

Прогнозирование оптимальных условий размещения заряда при сейсморазведочных работах в Западной Сибири с использованием электромагнитного сканирования во временной области

- Закариев Ю. Ш., Рябошапка С. М., Цыпышев Н. Н., ЗАО НПЦ «ГеоСейсКонтроль», г. Москва
- Тригубович Г. М., Дмитриев Ю. Ю., ЗАО «Аэрогеофизическая разведка», г. Новосибирск
- Тарасова Ю. П., "РН-Юганскнефтегаз", г. Нефтеюганск

Введение

Специалистам сейсморазведочных исследований взрывным способом известно, насколько непростой задачей является выбор оптимальных условий взрыва (глубины заложения заряда и его величины во взрывных скважинах), особенно в случае массовой подготовки ПВ при работах МОГТ 3D при отсутствии геологической информации о строении ВЧР: данных о литологическом составе пород, о мощности зоны малых скоростей (ЗМС) и о уровне грунтовых вод (УГВ).

Анализ связи качества сейсмических материалов с рельефом в отсутствии априорной информации о ВЧР показывает, что по карте рельефа можно выделять участки с неблагоприятными условиями возбуждения. В принципе, это дает возможность определять некоторые «экстремальные» участки, на которых следует провести опытные работы по выбору оптимальных параметров взрывного источника. Однако о создании целой сети опытных профилей говорить не приходится из-за непомерных затрат. Выбор же оптимальной глубины взрыва и веса заряда для всей площади работ по данным 1-2 опытных серий без априорной информации об изменчивости геологического строения ВЧР и мощности ЗМС является некорректным и, в определенной степени, рискованным.

Таким образом, перед проведением сейсморазведочных работ целесообразно иметь априорную информацию о строении ВЧР по всей площади исследо-

ваний: ее литологической и криогенной изменчивости, о поведении УГВ (особенно при пересеченном рельефе) и о сейсмических характеристиках всех элементов разреза.

Что дает априорная информация:

1. Возможность районирования всей площади работ по условиям возбуждения упругих колебаний и как следствие – оптимальное размещение опытных сейсморазведочных профилей, учитывающее изменчивость строения ВЧР;
2. Выбор оптимальной глубины размещения заряда и его веса на каждом ПВ;
3. Получение наилучших (приемлемых) параметров возбуждаемых сейсмических волн (амплитуда и частота) даже в неблагоприятных сейсмогеологических условиях.

Вопрос в том, какими методами и с какими затратами (материальными и временными) получить такую информацию?

Выбор методов исследования ВЧР

В условиях, подобных Западной Сибири, технология исследования ВЧР должна учитывать следующие особенности:

1. Большая площадь участков работ (первые сотни квадратных километров) при протяженности профилей ПВ до 1000 пог.км. При таких огромных объемах технология наземных геофизических исследований должна обладать очень высокой производительностью, мобиль-

ностью, низкой себестоимостью и возможностью существенного опережения бурения ПВ.

2. Проведение исследований в мерзлых и талых породах разнообразного состава.

3. Выполнение работ в зимний период при наличии сезонно-мерзлого слоя, снежного покрова мощностью до 1м, не только в тундре, но и в залесенной местности.

4. Глубинность исследований до 30-35м.

При таких исходных условиях круг методов наземной геофизики, применимых для достаточно детального изучения ВЧР на больших площадях, резко сокращается.

Фактически, до разработки технологии импульсных электромагнитных зондирований становлением поля, которая в последние 10-12 лет была усовершенствована до уровня непрерывного электромагнитного сканирования разреза, выполняемого в движении, задача исследования ВЧР для целей сейсморазведки МОГТ методами наземной геофизики не решалась в принципе.

Например, «малая» сейсморазведка (МПВ) при той же детальности сопоставима по стоимости с «большой».

Георадарные исследования, характеризующиеся высокой детальностью расчленения разреза и достаточной производительностью, непригодны из-за малой грунтопроникающей способности, связанной с сильным поглощением высокочастотного электромагнитного излучения в породах, особенно суглинисто-глинистого состава.

Традиционная электроразведка на постоянном токе, даже в самом производительном варианте (электротомография) не реализуема из-за необходимости заземления приемных и питающих

электродов в мерзлых породах верхнего слоя.

Наиболее мобильным и экономичным, позволяющим решать задачи выбора оптимальной глубины погружения заряда и удовлетворяющим требованиям невысокой стоимости полевых работ при достаточной детальности и глубинности исследований, представляется метод зондирования становлением электромагнитного поля (ЗС), реализованный в варианте непрерывного электромагнитного сканирования разреза (ЭМС).

Метод ЗС [1] основан на возбуждении в горных породах переменных электромагнитных полей, с помощью незаземленного генераторного контура и регистрации вторичных полей, несущих информацию о геоэлектрическом строении разреза, многовитковой приемной антенной. Такая технология не требует применения заземляющих устройств, благодаря чему появляется возможность выполнения измерений в движении (ЭМС). Технология ЭМС уже более 10 лет широко применяется в инженерных изысканиях на различных объектах топливно-энергетического комплекса, как в талых породах, так и в криолитозоне, как на земной поверхности, так и с поверхности воды [2]. Технология ЭМС, являющаяся разработкой группы компаний ЗАО «Аэрогеофизическая разведка» и «Сибгеотех», защищена патентами РФ № 2194294, 47533, 52199 и 52200.

