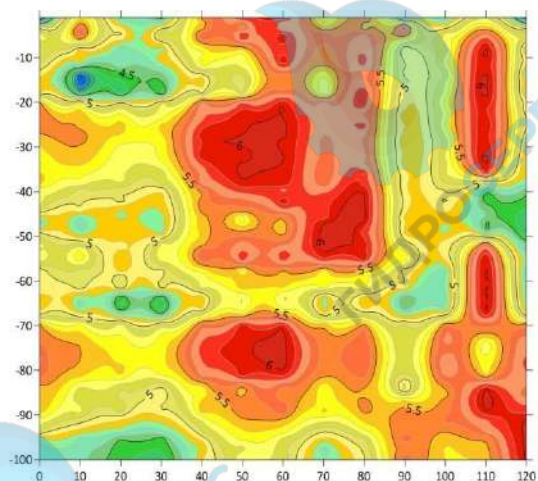
Магнитотеллурическое зондирование (МТЗ) Земли

— один из методов индукционных зондирований Земли, использующий измерения естественного электромагнитного поля. Источниками электромагнитного поля в МТЗ, являются естественные источники электромагнитных колебаний в ионосфере (например, порождаемые грозовой активностью Земли и активностью Солнца (солнечный ветер)).

Глубина проникновения электромагнитного поля в среду зависит от электрической проводимости самой среды и от частоты поля (чем ниже частота, тем глубже проникает поле) — скин-эффект. Результат представляет собой геоэлектрический разрез в виде распределения значений потенциала естественного поля Земли по глубине зондирования отражающий электропроводность пород.

Разность потенциалов (разница между минимальными и максимальными значениями) возникает между горными породами с разным удельным сопротивлением в нашем случае между "сухими" и "мокрыми", так как грунтовые воды являются электролитом и чем больше эта разница тем более надежно выявление водоносных коллекторов.

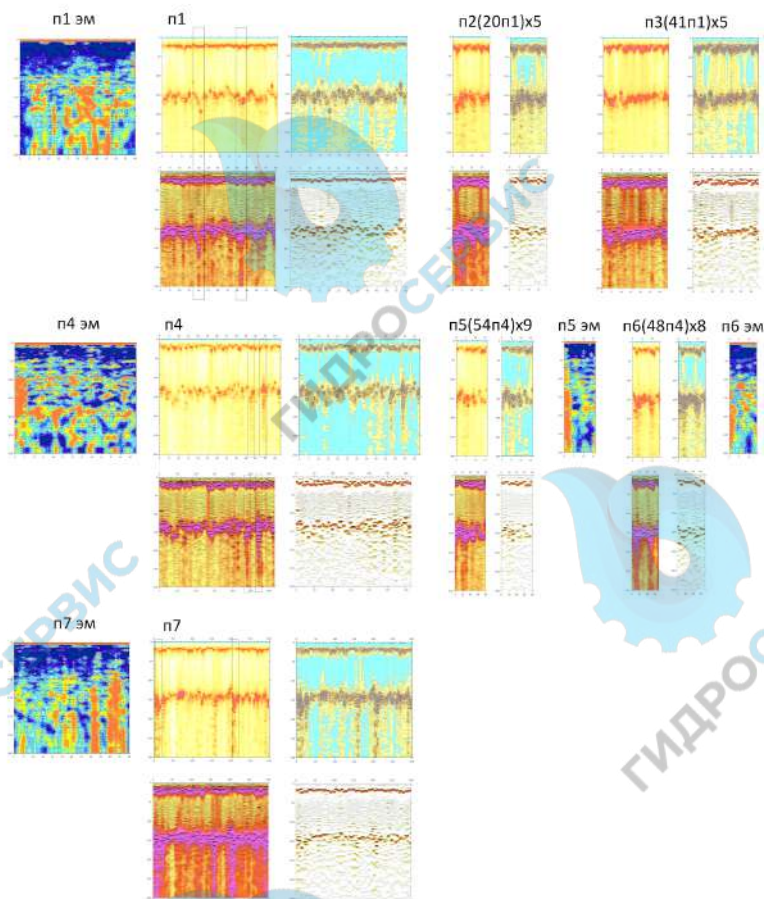
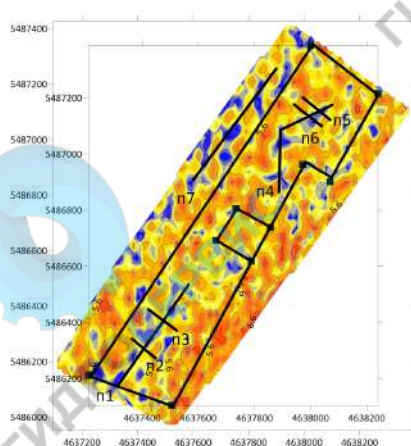




