



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Сибирский федеральный университет

## **СЕЙСМОРАЗВЕДКА В СИБИРИ И ЗА ЕЁ ПРЕДЕЛАМИ**

Материалы научно-практической конференции

Красноярск, 14–17 ноября 2023 г.

*Электронное издание*

Красноярск  
СФУ  
2024

УДК 550.834(571.1/.5)  
ББК 26(253)  
С288

Ответственные за выпуск: Никитина Елена Викторовна  
Епифанцева Наталья Сергеевна

**С288 Сейсморазведка в Сибири и за её пределами** : материалы науч.-  
практ. конф. Красноярск, 14–17 ноября 2023 г. [Электронный ресурс] /  
отв. за вып. Е. В. Никитина, Н. С. Епифанцева. – Электрон. дан.  
(19,6 Мб). – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2024. – 176 с. – Систем.  
требования : PC не ниже класса Pentium I ; 128 Mb RAM ; Windows  
98/XP/7/8/10 ; Adobe Reader V8.0 и выше. – Загл. с экрана.  
ISBN 978-5-7638-4925-7

Представлены результаты научной работы по применению современных методик обработки и интерпретации данных сейсморазведки, разработке новых алгоритмов, а также использованию Data Science в сейсморазведке.

Предназначены для профильных специалистов, сотрудников научно-исследовательских и проектных организаций, представителей нефтегазовых компаний и учреждений РАН.

Электронный вариант издания  
см.: <http://catalog.sfu-kras.ru>

УДК 550.834(571.1/.5)  
ББК 26(253)

ISBN 978-5-7638-4925-7

© Сибирский федеральный  
университет, 2024

*Электронное научное издание*

Корректор *Л. В. Боос*  
Компьютерная вёрстка *Е. А. Сафиной*

Подписано в свет 01.03.2024. Заказ № 20741  
Тиражируется на машиночитаемых носителях

Библиотечно-издательский комплекс  
Сибирского федерального университета  
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82а  
Тел.: (391) 206-26-16; <http://bik.sfu-kras.ru>  
E-mail: [publishing\\_house@sfu-kras.ru](mailto:publishing_house@sfu-kras.ru)



## ► Теоретические и практические аспекты обработки рассеянных волн в сейсмических данных

М. И. Протасов  
ИНГГ СО РАН  
protasovmi@ipgg.sbras.ru

Рассеянные волны используются для построения дифракционных сейсмических изображений. Существуют различные алгоритмы их обработки, которые можно разделить на три класса: в области данных, в процессе миграции и при обработке изображений. В рамках данной работы проведено исследование влияния некоторых алгоритмов и графов обработки на качество дифракционных изображений. Также при построении дифракционных изображений на практике используются модели скоростей, полученные в результате обработки отражённых волн. При этом подходе важно знать, насколько модель скоростей, полученная таким способом, корректна для построения дифракционных изображений. Для этого были проведены тестовые расчёты на синтетических методологических моделях и данных.

**Влияние точности модели на дифракционные изображения при обработке данных во временной области.** Для оценки влияния скоростей миграции на дифракционные изображения во временной области использовалась горизонтально-слоистая модель с точечными рассеивателями, равномерно распределёнными по всей области (рис. 1, а). Для построения дифракционных изображений применялась процедура асимметричного суммирования данных, при этом использовались скорости миграции, полученные по отражённым волнам. В результате изображение рассеивающих объектов сфокусировано в верхних слоях, тогда как с увеличением глубины происходит дефокусировка изображения рассеивателей (рис. 1, б). Следовательно, даже в такой относительно простой среде скорости временной миграции, полученные по отражённым волнам, достаточно точные для построения сфокусированных изображений по отражённым волнам, не являются достаточно точными для построения сфокусированных изображений по рассеянным волнам, и необходимо выполнять дифракционный скоростной анализ.

