

Выделение рассеянной компоненты волнового поля в области сейсмических данных: влияние на построение дифракционных изображений

*М. И. Протасов¹**

¹ Институт нефтяной геологии и геофизики СО РАН, г. Новосибирск,
Российская Федерация

* e-mail: protasovmi@ipgg.sbras.ru

Аннотация. Рассеянные волны используются для построения дифракционных сейсмических изображений. Существуют различные алгоритмы их извлечения, которые можно разделить на три класса по шагам обработки данных: процедуры в области данных, алгоритмы на основе миграции и обработка изображений. В представленной работе проводится исследование влияния выделения рассеянных волн в области данных на процедуру миграции, основанную на построении селективных изображений. Численные эксперименты представлены на синтетических данных, полученных для реалистичной модели с трещинами для одного из месторождений Восточной Сибири.

Ключевые слова: сейсмические данные, выделение рассеянных волн, дифракционные изображения

Diffraction identification in data domain: influence on diffraction imaging

*M. I. Protasov¹**

¹ Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation

* e-mail: protasovmi@ipgg.sbras.ru

Abstract. Scattered waves are used to construct diffraction seismic images. There are various algorithms for their extraction, which can be divided into three classes regarding the data processing steps: data domain procedures, migration-based methods, and image processing. The presented paper provides an investigation of the influence of the data domain extraction of scattered waves on the migration procedure based on the construction of selective images. Numerical experiments were performed using synthetic data got for a realistic model with fractures for the field in Eastern Siberia.

Keywords: seismic data, scattered wave extraction, diffraction images

Введение

Рассеянные волны используются для построения дифракционных сейсмических изображений. Существуют различные алгоритмы их выделения, которые можно разделить на три класса по отношению к процессу обработки: в области данных (например, [1]), в процессе миграции (например, [2]) и при обработке изображений (например, [3]).

Алгоритмы, которые выделяют рассеянные волны в процессе миграции, основаны на подавлении энергии отражённых волн, но при этом они подавляют часть энергии рассеянных волн. Таким же недостатком обладают алгоритмы об-

работки изображений. Не идеально, но наиболее полно рассеянные волны возможно сохранить при работе непосредственно в области сейсмических данных. При этом возникает возможность более широкого использования как процедур миграции, так и процедур обработки изображений.

В рамках данной работы проведено исследование влияния выделения рассеянной компоненты поля в области данных на процедуру миграции, ориентированную на построение селективных изображений [4]. Численные эксперименты выполнены с использованием синтетических данных, полученных для реалистичной модели с трещинами для одного из месторождений в Восточной Сибири.

Разрешающая способность при построении селективных изображений

Для построения дифракционных изображений используется концепция селективных изображений [4]:

$$SelectivImage(\bar{x}; \alpha, \beta) = \int T_{qp}^{gbs}(x_s; \bar{x}; \alpha, \beta; \omega) \cdot T_{qp}^{gbr}(x_r; \bar{x}; \alpha, \beta; \omega) \cdot u(x_r; x_s; \omega) dx_r dx_s d\omega, \quad (1)$$

где \mathbf{u} – сейсмические данные, $\mathbf{x}_r/\mathbf{x}_s$ – координата источника/приёмника, ω – частота, α, β – углы наклона и открытия, $T_{qp}^{gbs(r)}$ – веса суммирования по источникам(приёмникам). Для расчёта полного изображения, соответствующего стандартной миграции сейсмических данных необходимо просуммировать селективные изображения по углу наклона и по углу открытия [4].

Детальное рассмотрение отдельных селективных изображений и их частичных сумм показывает, что их разрешающая способность различается. На примере модели с рассеивателями видно, что разрешающая способность повышается по мере увеличения количества селективных изображений, соответствующих увеличению диапазона углов наклона (Рис. 1). Таким образом, чем больший интервал углов наклона доступен для построения дифракционного изображения, тем лучше его пространственное разрешение. Необходимо отметить, что наибольший диапазон углов наклона будет достигаться тогда, когда рассеянные волны будут выделены в сейсмических данных.