с табличкой «Легенда китайца»
смотрим на значение а не на цвет ! -значения разности потенциалов полученных при измерениях и расшифровки легенды, значения от минусовых до 1,5-2,0 водонестны

Результаты геофизических изысканий

Карачаево-Черкесская республика,
станция Зеленчукская

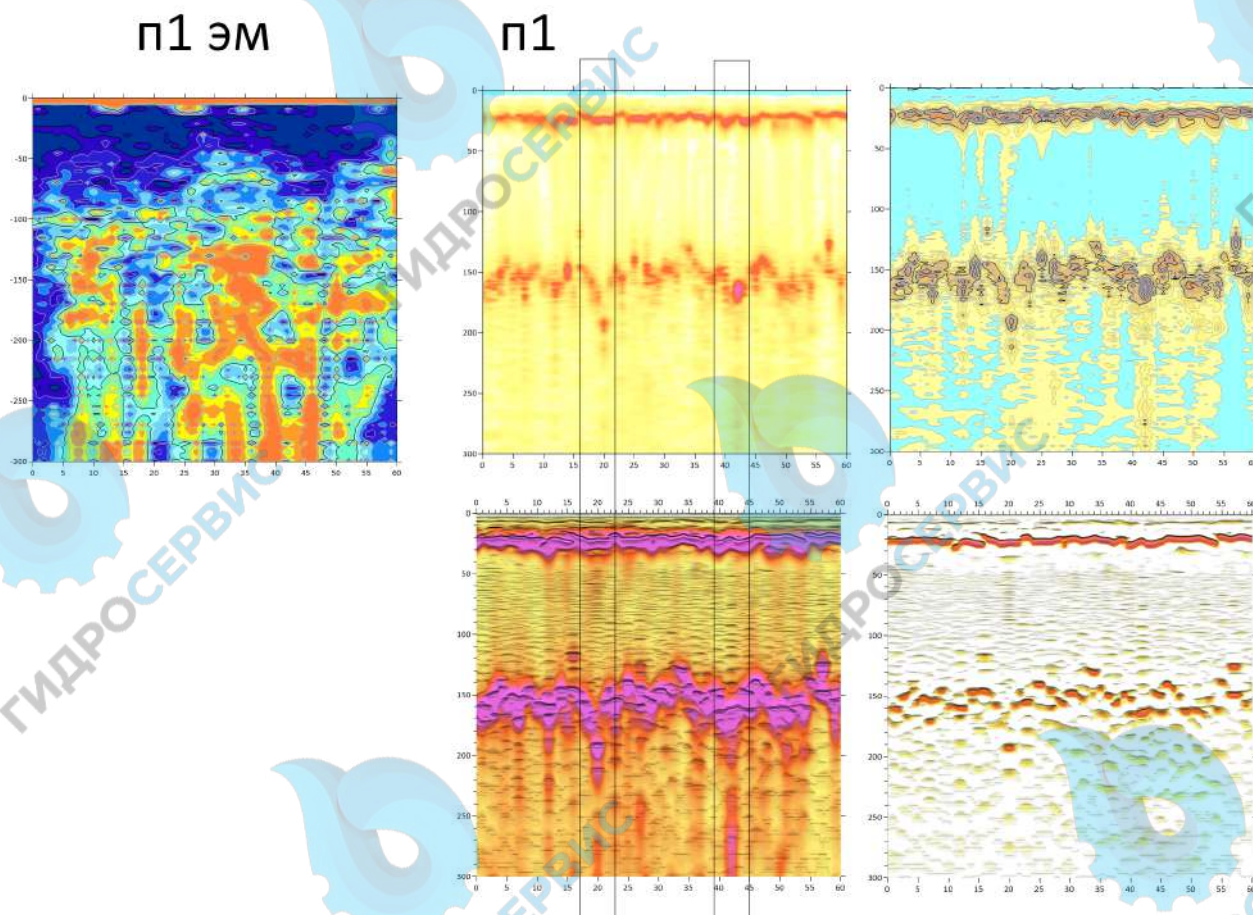


Сводный график всей полученной информации.

