EAGE

Geomodel 2018

GM18-151

Scattered Component Analysis of the Wavefield - the Key for Understanding of the Structural Features of the Subsurface Media

O. Litvyakova* (Lomonosov Moscow State University, Petrotrace), B. Esinov (Petrotrace), A. Korolev (Petrotrace), S. Ptetsov (Petrotrace), A. Shevshenko (Petrotrace)

Summary

Understanding of the structural features of the subsurface media is a key element in the geological model building. There are many approaches for this subject implementation. Most methods are based on the interpretation of the reflected seismic data. In this paper, we propose to include the scattered component of wavefield in the analysis, as an additional attribute for the features of the subsurface media characterization

Анализ рассеянной компоненты волнового поля – ключ к пониманию структурных особенностей среды

О.О. Литвякова* (МГУ им. М.В. Ломоносова, ООО «ПетроТрейс»), Б.С. Есинов (ООО «ПетроТрейс»), А.Е. Королев (ООО «ПетроТрейс»), С.Н. Птецов (ООО «ПетроТрейс»), А.А. Шевченко (ООО «ПетроТрейс)

Введение

Понимание структурных особенностей среды является ключевым моментов при построении геологической модели месторождения. Существует достаточно большое количество подходов для реализации данной задачи. Большинство методов основано на интерпретации суммарных сейсмических данных МОВ-ОГТ, полученных как результат обработки, основной задачей которой является получение качественного изображения с сохранением относительного уровня амплитуд и одновременно гарантирующего хорошую прослеживаемость отражений.

Другими словами, вся структурная интерпретация данных основывается исключительно на анализе атрибутов, рассчитанных только по отражённым волнам. Недостатком данного подхода является его ограниченность: отражённые волны – это не единственное явление, наблюдающееся в волновом поле. Помимо отражения в наблюдённом поле также присутствуют и другие элементы, такие как рассеяние, изменение типа волны, поляризации и прочее. В амплитудном отношении данные эффекты малы по сравнению с отражением, с чем и связаны трудности в их анализе.

Несмотря на вышеперечисленные недостатки, попытка извлечь дополнительную информацию о строении среды из сейсмических данных привлекает своей перспективностью.

В данной работе рассмотрены как методические вопросы выделения рассеянной компоненты волнового поля, так и возможные способы применения, ограничения и преимущества использования поля рассеянных волн по сравнению с полем зеркально-отражённых волн для более точного понимания структурных особенностей среды.

Эффект рассеяния в сейсмическом волновом поле

С физической точки зрения, упругое рассеяние (Релеевское рассеяние) наблюдается на частицах, неоднородностях или других объектах, когда частота рассеиваемой энергии колебаний существенно меньше собственной частоты рассеивающего объекта или системы. Другими словами, рассеяние света происходит на объектах, размеры которых меньше его длины волны.

С геологической точки зрения, применительно к реальной среде, рассеивающими объектами могут являться любые литологические или структурные особенности, например, системы разломов и трещин, локализованные кавернозные полости (рисунок 1).

Рисунок 1. *Геологические примеры рассеивающих объектов (Птецов С.Н., 2017): контакт елецких и лемвинских фаций девона на р. Лемва, фотография В.С. Цыганко (слева); склон сирачойского барьерного рифа на правом берегу р. Седью, чуть выше обломочного шлейфа (угол падения ~45), фотография Богданова Б.П. (справа).*

От того насколько «неоднородность» контрастна по отношению к вмещающей среде зависит интенсивность рассеяния, а геометрия «неоднородности» создаёт, в свою очередь, азимутальные характеристики, на основе которых можно провести систематизацию (рисунок 2) следующим образом (Landa E.., 2012):

- концевые дифрагированные волны: образуются от локальных, «точечных» объектов, примерами которых могут служить каверны. Краевые волны регистрируются в полном диапазоне азимутов;

- краевые дифрагированные волны: образуются на краях объектов, проявляются в ограниченном диапазоне азимутов.

