

О связи упругих и электрических характеристик ВЧР для целей сейсморазведки МОГТ

- Дмитриев Ю.Ю., Тригубович Г.М. (ЗАО «Аэрогеофизическая разведка», г. Новосибирск)
- Гоц И.А. (ПАО «ГЕОТЕК Сейсморазведка», г. Москва)
- Батманов И.А. (ООО «РН-Уватнефтегаз», г. Тюмень)
- Рябошапка С.М. (ЗАО НПЦ «ГеоСейсКонтроль», г. Москва)

Традиционным методом исследования скоростной характеристики ВЧР и определения оптимальных условий возбуждения (глубины погружения и веса заряда ВМ), является метод МСК, выполняемый по очень редкой сети (одна скважина на 1- 4 кв.км). Попытки более детального исследования ВЧР, с учетом ее крайне неравномерного строения, методами сейсморазведки - МПВ и микро-МОВ – широкого развития не получили из-за низкой производительности и высокой стоимости.

Актуальность исследований связи упругих и электрических характеристик ВЧР для целей сейсморазведки МОГТ связана с разработкой нового метода импульсной электроразведки – технологии импульсного электромагнитного сканирования разреза, обеспечивающего непрерывное (в движении) изучение ВЧР на глубинах до 50 м с производительностью до 40-45 пог. км в смену [4]. Задачи исследования ВЧР предложено решать комплексом методов: электромагнитное сканирование разреза (ЭМС), обращенный микросейсмокаротаж (МСК) и электрокаротаж (КС) в скважинах, предназначенных для проведения МСК. Технология реализации предложенного комплекса методов опубликована в работах - [1, 2, 3]. В данной статье изложены дополнительные результаты работ по этой технологии, подтверждающие объективность и эффективность её применения.

Введение

Традиционным методом исследования скоростной характеристики ВЧР и определения оптимальных условий возбуждения (глубины погружения и веса заряда ВМ), является метод МСК, выполняемый по очень редкой сети (одна скважина на 1-4 кв. км). Попытки более детального исследования ВЧР методами сейсморазведки - МПВ и микро-МОВ – широкого развития не получили из-за низкой производительности и высокой стоимости.

Актуальность исследования связи упругих и электрических характеристик ВЧР для целей сейсморазведки МОГТ связана с разработкой нового метода импульсной электроразведки – импульсного электромагнитного сканирования разреза, обеспечивающего непрерывное (в движении) изучение ВЧР до

глубин 50 м с производительностью до 40-45 пог. км в смену [4]. Для решения задачи исследования ВЧР авторами предложено применять комплекс методов: электромагнитное сканирование разреза (ЭМС), обращенный микросейсмокаротаж (МСК) и электрокаротаж методом кажущихся сопротивлений (КС) в скважинах, предназначенных для проведения МСК. Технология реализации предложенного комплекса опубликована в работах - [1, 2, 3].

Для целей проектирования оптимального заряда ВМ, связь упругих и электрических характеристик ВЧР исследовалась построением корреляционных связей между атрибутами сейсмической записи МОГТ (амплитуда и доминантная частота) и геоэлектрическими параметрами слоев, в которых размещался заряд.

Возможность определения скоростно-

го закона ВЧР анализировалась по сопоставлениям МСК, электрокаротажа и ЭМС.

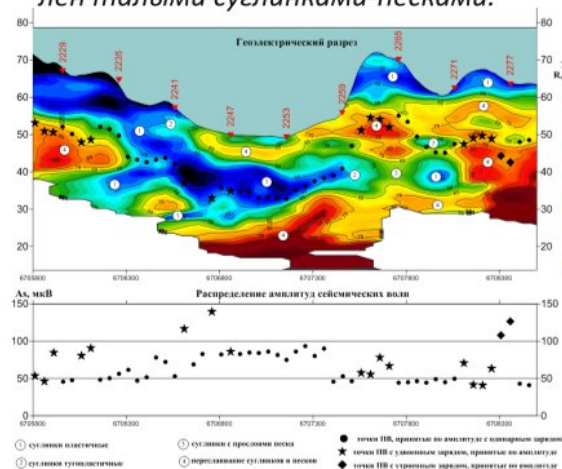
К анализу характеристик ВЧР привлекались сейсмограммы МОГТ-3Д, данные МСК, электрокаротаж и ЭМС.