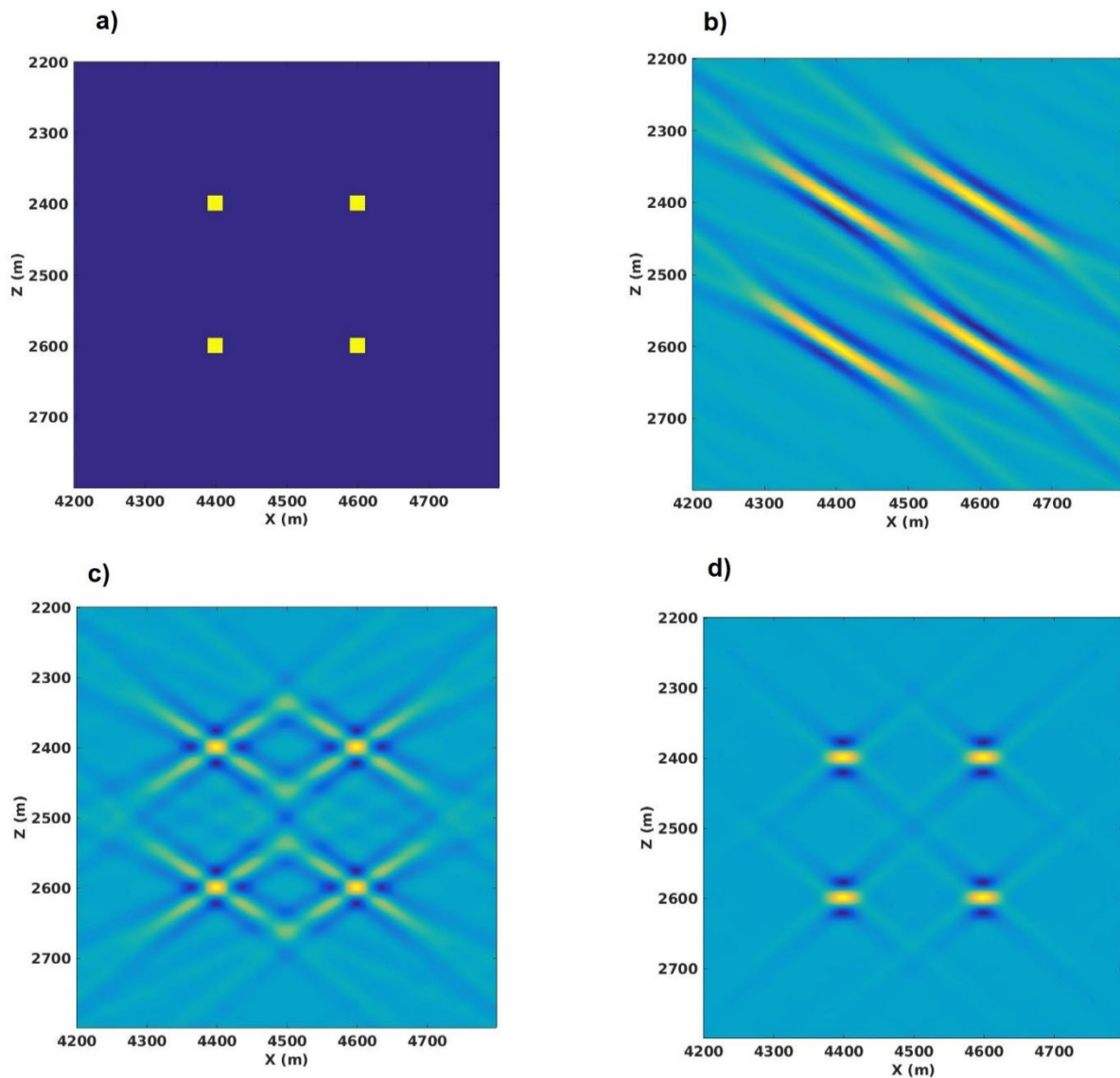


Рис. 1. а) Модель с рассеивателями. б) Сумма селективных изображений: $a = [25^{\circ}, 40^{\circ}]$. в) Сумма селективных изображений: $a = [-40^{\circ}, -25^{\circ}]$ и $a = [25^{\circ}, 40^{\circ}]$. г) Сумма селективных изображений: $a = [-40^{\circ}: 1^{\circ}: 40^{\circ}]$

