

## 02 РОЛЬ И МЕСТО МЕТОДА ВСП В КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ СОВРЕМЕННОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ.

В.М. Кузнецов, Г.А. Шехтман  
(*Геофизические Системы Данных*)

### THE ROLE AND PLACE OF VSP IN THE QUANTITATIVE INTERPRETATION OF CURRENT SEISMIC DATA.

V.M. Kuznetsov, G.A. Shekhtman  
(*Geophysical Data Systems*)

**Аннотация.** Количественная интерпретация данных сейсморазведки предполагает максимальное использование значений параметров и связей между сейсмическими параметрами и литологией, а также флюидонасыщением. Метод ВСП, способный обеспечить сейсморазведку знанием наиболее точных значений упругих параметров на различных типах волн, продолжает удерживать ведущее место среди мультидисциплинарных направлений, привлекаемых на этапе интерпретации. Роль и место ВСП при количественной интерпретации данных современной сейсморазведки иллюстрируется примерами, полученными в результате расчетов, математического моделирования и при реальных наблюдениях

**Abstract.** Quantitative interpretation of seismic data supposes extracting all the good out of the parameters value and of the bounds between seismic parameters, lithology and fluid content. The VSP method, which is able to supply the seismic with knowing the most accurate meanings of elastic parameters on different wave types, carries on playing the leading place among multi discipline directions involved at the interpretation stage. The role and the place of the VSP in the quantitative interpretation of current seismic data are illustrated with examples, obtained by means of the calculations, computer simulation and real observations.

Количественная интерпретация данных сейсморазведки в последние десятилетия, опираясь на взаимодействие между собой различных мультидисциплинарных направлений, превратилась в мощный инструмент, позволяющий прогнозировать литологию и флюидонасыщение месторождений углеводородов. Современная сейсморазведка, учитывая невосполнимость ранее открытых крупных

месторождений, сталкивается все чаще с решением все более усложняющихся задач, решение которых сопряжено с возрастающим риском и большими расходами. Все большее значение при обработке и интерпретации сейсморазведочных данных приобретает использование амплитудных и частотных характеристик волн, по которым выделяют аномальные объекты и вычисляют путем решения обратной динамической задачи значения контрастов сейсмических скоростей и плотностей горных пород на сейсмических границах, позволяющие более уверенно судить о литологических различиях пород и их флюидонасыщении. В случае комплексирования волн разных типов (многоволновая сейсморазведка) особую роль играет такой тонкий инструмент интерпретации, как поляризация волн. Использование амплитуд и спектрального состава отражений на различных типах волн способно существенно уменьшить неопределенность, обусловленную использованием лишь кинематических параметров.

Наиболее полный комплекс сейсмических методов включает волновую акустику или дипольный каротаж (получение дифференциальных параметров вблизи ствола скважины), ВСП (получение интегральных параметров упругого поля в радиусе 500-1000 м от скважины) и 3D(2D) – 3С систем наземной сейсморазведки с трехкомпонентной регистрацией. В комплексе методов, позволяющих решать сейсморазведочные задачи с наименьшим риском, метод ВСП всегда занимал и занимает достойное место. Сейчас роль его существенно возросла в связи с тем, что для количественной интерпретации привлекают все больше параметров, определяемых в наземной сейсморазведке косвенно, обычно опираясь лишь на регистрацию продольных волн. Определение параметров разреза на различных типах волн в методе ВСП является вполне устоявшейся задачей, учитывая тот факт, что в настоящее время этот метод стал и высокоразрешающим, и многоволновым. Трехкомпонентная регистрация колебаний, внедренная в методе ВСП во всем мире, при достаточно малом шаге наблюдений вдоль ствола скважины позволяют в части детальности приблизиться к данным ГИС и обеспечить наземную сейсморазведку моделями с той степенью детальности, которая вытекает из требований используемого рабочего диапазона сейсмических частот. Точный анализ состава волнового поля с привязкой объектов образования обменных волн по глубине и разделением поля однократных волн и волн сложного обмена и кратности можно сделать только по данным МВС-ВСП.

Особенностью современной сейсморазведки на этапе интерпретации является все большее привлечение зависимостей между литологическими свойствами и параметрами горных пород, изучаемых физикой горных пород. В настоящее время сейсморазведчики, используя установленные зависимости, научились параметризовать сейсмические скорости в

терминах минералогии, пористости, формы контактов зерен между собой, а также в виде аспектных отношений в случае трещиноватых пород. Все большее понимание приходит в изучении того, каким образом горное и внутривпоровое давление сказываются на значениях таких параметров, как сейсмическая скорость, затухание, а также на анизотропии этих параметров. Для расчёта напряженного состояния вблизи ствола скважины проводят комплекс ГИС, включающий в себя кавернометрию, плотностной каротаж и широкополосный акустический каротаж, а также многоволновое ВСП. Привлечение данных петрофизических измерений пористости, проницаемости и удельной поверхности позволяет провести расчёт внутривпорового давления флюида.