Общая площадь исследования: 250,000 м².

Общая длина линейных профилей: 1,300 м.

Далее каждый профиль в увеличенном масштабе с пояснениями.



Профиль №1

Координата начала профиля (WGS84): XXXXXXXXXXXX

Координата конца профиля (WGS84): XXXXXXXXXXXX

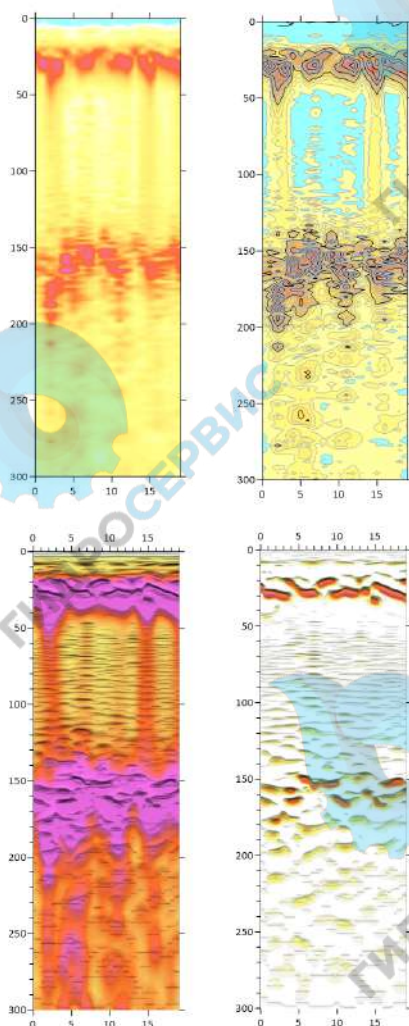
Общая длина профиля: 350 м.

Расстояние между точками наблюдений: 5 м.

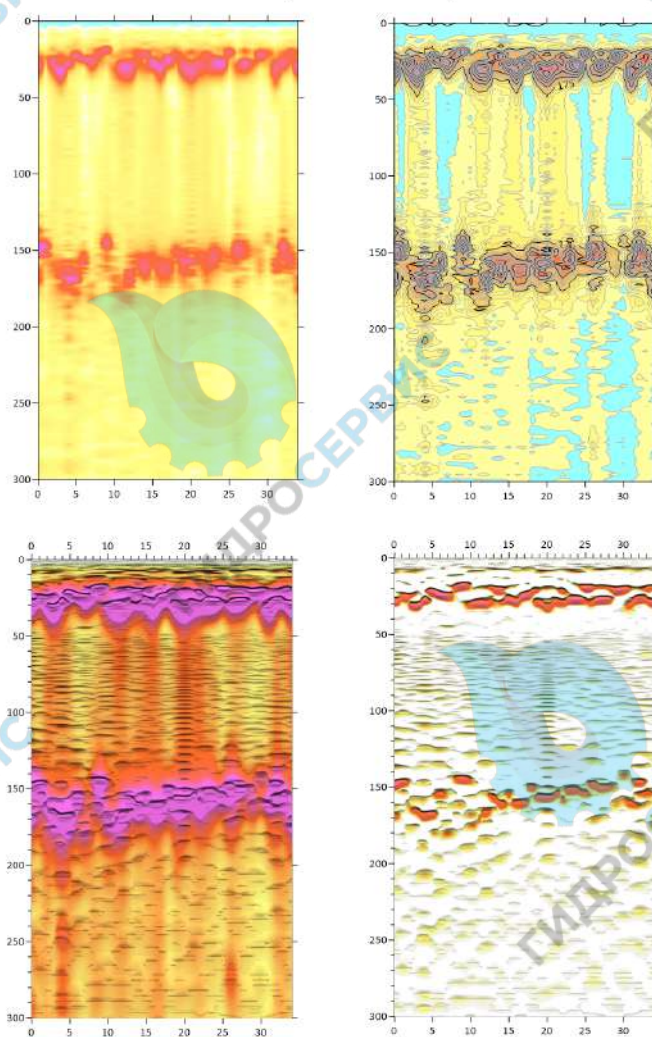
Методы наблюдений: КМСВ и МТЗ

Основываясь на полученной информации методами КМСВ и МТЗ были выбраны две структуры предположительно разломного характера на пикетах №20 и 41 для дальнейшего наблюдения.

