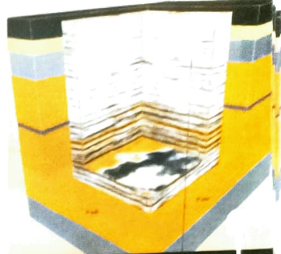


Многоволновая сейсморазведка (краткий обзор зарубежных публикаций)

Шнеерсон М.Б., ФГУ ЦГПП "Центргеофизика", г. Москва



ТЕМАТИЧЕСКИМ ОБЗОР МНОГОВОЛНОВАЯ СЕЙСМОРАЗВЕДКА

Комплексное использование продольных, обменных и поперечных волн для решения поисковых, разведочных и промысловых задач стало одним из перспективных направлений современной сейсморазведки. Обусловлено это все возрастающими требованиями к качеству, полноте и достоверности материалов, получаемых при решении структурных, литолого-петрографических, разведочных и промысловых задач. Положительную роль сыграло и то, что к настоящему времени разработаны теоретические, методические и вычислительные основы многокомпонентных сейсмических съемок, а также созданы специальные аппаратура и оборудование для возбуждения и приема продольных, поперечных и обменных волн. Все это привело к заметному увеличению объемов многокомпонентных съемок, особенно в морской сейсморазведке. По данным [2] относительные объемы работ на РР и PS- волнах распределяются следующим образом: США - 42%, Европейские страны - 35%, Канада и Латинская Америка - 19% и другие страны - 4%. Наибольший интерес к этим работам проявляют подрядчики (42%), затем нефтяные компании (32%) и научные организации (26%).

В настоящее время в многоволновой сейсморазведке намечилось два направления, основанных на совместном использовании продольных РР- и обменных PS- волн и моноитипных продольных и поперечных (SS) волн. Каждое из них имеет свои достоинства и недостатки. Преимуществом первого является применение стандартных способов возбуждения колебаний, расширение возможностей изучения отражающих границ раздела, определение петрофизических свойств отложений, включая, при благоприятных условиях, направление и уровень трещиноватости пород и др. Недостатком способа является некоторое усложнение методики и техники полевых работ и обработки материалов. Сейсморазведка на РР- и SS- и волнах требует применения специальных источников колебаний, схем наблюдений и способов обработки материалов, что ведет к заметному удорожанию работ. Но при этом появляется возможность получения существенно новой информации о разрезе, что и определяет перспективы этого способа сейсморазведки.

Кратко проанализируем имеющиеся материалы по каждому из этих направлений сейсморазведки.

1 Съемки на продольных и обменных волнах.

1.1 Методика полевых работ [1,2].

Методика полевых работ мало отличается от стандартных съемках на Р-волнах. Основное отличие заключается в использовании трехкомпонентных приемных устройств, горизонтальные компоненты которых ориентируются, как правило, вдоль и поперек профиля (X и Y компоненты волнового поля). При трехмерных съемках направления горизонтальных приборов выбирают или в соответствии со странами света, или с направлением профилей, которые согласуются с данными о поведении целевых границ раздела. В процессе работ контролируются ориентация и чувствительность приборов, что

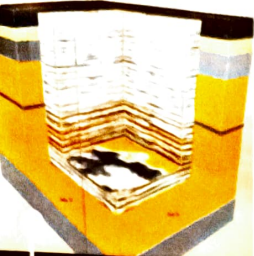
необходимо для последующей обработки записей обменных волн. Для снижения уровня ветровых помех приборы часто помещают в неглубокие ямки, а для подавления регулярных используют группирование. При этом установлено, что короткие группы позволяют лучше сохранить форму сигналов обменных волн, а протяженные - более эффективно подавить мешающие колебания. Возбуждение колебаний на суше может быть взрывное или вибрационное, а на море - исключительно невзрывное. Используемые системы наблюдений предусматривают достаточно высокую кратность наблюдений с расстояниями между пунктами возбуждения и приема до пятидесяти - ста метров и размерами бина 50 x 50 м. Для более уверенного выделения обменных волн применяют системы наблюдений со значительными выносами. Кроме того, в последнее время наметилась тенденция применения сверх больших выносов (до 6 и более км.), особенно при морских съемках. Особое значение при работах на PS- волнах приобретают вопросы учета статических поправок. Наземные работы весьма частот дополняются наблюдениями ВСП с трехкомпонентной регистрацией колебаний, которые необходимы для отождествления продольных и обменных волн и определения скоростей S - волн. Определенное применение получили многоазимутальные системы наблюдений в ВСП, позволяющие выделять анизотропные свойства отложений.