При исследовании ВЧР для целей сейсморазведки задачу геофизических исследований нельзя сводить только к литологическому расчленению разреза. Необходимо установить корреляционные связи между сейсмическими и электрическими параметрами пород, слагающими конкретный тип разреза. Следует выяснить в каких отложениях в

конкретной геологической обстановке следует разместить заряд ВМ, при взрыве которого будут зарегистрированы отраженные волны с наилучшими (приемлемыми) сейсмическими характеристиками (амплитуда и частота), чтобы в дальнейшем ориентироваться на выявление таких пород. Важным моментом, кроме того, является определение уровня грунтовых вод, так как ниже этого уровня из-за самопроизвольного оплыwania стенок скважин укупорка зарядов в скважинах существенно лучше, что способствует повышению эффективности взрыва.

Рациональным комплексом геофизических методов исследования ВЧР следует считать микросейсмокаротаж (МСК), электрокаротаж (КС), ЭМС.

Задачей МСК является получение данных о сейсмогеологическом строении ВЧР и степени дифференциации пород по вертикали по скоростям продольных волн в различных частях исследуемой площади.

Каротаж КС предназначен для получения информации о геоэлектрическом строении исследуемой территории, литологического расчленения разреза, создания опорных геоэлектрических моделей для обработки данных ЭМС, определения УГВ и в совокупности с МСК для оценки корреляционных связей между сейсмическими и электрическими параметрами пород ВЧР.

При работах МОГТ 3D ЭМС проводится по всем профилям ПВ и по редкой сети приемных (увязочных) профилей для литологического расчленения разреза, а с учетом данных МСК и КС - для исследования сейсмогеологического строения разреза и, в конечном итоге, для определения оптимальной глубины размещения заряда на каждом ПВ.

КС и МСК выполняются в одних и тех же скважинах, относительно равномерно размещенных по площади с учетом вероятных геоэлектрических неоднородностей.

Такие масштабные комплексные исследования ВЧР впервые в практике сейсморазведочных работ были выполнены на одном из лицензионных участков в Западной Сибири в зимнем периоде 2013-2014гг.

Задачей геофизических работ являлось детальное изучение строения ВЧР до глубины 30м с целью оптимального размещения зарядов ВМ при производстве сейсморазведочных работ МОГТ 3D.

Объем работ ЭМС составил 748 пог. км, каротажа КС и МСК - 18 скважин.

В геоморфологическом отношении площадь работ представляет собой заболоченные равнины и участки резко-пересеченной местности с густой речной сетью. Вся площадь, кроме больших болот, покрыта лесом. Для прокладывания профилей ПВ и ПП производилась вырубка просек.

В геологическом отношении ВЧР представлена отложениями четвертичного возраста, сложенными в верхней части озёрно-ледниковыми глинами и суглинками тёмно-серыми, песчанистыми, с прослоями супесей и песков, ниже залегают пески серые, зеленовато-серые с прослойками и линзами суглинков и глин. Четвертичные отложения детально не изучены, мощность их предположительно не превышает 35 – 50м. Все отложения талые, за исключением сезонно-мерзлого слоя, мощность которого на момент выполнения работ составляла 20-30см (под слоем снега до 1м). По данным каротажа КС УГВ варьирует от 2м до 14м. Бурение скважин ПВ производилось шнековым способом.

Каротаж КС и МСК

Применение шнекового бурения в неустойчивых породах, особенно в условиях их обводнения, вызывает быстрое обрушение стенок скважин. Геологический разрез участка работ представлен суглинками и глинами от твердых до пластичных, песками, супесями и пачками переслаивания перечисленных пород. Уровень грунтовых вод преимущественно высокий. Распространены плывуны. С точки зрения применения каротажа КС разрез крайне неблагоприятный.

В скважинах с быстро оплывающими стенками и плывунами невозможно применение скважинных приборов КС стандартной конструкции и стандартной системы заземлений, что подтвердили попытки выполнить электрокаротаж в открытом стволе.

Для проведения каротажа в таких условиях был разработан и изготовлен каротажный подошвенный градиент-зон [3] с двумя приемными линиями MN (вариант БКЗ), погружаемый в скважину через отверстия в шнеках. Параметры установки: А 0,9 М1 0,20 N1 (М2) 0,20 N2. Измерения проводились в точечном режиме через 20 см.

Применялись генератор тока Астра - 100 и измеритель ИМПВ-8, токи от 10 мА до 100 мА. Выбранная конструкция зонда обеспечивает выделение в разрезе прослоев пород мощностью более 1 м.

МСК, который выполнялся специалистами сейсмопартии, реализован в варианте обращенного сейсмокаротажа с размещением ПВ в скважине через 1-2 м.

Литологическая индексация слоев выполнена в результате комплексной интерпретации МСК и КС, а также исходя из визуального контроля состава шлама и общеизвестных электрических и сейсмических характеристик различных пород [4].

Анализ данных каротажа КС и сопоставление их с материалами МСК по 18 скважинам позволили сделать три главных вывода:

1. Между сейсмическими и электрическими параметрами пород ВЧР существует корреляционная зависимость, связанная с их глинистостью. Наилучшими сейсмическими характеристиками при возбуждении сейсмических волн обладают глинисто-суглинистые отложения, имеющие сопротивления менее 50-60 Ом*м.

