

S11

What Does Land Seismic Expect from Borehole Seismic

G.Y. Kobzarev (LUKOIL LLC), I.U. Khromova* (Lukoil LLC) & D.A. Nikolaev (Lukoil LLC)

SUMMARY

The basic tasks to be undertaken surface seismic for the study of geological environment, highlighted the mathematical apparatus. Posed real challenges for VSP for integration with surface seismic

Перед сейсморазведкой стоит ряд основных задач, которые успешно решаются современными подходами к планированию полевых данных, обработки и комплексированию со скважинной информацией:

- построение структурного плана;
- прогноз литологии, выделение коллекторов;
- выделение трещиноватых зон;
- поиск неструктурных ловушек;
- выявление локальных зон АВПД;
- изучение напряженного состояния геологической среды;

Серьезным фактором влияющим, как на точность структурных построений, так и на результаты акустической инверсии является наличие $V_{TI}(T_{TI})$ анизотропии. Недоучет анизотропии ведет к недофокусировке отражений, изменению распределения амплитуд с удалениями, и, как следствие, к неправильному изображению структурного плана при глубинных миграциях. Для корректного построения геологической среды в глубинном масштабе используются технологии глубинных миграций с учетом анизотропии. Информация о значении одного из параметров Томпсона (ϵ) может быть получена в ходе томографического приближения глубинной миграции, значение же другого параметра (δ) возможно извлечь только из скважинных данных. Практически единственным источником информации о величине δ в слоях разреза, служит ВСП.

Задачи прогноза упругих свойств разреза по амплитудам продольных волн – и последующего прогноза на этой основе литологии, емкостных свойств могут быть успешно решены только при условии высокого качества обработки сейсмических данных. И вновь не последняя роль здесь принадлежит скважинной сейсморазведке: учет поглощения среды на основе параметра Q , выявление границ, образующих кратные и реверберационные волны, с опорой на трассу коридорного суммирования. Амплитуды продольных волн изменяют свои значения в зависимости от упругих свойств пород по мере удаления от приемника и наибольшую контрастность для разделения различных типов литологии (например, отделения известняка от доломита, или глинистого разреза от высокопористого известняка) они достигают на больших удалениях, там, где огромную роль начинают играть эффекты вертикальной анизотропии, препятствующие спрямлению годографа.

Чем выше качество обработки, чем более полно учтены при обработке скважинные сейсмические исследования, тем точнее положение тектонических нарушений, ограничивающих тектонически-экранированные ловушки, тем отчетливее видны срезания, выклинивания пластов, формирующие стратиграфически экранированные ловушки, тем достовернее вариации амплитуд, зависящие от коллекторских свойств пластов в литологически экранированных залежах.

Все более широкое распространение принимает прогноз фильтрационно-емкостных свойств разреза (литология, трещиноватость) и его углеводородонасыщения по обменным и поперечным волнам, зарегистрированным в ходе многоволновых сейсмических (МВС) исследований. Однако, на каждом этапе (поле, обработка, интерпретация) успех проводимых работ зависит от полноты и качества скважинных сейсмических исследований. На этапе планирования системы наблюдения МВС расстояние между приемниками и источниками должно определяться именно на основе информации о величине параметра γ верхней части разреза,

рассчитываемого по данным ВСП. Любой другой подход может просто перечеркнуть весь эффект, ожидаемый от поверхностных многоволновых исследований. Наибольшую сложность в получении достоверного прогноза представляет собой идентификация отражений на полях обменных волн, на этом этапе невозможно обойтись без привязки к скоростям обменных волн, замеренным при ВСП.

На этапе разработки месторождения, помимо структурного плана и литологии, становится насущно необходимой информация о направлении горных напряжений, величина и распределение давлений в продуктивных пластах. И вся эта информация рассчитывается на основе полученного по данным ВСП параметра γ и его производных модуля Юнга и отношения Пуассона.

На этапе разработки месторождения, помимо структурного плана и литологии, становится насущно необходимой информация о направлении горных напряжений, величина и распределение давлений в продуктивных пластах. И вся эта информация рассчитывается на основе полученного по данным ВСП параметра γ и его производных модуля Юнга и отношения Пуассона.

