

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра геофизики

**«Изучение ВЧР в современной сейсморазведке (на примере практики  
работ ОАО "Самаранефтегеофизика"»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 403 группы  
направление 05.03.01 геология  
геологического ф-та  
Васильева Владимира Алексеевича

**Научный руководитель**

К. г.- м.н., профессор

\_\_\_\_\_

подпись, дата

М.И. Рыскин

**Зав. кафедрой**

К. г.- м.н., доцент

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2016

## Введение

В сейсморазведке одним из вопросов первостепенной важности является изучение верхней части разреза (ВЧР). Это связано с тем, что на динамику и времена регистрации волн, отраженных от границ раздела геологических напластований, сильное искажающее влияние оказывают неоднородности ВЧР – самой изменчивой части геологического разреза. ВЧР – это комплекс осадочных пород от земной поверхности до первого опорного сейсмического горизонта. Под зоной малых скоростей (ЗМС) понимают верхний рыхлый слой ВЧР, характеризующийся небольшими значениями сейсмических скоростей до 1500 м/сек. Мощность ЗМС обычно варьирует в широких пределах от 1—2 до 80—100 м, часто она определяется уровнем грунтовых вод. Для исключения этого искажающего влияния в записи отраженных волн вносят специальные статические поправки. В связи со сказанным, сейсморазведчики затрачивают значительные усилия и финансовые средства на производство работ, связанных с необходимостью детально исследовать строение ВЧР.

Автор настоящей бакалаврской работы проходил производственную практику в одной из сейсмопартий ОАО «Самаранефтегеофизика», где принимал непосредственное участие в проведении полевых сейсморазведочных работ методом МОГТ-3D. Проводились работы в северо-западной части Бузулукской впадины. Тектонический адрес территории исследований по отложениям нижнего карбона - приосевая часть и северо-восточный борт Муханово-Ероховского прогиба, входящего, в свою очередь, в состав Камско-Кинельской системы прогибов. На залесенной части территории возбуждение упругих колебаний осуществлялось из неглубоких скважин с использованием взрывных источников по профильной системе 2D . На других участках использовались площадные системы с вибрационными источниками. В целом, территория отличалась сложностью и изменчивостью поверхностных сейсмо-геологических условий. Это обстоятельство предопределяло, согласно существующим представлениям, необходимость тщательного изучения верхней

части разреза (ВЧР). Однако специальных работ по изучению ВЧР на исследуемой территории не проводилось, а для определения статических поправок использовались вступления первых волн на производственных записях МОГТ. Из учебной и научной литературы известно, что это далеко не лучший способ их определения. В то же время существует немало приемов, позволяющих достаточно детально изучать строение ВЧР с помощью сейсмических и несейсмических методов. Сказанное определило выбор темы бакалаврской работы «Изучение ВЧР в современной сейсморазведке» (на примере практики работ ОАО «Самаранефтегеофизика»). Такая тематика, несмотря на то что, этому вопросу посвящалось и продолжает посвящаться поныне большое количество исследований, остается до сих пор весьма актуальной. Ведь от того, насколько тщательно изучено строение и скоростная характеристика ВЧР и введены статические поправки зависит надежность структурных сейсморазведочных построений, на основе которых проводится поисковое бурение. Таким образом, цель представленной бакалаврской работы состояла в рассмотрении и анализе существующих приемов с прицелом на оптимизацию методики изучения ВЧР в сейсмо-геологических условиях северо-западной части Бузулукской впадины. Для достижения указанной цели были решены следующие задачи:

- рассмотреть классические сейсмические методы изучения ВЧР и ввода статических поправок (раздел 1). Этот раздел представляет собой реферат, составленный с использованием литературных источников;

- рассмотреть сейсмо-геологические условия (поверхностные и глубинные) и некоторые элементы методики проведения сейсморазведочных работ на исследуемой территории (раздел 2). Этот раздел составлен с использованием проекта работ и собранных на практике материалов;

- представить краткий обзор методов изучения ВЧР на основе использования вступлений первых волн на записях МОГТ и основных ограничений этих методов (раздел 3). Материалом для составления обзора послужили литературные источники;

- рассмотреть некоторые несейсмические методы, наиболее перспективные, по мнению автора, для включения в рациональный комплекс приемов изучения ВЧР в условиях исследуемой территории (раздел 4).