**Влияние точности модели на дифракционные изображения при обработке данных в глубинной области.** Исследование влияния точности скоростей миграции при построении дифракционных изображений в глубинной области проведено на модели *Marmousi* с расположенными на глубине 3 100 м точечными рассеивателями. Эта модель была сглажена с разной степенью, и для этих моделей строились изображения отражённых волн и дифракционные изображения. В итоге, например, для «слож-



ной» центральной части модели изображения рассеивателей (рис. 2, а) полностью дефокусированы в «томографической» модели (рис. 2, б), тогда как для модели по результатам полноволнового обращения получают изображения приемлемого качества (рис. 2, в). Однако при этом изображения по отражённым волнам в «томографической» модели не являются достаточно корректными по оценке сейсмограмм общей точки изображения (рис. 2, г), тогда как изображения отражённых волн в модели по результатам полноволнового обращения вполне удовлетворительны (рис. 2, д). Следовательно, даже в такой сложной модели, как *Marmousi*, скорости миграции достаточно точные для построения сфокусированных изображений как по отражённым, так и по рассеянным волнам.

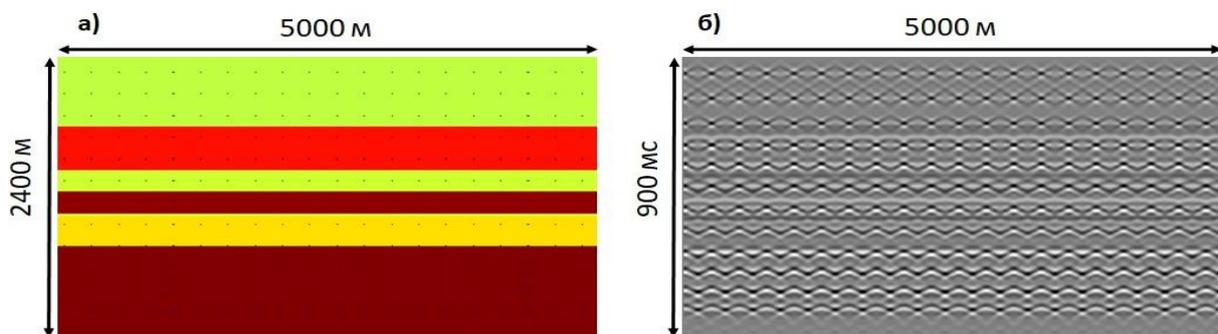


Рис. 1: а – горизонтально-слоистая модель с точечными рассеивателями; б – дифракционное изображение, полученное во временной области асимметричным суммированием данных, рассчитанных для представленной модели