Ряд методических задач, решаемых методом ВСП еще со времен чисто качественной интерпретации, когда основным инструментом в руках интерпретатора являлся цветной карандаш, при помощи которого он трассировал целевые отражения, остается по-прежнему актуальным. Основная из этих задач – *стратиграфическая привязка отражений*. Эта задача не столь проста, как нередко кажется. Проста она лишь для толстослоистых контрастных сред. В условиях тонкослоистого разреза увязка промыслово-геофизических и сейсмических реперов для различных типов волн становится в некоторых случаях весьма сложной неоднозначной.

Интерпретаторов, привыкших к совпадению полярностей на волновых разрезах, полученных путем миграции записей отраженных продольных и поперечных волн, ставит подчас в тупик факт регистрации в противофазе отражений, регистрируемых от одной и той же границы на различных типах волн; и это при том, что на других границах полярность отражений совпадает. Причина таких расхождений кроется не только и не столько в качестве исходного материала или последующей обработки. Расчеты показывают, что причина различной полярности может состоять в определенном соотношении значений  $\gamma = V_S/V_P$  по разные стороны от отражающей границы. Поэтому подобные «нестыковки» в прослеживании сейсмических реперов (импульсов) на различных типах волн могут содержать весьма ценную информацию непосредственно о конкретной отражающей границе. Более того, в самом общем случае полярность отражения, даже только на продольных волнах, наиболее однозначно можно оценить путем прослеживания целевого отражения внутри среды. И только лишь после этого можно уверенно говорить о том, насколько эта полярность на результатах наземной обработки соответствует принятым правилам. А правила эти не только неоднозначны, но и противоречивы: в США положительная полярность (черный или красный цвет экстремума) соответствует отражению от *жесткой* границы, а отрицательная полярность (незачерненный или синий цвет экстремума) соответствует отражению от *мягкой* границы; в Европе и в Австралии всё обстоит

прямо-таки наоборот. Если дополнительно к этому учесть, что исходная полярность обменных отраженных волн противоположна полярности продольных отраженных волн, то станет ясно, что вопрос увязки реперов на этапе интерпретации требует очень большого внимания и осторожности при формулировании окончательных выводов.

В отдельных случаях знаки коэффициентов отражения волн PP и PS могут совпадать (рис. 1). Происходит это тогда, когда на границе знак скачка по меньшей мере одного из параметров имеет противоположное значение. Например, если скорости продольной и поперечной волны с глубиной возрастают, а плотность – уменьшается. Такое соотношение скорости и плотности может наблюдаться на контакте с солью, которая при достаточно высокой скорости характеризуется относительно пониженной плотностью. В Западной Сибири подобная ситуация наблюдается в некоторых интервалах песчано-глинистых отложений, когда переход от глин к песчаникам характеризуется повышением скорости и понижением плотности. Чтобы избежать ошибок при стыковке разрезов на продольных и обменных волнах, обусловленных различием полярностей отражений, рекомендуется тщательно анализировать априорную информацию ГИС и ВСП, позволяющую наиболее надежно увязывать между собой промыслово-геофизические реперы и сейсмические реперы на различных типах волн.

