

УДК 519.63

Численное решение трёхмерных динамических задач слоистых трещиноватых сред

В.И. Голубев<sup>1</sup>, Р.И. Гилязутдинов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)

В связи с истощением давно разрабатываемых месторождений углеводородов и открытием новых трудноизвлекаемых запасов актуальной задачей становится усовершенствование методик проведения сейсмической разведки с целью точной оценки имеющихся объёмов и оптимизации стратегии добычи. Благодаря интенсивному развитию высокопроизводительных вычислительных систем становится возможным проведение компьютерного моделирования данного процесса и получение синтетических сейсмограмм с откликами от произвольных неоднородностей. Целью данной работы являлось построение трёхмерной модели трещиноватой слоистой среды, описывающей нефтегазовое месторождение, и расчёт её сейсмического отклика.

Динамическое состояние упругой среды в полной постановке описывается системой гиперболических уравнений в частных производных [1]. В данной работе для её численного решения использовался сеточно-характеристический метод [2] на структурных расчётных сетках. Сеточно-характеристический метод уже хорошо зарекомендовал себя при моделировании сейсмических процессов в трещиноватых и слоистых средах в двумерной постановке [3, 4]. Он позволяет корректно выделять геологические неоднородности (слои, трещины, включения) и учитывает внутренние свойства определяющей системы уравнений. Расчётная область представляла собой куб  $10 \times 10 \times 3$  км. В нём были заданы слои с горизонтальными границами, отличающимися упругими свойствами среды (скорости распространения продольных и поперечных волн). На глубине 2 км также располагался кластер с 31 трещиной, протяжённость каждой из которых составляла  $100 \times 3000$  м. В качестве начального возмущения использовалась продольная волна, распространяющаяся от дневной поверхности. Система наблюдения состояла из  $201 \times 201$  трёхкомпонентных датчиков, расположенных на поверхности через каждые 50 м.

На рис. 1 представлены синтетические сейсмограммы вдоль центрального профиля, проходящего перпендикулярно к плоскости трещин, построенные по значениям вертикальной  $V_z$  и горизонтальной  $V_y$  компоненты скорости. Их изучение показывает, что полезный сигнал может быть выделен при анализе горизонтальной компоненты.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-07-31181 мол\_а.

## Литература

1. *Седов Л.И.* Механика сплошной среды. Том 1. – М.: Наука, 1970. – 492 с.
2. *Магомедов К.М., Холодов А.С.* Сеточно-характеристические численные методы. – М.: Наука, 1988. – 288 с.
3. *Квасов И.Е., Панкратов С.А., Петров И.Б.* Численное моделирование сейсмических откликов в многослойных геологических средах сеточно-характеристическим методом // Математическое моделирование. – 2010. – Т. 22, № 9. – С. 13 – 22.
4. *Левянт В.Б., Петров И.Б., Квасов И.Е.* Численное моделирование волнового отклика от субвертикальных макротрещин, вероятных флюидопроводящих каналов // Технологии сейсморазведки. – 2011. – № 4. – С. 41 – 61.
5. *Голубев В.И.* Методика отображения и интерпретации результатов полноволновых сейсмических расчётов // Труды МФТИ. – 2014. – Т. 6, № 1. – С. 154 – 161.

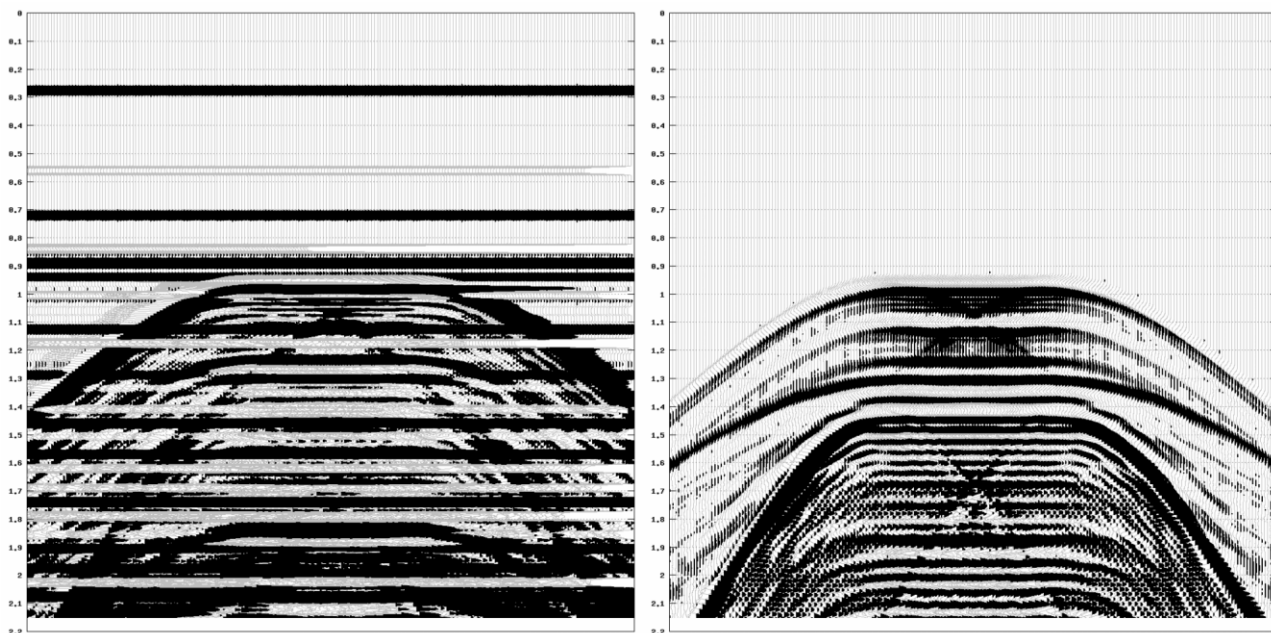


Рис. 1. Синтетические сейсмограммы, построенные по данным  $V_z$  (слева) и  $V_y$  (справа), для трёхмерной модели многослойной трещиноватой среды