

АЛГОРИТМ СЕЙСМИЧЕСКОЙ МИГРАЦИИ В ОБРАТНОМ ВРЕМЕНИ НА ОСНОВЕ
ЭФФЕКТИВНОГО ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРВЫХ ВСТУПЛЕНИЙ
СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН

А.С. Смелов, Г.С. Чернышов

Научный руководитель ст. науч. сотр. А.С. Сердюков

Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Предлагается новый численный алгоритм моделирования распространения сейсмических волновых полей. Конечно-разностное решение уравнений упругости происходит только в полосе, следующей за фронтом первых вступлений, которую далее будем называть «окном». Положение «окна», т.е. фронта первых вступлений, рассчитывается путем численного решения уравнения эйконала [3, 4]. Предлагаемый подход «оконого» моделирования позволяет существенно ускорить вычисления (т.к. конечно-разностные вычисления проводятся в бегущем «окне», а не во всей расчетной области) и уменьшить объем оперативной памяти, необходимый для хранения поля. На тестах показана возможность ускорения до 40 раз и экономии памяти до 50 раз [5].

Данный подход позволяет моделировать только волновые формы первых вступлений, но этого оказывается достаточно для многих процедур сейсмической миграции. В частности, в данной работе рассматривается распространенная процедура миграции в обратном времени [1, 2], реализация которой требует больших объемов вычислений. Показано, что кроме ускорения миграции, данный подход позволяет избежать появления "артефактов" – ложных изображений несуществующих границ.

Сейсмическая миграция в обратном времени на основе моделирования в «окне»

Задача миграции состоит в том, чтобы трансформировать сейсмические данные в изображение отражающих границ, используя известную макроскоростную модель (которая оценивается на предшествующих этапах обработки сейсмических данных). Как правило, макроскоростная модель берется гладкой, что позволяет получать точные сейсмические изображения в большинстве геологических моделей. Исключение составляет случаи, когда в скоростном разрезе присутствуют контрастные высокоскоростные слои, границы которых можно определить хорошо, но сильно падает точность восстановления целевых отражающих границ под ними. Для решения данной проблемы предлагается моделирование падающего поля внутри «окна», при использовании макроскоростной модели с контрастными границами.

Тестирование алгоритма на синтетических данных

На рис. 1а представлена синтетическая скоростная модель среды и геометрия наблюдений: 17 источников типа центра расширения показаны треугольниками, 400 приемников были равномерно распределены вдоль зеленой линии. Контрастный высокоскоростной слой показан желтым цветом. Для этой модели были сделаны расчеты волновых полей методом конечных разностей для разных положений источников и для линии приемников (зеленая линия на рис. 1а).

В предположении, что границы контрастного слоя известны, можно рассмотреть два варианта задания макроскоростной модели. На рис. 1б показана модель с контрастным слоем, на рис. 1в – со сглаженным слоем. Именно второй вариант сглаженной модели обычно используется на практике, т.к. использование контрастной миграционной модели порождает артефакты.

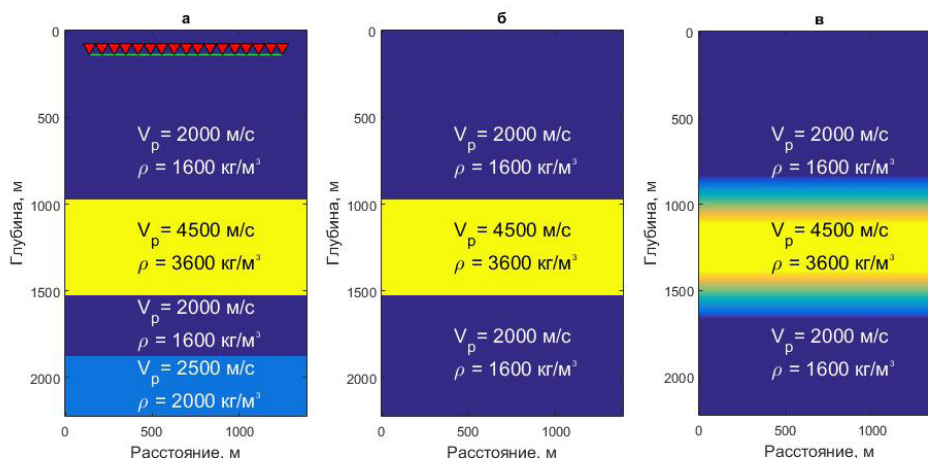


Рис.1. (а) – модель среды и геометрия наблюдений; (б) – контрастная макроскоростная модель; (в) – сглаженная макроскоростная модель

