



УДК

Передовые технологии обработки сейсмических данных с целью выделения рассеянной компоненты волнового поля для прогнозирования свойств резервуара



О.О. Литвякова^{1,2}
olga.litvyakova@
ptgeos.com



Б.С. Есинов¹
bamba.esinov@
ptgeos.com



С.Н. Пеццов¹
sergey.ptetsov@
ptgeos.com



А.Е. Королев¹
alexander.korolev@
ptgeos.com



Е.М. Вороновичева¹
elena.voronovicheva@
ptgeos.com

Работа посвящена вопросам обработки сейсмических данных с целью выделения рассеянной компоненты волнового поля. С построенной анизотропной VTI глубинно-скоростной моделью была выполнена полноазимутальная глубинная миграция по общему углу отражения. Полученный результат был использован для выделения различных типов дифрагированных волн на основе их азимутальных особенностей.

Ключевые слова: построение изображений по дифрагированным волнам, глубинная миграция, построение глубинно-скоростных моделей, рассеянная компонента, зеркально отраженные волны, полноазимутальная миграция по общему углу отражения.

Традиционная обработка сейсмических данных направлена на выделение зеркально отраженных волн, кинематические и динамические характеристики которых хорошо изучены. Благодаря достаточной энергии отраженного сигнала их выделение не составляет труда. Однако использование данного типа сейсмических волн имеет ряд всем известных ограничений, таких как минимальная вертикальная и горизонтальная разрешающая способность, связанная с радиусом первой зоны Френеля.

Попытки увеличить разрешающую способность и тем самым извлечь информацию о более мелких объектах привлекает своей перспективностью. В данной работе группой авторов предлагается способ исследования структурных и вещественных неоднородностей с использованием

различных типов дифрагированных волн.

Построение дифракционного изображения должно рассматриваться как дополнение к традиционному, построенному на основе отраженных волн. Изображение, построенное на дифрагированных волнах, имеет как преимущества, так и недостатки. К преимуществам можно отнести его большую вертикальную и латеральную разрешающую способность и содержащуюся в нем информацию о детальном строении среды [1]. Основным недостатком является тот факт, что использование рассеянных волн затруднено из-за слабой интенсивности дифракционной или же рассеянной компоненты волнового поля и достаточно сильной интерференции с зеркальными отражениями. Иными словами, дифрагированные волны имеют меньшую амплитуду и, как