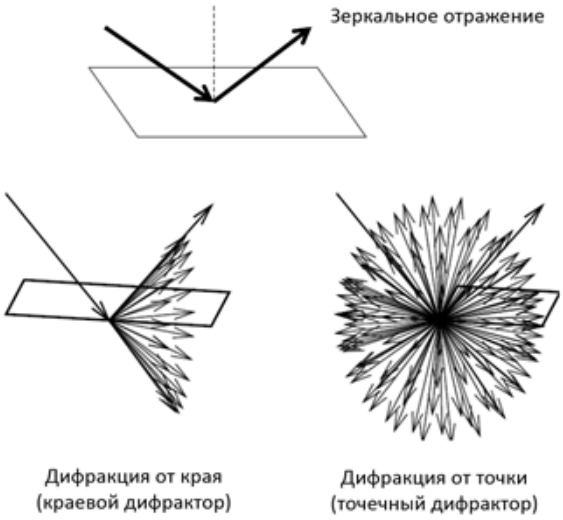

Рисунок 2. *Схематическое представление эффектов отражения и рассеяния: зеркальное отражение (сверху), краевые дифрагированные волны (снизу слева), концевые дифрагированные волны (снизу справа).*

Построение изображения по рассеянным волнам

Для построения сейсмического изображения была применена технология полноазимутальной глубинной миграции до суммирования в области углов падения/отражения (Zvi Koren, 2008). Основная идея, которая реализована в данном алгоритме, заключаются в том, что в результате миграции могут быть получены сейсмограммы непосредственно в области изображения в полном диапазоне азимутов.

В результате миграции были получены полноазимутальные сейсмограммы в координатах структурных углов, в которых содержатся данные о распределении энергии упругих волн, заданных пространственной ориентацией отражателя. Анализ полученных сейсмограмм показывает существенное различие в поведении отражённых и дифрагированных волн (Robb, 2015), что может быть с успехом использовано для их разделения (Landa et al., 2008). В этой области отражения всегда имеют выпуклую форму, направленную вверх (“улыбка”), в то время как дифракции представляют собой прямую линию (рисунок 3).

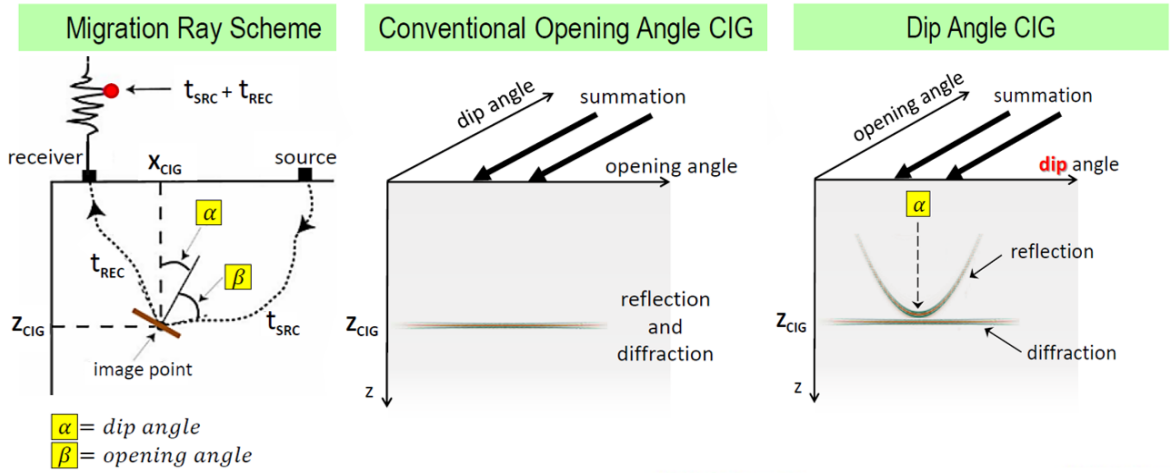

Рисунок 3. *Схематическое представление алгоритма полноазимутальной миграции: Схематичное изображение трассировки лучей, которое производится непосредственно из точки среды на поверхности (слева), «классическая сейсмограмма» (по центру) в координатах углов падения/отражения, сейсмограмма в координатах структурных углов (справа).*

Анализ рассеянной компоненты в наблюдённом сейсмическом поле

Как уже отмечалось, выделение рассеянной компоненты из полного волнового поля является важной задачей для поиска и картирования мелкомасштабных структурных элементов среды.