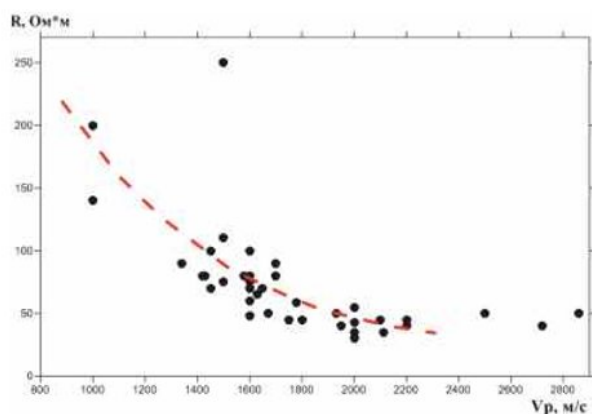
2. В пределах площади исследований породы ВЧР характеризуются сильной изменчивостью, как по электрическим, так и по сейсмическим параметрам. Диапазон изменения удельных сопротивлений составляет от 30 Ом*м до 500 Ом*м (разница почти в 20 раз), скоростей продольных волн от 500 м/с до 2700 м/с (разница в 5 раз). При такой дифференциации физических свойств ВЧР следует ожидать значительные отличия в условиях возбуждения сейсмических волн по площади и по разрезу.

3. В разрезе и в плане породы ВЧР крайне не выдержаны. Основными структурными элементами их залегания являются переслаивание и выклинивание отложений глинистого и песчаного состава, что характерно для четвертичных отложений. При такой структуре разреза сложно прогнозировать выдержанность отдельных слоев и следовательно прогнозировать условия возбуждений сейсмических волн при отсутствии детальной сети исследования ВЧР.

Поясним эти выводы.

Качественная оценка диаграмм каротажа КС и МСК (вывод №1) показала наличие корреляции для всех типов пород, начиная с глубин 5-7 м от дневной поверхности, обусловленной зависимостью удельных сопротивлений и скорости

продольной волны от глинистости разреза. Высокие скорости продольных волн связаны с пластичными и тугопластичными суглинками, низкие скорости приурочены к опесчаненным их разностям и пескам. Для каротажа КС эта зависимость обратная – низкие сопротивления приурочены к суглинкам, высокие сопротивления связаны с песками. Количественные сопоставления в виде поля корреляции парных значений КС и МСК (рисунок.1) позволили дать математическую оценку тесноты корреляционной связи сейсмических и электрических параметров ВЧР. Расхождения КС и МСК в интервале скоростей 1400м/с – 2400м/с (сопротивления 30-100 Ом*м) не превышают 200 – 300м/с. Наибольшие расхождения отмечены при сопротивлениях пород более 150 Ом*м (пески), что, по-видимому, определяется меньшей зависимостью сейсмических параметров от минерального состава песков и минерализации воды в них, являющихся определяющими для КС. В глинисто-суглинистой части разреза корреляционная связь наиболее устойчива, а скорости продольных волн наиболее высокие. Поэтому, данные электрокаротажа можно напрямую использовать для оперативного районирования территории по условиям возбуждения упругих колебаний.

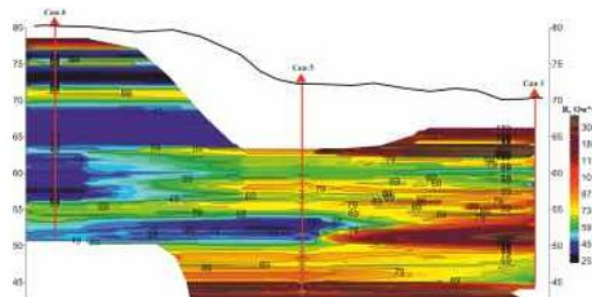


▲ Рис. 1. Поле корреляции данных каротажа КС и МСК по 18 скважинам.

Второй и третий выводы можно проиллюстрировать геоэлектрическими моделями, построенными по данным каротажа КС в различных частях площади исследований. Фактически, это геоэлектрические разрезы, построенные по серии скважин и отражающие основные элементы залегания пород ВЧР и изменчивость их состава. Пример такой модели приводится на рисунке 2. Расстояние между скважинами 3-5км.

Резюмируя результаты каротажа КС и МСК, можно заключить, что при использовании взрывного способа возбуждения в сейсморазведочных работах МОГТ 3D, задача исследования ВЧР сводится к выявлению интервалов залегания глинисто-суглинистых отложений на глубинах более 10-15м. Интервалы с преобладанием низких сопротивлений можно относить к участкам с наиболее благоприятными условиями возбуждения, а при преимущественно высокоомном разрезе (пески) – к менее благоприятным. Поэтому возможность применения методов наземной электроразведки при исследовании ВЧР для определения оптимальных глубин размещения ПВ является обоснованной.

Геоэлектрические разрезы, построенные по данным наземной электроразведки должны соответствовать опорным разрезам каротажа (моделям).



▲ Рис. 2. Пример геоэлектрической модели среды по данным каротажа КС на участке скважин №№ 4 – 5 – 1.

Электромагнитное сканирование разреза (ЭМС)

Установленная корреляционная связь между сейсмическими и электрическими параметрами пород ВЧР позволяет применять методы наземной электроразведки для определения оптимальной глубины размещения зарядов с целью обеспечения при регистрации волнового поля максимальных сейсмических параметров (амплитуда и частота) продольных волн.

Технология электромагнитного сканирования разреза, реализованная на основе измерений в движении, позволяет получить непрерывный геоэлектрический разрез любой протяженности с дискретностью замеров через 0.2-1м.

