МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТРЕХМЕРНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ С РАЗЛОМАМИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРЯМЫХ И ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ГЕОФИЗИКИ

Ларичев В.А., Лесонен Д.Н., Максимов Г.А., Подъячев Е.В., Деров А.В.

(Московский инженерно-физический институт (государственный университет))

Аннотация. В докладе представлен подход и реализующий его программный комплекс для моделирования сложных трехмерных геологических структур. Использование параметрических В-сплайнов, для аппроксимации произвольно распределенных в пространстве данных при построении отдельной геофизической поверхности совместно с иерархической структурой типа дерева для упорядочения отдельных поверхностей в общей модели и удаления их пересекающихся частей, являются оригинальными подходами данной разработки. Развитая математическая модель построения трехмерных геологических структур с разломами позволяет создавать сложные геологические структуры на основе реальных данных с их трехмерной визуализацией, также как и рассчитывать сейсмические волновые поля в реальных геологических структурах.

Современный уровень детальности и точности описания геологических сред, необходимый для поиска и выделения перспективных нефтяных и газовых горизонтов, требует использования трехмерных моделей геологических структур для решения как прямой, так и обратной задач сейсмического профилирования. Таким образом, моделирование сложных трехмерных геологических структур с внутренними границами по реальным произвольно распределенным данным для их дальнейшей трехмерной визуализации и расчета волновых полей в таких структурах является актуальной задачей.

Чтобы быть адекватными реальности, математические модели сред должны удовлетворять следующим требованиям:

Модель должна описывать блочно-однородную (градиентную), преимущественно слоистую структуру с криволинейными границами отдельных блоков, возможно, с их неоднозначной проекцией на горизонтальную плоскость, а также с возможностью внутренних разрывов.

Входными данными модели является информация о положении границ структурных элементов (границах геологических слоев и разломов) в виде набора произвольно расположенных в пространстве точек, заданных, возможно, с некоторой погрешностью.

Модель должна позволять вычислять свойства среды в любой ее точке, а также такие параметры границ ее структурных элементов, как координаты границ, нормали к ним и локальные кривизны.

Модель должна описываться, по возможности, минимальным количеством параметров, зависящим от сложности описываемой структуры.

В предлагаемом подходе используется слоистая структура среды, но при этом границы слоев представляют собой в целом гладкие искривленные поверхности с разрывами, в общем случае с неоднозначной проекцией на горизонтальную плоскость. Каждая поверхность строится независимо, по соот-

ветствующим ей данным сейсморазведки и скважинным данным, и представляет собой параметрический бикубический сплайн, получаемый как решение вариационной задачи. Это позволяет удовлетворить различным дополнительным условиям, в частности разнообразным граничным условиям.

Данный подход позволяет описывать гладкие поверхности с внутренними разрывами, как показано на рис. 1 - рис. 3.

Рис. 1.

Рис. 2.

Чтобы исключить их взаимное пересечение и описать сложные геологические структуры границы упорядочиваются в рамках иерархической модели, которая

Рис. 3.

определяет, какие из частей границы реально существуют, а какие должны быть удалены. Таким образом, такой подход позволяет описывать весьма сложные геологические структуры, границы которых имеют

значительную кривизну, и могут иметь неоднозначную проекцию на горизонтальную плоскость, а также разрывы, сбросы и др.

Для решения различных задач в рамках представленной модели разработаны алгоритмы, позволяющие определить свойства среды в любой точке как внутри слоя, так и на граничных поверхностях. Разработаны алгоритмы расчета волнового поля в модели в лучевом приближении. В частности, решена задача лучевой трассировки от источника к приемнику, а также задача вычисления волнового поля вдоль лучей.

Все описанные выше алгоритмы включены в разработанный авторами программный комплекс, предназначенный для создания трехмерных моделей геологических структур, их трехмерной визуализации, а также для расчета волновых полей в рамках созданных моделей.