п2(20п1)х5



п3(41п1)х5



Профиль №2 (слева)

Координата начала профиля (WGS84): XXXXXXXXXXXX

Координата конца профиля (WGS84): XXXXXXXXXXXX

Общая длина профиля: 100 м.

Расстояние между точками наблюдений: 5 м.

Методы наблюдений: КМСВ

Профиль №3 (справа)

Координата начала профиля (WGS84): XXXXXXXXXXXX

Координата конца профиля (WGS84): XXXXXXXXXXXX

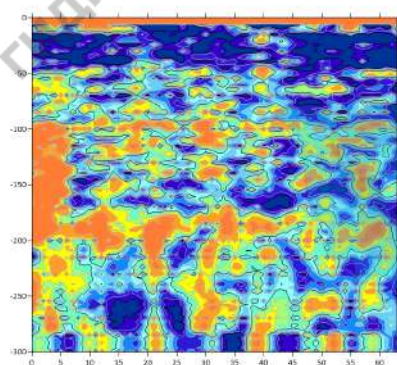
Общая длина профиля: 135 м.

Расстояние между точками наблюдений: 5 м.

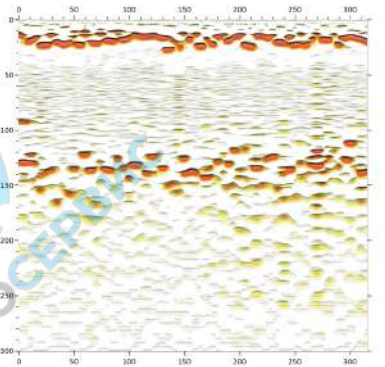
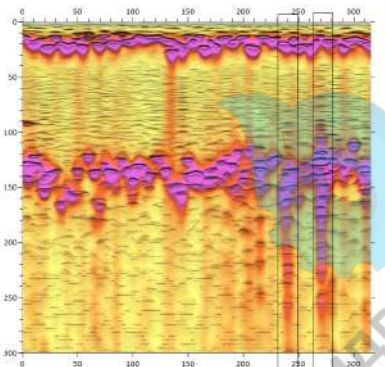
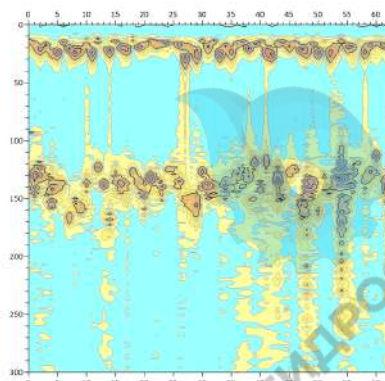
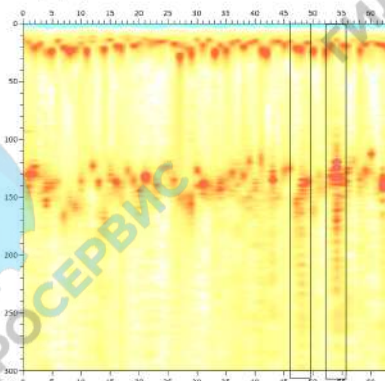
Методы наблюдений: КМСВ

По информации с дополнительных профилей №2 и №3 методом КМСВ, пересекающих наблюдаемые структуры на пикетах №20 и №41 не выявлено значительных аномалий. Так же по данным МТЗ по основному профилю №1 отсутствуют значительные понижения ЭМ фона, что указывает на вероятно слабое водонасыщение.

п4 эм



п4



Профиль №4

Координата начала профиля (WGS84): XXXXXXXXXXXX

Координата излома профиля (WGS84): XXXXXXXXXXXX

Координата конца профиля (WGS84): XXXXXXXXXXXX

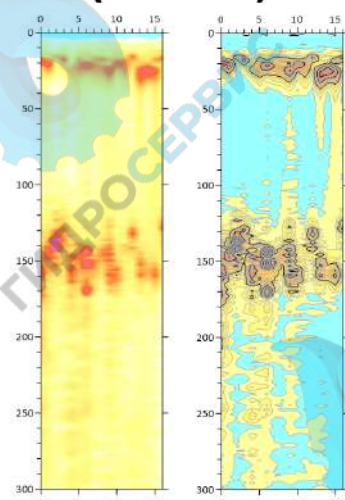
Общая длина профиля: 320 м.

