



Прогнозирование оптимальных условий взрывного возбуждения сигнала при сейсморазведочных работах с помощью мобильной электроразведки методом электромагнитного сканирования

Закариев Ю.Ш., Рябошапко С.М., Марутян В.Г., ЗАО НПЦ «ГеоСейсКонтроль», г. Москва; Ефимов А.С., Трегубович Г.М., Чернышев А.В., Головина А.Г., ФГУП «СНИ-ИГГиМС», г.Новосибирск; Дроздов А.П., Иванов А.И., Грехов И.О., ОАО «Сибнефте-геофизика», г.Новосибирск; Чернов С.А., ОАО «Новосибирскнефтегаз», г. Новоси-бирск; Багаева Т.Н., ГП «Сибгеотех», г. Новосибирск

Н.Н. Пузырев в последних своих работах и особенно в своем выступлении на конференции, организованной в честь его 90-летнего юбилея в 2004г., неустанно напоминал об острой необходимости в первую очередь решения непростой задачи – оптимальных условий возбуждения: «Известно, что нестабильность возбуждения и приема колебаний связана, прежде всего, с сильно выраженной неоднородностью среды в области источника и приемника. Сейчас трудно указать конкретные пути решения этой непростой задачи, но ясно, что необходимы дополнительные исследования по детальному изучению влияния различных типов неоднородностей в областях источника и приемника на характер волновых полей».

В представленной статье предпринят очередной шаг в сложном вопросе – выбора оптимальной глубины погружения заряда во взрывной скважине. Тем более эта тема актуальна в связи с тем, что в России больше 50% сейсморазведочных работ 3D проводятся с взрывным источником, для отработки которых требуется предварительные бурение и зарядка взрывных скважин.

С.Рябошапко.

Введение.

Выбор оптимальных условий взрыва, т.е. выбор глубины помещения заряда во взрывных скважинах при их массовой подготовке (особенно на 3D) в отсутствии геологической информации о строении верхней части разреза (ВЧР), является непростой задачей.

Анализ связи качества материалов, например, с рельефом местности в отсутствии априорной информации о ВЧР показывает, что по карте рельефа можно определять участки с неблагоприятными условиями возбуждения. В принципе, это дает возможность определить некоторые «экстремальные» точки, в которых производятся опытные работы по выбору оптимальных параметров взрывного источника. Однако о создании целой сети таких точек говорить не приходится из-за непомерных затрат. Прогнозировать оптимальную глубину взрыва на всей площади работ по данным 2-3 опытных серий сложно без априорной информации о геологии ВЧР и мощности ЗМС.

В некоторых случаях, при большой мощности необходимых пород (более 20м) и наличии пропластков пластичных глин, помещение заряда в такие пропластки может оказаться приемлемым. Однако их мощность часто невелика, а положение кровли не коррелируется с рельефом. Определить пропластки глин в процессе бурения также непросто, даже для специалиста, не говоря уже о рядовых машинистах буровых установок.

С учетом возможностей бурения и зарядки скважин, задача оптимизации глубины взрыва в условиях, подобных Западной Сибири, может быть сведена к следующим вариантам:

1. Определение оптимальной глубины возбуждения с учетом синфазного наложения волны

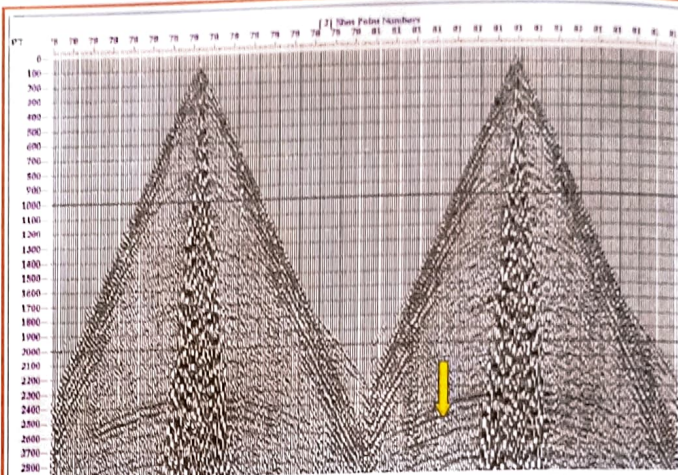


Рис. 1. Сейсмограммы, полученные при выполнении опытных работ. Стрелкой указана ось синфазности, по которой выполнялись вычисления сигнал/помеха

