

Tu 02 13

Full-Azimuth Seismic Data Processing to Study Anisotropic Properties in the Timano-Pechora Region

O.O. Litvyakova* (PetroTrace Global), E.M. Voronovicheva (PetroTrace Global), A.E. Korolev (PetroTrace Global) & S.N. Ptetsov (PetroTrace Global)

SUMMARY

Full-azimuth common reflection angle domain migration was performed with VTI anisotropic velocity model. These results were used to study the anisotropic properties and to determinate HTI- parameters. Also main types of diffracted waves were determinated and separated on the basis of their azimuthal features

ОБРАБОТКА ШИРОКО-АЗИМУТАЛЬНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ С ЦЕЛЬЮ ИЗУЧЕНИЯ АНИЗОТРОПНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ ПРОВИНЦИИ

Литвякова О.О.* (ООО «PetroTrace Global»), Вороновичева Е.М. (ООО «PetroTrace Global»),
Королев А.Е. (ООО «PetroTrace Global»), Птецов С.Н. (ООО «PetroTrace Global»)

Определение параметров трещиноватости не только по скважинным, но и по сейсмическим данным является актуальной задачей на сегодняшний день. Проведение специальных сканирующих и широкополосных акустических методов для определения данных параметров в скважинах является весьма дорогостоящим, причем распределение полученных значений в рамках площади сейсмических наблюдений является локальным и весьма скудным. Попытка извлечь информацию о трещиноватости из сейсмических данных привлекает своей перспективностью. Наличие напряжений и трещин в породе приводит к возникновению анизотропии геологической среды, которая проявляется в азимутальных изменениях скоростей и амплитуд сейсмических волн. Также в последнее время возрос интерес к использованию дифрагированных волн, являющихся прямыми признаками наличия разрывных, трещинных нарушений.

Целью данной работы является обработка широко-азимутальных сейсмических данных с целью изучения анизотропных характеристик среды на примере Тимано-Печорской провинции. В задачи данной работы входило:

1. Построение анизотропной глубинно-скоростной модели исследуемого месторождения и проведение полноазимутальной глубинной миграции по общему углу отражения
2. Анализ азимутальных зависимостей скоростей распространения волн и амплитуд
3. Исследование структурных и вещественных неоднородностей с использованием различных типов дифрагированных волн.

Построение анизотропной глубинно-скоростной модели

Построение анизотропной глубинно-скоростной модели (ГСМ) было выполнено в 2 этапа: построение верхнего интервала разреза и построение модели ниже кровли высокоскоростных рифовых построек (возраст P_{1ar}) с характерной им сложной структурой отражающей поверхности.

Построение изотропной ГСМ осуществлялось сверху вниз методом послойной когерентной инверсии, позволяющим учитывать преломление сейсмических лучей на границах пластов. Уточнение интервальных скоростей проводилось методом погоризонтной томографии. Изотропная ГСМ обеспечила расчет мигрированных глубинных подборок со спрямленными осями синфазности во всем диапазоне глубин в пределах удалений, соизмеримых с глубиной отражающего горизонта. На дальних удалениях наблюдаются искажения осей синфазности, вызванные наличием анизотропии, соответствующей ВТИ/VTI модели среды. Для описания анизотропных свойств такой среды использовались вертикальная скорость и параметры Томсена δ и ϵ . Для достижения спрямленности отраженных волн параметры Томсена были также уточнены методом послойной локальной томографии (рис. 1).

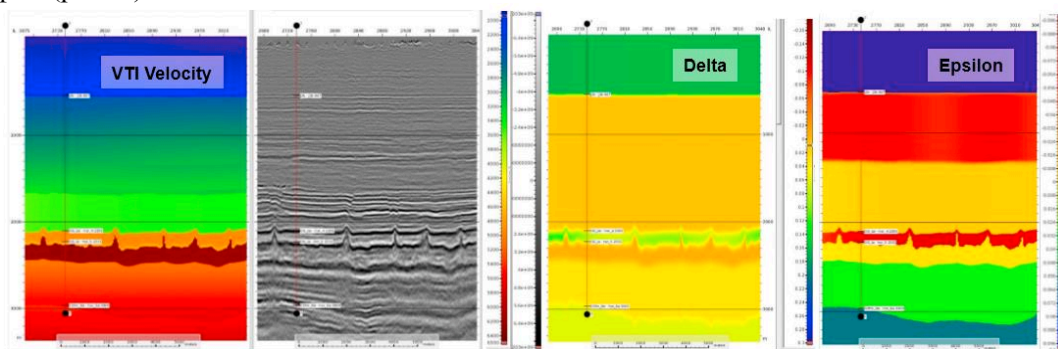


Рисунок 1 Результат построения и миграции с анизотропной ГСМ. Слева направо: ВТИ/VTI скорость, мигрированное сейсмическое изображение, куб параметра δ , куб параметра ϵ .