¹ ООО «ПетроТрейс»
² МГУ им. М.В. Ломоносова/

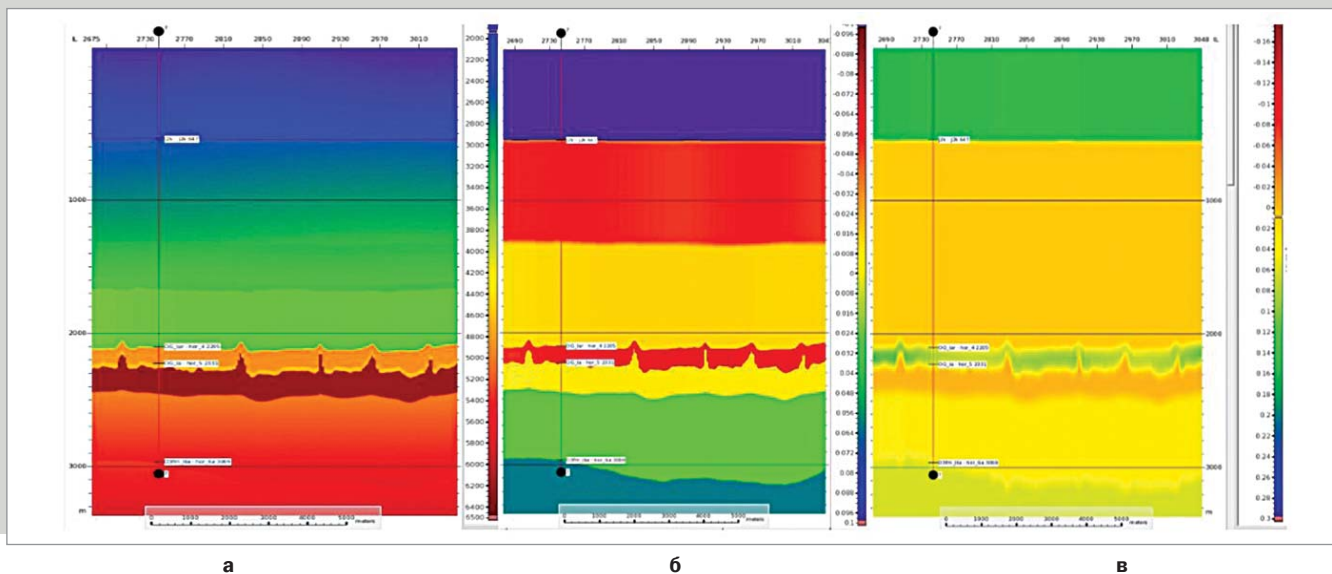


Рис. 1. Анизотропная глубинно-скоростная модель:
 а – вертикальная скорость; б – параметр δ ; в – параметр ϵ

следствие, более низкое соотношение сигнал/помеха.

Все известные попытки выделения рассеянной компоненты выполняются по сейсмограммам ОГТ или же уже по суммарным кубам. Существенный недостаток таких подходов заключается в том, что на сейсмограмме ОГТ выделить дифрагированную волну на фоне отраженных достаточно трудно в силу схожести формы осей синфазности. Дифрагированная волна на мигрированных данных ОГТ выглядит как «недоспрявленное событие», сопоставимое с кратно отраженной волной. Анализ по суммарным данным также имеет ряд ограничений. Суммирование само по себе является очень сильным фильтром «нерегулярных помех», к которым можно отнести и малоамплитудные дифрагированные волны.

Авторами была разработана новая методика выделения дифрагированных волн различных типов на основе их кинематических и азимутальных особенностей распространения. В работе использовалась технология полноазимутальной глубинной миграции до суммирования по общему углу отражения. На предварительном этапе (перед миграцией) было выполнено построение детальной анизотропной глубинно-скоростной модели.

Построение начальной изотропной глубинно-скоростной модели

осуществлялось методом послонной когерентной инверсии, позволяющим учитывать преломление сейсмических лучей на границах пластов. Уточнение интервальных скоростей проводилось с помощью глобальной сейсмической томографии. Для учета различий между изотропной и анизотропной скоростью использовались параметры Томсена V_{vert} , δ и ϵ . Для достижения спрямленности осей синфазности отраженных волн параметры Томсена были также уточнены методом томографии (рис. 1). Анизотропная глубинно-скоростная модель, построенная с учетом высокой детальности структурного плана, позволила компенсировать искажения амплитуд, возникших как результат влияния высокоскоростной толщи переменной мощности, перекрывающей целевые отложения, а также сформировать качественное глубинное изображение среды, учитывающее анизотропные свойства.

С построенной моделью была выполнена глубинная миграция до суммирования и получены полноазимутальные сейсмограммы в локальной области углов наклона отражающей площадки LAD (Local Angle Domain). Использование данной области позволяет анализировать сейсмические данные с помощью нестандартного подхода. Иными словами, изучение

среды в области локальных углов производится непосредственно в точке формирования изображения, подобно применению модели взрывающихся границ, когда при этом «наблюдатель» находится в «источнике взрыва» [3].

В результате миграции авторами были получены глубинные «дирекционные» сейсмограммы, сформированные согласно описанному выше принципу. Преимуществом такого представления несуммарных данных является тот факт, что зеркально отраженные волны представляют собой наклонные события, а дифрагированные, в свою очередь, вырождаются в прямую линию. Такое существенное различие в форме сигнала двух типов волн (в локальной области углов) позволяет произвести корректное разделение полей на зеркальную и рассеянную компоненты (рис. 2).

Для разделения полей авторами была разработана собственная методика на основе анализа кинематических характеристик дифрагированных волн. Результатами разложения волновых полей являются два сейсмических куба: куб зеркальной компоненты, который подчеркивает протяженность отражений от гладких границ, и куб рассеянной компоненты, который содержит в себе преимущественно «неоднородности», или дифрагирую-