Одним из способов, применяемых для анализа неоднородностей, является расчет куба когерентности, который подчёркивает структурные особенности геологической среды, которые проявляются в сейсмических амплитудах. Другим альтернативным представлением неоднородностей является куб рассеянной компоненты.

Для анализа особенностей карбонатных коллекторов, где важнейшими для исследования нефтепроявлений являются трещиноватость, разломные нарушения и кавернозность, в целевом интервале был рассчитан куб когерентности и куб рассеянной компоненты. На рисунке 4 представлен срез сейсмических амплитуд вдоль целевого горизонта (в интервале глубин 20 метров от подошвы коллектора) по кубу когерентности (справа) и кубу рассеянной компоненты (слева).

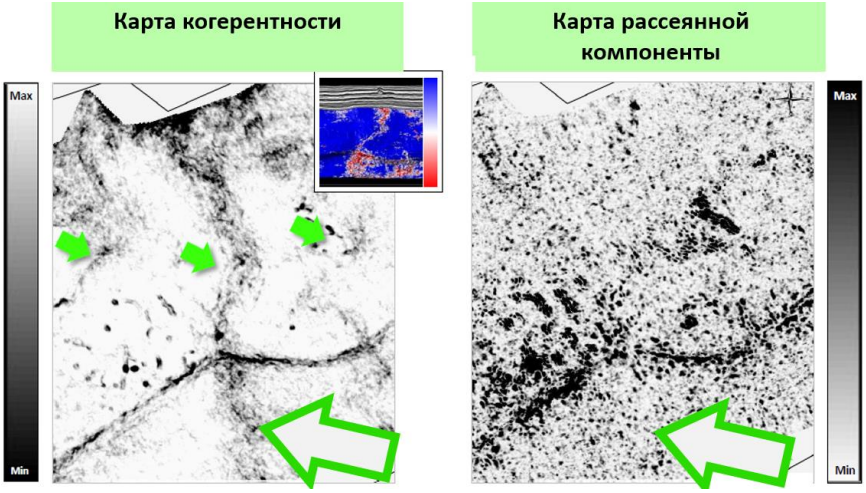

Рисунок 4. *Сопоставление сейсмических атрибутов, рассчитанных вдоль целевого горизонтах: карта когерентности (слева), карта энергии рассеянной компоненты (справа).*

Сравнивая данные две карты, можно сделать вывод, что карта когерентности содержит в себе искажения от вышележащих высокоскоростных рифовых построек, которые могут быть ошибочно отнесены к разрывным, трещинным нарушениям. Рассеянная компонента не содержит в себе эти искажения.

Следовательно, более точным способом для локализации разломов, трещин и других особенностей, которые могут порождать дифрагированные волны, является построение изображения по рассеянной компоненте, которое не содержит в себе искажений, создаваемых вышележащими горизонтами.

Выводы

Построение изображения по рассеянным волнам является трудоёмким и одновременно очень перспективным направлением, требующим дополнительных исследований.

На данном этапе дифракционное изображение должно рассматриваться как дополнение к традиционному, построенному на основе отражённых волн. Изображение, построенное по рассеянным волнам, обладает высокой разрешающей способностью и содержит дополнительную информацию о детальном строении среды.

Список литературы / References

1. Landa Evgeny. Seismic diffraction: where’s the value? // SEG Technical Program Expanded Abstracts. – 2012. – P. 1-4.
2. Landa Evgeny. Separation, imaging, and velocity analysis of seismic diffractions using migrated dip-angle gathers // SEG Technical Program Expanded Abstracts. – 2008. – P. 2176-2180.
3. Robb Masako. Improving Imaging through Specular Amplitude Enhancement in the Local Angle Domain // SEG Extended Abstracts: 24th International Geophysical Conference and Exhibition. – 2015. – P. 1-3.
4. Zvi Koren. Full-azimuth angle domain imaging // SEG Technical Program Expanded Abstracts. – 2008. – P. 2221-2225.