### **Основное содержание работы**

**В первом разделе** текста рассмотрены традиционные сейсмические методы изучения ВЧР – обращенный микросейсмокаротаж (МСК) и зондирования методом преломленных волн (МПВ).

**Метод преломленных волн** основан на регистрации волн, проходящих значительную часть пути в пластах, характеризующихся большей скоростью по сравнению с выше лежащими. Преломленная (головная) волна возникает вследствие скольжения проходящей волны в подстилающей нижней среде – коренных породах – вдоль границы раздела.

**Метод микросейсмического каротажа (МСК)** – это сейсмические наблюдения в неглубоких скважинах для изучения распределения скоростей в верхней части разреза с целью определения и корректировки статических поправок и выбора условий возбуждения упругих колебаний.

Метод МСК основан на регистрации волнового поля от источника, расположенного в скважине, сейсмоприемниками, находящимися на поверхности на различных удалениях от скважины. После обработки всех полученных материалов МСК производится корреляция выделенных слоев между скважинами для построения скоростной модели ВЧР. Применяется в основном обращенный каротаж (в скважине производят взрывы, а регистрацию колебаний ведут на дневной поверхности). Для взрывов используют гирлянды электродетонаторов с шагом между ними 3-5 м. Сейсмоприемники располагают на расстоянии 5 и 10 м от устья скважины. Результаты работ по изучению ВЧР оформляют в виде так называемых нивелировочных разрезов, для построения которых необходимо знание высотных отметок по каждому пикету профиля.

В последние десятилетия ведутся активные разработки по

совершенствованию методов изучения ВЧР. Эти разработки осуществляются в двух направлениях – аппаратурном и методическом. Аппаратурные разработки : «Переносная цифровая комплексная геофизическая станция для исследования верхней части разреза (ВЧР-3)» и Сейсмическая телеметрическая система «ТЕЛСС-3». Методическое направление: используют первые волны на обычных записях МОГТ (интерактивная методика коррекции статических поправок для условий сложного строения ВЧР)

В настоящее время для изучения ВЧР используются также **несейсмические методы**, в том числе электроразведочные (вертикальное электрическое зондирование методом сопротивлений (ВЭЗ) и зондирование становлением поля (ЗСБ)), а также гравиразведочные и комплексные. Эти методы рассматриваются в последующих разделах работы.

**Во втором разделе** работы излагаются сведения о геологическом строении разреза и сейсмогеологических условиях территории исследований, а также рассматриваются некоторые элементы методики сейсморазведки в этих условиях.

В региональном тектоническом плане рассматриваемая площадь приурочена к северной части Бузулукской впадины, а по осадочным отложениям к юго-восточной прибортовой зоне Мухано-Ероховского прогиба, входящего в Камско-Кинельскую систему прогибов, представленного на данной территории увеличением толщины терригенных отложений нижнего карбона, включающих породы елховского, радаевского, бобриковского и тувльского горизонтов. Геологический разрез в пределах исследуемой площади сложен породами кристаллического фундамента и отложениями девонской, каменноугольной, неогеновой и четвертичной систем.

Поверхностные сейсмогеологические условия района работ определяются изменчивостью мощности ВЧР. Для изучаемого участка, при довольно спокойном рельефе, характерны резкие литологические неоднородности ВЧР.

Осложняющим фактором получения качественного сейсмического материала является изменчивая мощность ЗМС, сложенной четвертичными и неогеновыми отложениями. Общая мощность ЗМС достигает 120 м, в среднем составляет 70-80 м. Породы, слагающие ЗМС являются неплотными, низкоскоростными (2000м/с).