К сейсмограммам после подавления кратных волн была применена процедура миграции в обратном времени. На рис. 2а показан результат стандартного подхода к миграции в обратном времени, т.е. использование сглаженной скоростной модели (см. рис. 1в) и стандартный расчет волновых полей. На рис. 2б

показан результат миграции с расчетом полного поля в контрастной скоростной модели (см. рис. 1б). На рисунке видно, что использование контрастной скоростной модели дает более четкое изображение верхней границы, но порождает большое количество артефактов, особенно в верхней части изображения. Наконец, на рис. 2в показан результат нового алгоритма миграции в применении к контрастной скоростной модели (см. рис. 1б). При этом расчет «прямого» поля от источника проводился в «окне».

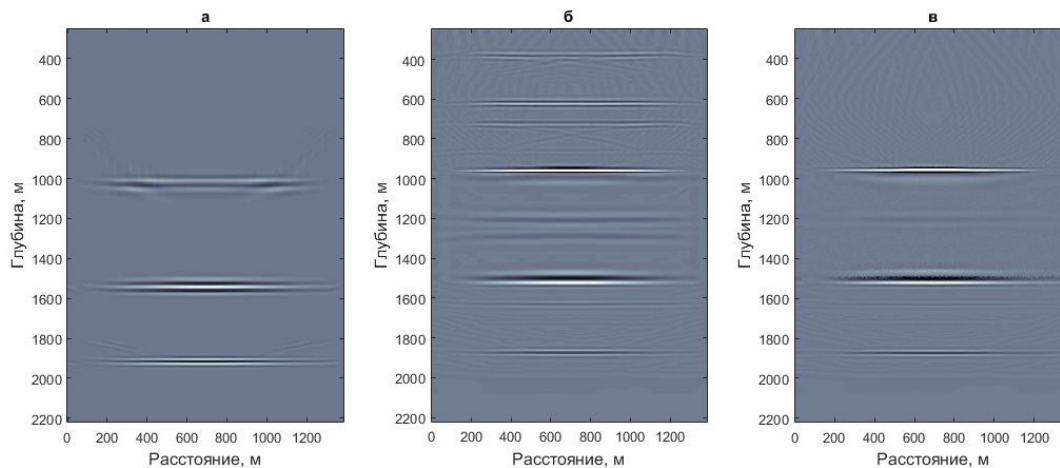


Рис.2. Результат миграции в обращенном времени: (а) – сглаженная модель (рис. 1в) и расчет поля во всей области, (б) – контрастная модель (рис. 1б) и расчет поля во всей области, (в) – контрастная модель (рис. 1б) и расчет поля в «окне»

В работе предложен новый метод конечно-разностного моделирования и сохранения сейсмического волнового поля в окрестностях фронтов первых вступлений. Использование моделирования волнового поля в «окне» позволяет не только ускорить вычисления, но и повысить качество сейсмических изображений отражающих границ при реализации миграции в обращенном времени за счет возможности использования миграционных скоростных моделей с контрастными границами. Полученные в этом случае результаты миграции показывают лучшее разрешение и более точное положение границ, что важно для последующей геологической интерпретации мигрированных сейсмических разрезов.

Литература

1. Baysal E., Kosloff D.D., Sherwood J.W.C. Reverse time migration // *Geophysics*. – 1983. – Vol. 48. – № 11. – P. 1514-1524.
2. McMechan G.A. Migration by extrapolation of time-dependent boundary values // *Geophysical Prospecting*. – 1983. – Vol. 31, – № 3. – P. 413-420.
3. Sethian J.A. Level set methods and fast marching methods: evolving interfaces in computational geometry, fluid mechanics, computer vision, and materials science. – Cambridge university press, 1999. – Т. 3. – 400 p.
4. Zhao H.A. fast sweeping method for eikonal equations // *Mathematics of computation*. – 2005. – Т. 74. – №. 250. – С. 603-627.
5. Сердюков А.С., Дучков А.А., Никитин А.А. Численное моделирование динамики первых вступлений для метода волновой томографии // ГЕО-Сибирь-2014, Междунар. науч. конф.: «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Геоэкология»: Сб. материалов в 4 Т. – Новосибирск, 2014. – Т. 3. – С. 49-54.