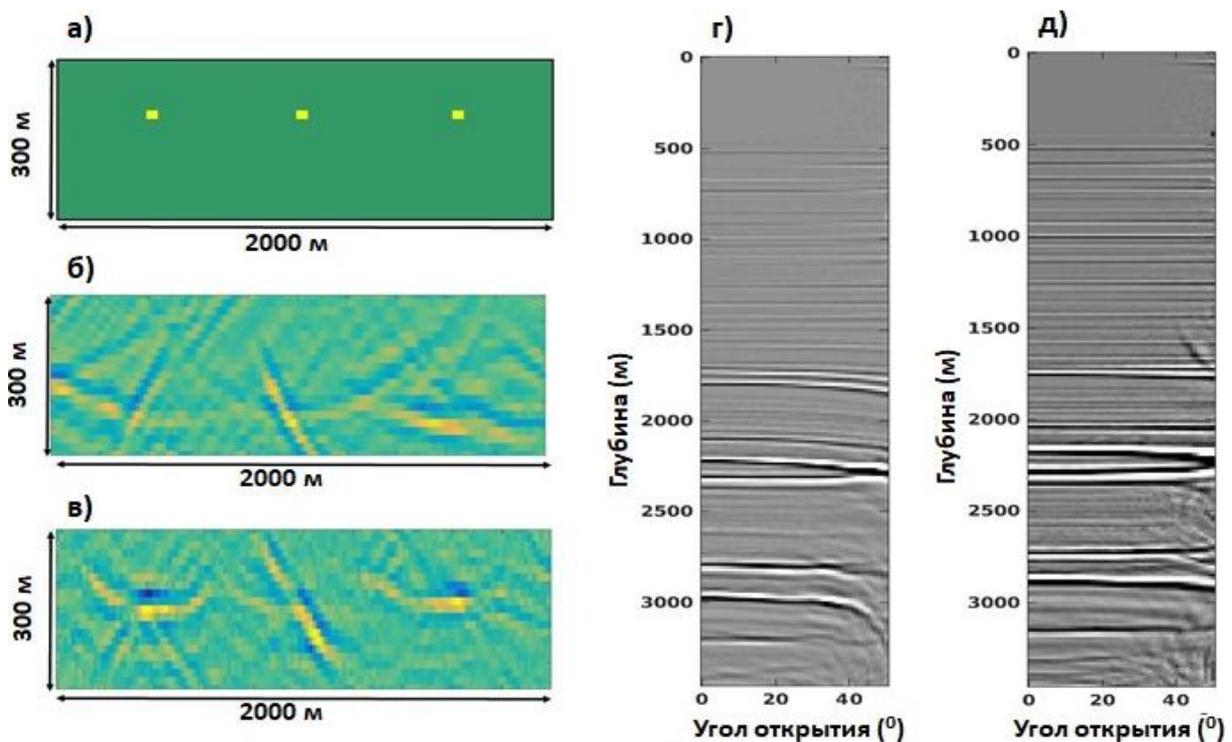


Рис. 2. Точечные рассеиватели и изображения в центральной «сложной» части модели *Marmousi*: а – модель; б – дифракционное изображение в гладкой «томографической» модели; в – дифракционное изображение в модели после полноволнового обращения; г – сейсмограмма общей точки изображения в гладкой «томографической» модели; д – сейсмограмма общей точки изображения в модели после полноволнового обращения

**Влияние выделения рассеянных волн в области данных на дифракционные изображения.** Следующие эксперименты предусматривают сравнение дифракционных изображений на основе асимметричного суммирования селективных изображений, построенных по сейсмическим данным без и с выделением рассеянных волн. Далее представлены результаты для реалистичной синтетической модели и данных. Для построения дифракционных изображений используются два набора данных: исходные сейсмические данные, содержащие все типы волн, и данные после идеального вычитания, когда остаются только рассеянные волны (идеальные данные). По исходным сейсмическим данным было построено дифракционное изображение асимметричным суммированием. К идеальным данным применялась процедура построения полного изображения. Детальное сравнение изображений вблизи зоны трещиноватости показывает преимущества выделения рассеянных волн в данных перед построением дифракционного изображения (рис. 3). Результат изображения данных после выделения рассеянных волн (рис. 3, в) близок к идеальному, наилучшему достижимому в рамках рассматриваемой миграционной процедуры результату. Он более сфокусирован, менее зашумлён и более соответствует модели (рис. 3, а) по сравнению с селективным дифракционным изображением необработанных исходных данных (рис. 3, б).