Следующий список параметров, которые, по нашему мнению, необходимы сейсморазведчикам от ВСП:

- Оценка параметра поглощения - Q-фактор;
- Глубинно-скоростная модель по поперечным и продольным волнам;
- Трасса коридорного суммирования;
- Параметр γ — отношение скоростей продольных и поперечных волн;
- Волновое поле с выделенными границами образования кратных и обменных волн;
- Параметры анизотропии Томпсона.

При этом скважинная сейсморазведка ни в коем случае не должна подменять собой наземную сейсморазведку, что, к сожалению, происходит практически повсеместно, навязыванием нефтяникам ВСП в непродольной модификации, или т.н. НВСП.

Ниже приведены мнения ведущих геофизиков страны по поводу результативности и достоверности метода НВСП.

«Принципиальным недостатком ВСП при изучении околоскважинного пространства является несимметричность систем наблюдения, что приводит к неустраняемым погрешностям при компенсации амплитудных искажений, связанных с различием углов облучения границ, и с невозможностью достаточного ослабления кратных волн» - говорит А.А. Табаков (из частной переписки).

«По своей сути, наблюдения ВСП из одного пункта взрыва, расположенного на любом удалении от скважины, являются ВСП-МОВ (а не ОГТ), так как для одного пункта возбуждения нельзя сформировать сейсмограмму ОГТ, т.е. для одной отражающей площадки нельзя найти два луча, имеющие различные источники и приемники. Пункт возбуждения (ПВ) только один, что в терминологии стандартной сейсморазведки соответствует методу отраженных волн (МОВ). В частности, это не оставляет шансов для подавления кратных волн. Фактическая кратность системы наблюдения НВСП очень мала и распределена в узкой области углов отражения, что

препятствует уверенному выделению однократных волн. Наблюдения НВСП в ещё большей степени, чем просто 2Д сейсмические профили, уязвимы для боковых отражений и не могут адекватно отражать строение околоскважинного пространства.

И последнее, ВСП из пяти ПВ (один ближний и четыре дальних, расположенных по ортогональным лучам) в сравнении с двумя ортогональными профилями ОГТ-2Д по этим же лучам, но гораздо более разумной длины (например в 10 раз превышающей длину лучей НВСП) в несколько раз дороже и многократно менее эффективны» - говорит В.И.Логовской (из частной переписки).

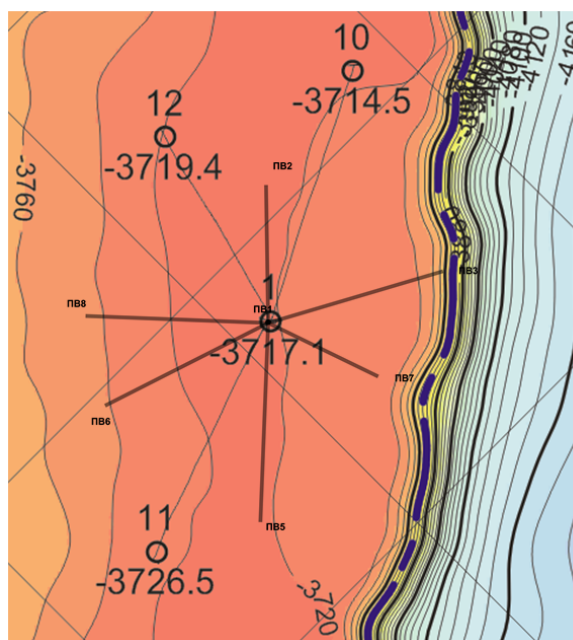
«Непродольное ВСП (НВСП) наиболее часто применяют для изучения структуры околоскважинного пространства. Стремление осветить отраженными волнами как можно большую часть этого пространства приводит при этом к противоречивым результатам: расширение участка освещенности в сторону от скважины сопровождается увеличением «зоны тени» под забоем скважины, вовсе не освещенной отраженными волнами.