Глубинные сейсмогеологические условия характеризуются сложной тектоникой и резким изменением мощности пород терригенного девона.

На изучавшемся участке (участке прохождения практики) проводилась 3D сейсморазведка. В качестве источников возбуждения упругих колебаний применялись одиночные взрывы в неглубоких скважинах. Взрывные источники использовались по причине того, что практически весь участок работ был покрыт лесом.

Пункты взрыва находились на расстоянии 50 м друг от друга, а расстояние между линиями приема было равно 300 м. Прием колебаний осуществлялся группами сейсмоприемников.

Специальные работы (МСК, МПВ) по изучению ВЧР проектом работ не предусматривались.

Специальные работы (МСК, МПВ) по изучению ВЧР проектом работ не предусматривались.

Для учёта неоднородностей ВЧР и расчёта априорных статических поправок проектировалась технология, основанная на изучении ВЧР по рефрагированным волнам, регистрируемым активной расстановкой при производстве работ МОГТ-3Д, с последующим построением 3Д модели ВЧР в программном комплексе «Geostar» компании «CGG».

Из выше изложенного можно заключить, что такой сложный характер поверхностных сейсмо-геологических условий требует более детального изучения ВЧР, для которого эта технология может оказаться не достаточно эффективной. Остановимся на кратком рассмотрении способов применения регистрируемых на записях МОГТ первых волн, которые использовались для выявления особенностей строения и скоростной характеристики ВЧР.

**В третьем разделе работы** представлен краткий обзор методов изучения ВЧР на основе использования вступлений первых волн на записях МОГТ и основных ограничений этих методов. Достоинствами методики обработки первых вступлений основной съемки являются возможность непрерывной оценки поправок за ВЧР непосредственно по точкам наблюдений - позициям источников и приемников, глубинность исследования (могут быть отслежены неоднородности в слоях ниже ЗМС), удешевление полевых работ.

К настоящему времени разработано большое количество разнообразных алгоритмов определения времен вступлений. Они основываются на двух особенностях волн в первых вступлениях: отсутствии полезной записи в предшествующем диапазоне времен и примерной прямолинейности годографов в диапазоне регистрации одной волны.

Для расчета статических поправок до уровня приведения требуется информация о скоростях и мощностях слоев ВЧР до соответствующей глубины. Поэтому большая группа способов определения статических поправок по вступлениям предполагает построение модели ВЧР.

Одним из вариантов интерпретации годографа рефрагированной волны, которая выходит в первые вступления при градиентном нарастании скорости с глубиной в ВЧР, является разбиение его на линейные звенья с обработкой каждого звена как годографа головной волны. Известен также ряд способов определения зависимости скорости от глубины (предполагающих горизонтальную однородность среды) по годографам собственно рефрагированных волн. Еще одна группа способов связана с подбором модели среды на основе решения прямой кинематической задачи.

Время пробега для модели рассчитывается, как правило, лучевым методом. При этом в простейших реализациях не всегда учитывается преломление на границах ячеек.

Известно, что определение статических поправок по записям волн в первых вступлениях на обычных сейсмограммах ОСТ «заметно хуже», чем по материалам МСК и МПВ. В связи со сказанным, автор настоящей работы счел

целесообразным обратиться в заключительном разделе своей работы к несейсмическим методам определения статических поправок, которые можно применять в комплексе с методами, основанными на использовании записей первых волн на сейсмограммах ОСТ.

**В четвертом разделе** рассмотрены некоторые несейсмические методы, наиболее перспективные, по мнению автора, для включения в рациональный комплекс приемов изучения ВЧР в условиях исследуемой территории.