Расстояние между точками наблюдений: 5 м.

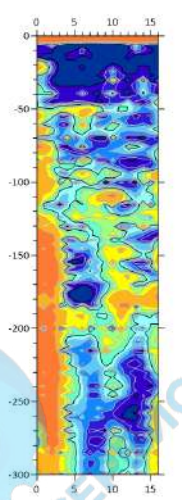
Методы наблюдений: КМСВ, МТЗ

Основываясь на полученной информации методами КМСВ и МТЗ были выбраны две структуры предположительно разломного характера на пикетах №54 и 48 для дальнейшего наблюдения. Сравнивая данные ЭМ фона по профилю №1 и №4 приходим к пониманию, что профиль №4 является более перспективным для бурения, значения более низкие. На глубинах в интервале 130-170 метров присутствует часто повторяющаяся информация.

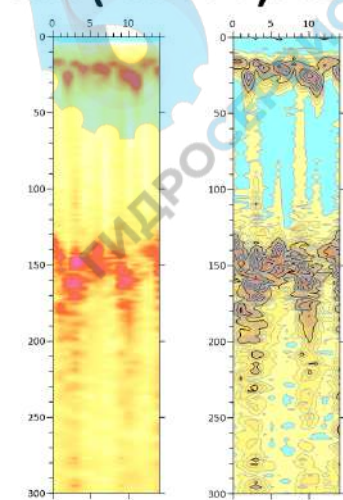
п5(54п4)х9



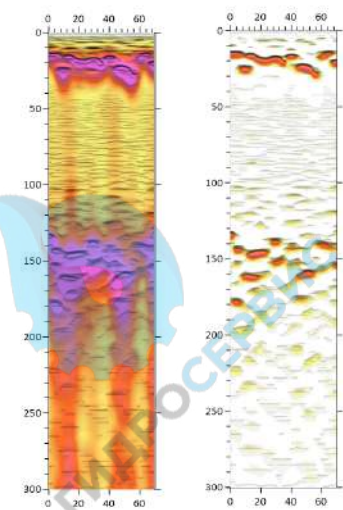
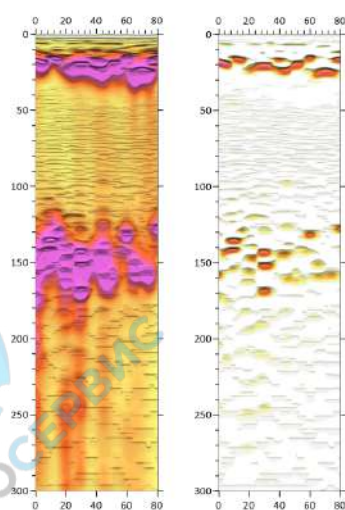
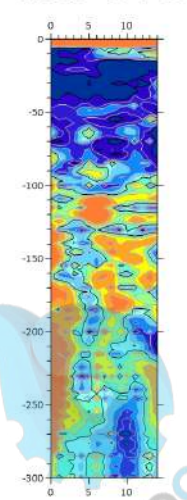
п5 эм



п6(48п4)х8



п6 эм



Профиль №5 (слева)

Координата начала профиля (WGS84): XXXXXXXXXXXX

Координата конца профиля (WGS84): XXXXXXXXXXXX

Общая длина профиля: 75 м.

Расстояние между точками наблюдений: 5 м.

Методы наблюдений: КМСВ, МТЗ

Профиль №6 (справа)

Координата начала профиля (WGS84): XXXXXXXXXXXX

Координата конца профиля (WGS84): XXXXXXXXXXXX

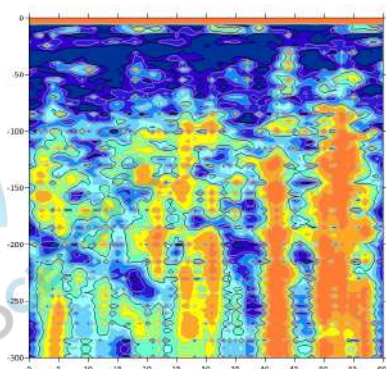
Общая длина профиля: 85 м.

Расстояние между точками наблюдений: 5 м.

