

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЯ ПРЯМЫХ И ОДНОКРАТНО
ОТРАЖЕННЫХ ПРОДОЛЬНЫХ И ПОПЕРЕЧНЫХ ВОЛН В
ТРЕХМЕРНЫХ НЕПАРАЛЛЕЛЬНО-СЛОИСТЫХ СРЕДАХ**

А.А. Мухин, А.В. Решетников, И.А. Гирман
(ООО «ГЕОВЕРС», Москва)

**TECHNOLOGY OF DIRECT AND SINGLE-REFLECTED
ELASTIC WAVES FIELD CALCULATION FOR 3D NON-
PARALLEL LAYERED MODELS**

A.A. Mukhin, A.V. Reshetnikov, I.A. Girman
(*GEOVERS Ltd., Moscow*)

Аннотация. В настоящей работе описывается технология моделирования волновых полей для трехмерных не параллельно-слоистых сред, основанная на применении лучевого метода. Основная идея состоит в том, что в процессе расчетов одновременно не прослеживаются траектория луча от источника к приемнику. Вместо этого проводится расчет траекторий лучей до каждой границы от источника и от приемника по отдельности. При этом формируются два так называемых поверхностных источника (функции направления входа луча, заданные на сетке по всей поверхности границы), которые сравниваются на предмет выявления точек событий (отражения/преломления – в зависимости от типа рассчитываемой волны). Информация в этих точках используется для формирования волнового поля.

Abstract. This work describes technology of elastic waves field computation for 3D non-parallel layered models. The technology is based on ray-method application. The idea is to separate calculations of the ray trajectories from source and receiver to the bound, instead of monitoring ray-trajectory directly from source to receiver. For each pair of source-receiver, at each border, we calculate surface sources (grid-defined functions of ray-in angle) and compare them to define the incident (reflection or refraction) points. This information allows to select and trace the rays, coming to the receiver with defined accuracy, and therefore to form the wave field.

При обработке и анализе сейсмических данных все чаще встречаются ситуации, когда одномерных и (или) двумерных моделей геологической среды становится недостаточно для ее корректного описания и исследования. Использование же трехмерных моделей сопровождается известными сложностями. Если для ряда параллельно

слоистых моделей задача расчета волнового поля может быть решена в явном виде, то при дальнейшем усложнении как геометрии слоев, так и распределения скоростей в геологических телах, аналитический способ решения становится слишком громоздким, а иногда и вовсе невозможным. В связи с этим встает вопрос об эффективной методике решения прямых задач для моделей такого типа. В данной работе представлена технология расчета волновых полей с использованием лучевого метода.

Слежение траектории лучей напрямую от источника к приемнику (или иными словами “пристрел”) в трехмерных моделях – нетривиальная задача. Особенно если скоростная модель содержит непараллельные слои, и нас интересуют не только прямые, но и отраженные волны. Поэтому предложенный метод основывается на разделении лучевых траекторий на две части: от источника до границы и от приемника до границы, которые формируются отдельно. На практике это сводится к следующему. Каждая граница скоростной модели покрывается прямоугольной сеткой. Эта сетка обстреливается из источника, причем каждая ячейка сетки хранит в себе время и углы прихода луча - формируется так называемый “поверхностный источник”. Для каждой границы рассчитывается набор таких поверхностных источников, соответствующих всем пунктам взрыва (далее ПВ) и всем пунктам приема (далее ПП).

Затем поверхностные источники (каждой границы) от всех ПП и ПВ попарно сравниваются на предмет выполнения условия отражения/преломления (в зависимости от типа рассчитываемой волны). Ячейки сетки, в которых произошло событие (рис. 1), формируют массив структур, каждая из которых соответствует лучу, заведомо попадающему из данного ПВ в данный ПП с заданной точностью. Стоит отметить, что в случае криволинейной границы таких ячеек может быть несколько, что означает наличие в данном теле множественных лучевых путей. Объединив ячейки событий для всех границ и всех пар ПВ-ПП и проследив такие лучи, можно получить информацию о траекториях, полном времени хода, а также рассчитать коэффициенты отражения/преломления, геометрическое расхождение и сформировать волновое поле.

Среди преимуществ данного метода необходимо прежде всего отметить относительную гибкость алгоритмов. Во-первых, при необходимости они позволяют получать поля только определенных типов волн (продольных, отраженных от данной границы и т.п.), если другие не представляют интереса. Во-вторых, такая схема позволяет разбивать задачу на логически завершенные и независимые этапы, что делает ее адаптируемой для параллельных вычислений и экономной по времени и

ресурсам. В-третьих, метод обобщается на случай моделей с более сложной топологией и распределением скоростей. При наличии сервиса для описания сложно построенных моделей и слежения лучей в них, сама технология построения поверхностных источников и результирующего поля не требует сильного усложнения.

Литература

1. А. С. Алексеев, Б. Я. Гельчинский. О лучевом методе вычисления полей волн в случае неоднородных сред с криволинейными границами раздела. //Вопросы динамической теории распространения волн. Сборник III. – Л., 1959г., стр. 11-107.
2. Н. Н. Матвеева, Л. Н. Антонова. Метод и программа расчета кинематики и динамики объемных волн в трехмерных неоднородно блоковых средах. //Программы для интерпретации сейсмических наблюдений. 2. - Л., 1977г., стр. 173-211.

Список рисунков

1. Элемент результата сравнения поверхностных источников – ячейка сетки, в которой произошло событие (отражение/преломление) для ряда приемников