1.2 Обработка PS данных [3]

При обработке материалов по PS - волнам приходится сталкиваться с нарушением симметрии падающих и отраженных волн. Величина смещения зависит от глубины границы обмена и отношения скоростей продольных и поперечных волн. К настоящему времени предложен ряд способов получения годографов по общим точкам обмена, позволяющих вести обработку полученных данных. При распространении поперечных волн в анизотропных средах наблюдается их расщепление на медленную и быструю компоненты, и для их разделения, учета и обработки предложен ряд способов и алгоритмов. Весьма детально разработаны вопросы определения скоростей волн и расчета нормальных кинематических поправок по скоростям суммирования PS - волн. Дополнительные возможности по определению кинематики S - волн могут быть реализованы при наличии записей волн с встречных пунктов возбуждения (положительные и отрицательные выносы). Разработаны и практически используются алгоритмы миграционных преобразований по временам регистрации обменных волн. Материалы по обменным волнам могут интерпретироваться самостоятельно, но чаще всего они анализируются совместно с данными по продольным волнам. Важным является отождествление записей РР и PS - волн от одних и тех же границ раздела. Для этого предложено несколько способов, основанных на анализе скоростей и времен регистрации отражений, синтетических сейсмограмм и других признаков волн разных типов.

1.3 Области применения обменных волн [3,4].

Практика сейсморазведочных работ на РР и



Многоволновая сейсморазведка ТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

PS - волнах и анализ имеющихся материалов показывают, что они наиболее эффективны при решении следующих задач.

- отображение структур, перекрытых газовой облаком,
- повышение разрешенности получаемых материалов,
- разделение влияния флюидов и литологии,
- отображение резервуаров с низким акустическим импедансом,
- выделение нарушенных, трещиноватых зон, оценка направления и плотности трещин, а также величин напряжений внутри и вне резервуара.

Этим не ограничивается перечень решаемых задач. Очевидно, что по мере развития работ на обменных и продольных волнах он будет расширяться.

2. Наземные работы на поперечных и продольных волнах [5,6,7].

Сейсморазведочные работы с возбуждением поперечных и продольных волн носят пока исключительный характер, что обусловлено необходимостью использования специальных трехкомпонентных вибраторов, довольно сложной методики работ и обработки материалов и как следствие - высокой стоимостью таких съемок. Тем не менее, имеются примеры проведения многокомпонентных сейсмических наблюдений для решения конкретных разведочных и исследовательских задач. Одна из них была выполнена на нефтяном месторождении в Омане, которое характеризуется широким развитием трещиноватых пород, изучение которых имеет практическое значение. Заслуживает внимания подход к выбору площади исследования и методологии проведения работ.

При выборе объекта для первых работ исходили из необходимости выполнения следующих условий: наличие данных о системе трещин в породах резервуара и о строении вышележащих отложений, хорошее качество материалов по Р - волнам, приемлемые поверхностные условия для возбуждения колебаний вибрационными источниками колебаний и проезда транспорта.

Прежде чем начать дорогие многокомпонентные работы (9С3D) было решено провести предварительные, опытные исследования (9С2D) с минимальным использованием специального оборудования для выбора и обоснования оптимальной методики наблюдений, а также оценки качества получаемых материалов.

Опытные работы включали проведение профильных и скважинных наблюдений в специально пробуренной скважине.