Генераторно-измерительная система размещалась на надувном каркасе, буксируемом по сейсмическим профилям гусеничным вездеходом или снегоходом типа «Буран» со скоростью 3-5км/час (рис. 3). Для достижения глубинности исследований 30м и повышения метрологических характеристик измерений использовалась выносная система ЭМС с разнесенными генераторно-измерительными антеннами. Размер пневмокаркаса составлял 2х9м.

ЭМ-сканирование проводилось комплектом аппаратуры Импульс-Десант с

генератором КТ-20 (разработка группы компаний «Сибгеотех» и «Аэрогеофизическая разведка»). Ток в генераторном контуре 10А. Привязка точек измерений в процессе съемки осуществлялась спутниковой системой GPS, встроенной в измеритель и записывающей координаты точек ЭМС с погрешностью 2-3м. Обработка данных проводилась по пакету лицензионных программ EmDataProcessor с использованием процедур дифференциальной проводимости среды с пересчетом в удельные сопротивления.

Методы наземной электроразведки, в частности, электромагнитное сканирование, по точности определения параметров - мощности выделенных горизонтов и удельных сопротивлений в слоях, могут только приближаться к данным электрокаротажа. Уровень расхождений определяется не только способом измерений (методикой полевых работ), но и методом решения обратной задачи (пересчет измеренного электромагнитного поля в параметры среды – мощность и сопротивление). Технология электромагнитного сканирования, выполняемая в движении, в отличие от других методов наземной электроразведки, обеспечивает избыточно высокую плотность точек зондирования в единице исследуемого пространства (до 7000 измерений на



▲ Рис. 3. Транспортировка генераторно-измерительной установки ЭМС с помощью гусеничного вездехода и снегохода «Буран».

1км), благодаря чему точность единичного измерения на заданном интервале осреднения значительно возрастает. Кроме того, обеспечивается непрерывное исследование геологического разреза, позволяющее выявить локальные изменения геологической среды.

Контроль качества ЭМС осуществлялся несколькими способами:

1. Измерениями на лабораторной модели в начале и конце дня;
2. На контрольных точках с остановками через 1км каждого профиля;
3. Повторными замерах отдельных участков профилей;
4. Сопоставлениями данных ЭМС на пересечениях профилей;
5. Сопоставлением с данными электрокаротажа.

Последние 2 способа контроля рассматривались как основные, так как они включают в себя не только стандартные метрологические погрешности, но и влияние реальной среды и условий измерений. Такие сопоставления выполнены по 18 скважинам и по участкам пересечений профилей протяженностью более 133км. Установленные расхождения не превышают стандартных погрешностей электрокаротажа и ЭМС. Высокая

плотность точек измерений и большой процент контрольно-заверочных работ позволили в итоге получить геоэлектрические разрезы ЭМС, соизмеримые по точности выделения горизонтов ВЧР с электрокаротажом.

Анализ результатов ЭМС с точки зрения оценки условий возбуждения продольных волн.

Результаты ЭМС приводятся в виде геоэлектрических разрезов по профилям ПВ и по вспомогательным профилям ПП, на которые помимо электрокаротажа и литологической индексации пород ВЧР вынесены данные о местоположении зарядов ВМ в разрезе и об амплитудах зарегистрированных продольных волн (рис.4). В связи с тем, что процент брака физ. наблюдений по причине низкой частоты в «окне сигнала» не превышал 1%, анализ частотных характеристик не проводился. Литологическая индексация пород ВЧР выполнена на основании параметров, установленных по данным электрокаротажа.

Информативность таких геоэлектрических разрезов очевидна. По данным ЭМС кроме прогноза оптимальной глубины заложения и веса заряда ВМ