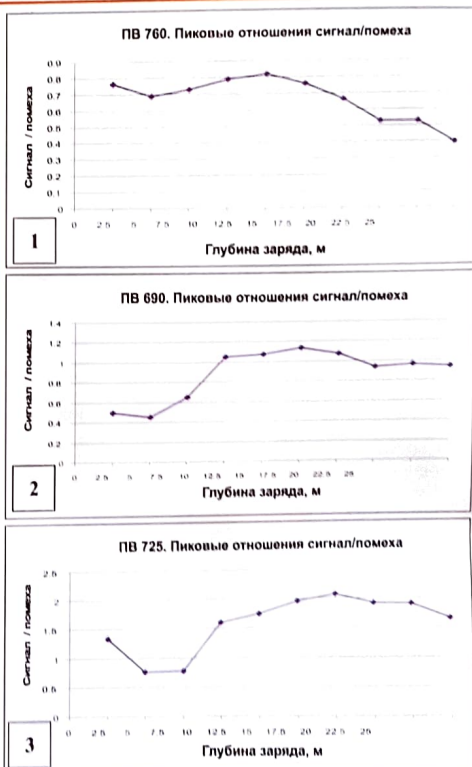


Рис. 2. Графики оценок пиковых отношений сигнал/помеха по сейсмограммам опытных работ на пунктах с различной мощностью ЗМС: 1 – заболоченный участок (альтитуда -118м); 2 – переходная зона (альтитуда -122м); 3 – возвышенность (альтитуда -126м).

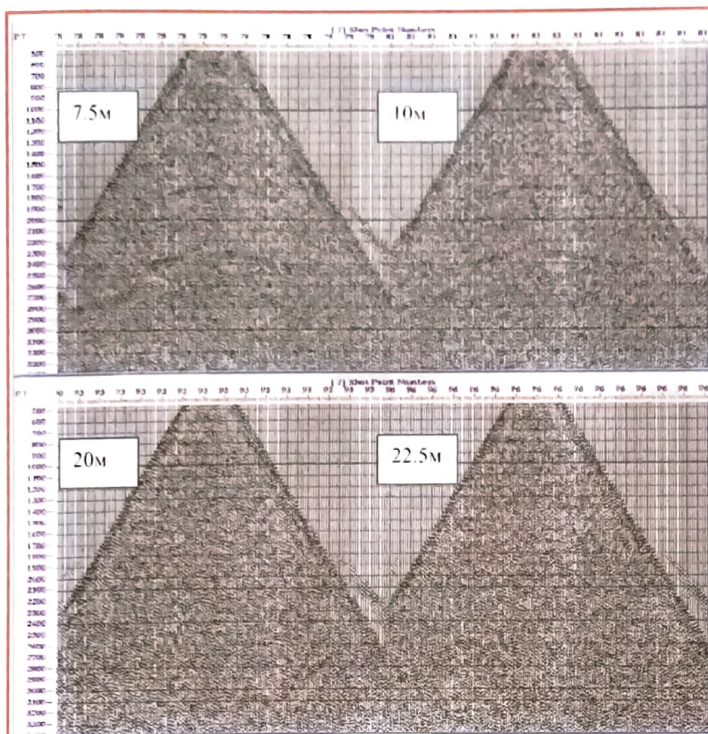


Рис. 3. Сейсмограммы, полученные на ПВ 253 после процедуры полосовой фильтрации 20-35, 90-120Гц

спутника на прямую волну – обычно 4-6м под уровень грунтовых вод (УГВ), который, в свою очередь, ниже дневной поверхности на 1-20м (а иногда и более). В этом случае необходима информация о мощности ЗМС.

2. В случае глубокого нахождения УГВ от дневной поверхности, необходимо получить информацию о его положении и о наличии глинистых пропластков.

3. Определить наличие пластичных глин (обычно озерно-болотных) под обводненными песками (на глубинах до 30м). Это связано с тем, что помещение заряда в обводненный песок позволяет получить сейсмограммы достаточно хорошего качества, но при взрыве в пластичных глинах удастся добиться более высокочастотный спектр полезного сигнала со значительной амплитудой, что позволяет иметь в спектре сейсмического сигнала частоты до 130-150 Гц вместо стандартных 50-70 Гц.

4. Определить зоны растепления под слоем приповерхностной мерзлоты на глубинах до 30м.

В качестве примера предлагается рассмотреть результаты анализа материалов опытных работ, выполненных в период 2005 – 2007г.г. на одной из площадей Западной Сибири, которые подтвер-

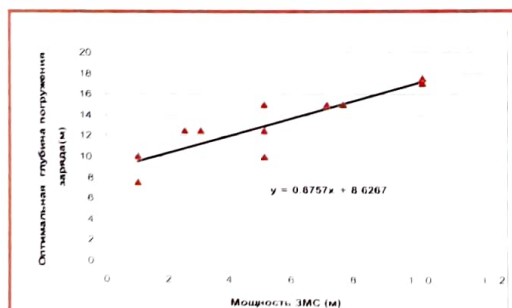


Рис. 4. График зависимости оптимальной глубины заряда (от дневной поверхности) от мощности ЗМС на пунктах с обводненным разрезом по результатам анализа данных трех полевых сезонов

ждают выводы:

- о существенном влиянии глубины взрыва относительно подошвы ЗМС на качество получаемых отражений, предположительно связанное с наложением волны – спутника;

- о том, что погружение заряда ниже оптимальной глубины на участках площади с обводненным разрезом ВЧР (на участках, где отсутствует приповерхностная многолетняя мерзлота) приводит к ухудшению качества сейсмограмм.

