ПОСТРОЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ИСТИННЫХ АМПЛИТУДАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГАУССОВЫХ ПУЧКОВ ПО ДАННЫМ ВСП

Протасов М.И., Чеверда В.А.
(ИНГГ СО РАН, г.Новосибирск, Россия)

В данной работе представлен оригинальный подход построения сейсмических изображений в истинных амплитудах, основанный на взвешенном суммировании данных ВСП. Для вычисления весов требуется трассирование пары гауссовых пучков из текущей точки целевой области в направлении системы наблюдения. Специальный выбор гауссовых пучков позволяет учесть геометрическое расхождение и условия освещения в конкретной системе наблюдения. Более того, глобальная регулярность гауссовых пучков даёт возможность работать в произвольном поле лучей.

Скорость распространения волн представляется в виде суперпозиции двух составляющих: $c_0(x, z)$ - гладкая, плавно меняющаяся макроскоростная компонента, напротив $c_1(x, z)$ описывает локальную, быстро осциллирующую компоненту. Для описания рассеянных/отраженных волн $u_1(x, z; x_s; \omega)$ используется Борновское приближение. Требуется восстановить локальную изменчивость скоростного строения $\frac{c_1(x, z)}{c_0(x, z)}$ по известным в

скважине $x = 0$ данным ВСП: $\varphi(z_r, x_s, \omega) = u_1(0, z_r; x_s; \omega)$ (1). Зафиксируем некоторую текущую точку (x_i, z_i) , принадлежащую целевой области D и выпустим из нее пару лучей: один в направлении свободной поверхности $z = 0$, другой в направлении линии расположения приемников (в направлении скважины) $x = 0$, вдоль них построим пару гауссовых пучков [4]. Эти лучи полностью определяются заданной макроскоростной моделью, а также их углом наклона α и углом раствора β (см. Рис. 1). Двойное использование теоремы Грина приводит к следующему соотношению:

$$\begin{aligned} 2\omega^2 \iint \frac{1}{c_0^2(\xi, \eta)} \frac{c_1(\xi, \eta)}{c_0(\xi, \eta)} u_r^{(ph)}(\xi, \eta; x_i, z_i; \alpha, \beta; \omega) u_i^{(ph)} \times \\ \times (\xi, \eta; x_i, z_i; \alpha, \beta; \omega) d\xi d\eta = \\ = \int_{x=0} \int_{z=0} \frac{\partial u_r^{(ph)}(x, z, x_i, z_i; \alpha, \beta; \omega)}{\partial z} \Big|_{z=0} \times \\ \times \frac{\partial u_i^{(ph)}(x, z, x_i, z_i; \alpha, \beta; \omega)}{\partial x} \Big|_{x=0} \varphi(z_r, x_s, \omega) dx dz, \end{aligned} \quad (2)$$

Далее умножим обе части соотношения (2) на $\exp\{-i\omega(\tau_r(x_i, z_i) + \tau_s(x_i, z_i))\} \frac{2 \cos^2 \beta}{\omega}$, проинтегрировав затем по временной частоте ω и углу наклона α . Введём замену переменных $p_x = \frac{2\omega \cos \beta}{c_0(x_i, z_i)} \sin \alpha$; $p_z = \frac{2\omega \cos \beta}{c_0(x_i, z_i)} \cos \alpha$. Далее непосредственными вычислениями получаем главное значение высокочастотного разложения «функции изображения» в текущей точке:

Как видно, правая часть выражении (3) является суперпозицией двух линейных интегральных

$$\Phi(x_i, z_i) = \iint_{x_s \in (x_i, z_i)} dp_x dp_z \iint_{r(x_i, z_i)} \frac{c_1(\xi, \eta)}{c_0(\xi, \eta)} \times \exp(ip_x(x_i - \xi) + ip_z(z_i - \eta)) d\xi d\eta \quad (3)$$

операторов - преобразования Фурье по пространственным переменным от искомого возмущения макроскоростной модели $\frac{c_1(x, z)}{c_0(x, z)}$ и "неполного" обратного

преобразования Фурье. Мы называем обратное преобразование «неполным», потому что множество в спектральной плоскости, по которому оно выполняется, является круговым сектором.

Для тестирования описанного выше метода построения изображений была взята синтетическая модель SIGSBEE2A, распространяемая совместным предприятием SMAART. Полученные численные результаты демонстрирует весьма высокое качество восстановления геометрического строения среды.

Предложенный в настоящей работе метод построения изображений в истинных амплитудах в конечном итоге сводится к взвешенному суммированию исходных данных ВСП. Его основным отличием является использование для построения весов Гауссовых пучков, выпускаемых из целевой области в направлении системы наблюдения. Хотелось также обратить внимание на чрезвычайно важное свойство изложенного подхода, позволяющее получать селективные изображения, содержащие только лишь заданным образом ориентированные отражающие элементы. На этой основе может быть получена информация о распределении в среде неоднородностей субсейсмического масштаба.

Данная работа была выполнена при поддержке Schlumberger Moscow Research, и при частичной поддержке РФФИ проекты № 07-05-00538, № 05-05-64277-а и гранта им. М.А. Лаврентьева для молодых ученых СО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

- G. Beylkin, 1985. Imaging of discontinuities in the inverse scattering problem by inversion of a causal generalized Radon transform: Journal of Mathematical Physics, 26, 99 – 108.
M.M.Popov, 2002. Ray theory and Gaussian beam for geophysicists. EDUFBA, SALVADOR-BAHIA.
Протасов М.И., Чеверда В.А. Построение сейсмических изображений в истинных амплитудах.// Доклады Российской Академии Наук, 2006, т.407(4), с. 441-446.