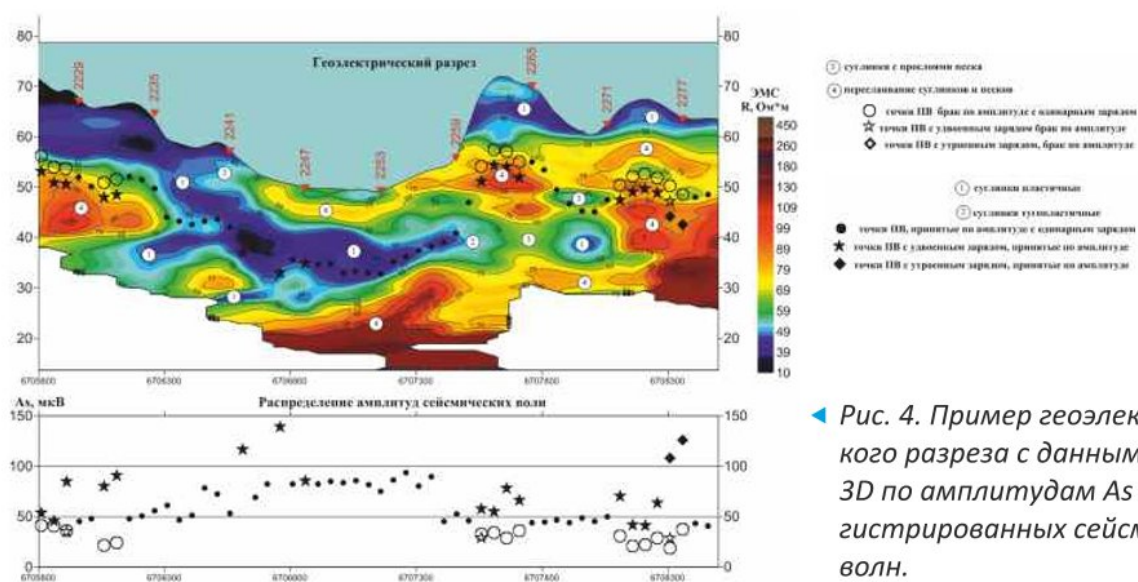
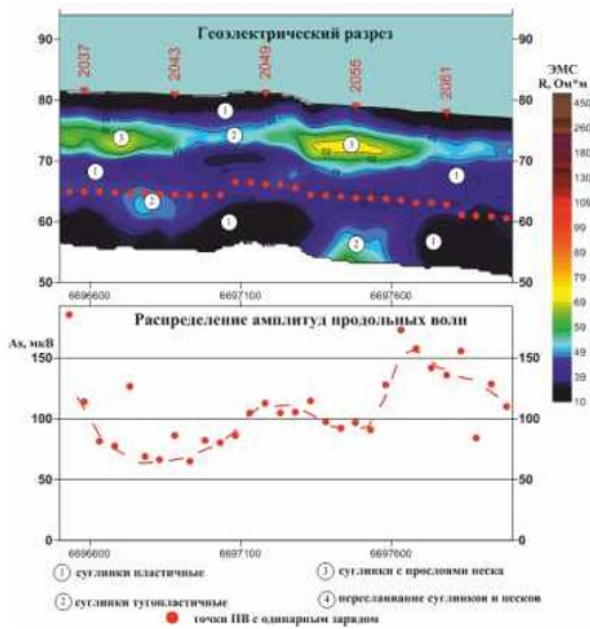


Рис. 4. Пример геоэлектрического разреза с данными МОГТ 3D по амплитудам A_s зарегистрированных сейсмических волн.



▲ Рис. 5. Сопоставление данных ЭМС и амплитуд продольных волн (в «окне сигнала») в зависимости от расположения одиночного заряда в суглинистых отложениях, залегающих ниже УГВ.

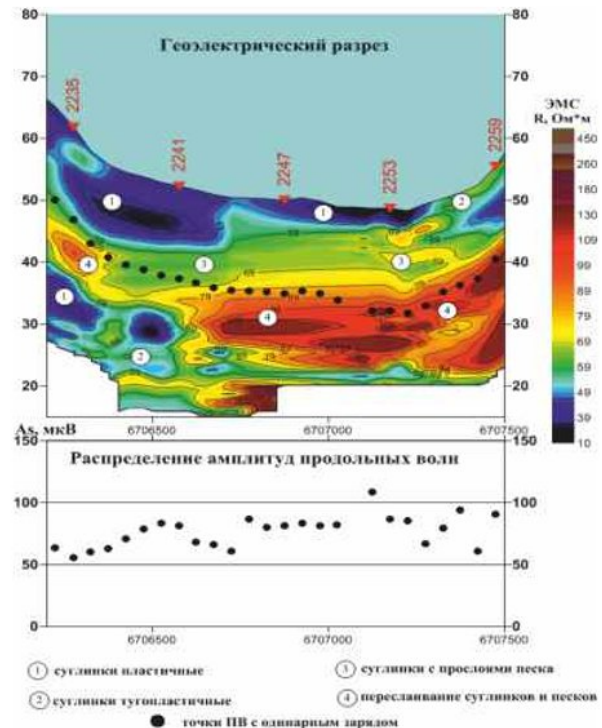
можно постфактум определять истинную глубину его нахождения и корректировать параметры взрывного источника при следующем возбуждении.

Анализ 748км геоэлектрических разрезов показал наличие корреляционной связи между удельными сопротивлениями пород ВЧР и амплитудой сейсмической волны:

1. Максимальные амплитуды зарегистрированных продольных волн (100-150 мкВ) связаны с пластичными суглинками (удельные сопротивления менее 50 Ом*м), залегающими ниже УГВ. При этом, чем меньше уровень сопротивлений в этом слое, тем выше амплитуда сигнала (рис.5).

2. В суглинистых породах с прослоями песка и в песках, расположенных также ниже УГВ, (удельные сопротивления выше 50 - 100 Ом*м) амплитуда сейсмической волны падает до 60-80 мкВ (рис. 6).

Выше уровня грунтовых вод во всех

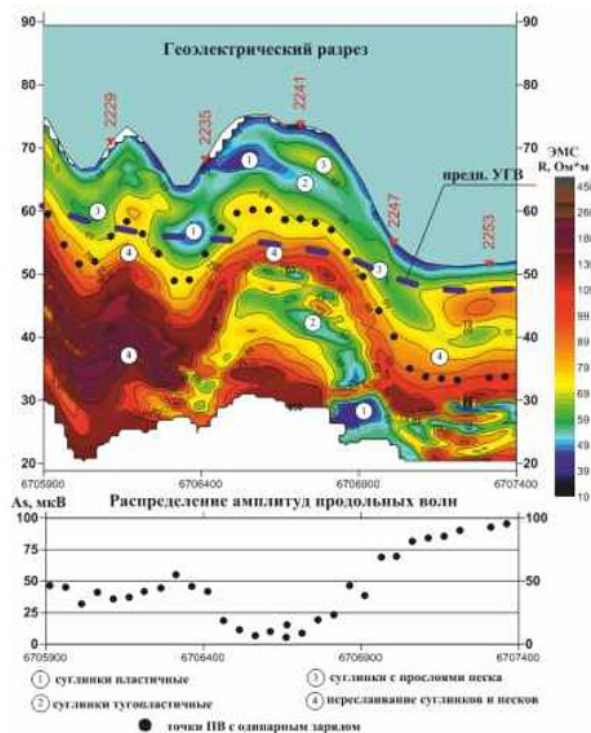


▲ Рис. 6. Сопоставление данных ЭМС и амплитуд продольных волн (в «окне сигнала») в зависимости от расположения одиночного заряда в песчаных отложениях, залегающих ниже УГВ.