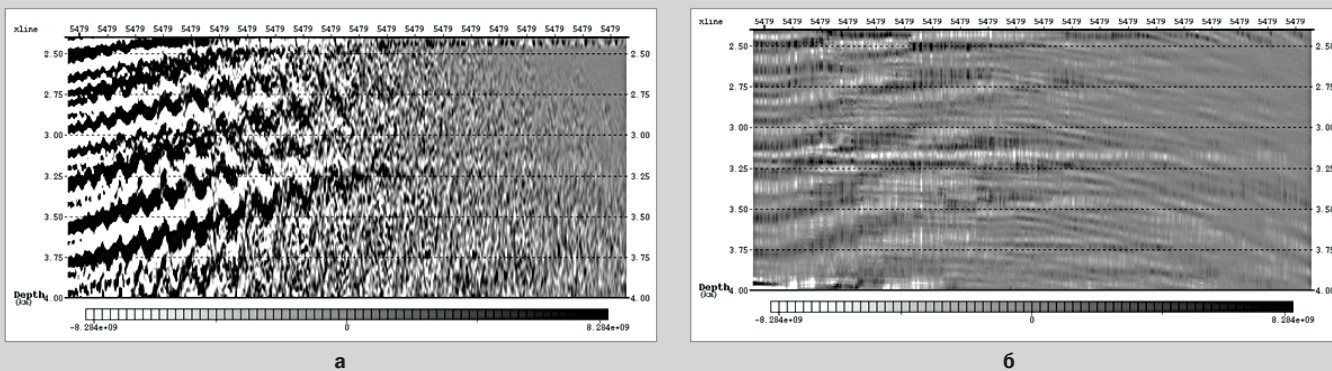


Рис. 2. Дирекционные сейсмограммы:

а – исходная, б – после выделения дифрагированной волны

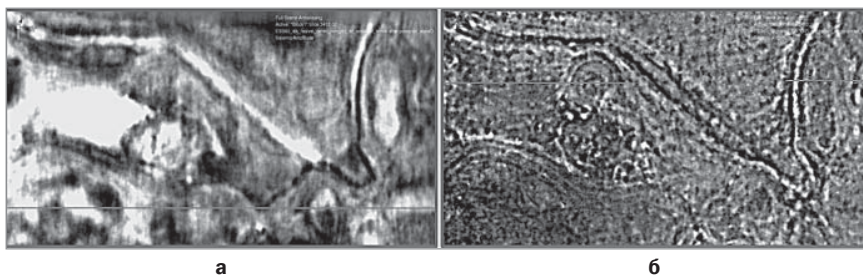


Рис. 3. Временной срез куба зеркальной компоненты волнового поля (а) и рассеянной компоненты (б)

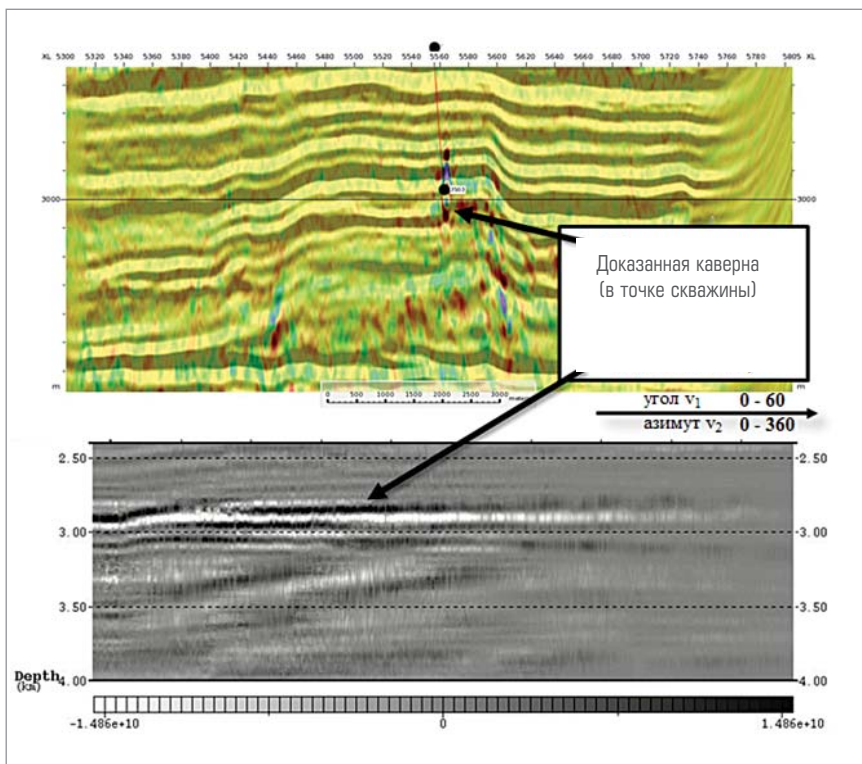


Рис. 4. Глубинный разрез через скважину 503 с доказанной бурением каверной в точке скважины, сейсмограмма после обработки в точке скважины с каверной

щие объекты, связанные преимущественно с разломами (рис. 3).

