

М. И. Протасов^{1}*

Качество рассеянных волн и скоростной модели при построении дифракционных изображений

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. Для построения дифракционных изображений важно получить достаточно точную скоростную модель и иметь сейсмические данные с высоким качеством рассеянных волн. В представленной работе проводится исследование влияния качества скоростной модели и выделения рассеянных волн в области данных на процедуру миграции, основанную на построении селективных изображений. Численные эксперименты выполнены с использованием синтетических данных, полученных для модели Marmousi и реалистичной модели с трещинами для одного из месторождений в Восточной Сибири, а также реальных сейсмических данных из Западной Сибири.

Ключевые слова: сейсмические данные, точность скоростной модели, качество рассеянных волн, дифракционные изображения

М. И. Протасов^{1}*

Quality of scattered waves and velocity model in diffraction imaging

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. To build diffraction images, it is important to obtain a sufficiently accurate velocity model and to have seismic data with high quality of scattered waves. In the presented work, we study the influence of the quality of the velocity model and the separation of scattered waves in the data domain on the migration procedure based on the construction of selective images. Numerical experiments are performed using synthetic data obtained for the Marmousi model and a realistic model with fractures for one of the fields in Eastern Siberia, as well as real seismic data from Western Siberia.

Keywords: seismic data, accuracy of velocity model, quality of scattered waves, 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 [1], в процессе миграции [2] и при обработке изображений [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 обработки изображений. Не идеально, но наиболее полно рассеянные волны воз-

можно сохранить при работе непосредственно в области сейсмических данных. При этом возникает возможность более широкого использования как процедур миграции, так и процедур обработки изображений.

Для миграции отражённых волн важно построить качественную скоростную модель. Для построения дифракционных изображений зачастую используется модель, полученная по результатам обработки отражённых волн. Однако не всегда такая модель является удовлетворительной для построения дифракционных изображений.

В рамках данной работы проведено исследование влияния качества скоростной модели и выделения рассеянной компоненты поля в области данных на качество построения дифракционных изображений, основанной на частичной миграции сейсмических данных [4]. Численные эксперименты выполнены с использованием синтетических данных, полученных для модели Marmousi и реалистичной модели с трещинами для одного из месторождений в Восточной Сибири, а также реальных сейсмических данных из Западной Сибири.

Влияние точности скоростной модели на дифракционные изображения

Исследование влияния точности скоростной модели проведено на модели Marmousi с расположенными на глубине 3100 м точечными дифракторами (Рисунок 1а). Эта модель была сглажена с разной степенью, и для этих моделей строились изображения отражённых волн и дифракционные изображения. Начиная с определённой степени гладкости модели изображение в отражённых волнах получается структурно корректным. Такая модель условно считается «томографической» (Рисунок 1б). Дифракционные изображения для этой модели в относительно простой левой части модели также оказались сфокусированными и сравнимыми по качеству с дифракционными изображениями для исходной истинной модели, хотя и имеются небольшие неточности в определении местоположения (Рисунок 2). Но для «сложной» центральной части модели изображения дифракторов полностью дефокусированы в «томографической» модели, тогда как для истинной модели получают изображения приемлемого качества (Рисунок 3). Далее, используя «томографическую» модель в качестве начальной для стандартного полноволнового обращения, получено её уточнение (Рисунок 1в), и используя результат обращения также построены изображения. При этом в стандартном полноволновом обращении использовались данные без рассеянных волн, т.е. они рассчитаны для модели без дифракторов. Видно, что изображения для истинной модели и для модели по результатам полноволнового обращения практически идентичны (Рисунки 2, 3). Следует подчеркнуть, что изображение в истинной модели является наилучшим достижимым результатом, поэтому можно утверждать, что он достигается на модели после стандартного полноволнового обращения. Получается, что уточнение модели стандартным полноволновым обращением дает достаточно хорошую модель для построения дифракционных изображений в сложных моделях.