При значительных удалениях пункта возбуждения возрастает опасность получения ошибочных результатов ВСП из-за резкого изменения углов падения волн на отражающие границы и обусловленных этим изменений формы сигнала отраженной волны. Недоучет динамических характеристик волн из-за используемых упрощенных алгоритмов расчета волнового поля не вполне позволяет оценить искажения формы сигнала, обусловленные существенным изменением углов падения волн на отражающую границу. В результате этого на разрезах, полученных путем миграции уже реальных сейсмограмм НВСП, нередко формируются ложные тектонические нарушения, зоны выклинивания и др.» - из работы Г.А. Шехтмана [1].

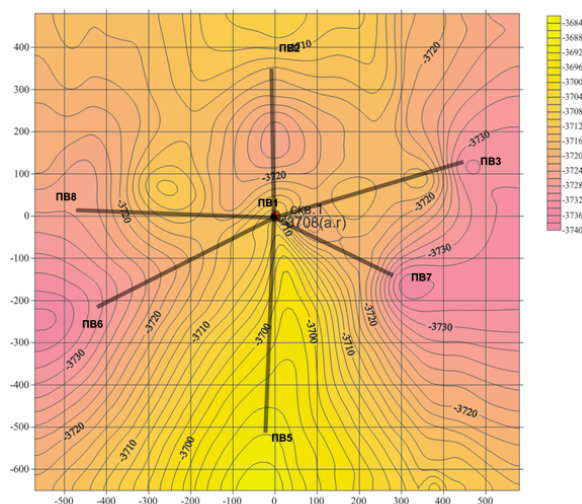
По нашему же мнению, даже не смотря на теоретические ограничения возможности достоверного прогноза геологического разреза по НВСП, существуют чисто практические соображения для исключения данного метода из практики геолого-разведочных работ:

- 1) освещаемая область около скважины по данным НВСП меньше шага эксплуатационного бурения, изучение разреза в радиусе 300 метров от скважины целесообразно только в случае исключительно редкой необходимости бурения новой скважины в эту зону;
- 2) достоверность построения структурных планов на целевых границах по разрезам НВСП существенно ниже, чем по 2Д-МОГТ, не говоря уже о 3Д-МОГТ. Т.к. лучи НВСП по сути, являются съемкой 2Д-МОВ, обладают всеми ограничениями профильной сейсморазведки и не могут корректно отразить изображение среды;
- 3) прогноз свойств по НВСП, используя акустическую инверсию без учета углов прихода волны теоретически некорректен;
- 4) сложная задача учета статических поправок при расчете годографов продольной и поперечной волны существенно снижает возможность получения достоверных результатов;
- 5) Декларации о возможности прогноза азимутального направления анизотропии упираются в катастрофически низкую точность определения азимута, сопоставимую с величиной угла между лучами НВСП.

- 6) Более того, низкая разрешенность ВСП по вертикали (шаг 10 метров) сводит к нулю возможность определения каких либо свойств в пластах толщиной менее 30 метров, в отличие от данных ОГТ, берущихся за прогноз свойств пластов толщиной 10 и менее метров.
- 7) Это же соображение касается и возможности определения направления трещин гидроразрыва, высота которых измеряется 1-2 дискретами замеров ВСП.



Структурная карта полученная по данным ОГТ,
предоставлена Подрядчиком



Структурная карта полученная по данным НВСП,
предоставлена Подрядчиком

Рисунок 1 Сопоставление структурных карт по отражающему горизонту в кровле продуктивных отложений на одном из месторождений Тимано-Печорской провинции: слева – по данным сейсморазведки ОГТ, справа по данным НВСП.

Выводы:

Все публикации об успешных примерах получения дополнительной информации из метода НВСП, в большинстве своем являются скорее подменой действительного результата желаемым, и гораздо реже – случаями исключения из правил, чем систематическими возможностями.

Измерения ВСП в различных модификациях должны не подменять собой сейсморазведку ОГТ, а комплексироваться с ней, повышая совместную эффективность скважинных и полевых сейсмических работ.

Литература:

1. Шехтман, Г.А., Кузнецов, В.М., Попов, В.В. [2003] Пути исключения ошибочных результатов при изучении околоскважинного пространства непродольным ВСП. Тезисы докладов Международной геофизической конференции и выставки «Геофизика XXI века – прорыв в будущее»: М.