МИГРАЦИЯ ПРОХОДЯЩИХ ОБМЕННЫХ PS-ВОЛН ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ГРАНИЦ СОЛЕВЫХ ТЕЛ БЕЗ УЧЁТА ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА В СЛУЧАЕ НЕПРОДОЛЬНОГО ВСП

Неклюдов Д. *, Бородин И. **

(*Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН; ** Schlumberger, Fuchinobe, Japan)

В настоящей работе предложен модифицированный алгоритм Reverse-Time Migration, который позволяет строить изображения границ солевых тел с помощью проходящих обменных PS-волн, используя информацию о скоростном строении среды только вдоль ствола скважины, без учёта верхней части разреза. Основная идея заключается в одно-временном продолжении в обратном времени зарегистрированных на стволе скважины проходящей Р и падающей обменной PS волн со скоростями V_p и V_s . В точках возникновения обмена их времена должны совпасть.

В настоящее время отмечается значительное повышение интереса к методу ВСП. Это связано как с техническим совершенствованием аппаратуры (появление многоканальных скважинных приборов, которые позволяют размещать до 80 трёхкомпонентных приёмников), так и с существенным усложнением решаемых задач. Поисковые работы на нефть проводятся в регионах с очень сложной геологией, с наличием антиклинальной тектоники, таких, как Мексиканский Залив. Важной задачей, возникающей в этих случаях, является построение изображений границ солевых тел в окрестности скважин. На основе этой информации принимаются решения о ходе дальнейшего бурения. Миграция данных ВСП даёт по существу единственную возможность решать такие задачи.

Наиболее универсальным методом глубинной миграции до суммирования является т.н. миграция в обратном времени (англ.-Reverse-Time Migration, RTM). В алгоритме RTM не накладывается никаких ограничений на макроскоростную модель среды, на допустимый угол наклона изображаемых отражающих границ, кроме того, самым естественным образом учитываются физические особенности процесса распространения волн.

При реализации на практике миграционных процедур возникает проблема определения скоростного строения среды. Так, для построения нижней границы солевого тела с помощью стандартной процедуры миграции (например, RTM) необходимо правильно задать скоростную модель вышележащей толщи, включая саму солевую интрузию, которая может иметь очень сложную форму.

Скорость распространения сейсмических волн в соли, как правило, гораздо больше, чем во вмещающих осадочных породах, что приводит к возникновению весьма интенсивных обменных PS-волн. Проходящая PS-волна регистрируется в скважине, расположенной в окрестности солевого тела вслед за породившей её проходящей Р-волной. Эти волны содержат в себе информацию о границе соли, на которой произошёл обмен.

Алгоритм модифицированной RTM по обменной PS-волне в случае выносного ВСП состоит из следующих этапов:

1) Разделение на каждой сейсмограмме ОТВ

поля восходящих W_{obs}^{UP} и нисходящих W_{obs}^{DOWN} волн. Выделение в поле нисходящих волн W_{obs}^{DOWN} падающей Р-волны (P_{obs}^{DOWN}) и обменной проходящей PS – волны (PS_{obs}^{DOWN}).

2) Продолжение в обратном времени зарегистрированной в скважине волны P_{obs}^{DOWN} из всех приёмников в среду с определённой вдоль ствола скважины скоростью $V_p(z)$.

Математически это означает численное решение задачи Коши в обратном времени:

$$\frac{1}{V_p^2(z)} \frac{\partial^2 W_p^{DOWN}}{\partial t^2} = \Delta W_p^{DOWN} + \sum_{RECEIVERS} P_{obs}^{DOWN}(x_g, z_g, x_s, z_s; t) \quad (1)$$

$$W_p^{DOWN} \Big|_{t=T} = \frac{\partial W_p^{DOWN}}{\partial t} \Big|_{t=T} = 0$$

где W_p^{DOWN} – поле падающей Р-волны, вычисленное в каждой точке целевой области. Отметим, что при выполнении этого шага используется скоростная модель, определённая вдоль ствола скважины, начиная с некоторой глубины ниже области с солевой интрузией. Она не будет влиять на точность экстраполяции т.к. её влияние уже учтено в проходящей Р-волне.

3) Продолжение в обратном времени зарегистрированной в скважине волны PS_{obs}^{DOWN} из всех приёмников в среду с определённой вдоль ствола скважины скоростью поперечных волн $V_s(z)$. При этом решается задача Коши, аналогичная (1) с заменой $V_p(z)$ на $V_s(z)$, а P_{obs}^{DOWN} на PS_{obs}^{DOWN} .

4) Применение условия визуализации, т.е. вычисление в каждой точке целевой области кросс-корреляции экстраполированных полей

$$I(\vec{r}, \vec{r}_s) = \int_0^T W_p^{DOWN}(x, z; t) \cdot W_s^{DOWN}(x, z; t) dt$$

В докладе будут приведены результаты численных экспериментов на синтетических данных, рассчитанных для модели SIGSBEE2A, а также других реалистичных моделях.

Работа выполнена совместно с Московским научно-исследовательским центром "Шлюмберге", при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ 07-05-00538, 05-05-64277-а, Лаврентьевского гранта СО РАН 2007