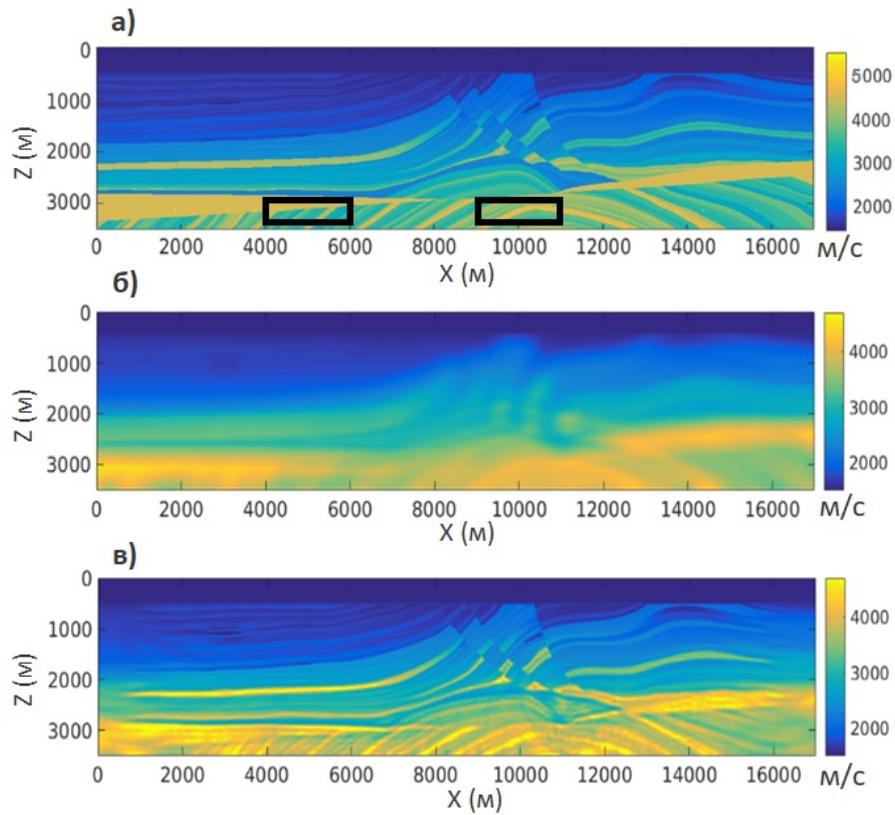


Рис. 1. а) Модель Marmousi с точечными дифракторами на глубине 3100 м. б) Гладкая «томографическая» модель Marmousi. в) Модель как результат полноволнового обращения.

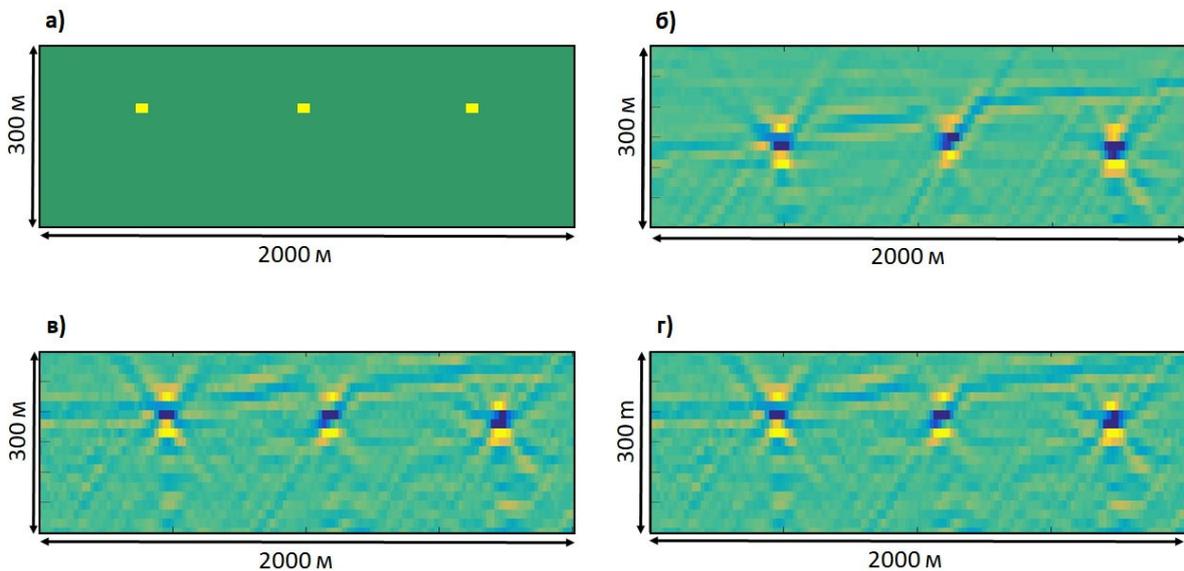


Рис. 2. Модель и дифракционные изображения в левой «простой» части: а) дифракторы; б) изображение в «томографической» модели; в) изображение в исходной модели; г) изображение в модели после полноволнового обращения.