Определение оптимальной глубины взрыва выполнено по методике вычисления абсолютных пиковых отношений сигнал/помеха вдоль осей синфазности полезных отражений, разработанной в ЗАО НПЦ «Гео-СейсКонтроль» и реализованной в вычислительном комплексе FN [1]. Вычисления выполнялись по осям синфазностей с вершиной годографа около 2300 – 2400мс, которые хорошо прослеживаются визуально на исходных полевых сейсмограммах (Рис 1). Результаты вычисления оценок сигнал/помеха представлены на рисунке 2.

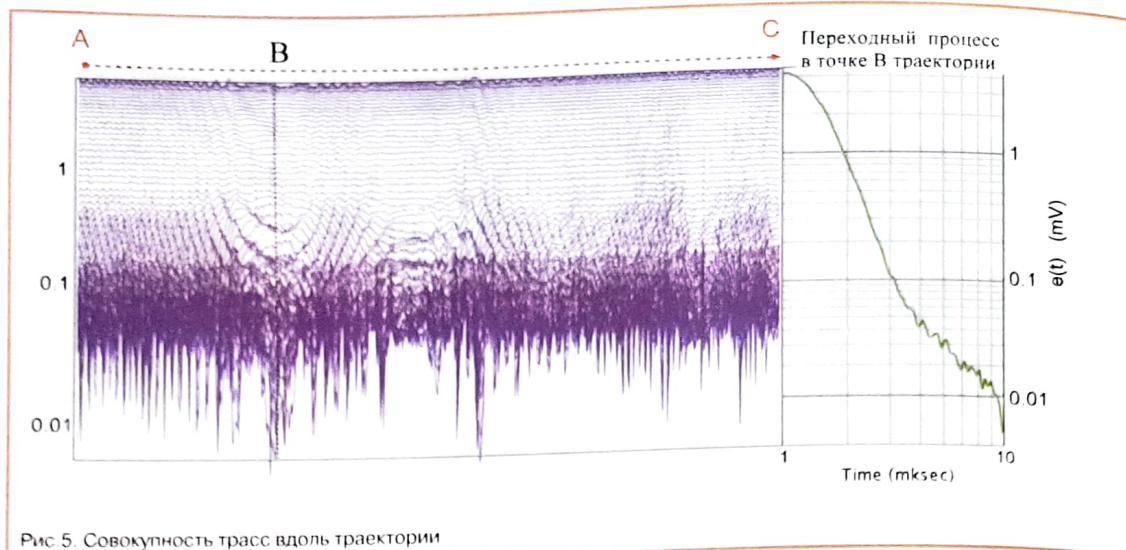
При взрывах заряда ниже оптимальной глубины происходит постепенное ухудшение прослеживаемости полезных отражений, а также ослабление высокочастотных компонент сигнала. Это хорошо видно после обработки сейсмограмм полосовым фильтром с полосой пропускания выше уровня доминирующих частот. На Рис.3 приведены сейсмограммы, полученные на ПВ с мощностью ЗМС 3-4м после полосовой фильтрации 20-35, 90-120Гц на которых полезные отражения от взрывов зарядов на глубине 20-22,5м практически не прослеживаются, в то время как при взрыве на глубине 7,5-10м оси синфазностей полезных отражений видны достаточно отчетливо.

На основании выполненного анализа результатов опытных работ полевых сезонов 2005- 2007гг., оптимальная глубина заряда в условиях преимущественно песчаного разреза ВЧР юга Ямало-Ненецкого Округа в значительной мере зависит от положения заряда по отношению к уровню грунтовых вод (УГВ). Определение оптимальной глубины заряда по сейсмограммам, с помощью оценок пиковых отношений сигнал/помеха и оценки УГВ на пунктах опытных работ в условиях обводненного разреза, позволило выявить зависимость, представленную на графике рис 4.

Из полученной зависимости следует, что оптимальная глубина заряда на рассматриваемой площади составляет около 7 – 7,5 м под подошву ЗМС. Полученная оценка достаточно хорошо согласуется с выводами, сделанными в работах [2] и [4], об оптимальном погружении заряда на четверть длины волны (имеется в виду диапазон частот, который желательно усилить синфазным наложением волны-спутника) под подошву ЗМС. При средней скорости в обводненных песках 1400 м/с и частотах 40 - 60 Гц (диапазон частот, которые желательно усилить), оптимальная глубина взрыва оценивается около 7м под подошву ЗМС. Судя по характеру полученных сейсмограмм и графикам оценок их качества, на практике, точность определения оптимальной глубины погружения заряда может находиться в пределах 1,5 – 2 м.