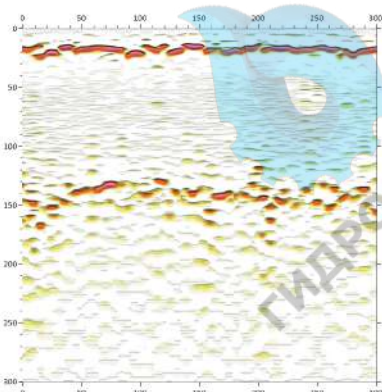
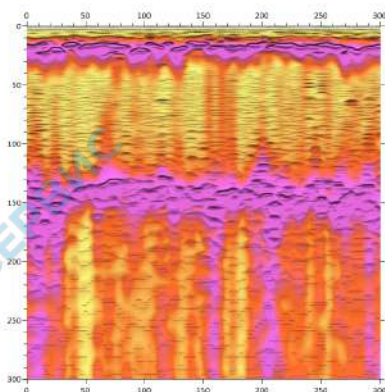
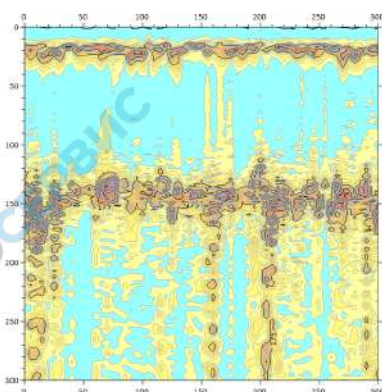
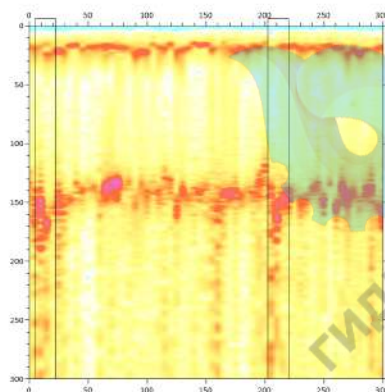
Методы наблюдений: КМСВ, МТЗ

Основываясь на полученной информации методами КМСВ и МТЗ на профиле №5 и №6 имеются подтверждения наблюдаемых структур на пересечении с основным профилем №4 и на предыдущих точках проверочных профилей до пересечения с основным профилем №4. Зоны тектонических нарушений (ЗТН) хорошо выделены. Данные МТЗ так же подтверждают структуры. Интервалы глубин 130-200 м.

п7 эм



п7



Профиль №7

Координата начала профиля (WGS84): XXXXXXXXXXXX

Координата конца профиля (WGS84): XXXXXXXXXXXX

Общая длина профиля: 320 м.

Расстояние между точками наблюдений: 5 м.

Методы наблюдений: КМСВ, МТЗ

Основываясь на полученной информации методами КМСВ и МТЗ на профиле №7 имеются две ярко выраженные структуры предположительно разломного характера, находящиеся на пикетах №3 и № 41, глубины залегания 130-200 м. Также по данным МТЗ зона тектонического нарушения пород (ЗТН) характеризуется резкими всплесками ЭМ фона в пиковые низкие и следом высокие значения.

Заключение

Резюмируя всё вышеизложенное, основываясь на массиве данных, полученных на исследуемом объекте и опираясь на данные о геологической и гидрогеологической обстановке района проведения изыскательских работ заключаю следующее:

1. Для обеспечения проектных мощностей (или приближенных к ним) водозаборных скважин бурение рекомендуется проводить в зонах тектонических нарушений (ЗТН) пород.
2. Бурение проводить в интервалы 130-170-200 м.
3. Бурение проводить на следующих точках:

№ п/п	Профиль	Пикет	Координаты (WGS84)
1	7	3	XXXXXXXXXXXX
2	7	41	XXXXXXXXXXXX
3	5	6	XXXXXXXXXXXX
4	6	4	XXXXXXXXXXXX
5	4	54	XXXXXXXXXXXX
6	4	48	XXXXXXXXXXXX

Исходя из интерпретированных данных проведенных Геофизических исследований
З/У, наиболее перспективными являются точки:

- 1) Профиль №7 – пикет №3.
- 2) Профиль №7 – пикет №41.
- 3) Профиль №5 – пикет №6.
- 4) Профиль №6 – пикет №4.

Геофизические изыскания произвел, отчет подготовил:

Гидрогеолог ООО «Гидросервис»

XXXXXX

Отчет принял и проверил:

Руководитель проекта ООО «Гидросервис»

XXXXXX