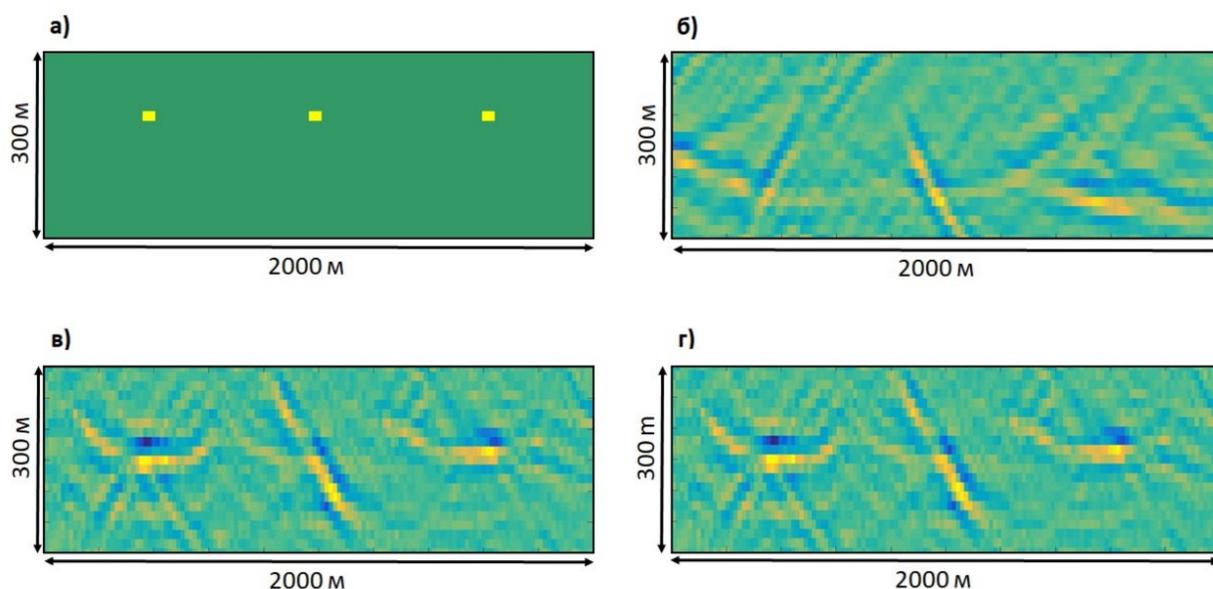


Рис. 3. Модель и дифракционные изображения в центральной «сложной» части: а) дифракторы; б) изображение в «томографической» модели; в) изображение в исходной модели; г) изображение в модели после полноволнового обращения.

Влияние качества рассеянных волн на дифракционные изображения

Алгоритмы выделения дифрагированных/рассеянных волн из сейсмических данных основаны на принципиально различном кинематическом поведении отраженных и дифрагированных/рассеянных волн на сейсмограммах общих удалений. Такие различия дают возможность создать широкий спектр алгоритмов [1]. Здесь используется алгоритм, который заключается в усилении отраженных волн и подавлении всех остальных событий, включая дифракцию, с последующим вычитанием отражений из исходных данных.

Далее предоставлены результаты для реальных данных из Западной Сибири. Для построения дифракционных изображений используются два набора данных: исходные сейсмические данные, содержащие все типы волн (Рис. 4а), и данные после вычитания выделенных отражённых волн (Рис. 4б, 4в). Сначала по исходным сейсмическим данным были построены «полное» изображение (Рис. 4г) и дифракционное изображение (Рис. 4д). На дифракционном изображении видны остатки отраженных волн. Затем к данным остаточного волнового поля, исключаящего отражённое и включающее рассеянное, построено «полное» изображение (Рис. 4е). Видна значительная разница в дифракционных изображениях, полученных по исходным данным без предварительного разделения (Рис. 4д) и по «остаточным» данным (Рис. 4е). Во втором случае, изображение гораздо более сфокусированное и менее шумное, а также это изображение свободно от остаточных элементов отраженных волн.