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 рисунке 7 приводится пример распределения амплитуд зарегистрированных продольных волн в опесчаненных отложениях (пески, пески с прослоями суглинков) в различных позициях относительно УГВ: ПК 67059-6706400 вблизи УГВ; ПК 6706400- 6706800 выше УГВ; ПК 6706800-6707400 значительно глубже УГВ.

Пластичные суглинки, расположенные даже выше УГВ сохраняют относительно высокие амплитуды продольных волн из-за большого содержания связанной воды в них. Для глубин размещения заряда выше уровня грунтовых вод значитель-



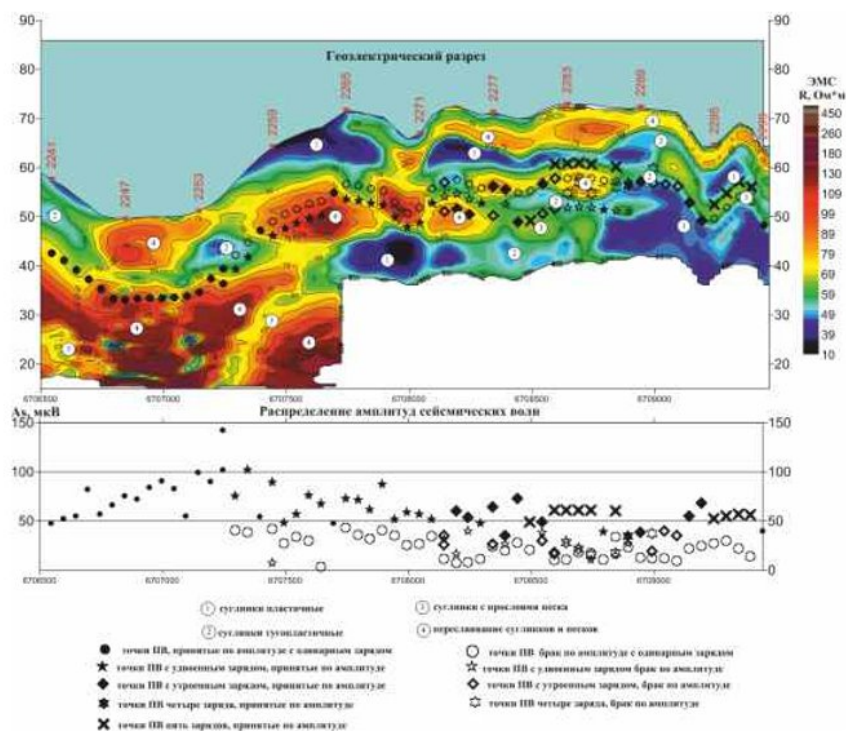
▲ Рис. 7. Сопоставление данных ЭМС и амплитуд продольных волн (в «окне сигнала») в зависимости от расположения одиночного заряда ниже и выше УГВ в песчаных отложениях.

ных падений амплитуд сейсмосигнала (до критического) можно ожидать в песках и твердых (тугопластичных) суглинках. В

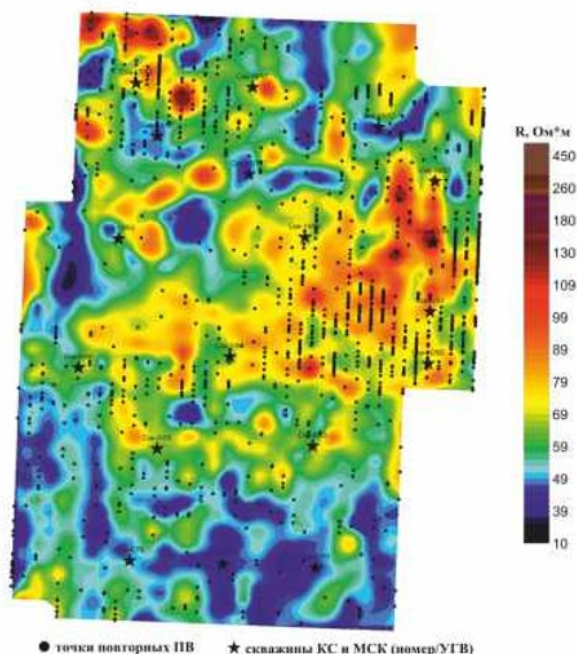
этом случае нужно либо увеличить вес заряда, что, в свою очередь, вызовет понижение частоты сейсмической записи в «окне сигнала», либо погрузить заряд ниже УГВ. Другим выходом из этой ситуации может быть группирование нескольких зарядов в толще выше УГВ (рис. 8)

Следует отдельно отметить, что большой диапазон изменения удельных сопротивлений песчаных пород ВЧР указывает на их неоднородность как по литологическому составу зерен (и их размеру) и порового заполнителя, так и по минерализации воды в них. Это может привести к тому, что при наличии тонких и мелких песков с минерализацией воды менее 0.5 г/л этот слой сохранит достаточно хорошие сейсмические характеристики, несмотря на удельные сопротивления близкие к крупнозернистым пескам с минерализацией воды в них около 1 г/л, обладающих низкими сейсмическими параметрами.