Помимо этого, данный способ анализа предоставляет возможность

более детального изучения дифрагирующих объектов – определения их формы на основе азимутальных особенностей дифрагированных волн.

Классифицировать дифрагированные волны можно следующим образом: краевые, концевые, угольковые.

Краевые дифрагированные волны являются признаком наличия локальных, ограниченных по простиранию неоднородностей, которые, к примеру, могут образовываться на краях крупных карстовых пещер. Попадание ствола скважины в такую кавернозную полость чревато не только срывом сроков бурения, но еще и дополнительными затратами на ликвидацию аномального поглощения бурового раствора, установку цементных мостов и компенсацию давлений в породах. На рис. 4 приведен пример сейсмограммы с выделенной дифрагированной волной, которая прослеживается во всем диапазоне азимутов, и ее положения на временном разрезе в точке скважины.

Рассмотрим более детально краевые дифрагированные волны. Форма краевой волны имеет явно выраженную азимутальную изменчивость: она горизонтальна для направления, перпендикулярного к краю (90°), и при этом никак не выражается в других азимутальных секторах. Другими словами, краевые волны ведут себя как концевые дифрагированные волны в случае, когда анализ производится перпендикулярно к краю, и как отраженные в случае анализа вдоль края (рис. 5). Этот факт указывает на возможность использования азимутального анализа для определения ориентации протяженных дифрагирующих объектов типа трещин [2].

Разработанная авторами методика выделения и анализа дифрагиро-

ванных волн была успешно опробована на месторождениях Тимано-Печорской провинции.

Типизация дифрагированных волн и анализ их азимутальных характеристик позволили не только повысить надежность выделения разномасштабных неоднородностей и нарушений, но и определить положение рассеивающих объектов в пространстве, а также проследить геометрические особенности дифракторов.

Другим преимуществом данного метода является то, что построенные изображения рассеянной компоненты волнового поля имеют тенденцию к повышению разрешающей способности сейсмической записи. Таким образом, выделение рассеянной компоненты из полного поля является важной задачей при использовании дифракции для поиска и отождествления мелкомасштабных элементов среды.

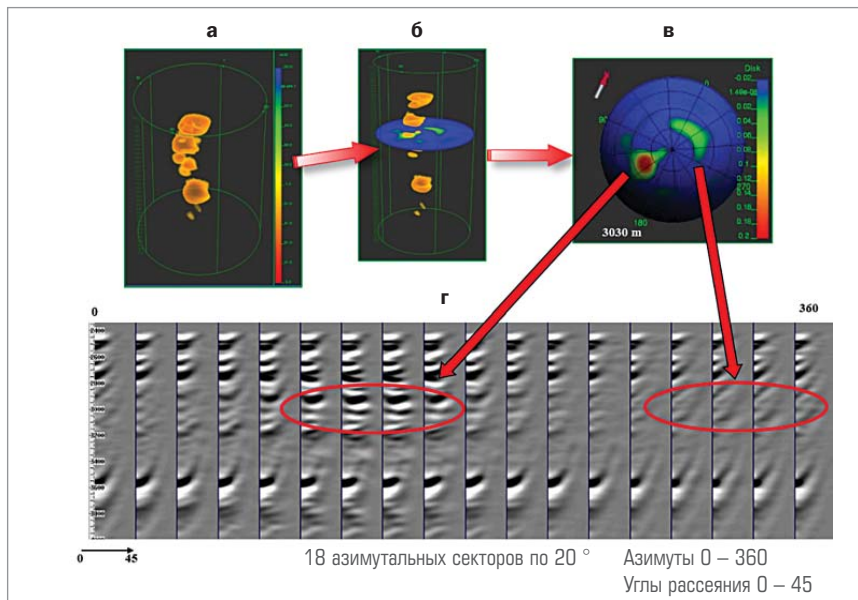


Рис. 5. Представление дирекционной сейсмограммы в различных видах: цилиндрическом (а, б, в) и секторальном (г)

Литература

1. Козлов Е.А. Модели сред в разведочной сейсмологии. – Тверь: ГЕРС, 2006. – 480 с.
2. Ланда Е.И. Роль дифракционной компоненты волнового поля

- при построении сейсмических изображений // Технологии сейсморазведки. – 2013. – Вып. 10. – №. 1. – С. 5–31.
3. Koren Zvi. Full-azimuth angle domain imaging // SEG Technical Program Expanded Abstracts. – 2008. – P. 2221–2225.