КАДРЫ РЕШАЮТ ВСЕ? ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ



Очевидно, что решение задач оптимизации глубины взрыва, в принципе, возможно только при помощи методов, позволяющих получить горизонтально-слоистую модель среды для глубин, по меньшей мере, до 30м. Из удовлетворяющих этим требованиям методов, метод зондирования становлением электромагнитного поля (ЗС) в «инженерной» модификации является наиболее мобильным и экономичным.

«Малая» сейсморазведка (имеется в виду МПВ) при той же детальности сопоставима по стоимости с «большой». Георадар позволяет решать лишь ограниченный круг задач, а главными трудностями его применения являются резкое падение точности при наличии в разрезе глин и малая глубинность в относительно проводящих разрезах.

А для применения метода ЗС вышеописанные модели строения ВЧР и ЗМС, в основном, благоприятны. Во всех этих случаях целевой горизонт является относительно низкоомным, т.е. разрез можно отнести к типу Н или Q. При этом, известно, что метод ЗС обладает, так называемой, Н-эквивалентностью, т.е. устойчиво определяет глубину до кровли более проводящего слоя.

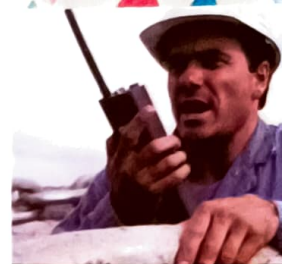
1. Постановка экспериментальных исследований.

Для практической оценки возможностей решения вышеперечисленных задач, совместными силами ЗАО НПЦ «ГеоСейсКонтроль», ФГУП «СНИИГ-ГимС» и ОАО «Сибнефтегеофизика» на одном из профилей МОГТ 2Д на севере Новосибирской области были выполнены работы микро-ЗС с помощью сканирующего измерительного комплекса «Импульс-Д». Аппаратура сертифицирована. Получен сертификат об утверждении Госстандартом РФ средств измерений (pattern approval certificate of measuring instruments) RU. С. 29.2007. AN 19682, зарегистрированный в реестре средств измерения под № 28482-04 и принятый к использованию в Российской Федерации. В качестве компонент оборудования были использованы технические решения патентов РФ №№ 2136021, 47553.

По принципу построения технология ЭМ-сканирования относится к системам линейного типа. Скорость спада вихревых токов вторичного ЭМ поля, периодически возникающих в исследуемой среде за счет коммутации токовых последовательностей в генераторном контуре, фиксируется приёмной антенной. Сигнал переходного процесса, выделенный на приёмной антенне, усиливается, фильтруется и поступает на вход быстродействующего аналого-цифрового преобразователя. С помощью системы синхронной многоканальной цифровой

регистрации одновременно записываются токовый импульс в излучающей антенне dJ/dt и отклик среды на это воздействие $E(t)$. После каждой генерации поля, совокупность пространственно-временных данных, представляющих собой кадры диффузионного процесса, записывается на системный носитель. Генерация ЭМ поля осуществляется по специальным кодам, функция автокорреляции которых имеет хорошие фильтрующие свойства в отношении промышленных и низкочастотных помех. Для визуализации в реальном времени достаточно больших объёмов данных, внутри кадров осуществляют фильтрацию импульсной составляющей помехи и сжатие данных. Фильтрация проводится как по временной последовательности внутри кадра, так и по каждой трассе кадровой последовательности. Под трассой подразумевается совокупность значений $E(t)$ переходного процесса, принадлежащая одному времени, отсчитанному от начала излучения поля для всех кадров траектории. Затем, изыточно плотный массив данных, описывающий пространственно-временную область траектории, проецируется на удобную для визуализации шкалу времени и предъявляется оператору в виде непрерывной развертки данных измерений во время движения. Пример совокупности трасс вдоль одной из траекторий перемещения над поисковым объектом приведен на





КАДРЫ РЕШАЮТ ВСЕ?