Взаимосвязь атрибутов сейсмической записи и электрических параметров ВЧР

Исследование взаимосвязи атрибутов сейсмической записи (амплитуда и доминантная частота в окне полезного сигнала) и удельных сопротивлений слоев, в которых размещался заряд ВМ, проводилось по данным производственных работ МОГТ-3Д и результатов ЭМС. Всего проанализировано более 2500 пог. км профилей МОГТ (более 50000 ПВ) в нескольких регионах РФ (Западная Сибирь, Эвенкия, Тимано-Печорская НГП) в различных сейсмогеологических условиях. Дополнительно использовалась геологическая документация шлама скважин (более 500 скважин).

На рисунках 1 - 4 сопоставляются примеры геоэлектрических разрезов ЭМС с данными распределения атрибутов сейсмической записи. Эти материалы показывают, что атрибуты сейсмической записи очень чувствительно реагируют

▼ Рис. 1. Сопоставление геоэлектрического разреза ЭМС с распределением амплитуд сейсмической записи. Разрез ВЧР представлен тальми суглинками-песками.

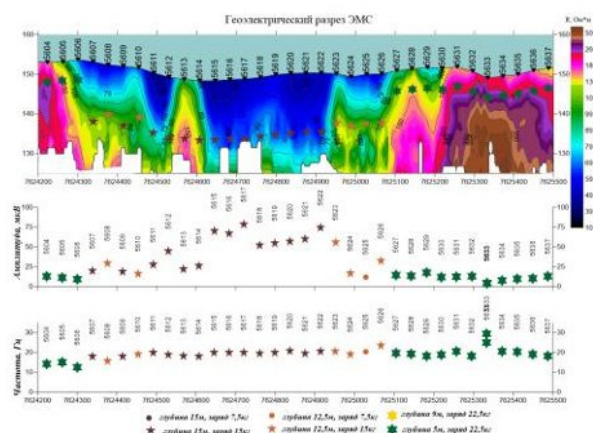


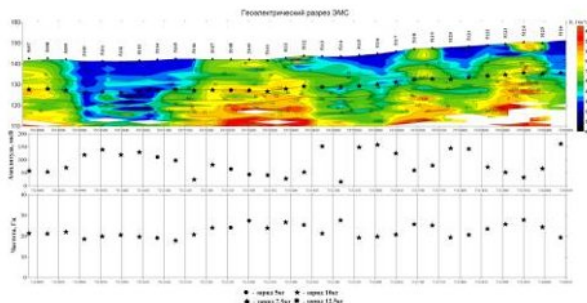
на изменения геоэлектрического строения ВЧР (электрических параметров среды) и тем самым подтверждают, что электрические характеристики слоев можно использовать при выборе оптимальных условий возбуждения сейсмического сигнала.

Анализ геоэлектрических разрезов (Рисунок 1) с точки зрения зависимости амплитуды сейсмического сигнала от уровня сопротивлений пород ВЧР позволяет отметить следующие закономерности:

1. Между удельными сопротивлениями пород ВЧР и амплитудой сейсмической волны существует корреляционная связь.
2. Максимальные амплитуды зарегистрированных продольных волн (100-150 мкВ) связаны с пластичными суглинками (удельные сопротивления менее 50 Ом*м). Причем, чем меньше уровень сопротивлений в этом слое, тем выше амплитуда сигнала.
3. В суглинистых породах с прослоями песка и в песках (удельные сопротивления выше 50 - 100 Ом*м) амплитуда

▼ Рис. 2. Сопоставление геоэлектрического разреза ЭМС с атрибутами сейсмической записи. Разрез представлен мерзлыми суглинками с дресвой и щебнем скальных пород и скальными породами – песчаниками, известняками и конгломератами и зонами их выветривания.





▲ Рис. 3. Сопоставление геоэлектрического разреза ЭМС с атрибутами сейсмической записи. Разрез представлен пластично-мерзлыми суглинками и супесями.

сейсмической волны падает до 60-80 мкВ.

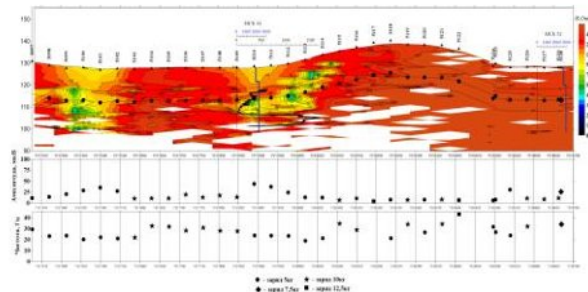
4. Выше уровня грунтовых вод во всех типах пород ВЧР амплитуда продольной волны падает. В пластичных суглинках она уменьшается в среднем до 60-80 мкВ, в опесчаненных отложениях до 10 – 40 мкВ, что может быть критичным для качества сейсмоданных.