Выделение рассеянной компоненты в данных

Далее рассматривается реалистичная синтетическая модель (Рис. 2а), в которой расположены объекты дифракции: слой с трещинами и разломы. В этой модели рассчитаны синтетические данные методом конечных разностей (Рис. 2д). Затем, чтобы исключить влияние недостаточно хорошего выделения рассеянной компоненты различными алгоритмами, проведен численный эксперимент по «идеальному» выделению только рассеянных волн. Для этого в модель добавлен ещё один слой с трещинами (Рис. 2б) и рассчитаны данные в этой модели (Рис. 2е). Соответственно, чтобы получить волны, рассеянные на неоднородностях, соответствующих трещинам (Рис. 2с), нужно взять разность волновых полей (Рис. 2ф). Этот результат и считается «идеальным» выделением рассеянных волн.

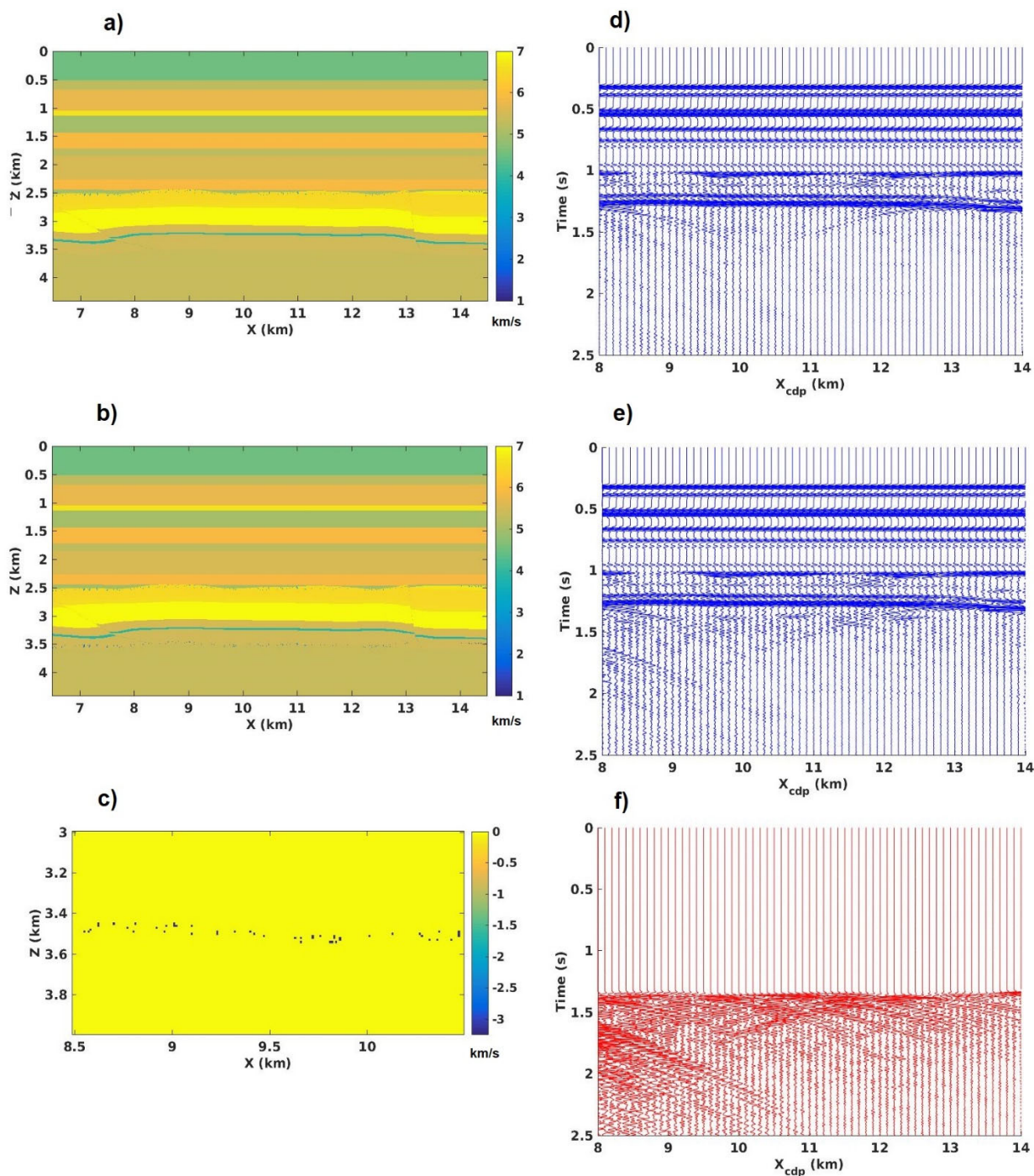


Рис. 2. Исходная реалистичная модель, полученная по данным сейсморазведки.
 б) Реалистичная модель со слоем с трещинами.

с) Разность моделей в области слоя с трещинами. д) Сейсмограмма нулевого выноса для исходной модели. е). Сейсмограмма нулевого выноса для модели со слоем трещин. ф) Разность сейсмограмм д) и е).

Построение дифракционных изображений

Для построения дифракционных изображений используются два набора данных: исходные сейсмические данные, содержащие все типы волн (Рис. 2е), и данные после «идеального» вычитания, где остались только волны, рассеянные

на трещинах (Рис. 2f). Сначала для исходных сейсмических данных построены «полное» изображение (Рис. 3а) и дифракционное изображения (Рис. 3б), где суммируются селективные изображения для углов $a = [-40^{\circ}: 1^{\circ}: 40^{\circ}]$ в первом случае, а для второго $a = [-40^{\circ}: 1^{\circ}: -25^{\circ}]$ и $a = [25^{\circ}: 1^{\circ}: 40^{\circ}]$. На дифракционном изображении прослеживаются два слоя с трещинами и разломы, однако также видны остатки отражённых волн.

Затем к данным, содержащим только волны, рассеянные на неоднородностях от нижнего слоя, применена аналогичная процедура построения изображений для углов $a = [-40^{\circ}: 1^{\circ}: 40^{\circ}]$. Видно существенное различие на дифракционных изображениях, построенных по данным без предварительного разделения (Рис. 3с) и по данным, содержащим только рассеянные волны (Рис. 3д). Во втором случае изображение является более сфокусированным и менее шумным.