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

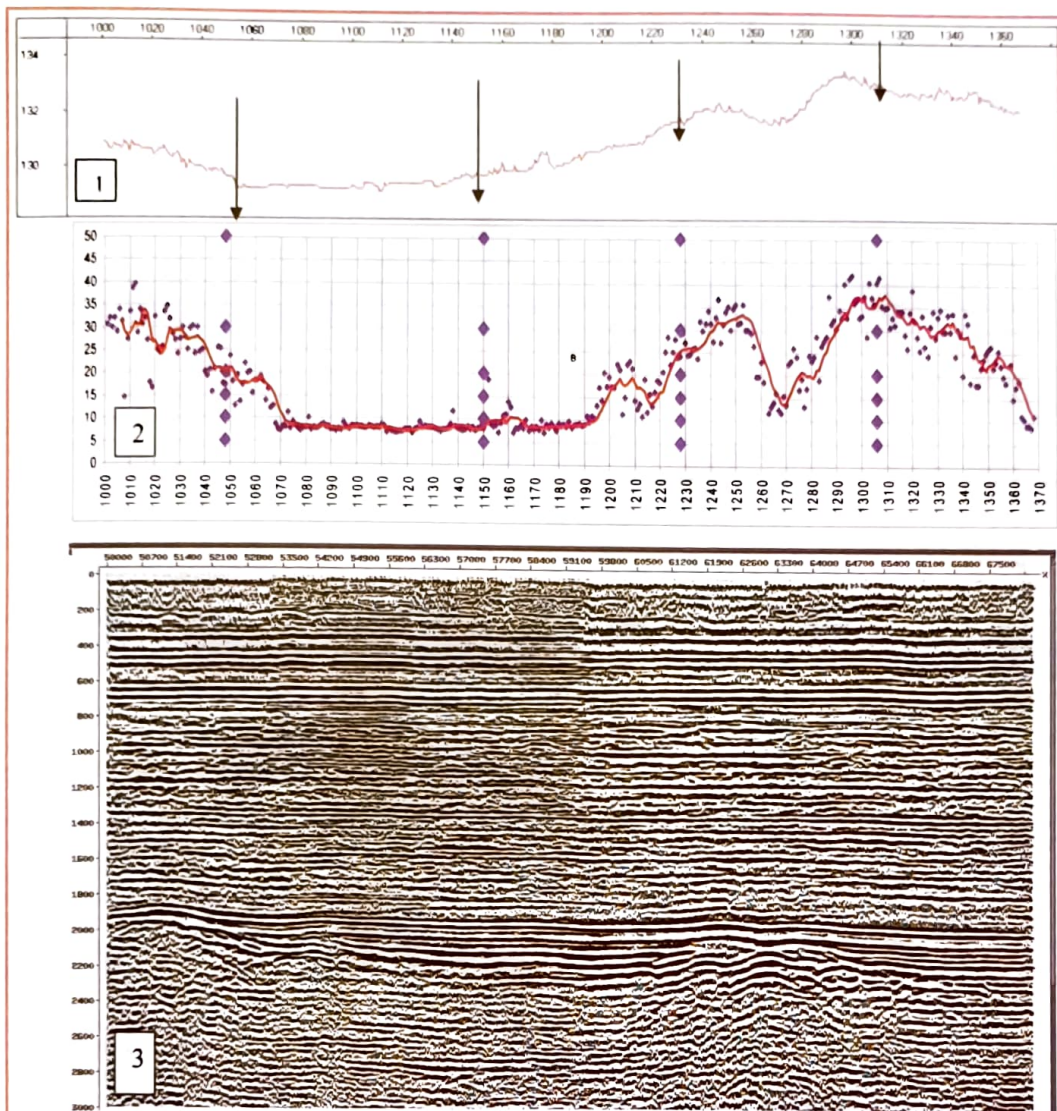


Рис. 7. Сопоставление графика Тв(2) с рельефом(1) и сейсмическим временным разрезом по профилю(3).

рис.5. Характерная пространственная плотность измерений составляет порядка 0.01 м при глубинности порядка 100 м.

2. Полевой этап - сейсморазведочные и электроразведочные работы.

Исследования методом МПП в движении (в режиме сканирования) выполнены ФГУП «СНИИГ-ГМС» на одной из площадей севера Новосибирской области, на которой ОАО «Сибнефтегеофизика» проводило производственные работы МОГТ 2Д в комплексе с МСК и МПВ. Местность равнинная с залесенными и заболоченными участками (Рис.5). Перепады высот между наивысшими отметками на залесенных областях и понижениях на заболоченных участках не превышают пяти метров.

Общий вид буksируемой конструкции представлен на рисунке 6.

В процессе выполнения производственных работ МОГТ 2Д был выбран профиль, на котором по результатам измерений вертикального времени (Тв) отмечались значительные неоднородности в строении ВЧР, связанные с изменением мощности торфяных и песчаных «подушек» (рис. 7-1,2).

Качество сейсмических данных на профиле 2 можно оценить по суммарному разрезу, построенному в ЗАО «ГеоСейсКонтроль» и представленному на Рис. 7(3). В центральной части, где мощность ЗМС минимальна, разрешенность и частотный спектр записей гораздо выше, чем в

областях увеличения мощности ЗМС, так как увеличивается отношение амплитуд высоких (25-60Гц) и – низких частот (25-15Гц). Основной причиной увеличения амплитуд низкочастотных составляющих, по всей вероятности, является латеральная изменчивость условий возбуждения, связанная с присутствием в разрезе ВЧР органического вещества на участках развития торфяников, влияющего на величины упругих констант среды.