На рисунках 2, 3 и 4 приводятся примеры типичных геоэлектрических разрезов ВЧР, которые наглядно характеризуют изменение атрибутов сейсмической записи в зависимости от условий размещения заряда:

1. Наиболее благоприятными являются талые суглинки. При размещении заряда в таких породах можно ожидать амплитуды регистрируемых сейсмических волн до 100-200 мкВ с доминантной частотой порядка 25 Гц.

2. При размещении заряда в мерзлых супесях амплитуды падают до 50-100 мкВ, однако доминантная частота возрастает до 25-35 Гц.

3. Наименее благоприятным для возбуждения является разрез мерзлых песков (особенно сухо-мерзлых). В таких отложениях амплитуда падает до 10-20 мкВ и увеличение веса заряда не приводит к заметному увеличению амплитуд, но частота отмечается достаточно высокая, до 30-45 Гц. В таких условиях заряд лучше размещать в приповерхностных

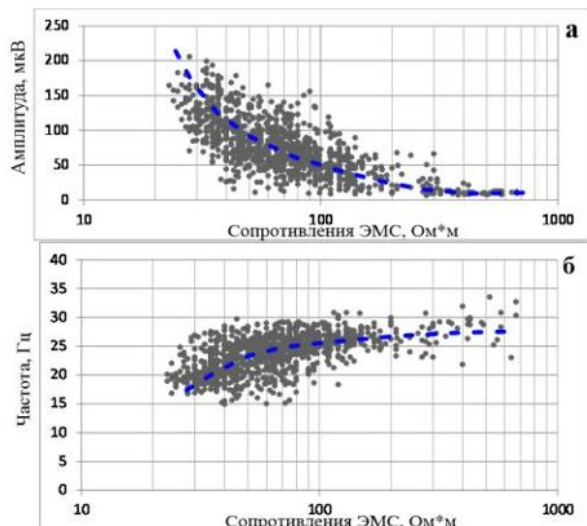


▲ Рис. 4. Сопоставление геоэлектрического разреза ЭМС с атрибутами сейсмической записи. Разрез представлен мерзлыми и тальными песками.

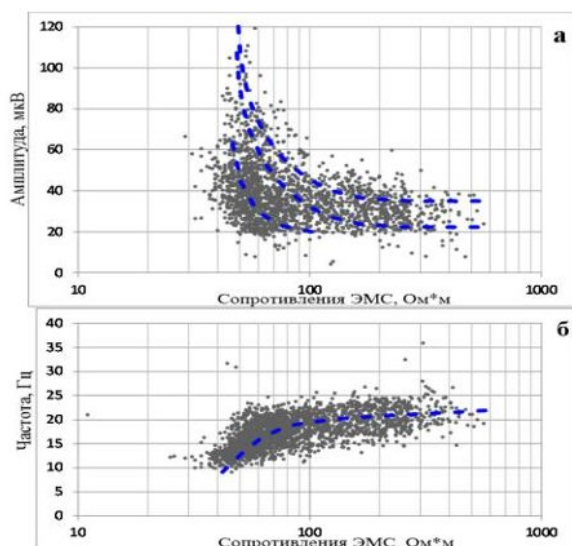
талых зонах (до 10 м), если они отмечаются на геоэлектрических разрезах.

На рисунках 5-7 приводятся поля корреляции атрибутивных данных МОГТ и ЭМС. Характер распределения сопоставляемых данных показывает, что зависимости являются устойчивыми и универсальными при различном строении ВЧР: с ростом электрического сопротивления среды амплитуды отраженных волн снижаются, а частоты растут. Это и является критерием при планировании глубины заложения и мощности взрывного источника. Необходимо дополнительно отметить, что амплитудная зависимость более сложная, в отличие от частотной, и в большей степени зависит от литологии и мерзлотного состояния пород.