Так как работы носили площадной характер, то по данным ЭМС построены планы распределения удельных сопро-

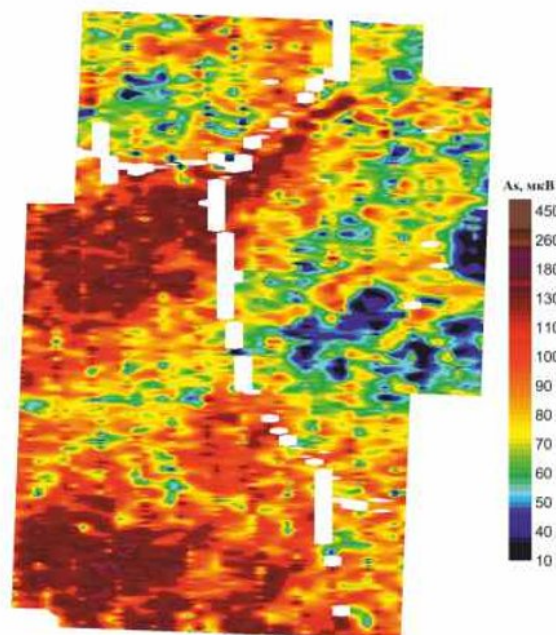


◀ Рис. 8. Пример группирования зарядов (точки ПВ с пятью зарядами) для получения приемлемых амплитуд продольных волн (в «окне сигнала») выше УГВ в песчаных отложениях и твердых суглинках (ПК 2260 – ПК 2299).



▲ Рис. 9. План распределения удельных сопротивлений ЭМС на глубине 16м от дневной поверхности.

тивлений в пределах глубин размещения зарядов: 15м, 16м, 17м, 18м, 20м и 25м от поверхности земли. Анализ планов распределения удельных сопротивлений указывает на наличие участков (высокоомных зон), неблагоприятных с точки зрения возбуждения сейсмических волн, что подтверждается местоположением и концентрированием точек повторных взрывных работ. Особенно наглядно это проявлено на горизонтальных срезах в интервале глубин 15 – 18м, где размещалось наибольшее количество зарядов (рис. 9). Как отмечалось ранее, можно определить зоны неблагоприятных условий (зоны риска) по уровню сопротивлений более 50 – 60 Ом*м. Естественно, что повторные взрывы могут быть вызваны, кроме влияния геологии ВЧР, также техническими условиями (неполная детонация заряда или его плохая укупорка, меньшая, чем задано глубина заложения заряда). Такой анализ можно провести, сопоставляя на геоэлектрических разрезах амплитуды первичных и



▲ Рис. 10. План распределения исходных амплитуд продольных волн (в окне сигнала) без повторных взрывов.

повторных взрывов на геоэлектрических разрезах, а также сопоставляя общий характер распределения амплитуд по площади. На рисунке 10 приводится план распределения исходных амплитуд продольных волн без повторных взрывов. Сопоставление обоих планов показывает, что в пределах площади исследований проявлены те закономерности соотношения амплитуд и сопротивлений, которые были установлены по геоэлектрическим разрезам ЭМС. Площадное распространение «зон риска» увязывается с участками резкого уменьшения амплитуд продольных волн. Изолинию 65 Ом*м можно принять в качестве условной границы «зон риска», в пределах которой происходит уменьшение амплитуд в окне сигнала вплоть до критического уровня. Однако, есть локальные высокоомные зоны, в пределах которых, сильного падения амплитуд не установлено. По-видимому, это интервалы тонких песков со слабоминерализованной водой.

Заключение.

Учитывая, что выполненные работы были фактически первым масштабным опытом комплексного и детального изучения ВЧР на большой площади, сложно рассчитывать на полное и абсолютное решение всех специфичных вопросов, связанных с разработкой технологии геофизических исследований ВЧР для оптимизации условий возбуждения сейсмических волн взрывным способом при сейсморазведке МОГТ. Необходимо отметить негативные и позитивные результаты, анализ и учет которых позволит довести разработку технологии изучения ВЧР до логического завершения.

Негативные результаты связаны, в основном, с технологией работ:

1. Не удалось обеспечить действительно опережающий характер работ ЭМС. Обусловлено это было несколькими причинами. Прежде всего - плохим качеством рубки и узостью профилей возбуждения (при проектной ширине 4м фактическая составляла 3м и чуть более), что вызывало частые порывы громоздкого пневмокаркаса ЭМС. Производительность работ варьировала от 3-5км до 25км в день в зависимости от качества изготовления профилей (проектная производительность оценивалась в 30-35км в день). Отсутствовал резерв времени: работы ЭМС и бурение скважин ПВ начались практически одновременно.

2. Не имея опыта практического использования полученных электроразведочных материалов для целей сейсморазведки – определения оптимальной глубины заложения ВМ, исполнители электроразведочных и сейсморазведочных работ и супервайзерская служба на первых этапах работ были в затруднении, как использовать данные ЭМС и каротажа КС. Насколько достоверны эти материалы и как они связаны с основными сейсми-

ческими параметрами – амплитудой и частотой отраженных волн в «окне сигнала»? Только по мере накопления фактических данных и ретроспективного их анализа в сопоставлении с качеством сейсмических записей появилась понимание, как в совокупности решать проблему определения оптимальной глубины погружения заряда ВМ и его веса.