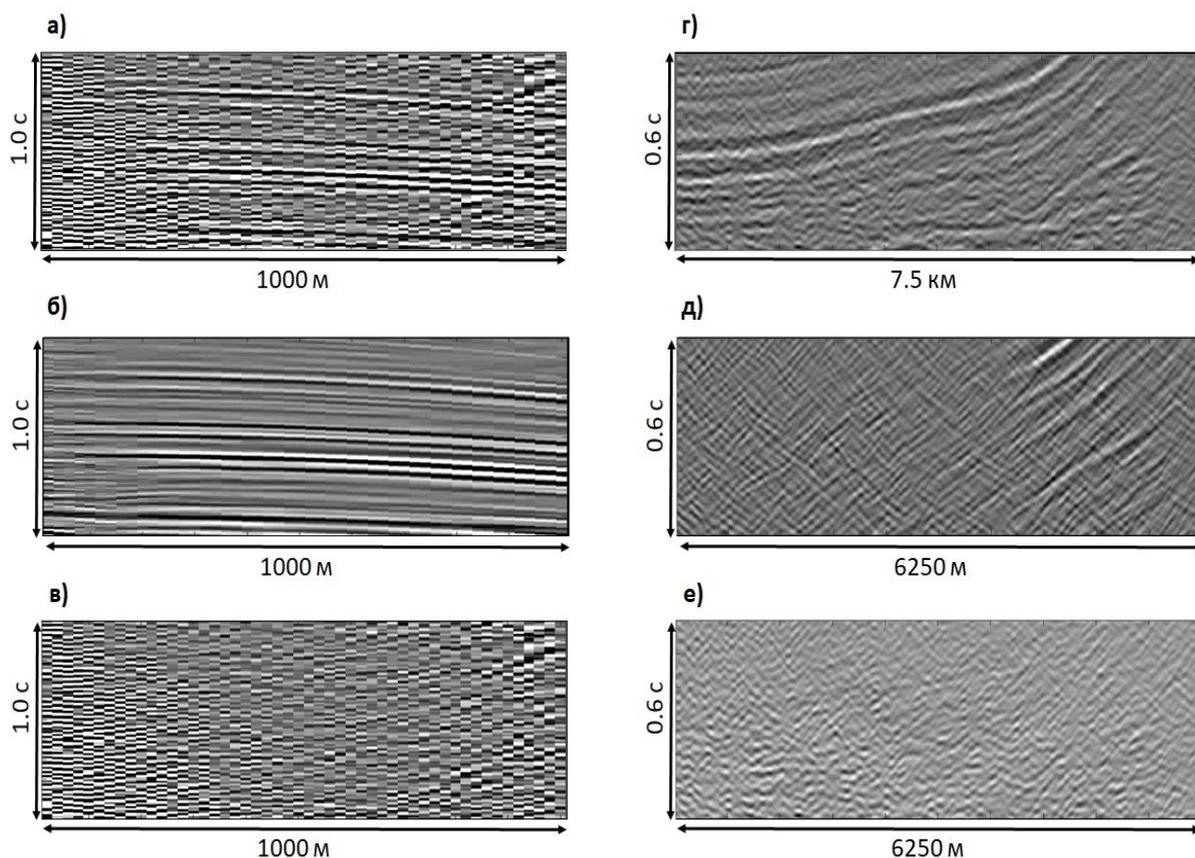


Рис. 4. Сейсмические данные из Западной Сибири и их сейсмические изображения. а) Исходные сейсмические данные. б) Отражённые волны, полученные с помощью предложенного алгоритма. в) Остаточное волновое поле, исключаяющее отражённую компоненту. г) «Полная» сумма селективных изображений исходных данных без обработки: $a = [-30^{\circ}; 5^{\circ}; 30^{\circ}]$. д) частичная сумма селективных изображений исходных данных без обработки, $a = [-30^{\circ}; 5^{\circ}; -15^{\circ}]$ и $a = [15^{\circ}; 5^{\circ}; 30^{\circ}]$; е) «полная» сумма селективных изображений данных остаточного волнового поля, исключаяющее отражённое и включающее рассеянное: $a = [-30^{\circ}; 5^{\circ}; 30^{\circ}]$

Заключение

В работе исследовано влияние скоростных моделей на результаты построения дифракционных изображений. Миграционные модели, которые позволяют получить удовлетворительные результаты изображений отражённых волн, также дают удовлетворительные результаты изображений рассеянных волн в «простых» моделях и неудовлетворительные в «сложных» моделях. При этом уточнение моделей, например, с использованием стандартного полноволнового обращения дает достаточно хорошую модель для построения дифракционных изображений в сложных моделях. Также проведено исследование влияния выделения рассеянной компоненты поля в области данных на процедуру миграции, ориентированную на построение селективных изображений. Показано, что при предварительном разделении 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: Geophysical Prospecting. – 2016. – Vol. 64. – P. 68–82.

© *М. И. Протасов, 2023*