По результатам интерпретации данных МСК и МПВ построена модель ЗМС, которая приведена на Рис. 8. Из полученных результатов следует, что максимальная мощность низкоскоростного слоя ЗМС на профиле не превышает пяти метров.

Профиль длиной 18,6км был отработан 2 раза (в одну и другую стороны) для проверки сходимости результатов. После обработки и сравнения полевых результатов можно сделать вывод о достаточно высокой степени повторяемости выполненных двух серий измерений (Рис. 9).

3. Обработка и интерпретация.

Построение геологического разреза и обработка результатов электроразведочных работ МПП по профилю 2 выполнены в «СНИИГГМС». Спектры сейсмограмм в области полезных отражений получены с помощью программного комплекса FN, разработанного в ЗАО «ГеоСейсКонтроль», а спектры по профилю - в ОАО «Сибнефтегеофизика», интерпретация геологических, сейсмических и электрораз-

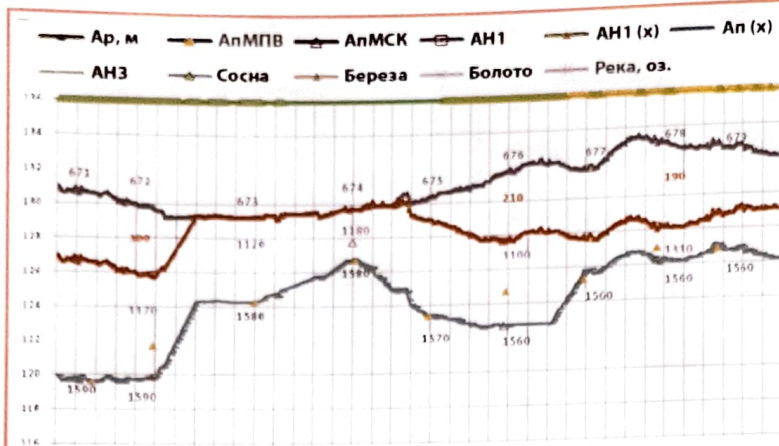


Рис. 8 Модель ВЧР по данным МСК и МГП. Синяя линия – абсолютные отметки дневной поверхности, красная – подошва слоя ЗМС со скоростями 190–300м/с, голубая – подошва ЗПС – слоя со скоростями 1100–1300м/с.

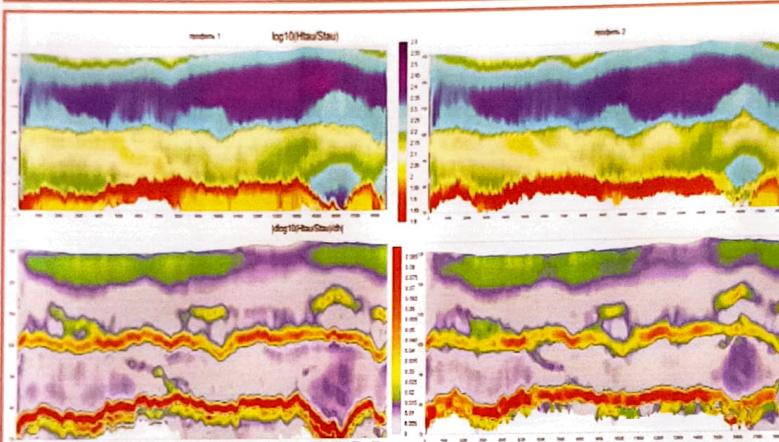


Рис. 9. Сопоставление геоэлектрических разрезов, полученных после первой серии измерений – условно «Профиль 1» (слева) и повторно тот же профиль после второй серии измерений – условно «Профиль 2» (справа).

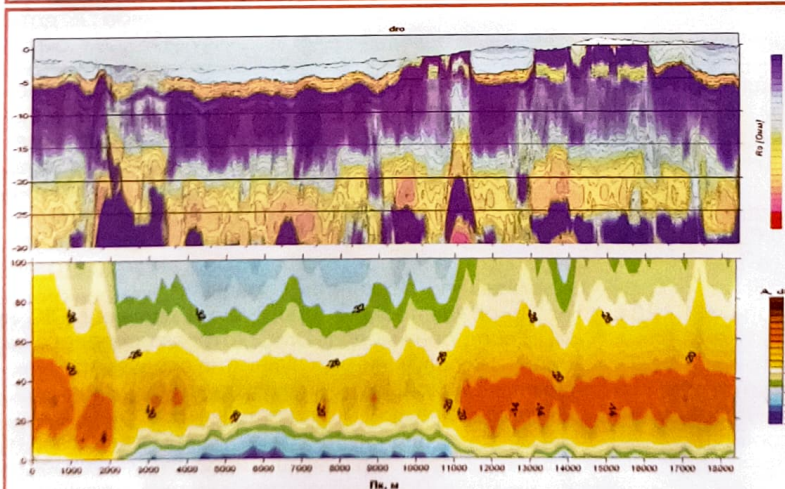


Рис. 10. Сопоставление спектров сейсмограмм (внизу) с предварительным геоэлектрическим разрезом.