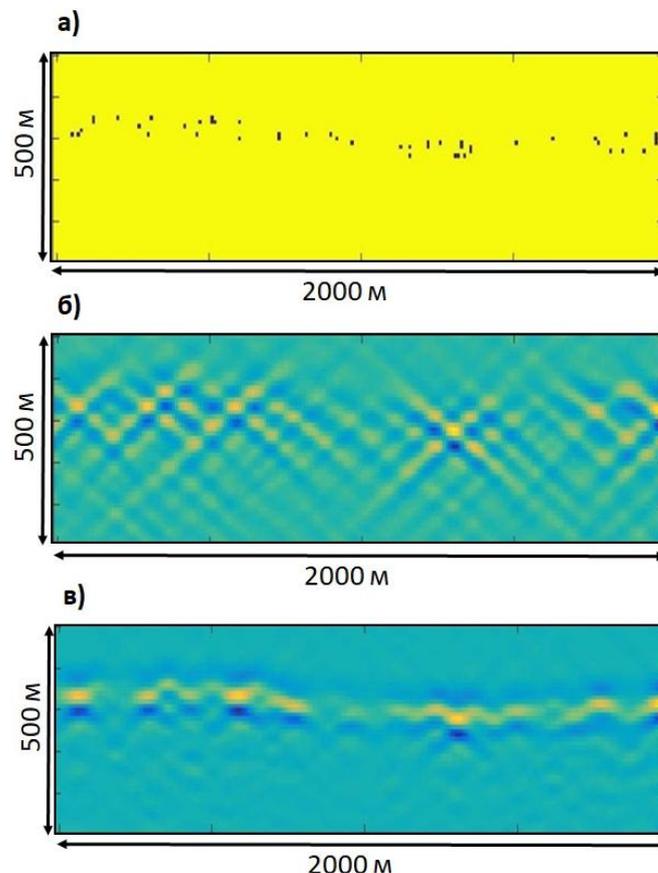


Рис. 3: а – область модели из Восточной Сибири, содержащая слой с трещинами; в этой же области: б – частичная сумма селективных изображений данных без какой-либо обработки; в – «полная» сумма селективных изображений данных с выделенной рассеянной компонентой



**Влияние качества обработки данных на дифракционные изображения.** Далее проведено исследование двух различных сценариев обработки сейсмических данных на результат построения дифракционных изображений. Сначала с использованием алгоритма асимметричного суммирования были обработаны реальные сейсмические данные  $3D$ , которые прошли стандартный граф обработки, ориентированный на отражённые волны. Затем мы применили этот же алгоритм построения дифракционных изображений с абсолютно идентичными параметрами к реальным сейсмическим данным  $3D$ , которые прошли граф обработки с максимальным сохранением рассеянной компоненты. В результате получили два куба с дифракционными изображениями, которые во многих областях имеют существенные различия (рис. 4). Однако в горизонтальном срезе, представленном на рис. 4, б, амплитудные аномалии дифракционного изображения, построенного по данным с сохранением рассеянной компоненты, соответствуют структурным несогласиям, которые должны порождать дифракции (рис. 4, б). Это говорит о достоверности дифракционного изображения и, соответственно, указывает на то, что дифракционное изображение по данным после стандартного графа обработки по существу не является таковым. Также дифракционные изображения, полученные по данным с сохранением рассеянных волн, являются более сфокусированными и разрешёнными (рис. 4), что также указывает на то, что это изображения рассеянных волн, а не остаточных отражённых или других волн.

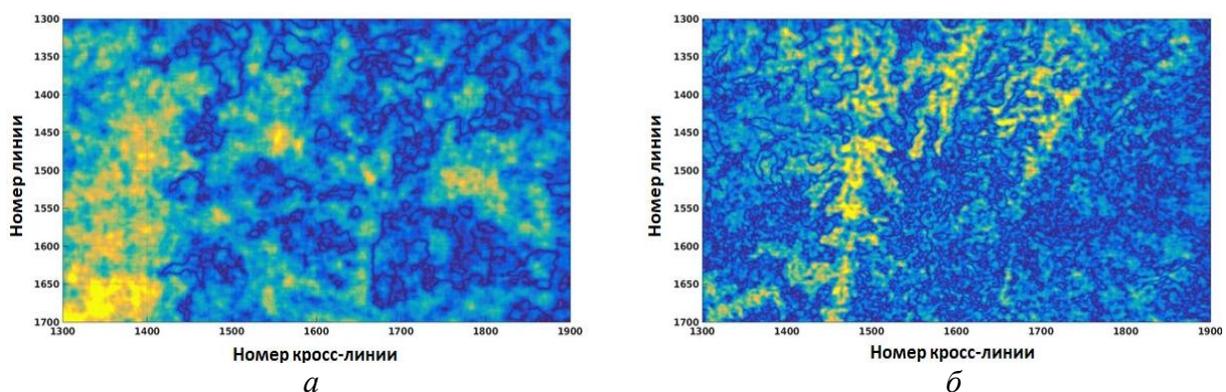


Рис. 4. Горизонтальные разрезы:

- а – дифракционное изображение, построенное по реальным данным после стандартного графа обработки;*
- б – дифракционное изображение, построенное по реальным данным после графа обработки с максимальным сохранением рассеянной компоненты*

**Благодарности.** Данная работа выполнена 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 (URL: [scc.spbstu.ru](http://scc.spbstu.ru)).