Существующие способы использования данных гравиразведки основаны на том, что между скоростью распространения сейсмических волн и плотностью пород существует тесная корреляционная зависимость и неоднородности ВЧР отражаются как в сейсмическом, так и в гравитационном полях. Это позволяет использовать гравиметрическую информацию при интерпретации сейсморазведочных материалов, в частности, определять априорные статические поправки перед проведением сейсморазведочных работ 3D. Очевидно, что коэффициент корреляции между значениями плотностей и скоростей упругих волн может служить критерием надёжности процесса интерпретации, поскольку весь метод основан на тесноте этой связи.

В качестве исходной информации для решения задачи используется либо наблюденное гравитационное поле, либо его локальная составляющая, полученная тем или иным способом. Весь процесс интерпретации может быть повторен после первого этапа коррекции статических поправок, т. е. с использованием полученной корреляционной зависимости получают массив плотностей пород ВЧР, решают прямую задачу и вновь выделяют локальную составляющую.

На выходе интерактивного итерационного процесса получают значения скоростей сейсмических волн в ВЧР, которые используются для расчёта статических поправок, и значения аномалий силы тяжести, вычисленные с переменной плотностью промежуточного слоя. Таким образом, решение задачи сводится к построению детальной сейсмогравиметрической модели ВЧР.

Наиболее перспективным путем замены МСК и МПВ является, по мнению С.И. Михеева, использование с целью определения статических поправок методики малоглубинных электромагнитных зондирований становлением поля в ближней зоне (МЗСБ). На завершающих этапах исследований по применению электроразведки с целью замены сейсмических методов изучения ВЧР вычисляются и анализируются временные разрезы ОГТ.

Обобщение результатов выполненных экспериментов по применению малоглубинной электроразведки ЗСБ позволило установить, что предварительное районирование территорий по типам геоэлектрических разрезов ВЧР существенно повышает точность определения статических поправок по электроразведочным данным. В пределах изучаемой территории выделяют зоны, для каждой из которых используется свое уравнение регрессии. Оценки качества регрессионных уравнений и точности прогнозирования статических поправок по данным МЗСБ до и после районирования, свидетельствуют о несомненной предпочтительности последнего. Точность может быть также повышена путем включения в используемые для расчета поправок уравнения регрессий альтитуд дневной поверхности.

Суммирование сейсмических записей по ОГТ с введением статических поправок, вычисленных по данным специальных сейсмических методов и электроразведки МЗСБ, в большинстве случаев дает близкие по качеству получаемых временных разрезов результаты. Динамическая выраженность отраженных волн на них, а также коррелируемость осей синфазности, обычно совпадают.

## Заключение

В данной бакалаврской работе рассмотрены различные методы изучения ВЧР. Классические сейсмические методы, о которых идет речь в первом разделе, – МСК и МПВ – обладают несомненными достоинствами и всегда остаются предпочтительными. Но производство работ МСК и, отчасти, МПВ в технологическом отношении плохо совмещаются с практикой современной сейсморазведки. Использование вступлений первых волн на производственных записях МОГТ очень удобный аппарат с точки зрения технологии, но далеко не всегда дает однозначную и надежную картину строения ВЧР. Это в представленной работе показано, по мнению автора, достаточно убедительно.

Основной вывод, который следует из рассмотрения такой противоречивой ситуации, заключается в необходимости дополнения сейсмической методики первых вступлений малозатратными и технически простыми несейсмическими методами, в первую очередь электроразведочной методикой малоглубинного ЗСБ. Полностью заменить сейсмические методы ими нельзя, так как переход к необходимым для ввода статических поправок сейсмическим параметрам основан на взаимосвязи основного физического параметра этих методов (плотности, удельного электрического сопротивления) с основным физическим параметрам сейсморазведки (скоростью распространения волн). Поскольку, главным образом, используются взаимосвязи статистические, или корреляционные, точность определения коэффициентов регрессии определяется тем, насколько большая выборка данных использована для этого. Поэтому там есть свои погрешности и надо комплексировать сейсмические и несейсмические подходы.