Позитивные результаты определяются методическим решением геологической задачи:

1. Установлены корреляционные связи между сейсмическими и электрическими параметрами пород ВЧР, что позволяет применять ЭМС для прогнозирования условий возбуждения сейсмических волн в условиях сложного строения ВЧР.

2. Установлена зависимость амплитуды регистрируемого сейсмического сигнала от литологии и уровня грунтовых вод. Литологические характеристики разреза определяются методом ЭМС. Положение УГВ определяется по данным электрокаротажа с привлечением результатов геоморфологических работ.

3. Разработана технология каротажа КС для условий неустойчивых скважин. Каротаж КС следует считать обязательным элементом исследования ВЧР. С учетом пространственной неоднородности строения ВЧР скважины необходимо размещать равномерно по площади исходя из критерия 1 скважина на 10-12 кв.км площади.

4. Сопоставление планов распределения удельных сопротивлений на различных глубинах и распределения амплитуд сейсмических сигналов по площади показало корреляцию «зон риска» условий возбуждения сейсмических волн с зонами повышенных сопротивлений. В таких зонах с удельными сопротивлениями более 60-65 Ом*м на уровнях

разреза выше УГВ происходит резкое уменьшение амплитуд регистрируемых сейсмических волн вплоть до критичных.

5. Геоэлектрические разрезы ЭМС являются информативными и позволяют оптимизировать не только выбор глубины заложения заряда, но и его величину для получения приемлемых значений амплитуд сейсмических волн как в благоприятных условиях ВЧР, так и в «зонах риска».

6. Технология ЭМС обеспечивает выполнение больших объемов работ, связанных с площадными исследованиями МОГТЗД.

7. Достоверность ЭМС подтверждена результатами каротажа КС и МСК, сопоставлениями геоэлектрических разрезов на пересечениях профилей и, самое главное, эффективностью применения данных ЭМС на двух экспериментальных профилях ПВ, где глубина погружения и вес заряда определялись только по данным электроразведки. Направления совершенствования технологии ЭМС:

1. Необходимо уменьшить геометрические размеры генераторно-измерительной системы с сохранением достигнутых, на сегодняшний день, ее метрологических характеристик. Научно-методические и теоретические исследования в этом направлении уже ведутся. Получены положительные результаты для генераторно-измерительной конструкции 2х2м.

2. В особо сложных орогеографических условиях рекомендуется на первом этапе выполнить аэроэлектроразведочные исследования [5, 6] по сети профилей ПВ с последующей заверкой и детализацией аэроданных наземными работами ЭМС в небольшом объеме.

3. Необходимо унифицировать программные средства обработки ЭМС для задач исследования ВЧР.

К сожалению, в рамках одной статьи, тем более в ограниченном объеме публикации, сложно отразить все вопросы технологии работ по изучению ВЧР и детально изложить полученные материалы.

Авторы выражают уверенность, что работы в данном направлении будут продолжены, методология исследований будет совершенствоваться в различных условиях строения ВЧР. И главное – внедрение такой технологии позволит повысить качество сейсмических данных, оптимизировать полевые сейсморазведочные работы и снизить затраты на буровзрывные работы.

Литература:

1. Тригубович Г.М., Каменецкий Ф.М., Стеттлер Е.Х. «Геофизические исследования неустановившегося электромагнитного поля», /Мюнхен, 2010/.
2. Дмитриев Ю.Ю., Тригубович Г.М. «Современные методы электрометрии для исследования верхней части разреза при решении инженерно-геологических задач в топливно-энергетическом комплексе», /Инженерные изыскания, №7, Москва, 2010/.
3. В.Н. Дахнов «Промысловая геофизика» /Москва, 1959г/.
4. «Физические свойства горных пород и полезных ископаемых», под ред. Н.Б.Дортмана, /Москва, Недра, 1984/.
5. Дмитриев Ю.Ю., Уразаев Н.И. «Исследование криолитозоны комплексом методов аэроэлектроразведки и сейсморазведки при линейных изысканиях», /Инженерные изыскания, март, 2010/.
6. Дмитриев Ю.Ю., Тригубович Г.М. «Аэроэлектроразведка при линейных инженерно-геологических изысканиях», /ГеоИнжиниринг, №1, 2008 /.

Подробнее об авторах



Закариев
Юсуп Шимагомедович

генеральный директор
ЗАО НПЦ «ГеоСейсКонтроль»,
г. Москва.



Рябошапко
Станислав Маркович

главный специалист
ЗАО НПЦ «ГеоСейсКонтроль»,
г. Москва.



Цыпышев
Николай Николаевич

менеджер по полевым
работам ЗАО НПЦ «Гео
СейсКонтроль», г. Москва.



Трегубович
Георгий Михайлович

научный руководитель
геофизических исследований
СНИИГГиМС, г.Новосибирск.



Дмитриев
Юрий Юрьевич

зам. ген. директора
ЗАО "Аэрогеофизическая
разведка", г.Новосибирск.



Тарасова
Юлия Петровна

старший специалист
ООО «РН-Юганскнефтегаз»,
г. Нефтеюганск.