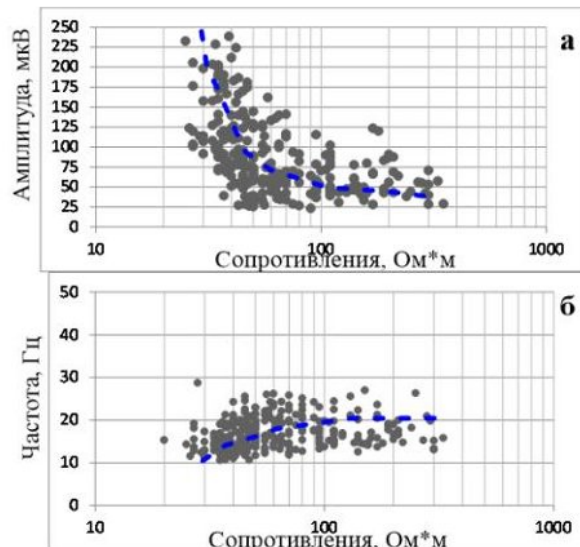
На разброс данных в приведенных корреляционных зависимостях безусловно влияют: ошибки в глубине заложения заряда (источник возбуждения не является точечным), точность определения удельных сопротивлений пластов и влияние глубоко залегающих аномальных (по сейсмическим свойствам) пластов. Необходимо отметить, что материалы ЭМС подтверждены контрольными возбуждениями сейсмических колебаний с рекомендуемыми по данным ЭМС глубинами заложения зарядов (110 контрольных взрывов). Достоверность прогноза электроразведки по данным



▲ Рис. 5. Поле корреляции атрибутов сейсмической записи (амплитуда «а» и доминантная частота «б») и удельных сопротивлений пластов по данным ЭМС, в которых размещается заряд. Разрез представлен пластично мерзлыми суглинками и глинами и мерзлыми песками. Глубина заложения заряда 10-15м, вес 10 кг. Число сопоставлений $N=2316$.



▲ Рис. 6. Поле корреляции атрибутов сейсмической записи (амплитуда «а» и доминантная частота «б») и удельных сопротивлений пластов по данным ЭМС, в которых размещается заряд. Разрез представлен пластично мерзлыми суглинками и глинами с дресвой и щебнем скальных пород (песчаники, известняки, конгломераты). Вес заряда 15кг, глубина 15м. Число сопоставлений $N=1256$.



▲ Рис. 7. Поле корреляции атрибутов сейсмической записи (амплитуда «а» и доминантная частота «б») и удельных сопротивлений пластов (в которых размещается заряд) по данным ЭМС. Разрез представлен пластично-мерзлыми и тальми суглинками и глинами с прослойками супесей и песков. Вес заряда 6кг, глубина 15-20м. Число сопоставлений $N=268$.

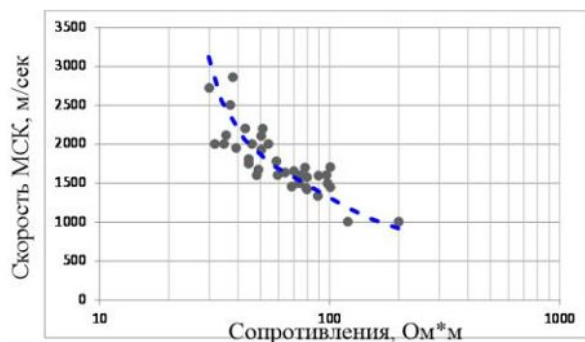
контрольных отстрелов составила более 90%.

Сейсмические и электрические свойства пород ВЧР

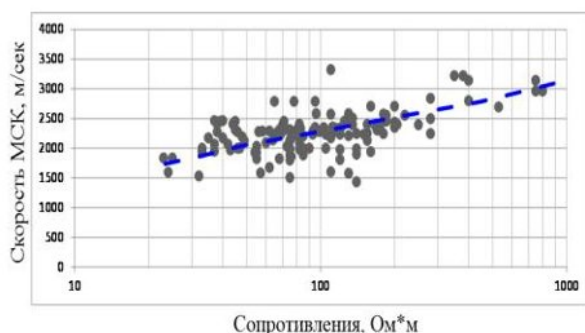
Связь сейсмических характеристик с электрическими параметрами ВЧР анализировалась сопоставлениями данных МСК, электрокаротажа и ЭМС в разрезах стальной и мерзлой ВЧР.

С документацией шлама проанализировано более 200 скважин МСК с электрокаротажем.

На рисунках 8 - 10 приводятся примеры полученных зависимостей. Естественно, что в талом и в мерзлом разрезах зависимости скорости продольной волны от сопротивлений пород имеют различный характер. Учитывая разнообразие строения и характеристик ВЧР, эти зависимости необходимо изучать детально на каждом объекте сейсморазведочных работ.



▲ Рис. 8. Поле корреляции результатов МСК и электро-каротажа. Разрез представлен тальми суглинками и глинами с прослоями супесей и песков. Число сопоставлений $N=39$ (18 скважин МСК).