дочных данных проводилась совместно специалистами трех организаций.

Представление о параметрических разрезах по данным электромагнитного сканирования дает рисунок 9.

На основе этих данных построен предварительный разрез с более точной связью глубины и сопротивления (Рис. 10), а затем и окончательный модельный разрез (Рис. 11). Сопоставление спек-

тров сейсмограмм с предварительным геоэлектрическим разрезом (удельное сопротивление) приведено на Рис. 10. Неоднородности ВЧР находят отражение на обоих разрезах, что позволяет разбить профиль на отдельные относительно однородные блоки с различными условиями возбуждения.

Уже предварительный разрез (Рис. 6) позволяет уверенно проследить проводящий слой в диапазоне глубин 12–25м, отождествляемый с пластичными глинами, который покрыт суглинками и лежит на песчаных отложениях, что подтверждено данными геологической съемки и результатами бурения скважин МСК.

После получения результатов окончательной обработки электроразведочных материалов было проведено сопоставление геоэлектрических разрезов с геологическими, построенным в «СНИИГГМС». Можно отметить, что диапазон сопротивлений 1–3 слоев (соответственно, 30–60, 70–150 и 8–11 Ом/м) полностью соответствует априорной информации, включая данные электрокаротажа близлежащих скважин (Скв. 48). Подошва первого слоя соответствует подошве ЗМС. Условно выделенная ЗПС (зона пониженных скоростей, Рис. 5) геоэлектрической моделью не отражена, хотя на интервале 3000–9000м она, скорее всего, в действительности представляет подошву ЗМС при малом контрасте скоростей.

Увеличение скоростей в верхнем слое до такой степени, что автор скоростной модели ВЧР предположил выклинивание ЗМС, не отразилось на удельных сопротивлениях.

По-видимому, скоростные изменения связаны с наличием незначительной объемной доли газа в порах, которая значительно влияет на скорости продольных волн, но не сказывается заметно на сопротивлении. Зато наличие низкоомных и пластичных ленточных глин смирновской свиты на глубине около 15м определяется абсолютно уверенно.

Выводы.

1. Получено подтверждение того, что предложенная технология обеспечивает надежное определение количественных параметров геоэлектрического разреза в диапазоне глубин от 3–4м до 30м при имеющихся значениях удельных сопротивлений. Это означает, что в условиях, когда одни и те же петрофизические особенности среды однозначно влияют на электросопротивление и свойства колебательной системы, образуемой взрывом в данной среде, эта технология имеет хорошие перспективы для прогноза оптимальной глубины заряда. Это обводненные породы под толщей сухих и/или мерзлых пород, а также мелкодис-

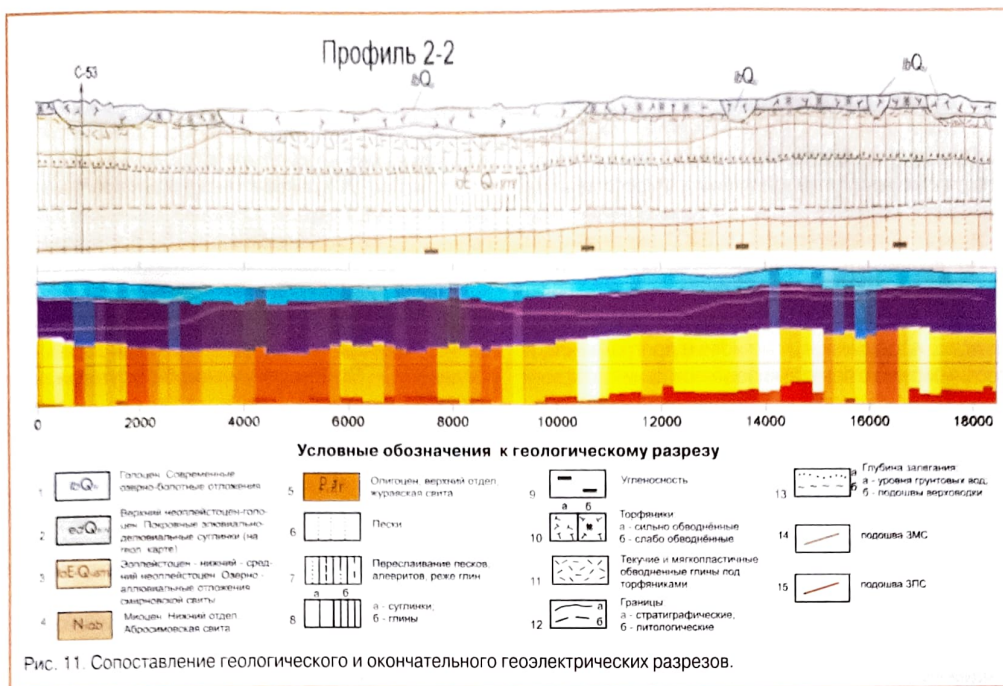


Рис. 11. Сопоставление геологического и окончательного геоэлектрических разрезов.