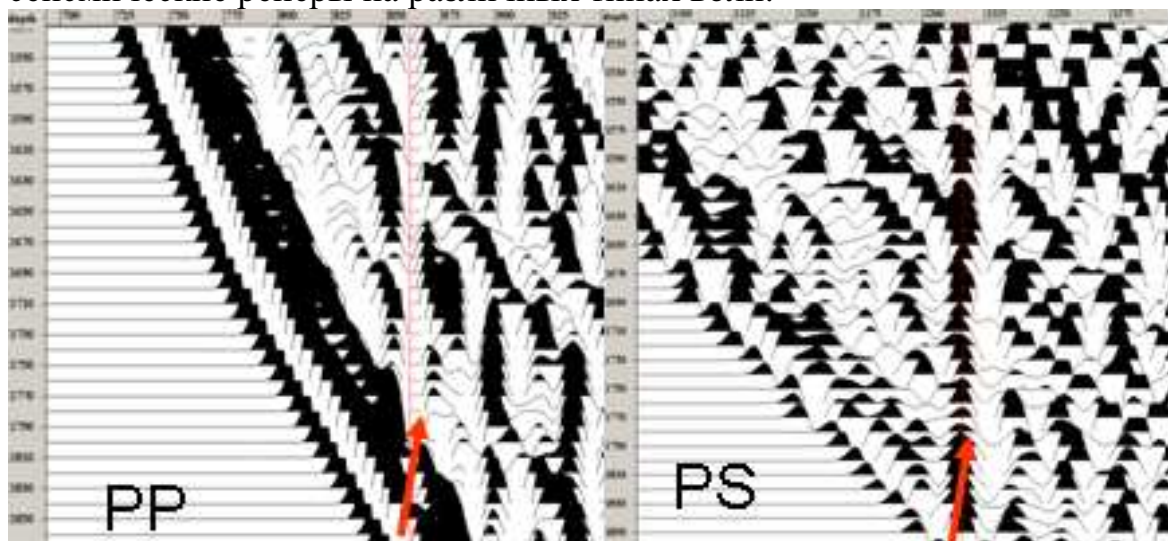


Рис.1 Пример противоположной полярности отражений на разных типах волн.

При моделировании волновых сейсмических полей, занимающем все более достойное место на этапе количественной интерпретации, форма сигнала, полученная из наблюдений методом ВСП, используется непосредственно. Какова бы ни была детальность модели, полученной по данным ГИС, она непременно требует коррекции, опирающейся на значения средних и пластовых скоростей  $V_P$  и  $V_S$ , полученных методом ВСП. И дело здесь не только и не столько в различии диапазонов

сейсмических частот, но и в закономерном расхождении этих параметров из-за наложения частично-кратных отражений на импульс прямой волны еще до его прихода к отражающей границе. Именно надежная увязка данных ВСП и ГИС (главным образом, - АК) позволяет осуществить уверенную экстраполяцию результатов моделирования по латерали на межскважинное пространство.

Уже имеется множество примеров успешного применения количественной интерпретации с использованием данных ВСП.

Пространственная система непродольных ВСП, примененная на одной из скважин в условиях Западной Сибири [1], позволила провести комплексное изучение околоскважинного пространства, включающее анализ структурных карт и карт таких динамических параметров, как амплитуда отражений и частота максимума спектра отражения. Привлечение карт амплитуд и частот в дополнение к обычно используемым при интерпретации структурным картам позволило проследить направление увеличения мощности коллектора и тем самым рекомендовать направление последующего бурения относительно пробуренной скважины, в которой выполнено ВСП. Сочетание изучения поляризации волн и азимутальной анизотропии сейсмических скоростей при пространственной системе непродольных ВСП позволило получить ценную информацию о микро- и макроструктуре околоскважинного пространства, в частности – оценить возможное присутствие трещиноватых зон и литологических неоднородностей в окрестности скважины.

Упругие и сдвиговые импедансы, определяемые путем амплитудной инверсии волн, отраженных при наклонном падении сейсмических лучей на отражающие границы, находят всё большее применение в сейсморазведке. Использование импедансов, а не сейсмических амплитуд, обусловлено достигаемой при этом более высокой разрешенностью результатов и возможностью более точной интерпретации сейсмических разрезов и срезов. Записи, полученные различными модификациями метода ВСП, можно преобразовывать в акустические, упругие и сдвиговые импедансы, применяя такой же подход к амплитудной инверсии, как и в наземной сейсморазведке, однако с учетом специфики регистрации сейсмических колебаний внутри среды [2].

Определение сдвигового импеданса по монотипным поперечным отраженным волнам или обменным отраженным волнам с обменом на промежуточной границе дает возможность получить значение физического параметра, не превращающегося в «абстракцию» в случае нормального падения луча на отражающую границу, как это имеет место для обменных отраженных волн с обменом на отражающей границе. Проведенные исследования показали, что амплитудная инверсия данных НВСП по глубинным разрезам, полученным путем миграции, имеет существенные

ограничения. Разработка математического обеспечения, позволяющего определять упругие и сдвиговые импедансы непосредственно по сейсмограммам с учетом особенностей регистрации волн внутри слоистой покрывающей толщи, может позволить существенно повысить разрешающую способность и точность метода.

Количественная интерпретация допускает известную неопределенность, обусловленную используемой субъективной информацией. Неопределенность вытекает, прежде всего, из характера используемой модели, особенно в условиях сложно построенных сред. Кроме того, она обусловлена неединственностью, вызванной некорректностью решения обратных задач. Среды могут быть и неоднородными, и анизотропными, однако при параметризации модели всякий раз делают неизбежные упрощения, за которые приходится расплачиваться рисками на этапе количественной интерпретации.

#### Литература

1. Шехтман Г.А., Кузнецов В.М., Кокшаров В.З. Изучение структуры околоскважинного пространства в Западной Сибири пространственной системой НВСП: Технологии сейсморазведки, 2007, 2, 97-100.
2. Шехтман Г.А., Кузнецов В.М., Редкоп В.А. Определение сдвиговых импедансов в методе ВСП: от «абстракций» к физическим параметрам. Тезисы докладов международной конференции ЕАЕГ «Геомодель 2009» Геленджик 2009.