На опытном профиле было отработано волновое зондирование с наибольшим выносом 1500 м и опробованы другие элементы методики работ. Было показано, что группа из 12 приборов позволяет ослабить поверхностные волны, а оптимальный интервал между пунктами возбуждения равен 25 м. при одновременной работе четырех вибраторов. Поперечные волны возбуждались соответствующими вибраторами по двум взаимно перпендикулярным направлениям и принимались горизонтальными сейсмоприемниками, что приводило к получению на каждом ПВ четырех сейсмограмм с ориентацией: ВВ (восток-восток), ВС (восток-север), СВ (север-восток) и СС (север-север). Обработка материалов предусматривала выделение полезных волн по каждой компоненте, построение разрезов, изучение расщепления S - волн и выделение трещиноватых пород. Скважинные наблюдения позволили определить скоростные параметры

среды, времена прихода основных отраженных волн и выявить наличие анизотропии в разрезе отложений. В методическом плане основной результат опытных работ заключался в доказательстве возможности получения устойчивых записей поперечных волн и определении их скоростных и динамических параметров. Полученные результаты послужили основой для проектирования и проведения основных работ 9С3D.

Основные работы были выполнены на одном из месторождений в Омане на площади в 28,4 км² с возбуждением колебаний раздельно вибраторами продольных и поперечных волн и регистрацией волн трехкомпонентными сейсмоприемниками. Управляющие сигналы были выбраны для Р - волн - 5-60 Гц при длительности 20 с и для S - волн - 5-48 Гц при той же длительности. Размер бина был выбран, равным 25Х25 м при расстояниях между линиями возбуждения ПВ - 100 м и линиями ПК - 200 м. кратность наблюдений доходила до 65 - 70. Для снижения уровня ветровых помех приборы пришлось помещать в неглубокие, специально подготовленные ямки.

Обработка материалов предусматривала набор стандартных и специальных процедур для учета анизотропии S - волн и проводилась в три этапа: - стандартные процедуры, направленные на получение оптимальных временных и глубинных разрезов, - анализ анизотропии пород, залегающих выше целевого объекта, и - выявление и анализ анизотропии целевых отложений.

По заключению авторов работ сейсмические многокомпонентные исследования на месторождении Оман оказались весьма эффективными. Они заложили основы методики полевых работ и обработки материалов по PP и SS - волнам. Геологические результаты работ характеризуются тем, что они позволили установить наличие анизотропии скоростей и расщепления S - волн, сопоставить эти материалы с трещиноватостью пород и выделить перспективные участки для обнаружения новых зон скопления углеводородов. Одновременно отмечается высокая стоимость работ, которая в три раза больше стандартных. Перспективы ее снижения связаны с применением вибраторов поперечных волн с изменением направления воздействий, что исключает повороты установок на пунктах возбуждения, и использование методики "скользящего свипа", позволяющего повысить производительность полевых работ.

Литература

1. Converted-wave exploration: Methods, Stewart R.R., Gaiser J.E., Brown R.J., 2002, Geophysics vol. 67, № 5.
2. Analyzing the effectiveness of receiver arrays for multicomponent seismic exploration, Hoffe B.N., Margrave G.F., Stewart R.R., 2002, Geophysics vol. 67, № 6.
3. Advance in shear wave technology, 2001, The Leading Edge vol. 20, № 10.
4. Converted wave seismic exploration: Applications, Stewart R.R., Gaiser J.E., Brown R.J., 2003, Geophysics vol. 68, № 1.
5. A shear experiment over Nathi field in Oman: pilot seismic and borehole data, Hake J.H., Gevers E.C.A., van der Kolk C.M., 1998, Geophysical Prospecting vol. 46, № 6.
6. The 3D shear experiment over Nathi field in Oman, Potters J.H., Groenendaal H.J., Jastes S.J., 1999, Geophysical Prospecting vol. 47, № 5.
7. The 3D shear experiment over Nathi field in Oman: the effect of fracture-filling fluids on shear propagation, van der Kolk C.M., Guest W.S., Potters J.H., 2001, Geophysical Prospecting vol. 49, № 2.