Международная конференция “Обратные и некорректные задачи математической физики”,
посвященная 75-летию академика М.М.Лаврентьева, 20-25 августа 2007 г., Новосибирск, Россия

Полное обращение упругих волновых полей применительно к определению строения среды ниже забоя скважины.

И.Ю. Сильвестров*

* ИНГГ СО РАН,
пр. Ак. Коптюга, 4,
630090 Новосибирск, Россия
E-mail: ilya_s@uiggm.nsc.ru

Работа выполнена в сотрудничестве с Московским научным центром фирмы Шлюмберже, а также при частичной финансовой поддержке РФФИ (проекты 05-05-64227, 07-05-00538) и СО РАН (Молодежный Лаврентьевский грант 2007)

В работе рассматривается одна из обратных задач нефтяной сейсморазведки - определение строения геологической среды ниже забоя скважины по данным непродольного вертикального сейсмического профилирования, то есть данным полученным при системе наблюдений, в которой источник колебаний находится на поверхности земли на некотором удалении от скважины, а приемники располагаются в скважине. Для ее решения применяется подход, известный как "обращение волнового поля в полной постановке" (см. [1]).

Формально рассматриваемую задачу можно записать в виде: $B(\vec{m}) = \vec{u}^{(obs)}$, где $\vec{m}$ - неизвестные параметры среды, $\vec{u}^{(obs)}$ - данные наблюдений, B - нелинейный оператор, который неявно описывается двумерными уравнениями теории упругости в случае неоднородной изотропной среды. Для решения операторного уравнения используется модифицированный метод Ньютона-Канторовича:

$$DB(\vec{m}_0) < \vec{m}_{k+1} - \vec{m}_k >= \vec{u}^{(obs)} - B(\vec{m}_k), \quad (1)$$

где DB - производная Фреше оператора B. Оператор DB вначале строится формально с использованием стандартной линеаризации. Затем в работе доказывается, что построенный таким образом линейный оператор действительно есть производная по Фреше исходного нелинейного оператора.

Для рассматриваемого класса задач, оператор DB является компактным (см. [2]), поэтому задача является условно-корректной по Тихонову. С целью выявления основных особенностей уравнения (1), на предварительном этапе выполняется анализ сингулярного разложения оператора DB для простой модели среды. С его помощью удается строго обосновать выбор параметров упругой среды наиболее подходящих для обращения. Так же показывается влияние формы импульса зондирующего сигнала на решение обратной задачи.

Следующим этапом является непосредственное численное решение уравнения (1). Прежде всего, с целью формирования его правой части расчитывается волновое поле для текущей модели среды. При этом применяется явный конечно-разностный метод второго порядка на сдвинутых сетках[3]. Ограничение расчетной области производится с помощью построения идеально согласованного слоя (PML)[4]. Решение линейного уравнения (1) производится итерационным методом LSQR[5], который является одной из реализаций метода сопряженных градиентов для произвольных матриц и рассматривается как регуляризирующая процедура по числу итераций.

На заключительном этапе работы изучается сходимость алгоритма и показывается эффективность разрабатываемого подхода на примере синтетических данных.

Список литературы

[1] *Tarantola A.* Inverse Problem Theory and Model Parameter Estimation // SIAM, 2005.

[2] *Cheverda V.A., Clement F., Khaidukov V.G., Kostin V.I* Linearized inversion of data of multi-offset data for vertically inhomogeneous background // J. Inv. Ill-Posed Problems, 1998, Vol. 6, No 5. pp 453-484

[3] *Virieux J.* P-SV wave propagation in heterogeneous media: velocitystress finite difference method // Geophysics, 1986, 49, 1933 - 1957.

[4] *Collino F., Tsogka C.* Application of PML absorbing layer model to the linear elastodynamic problem in anisotropic heterogeneous media // Geophysics, 2001, 66, 294 - 307.

[5] *Paige C. C., Saunders M. A.* LSQR: An algorithm for sparse linear equations and sparse least squares // TOMS 1982, 8(1), 43-71.