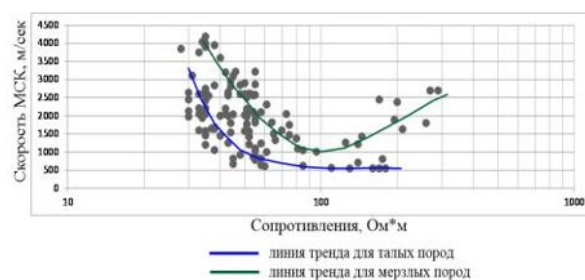


▲ Рис. 9. Поле корреляции результатов МСК и ЭМС. Разрез представлен твердо-мерзлыми суглинками, глинами и песками. Число сопоставлений $N=124$ (108 скважин МСК).

Закключение

Анализ достоверности и информативности традиционных методов исследования ВЧР показывает, что общепринятая методика проектирования параметров заряда не обеспечивала решение поставленных задач не из-за методологических характеристик применяемых методов, а исходя из сильной латеральной и глубинной изменчивости ВЧР, предусмотреть которую точечными измерениями не представляется возможным.

Фактически задача определения строения ВЧР требуемой детальности для целей сейсморазведки МОГТ не решалась методами наземной геофизики до разработки технологии импульсных электромагнитных зондирова-



▲ Рис. 10. Поле корреляции результатов МСК и ЭМС. Разрез представлен пластично-мерзлыми и тальми суглинками, глинами и песками. Число сопоставлений $N=128$ (103 скважины МСК).

ний становлением поля (ЗСБ) во временной области. Эта технология была усовершенствована в последние 10-12 лет до уровня непрерывного электромагнитного сканирования разреза (ЭМС), выполняемого в движении.

Но при исследовании ВЧР для целей сейсморазведки задачу геофизических исследований нельзя сводить только к литологическому расчленению разреза. Необходимо установить корреляционные связи между упругими и электрическими параметрами пород, слагающими разрез. Следует определить, какие отложения в конкретной геологической обстановке обладают наилучшими сейсмическими параметрами (скорость продольной волны, атрибуты сейсмической записи), чтобы в дальнейшем ориентироваться на выявление таких горизонтов для размещения ПВ. Поэтому предложен комплекс методов: ЭМС, электрокаротаж и обращенный микросейсмокаротаж.

Вышеприведенные результаты исследования сейсмических данных МОГТ-3D и комплекса методов МСК + КС + ЭМС подтверждают наличие взаимосвязи между упругими и электрическими свойствами пород ВЧР, что обосновывает возможность применения метода импульсной электроразведки для планирования параметров взрывного источника и непре-

рывного изучения скоростного строения ВЧР по данным электроразведки.

Еще одним, пока не опробованным полностью на практике результатом исследований, является возможность построения чрезвычайно детальных геологической и скоростной модели ВЧР на основании установленных корреляционных связей литологии, скоростей по данным МСК и сопротивлений по данным КС и ЭМС. Настолько детальных, что применение последней, например, для учета ВЧР при обработке может оказаться чрезмерным и потребует сглаживания. Однако в перспективе обработки сверхплотных съемок такая детальность будет абсолютно оправдана, если мы хотим изучать действительно «тонкие» эффекты.

Литература

1. Дмитриев Ю.Ю., Тригубович Г.М., Тарасова Ю. П., Закариев Ю.Ш., Рябошапко С.М., Цыпышев Н.Н. «Прогнозирование оптимальных условий размещения заряда при сейсморазведочных работах в Западной Сибири с использованием электромагнитного сканирования во временной области»./Приборы и системы разведочной геофизики. №4, 2014г/
2. Дмитриев Ю.Ю., Глазунов В.В., Гоц И.А., Логовской В.И., Цыбин В.Ф., Ефимова Н.Н. «Комплексное применение методов импульсной электроразведки в составе сейсморазведочных работ МОГТ-3D для прогнозирования глубины скважин ПВ в условиях сложного строения ВЧР»./Приборы и системы разведочной геофизики. №4, 2016г/
3. Дмитриев Ю.Ю., Тригубович Г.М. Гоц И.А, Рябошапко С.М., Батманов И.А. «Применение комплекса методов ЭМС, электрокаротаж КС и МСК для изучения ВЧР с целью прогноза оптимальной глубины погружения заряда при сейсмо-

разведочных исследованиях МОГТ»./Инженерная и рудная геофизика. Алматы, 2018г/.

4. Дмитриев Ю.Ю., Тригубович Г.М. «Новая технология импульсной электроразведки для инженерных изысканий»./Инженерная и рудная геофизика. Кисловодск, 2017г/.