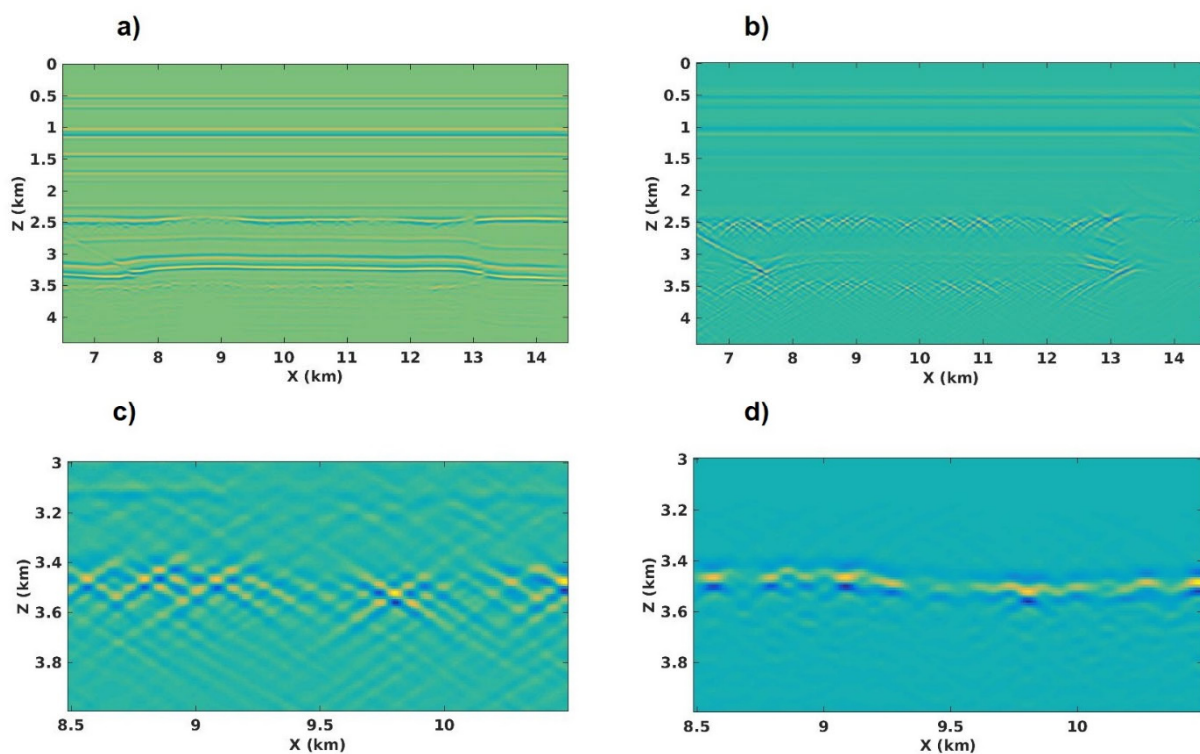


Рис. 3. Изображения, построенные по данным с отраженными и рассеянными волнами: а) «полная» сумма селективных изображений, $a = [-40^{\circ}: 1^{\circ}: 40^{\circ}]$; б) частичная сумма селективных изображений, $a = [-40^{\circ}: 1^{\circ}: -25^{\circ}]$ и $a = [25^{\circ}: 1^{\circ}: 40^{\circ}]$; в) увеличение изображения частичной суммы. д) Изображения, построенные по данным с рассеянными волнами только - «полная» сумма селективных изображений $a = [-40^{\circ}: 1^{\circ}: 40^{\circ}]$

Заключение

В работе проведено исследование влияния выделения рассеянной компоненты поля в области данных на процедуру миграции, ориентированную на построение селективных изображений. Показано, что при предварительном разделе-

нии волновых полей в области сейсмических данных, дальнейшее построение дифракционных изображений только рассеянной компоненты позволяет получить более сфокусированное и менее шумное изображение, чем при построении дифракционных селективных изображений по полному волновому полю.

Благодарности

Данное исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда грант №21 71 20002. Результаты работы были получены с использованием вычислительных ресурсов суперкомпьютерного центра Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (scc.spbstu.ru).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bansal R., Imhof M. Diffraction enhancement in prestack seismic data // *Geophysics*. – 2005. – Vol. 70. – P. 73-79.
2. Fomel S., Landa E., Taner T. Poststack velocity analysis by separation and imaging of seismic diffractions // *Geophysics*. – 2007. – Vol. 72. – P. 89–94.
3. Moser T.J., Howard C.B. Diffraction imaging in depth // *Geophysical Prospecting*. – 2008. – Vol. 56. – P. 627–642.
4. Protasov M.I., Reshetova G.V., Tcheverda V.A. Fracture detection by Gaussian beam imaging of seismic data and image spectrum analysis // *Geophysical Prospecting*. – 2016. – Vol. 64. – P. 68–82.

© М. И. Протасов, 2022