персские (ленточные) глины в породах с большим содержанием песка (такая глина позволяет получить более высокочастотный сейсмический сигнал, чем обводненный песок, но они практически неразличимы по скоростям продольных волн, т.е. по данным МСК и МПВ).

Технология сканирования ВЧР методом ЗС показала высокую производительность (скорость движения 5-7км/час) при средней плотности наблюдений 1 реализация на 0,3м. Такая производительность позволит получать информацию о строении ВЧР до начала бурения и оптимизировать глубину заряда с целью получения сейсмических материалов высокого качества.

2. Для совершенствования технологии изучения ВЧР методом ЗС в режиме сканирования, целесообразно провести опытно-производственные работы на площадях со значительными изменениями ЗМС по латерали и по мощности (до 20-30м). Выполнить, хотя бы в одной точке, комплекс, состоящий из ЗС, МСК, перебора глубин заряда производственного «калибра», микроэлектрокаротажа и вертикального зондирования на постоянном токе (ВЗЗ). Совместное использование двух последних обеспечит наиболее надежную оценку геоэлектрической модели в абсолютных значениях глубин и сопротивлений.

Полученный опыт позволит оптимизировать геометрию приемно-генераторной установки и настройку всего комплекса на диапазон глубин, соответствующий, с одной стороны, основной задаче, а с другой – возможностям и ограничениям метода ЗС. Это глубины от 3-4 до 30-40м, притом, что верхняя часть разреза может быть представлена высокоомными породами, поле в которых быстро затухает. Минимизация (насколько возможно) размеров петель, особенно длины установки, позволит уменьшить собственные переходные процессы и сделать более компактной всю установку, что немаловажно в реальных условиях полевых работ на залесенной местности.

Заключение.

Подобными экспериментальными работами неоднократно занимались в различных организациях, но получить приведенный выше уверенный результат не удавалось.

На наш взгляд, это имело место не только по причине, возможно, неправильного применения технологии электрического сканирования. Но и потому, что не собирался такой комплекс геофизи-

ческих и геологических данных, который в данном случае представлен для интерпретации по профилю 2:

- электроразведочные измерения;
- сейсморазведочные наблюдения 2D, в т.ч. спектры сейсмического сигнала по профилю;
- микросейсмокаротаж и МПВ;
- геология верхней части разреза (геологический разрез четвертичных отложений профиля 2 и электрокаротаж ВЧР (Скв. 48).

Комплексирование геофизической и геологической информации для данного эксперимента изначально занимало особое место, тем более, что эксперимент предполагался как тестовый. Площадь работ и, в частности, профиль 2 подобраны были в относительно простых геологических условиях ВЧР. Все приведенное позволило получить положительный результат тестирования технологии – сканирования верхней части разреза методом зондирования становлением электромагнитного поля. Следующий этап проведения эксперимента необходим выполнить в более сложных условиях ВЧР и ЗМС.

Литература.

1. Закриев Ю.Ш., Марутян В.Г., Плешкевич А.Л., Рябов В.Ю., Рябошапка С.М., Цыпышев Н.Н., Мусагалиев М. З. Методика количественного анализа опытных работ на примере вибросейсмических работ в западном Казахстане. Приборы и системы разведочной геофизики, №2(16)/2006. - С. 44 – 50.
2. Мушин И.А., Чернявский В.Е., Панкратов Л.Ю., Камоян Т.А. Современное состояние проблемы изучения поверхностных условий в сейсморазведке методом отраженных волн. Обзор. Сер. IX. Рег. разв. и промысл. геофизика. М., ВИЭМС, 1974.
3. Тригубович Г. М., Персова М.Г. Телеметрическое электроразведочное оборудование серии «Импульс» для 3Д электроразведки на плотных пространственно – временных сетях наблюдений. Приборы и системы разведочной геофизики, №2(16)/2006. - С. 22- 25.
4. Чернявский В.Е., Жгенти С.А. Изучение верхней части разреза и выбор условий взрывного возбуждения для сейсморазведки высокого разрешения // Разведочная геофизика. - 1985. - Вып. 100. - С. 16-21.



КАДРЫ РЕШАЮТ ВСЕ?

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