Результатом применения анизотропной глубинно-скоростной модели для глубинной миграции являются калиброванные на скважинные глубинные маркеры мигрированные сейсмические изображения и сейсмограммы.

Полноазимутальная миграция по общему углу отражения

Наличие напряжений и трещин в породе приводит к возникновению азимутальной анизотропии, которая проявляется в азимутальных изменениях скоростей и амплитуд сейсмических волн.

Для выполнения полноазимутальной глубинной миграции до суммирования в области углов падения/отражения была использована технология EarthStudy360 (ES360) компании Paradigm Geophysical (Zvi Kogen, 2008). Технология ES360 позволяет производить исследования освещенности точек среды оценивать такие параметры как соотношение зеркально-отраженной и рассеянной компонент, условий залегания, качества отражений, распределения скоростей и амплитуд и их азимутальных зависимостей.

В результате миграции были получены полноазимутальные дирекционные и рефлекссионные сейсмограммы. В дирекционных содержатся данные о распределении энергии упругих волн, заданных пространственной ориентацией отражателя, в рефлекссионных - информация о распределении энергии отражённых волн как функции угла падения и сопутствующих азимутов. Анализ двух компонент волнового поля (зеркально-отраженной и рассеянной) позволяет обнаружить особенности, связанные с небольшими геологическими объектами (малоамплитудные разломы, вертикальная трещиноватость и т.д.).

Анализ азимутальных зависимостей скоростей распространения волн и амплитуд

Геологическая анизотропия на сейсмических данных может проявляться преимущественно в следующих факторах: последовательное равномерное осадконакопление со сменой обстановок седиментации и разрывные, разломные нарушения. Фактор осадконакопления может быть описан при построении цифровой модели ВТИ/VTI моделью среды, то есть моделью с вертикальной осью симметрии, в то время как разрывные, трещинные нарушения сплошности могут быть описаны ГТИ/НТИ моделью среды (с горизонтальной осью симметрии). Совместное использование этих двух моделей среды позволяет перейти к представлению среды как орторомбической системы.

Учет параметров ВТИ/VTI модели среды был осуществлен при построении скоростной модели для миграции. Полученные полноазимутальные сейсмограммы (как результат полноазимутальной миграции по общему углу отражения) позволяют осуществлять анализ параметров среды в зависимости от азимута (ГТИ/НТИ параметров).

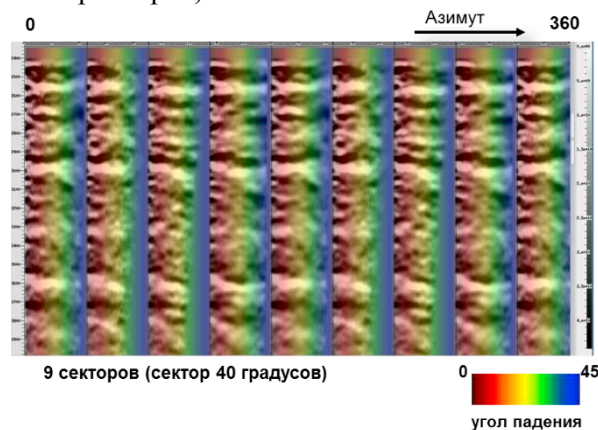


Рисунок 2 Полноазимутальная рефлекссионная сейсмограмма, разделенная на 9 азимутов по 40 градусов. Цветом обозначены углы падения/отражения.

На рисунке 2 представлена полноазимутальная рефлекционная сейсмограмма, разделенная на 9 секторов по 40 градусов. Такое представление позволяет подчеркнуть необходимость уточнения скоростной модели в зависимости от азимута распространения волн. По данным сейсмограмм был выполнен азимутально-зависимый кинематический анализ с целью спрямления осей синфазности отраженных волн во всем диапазоне азимутов.

Далее по сейсмограммам был произведен азимутальный анализ амплитуд (AVAZ), результатом которого являлись три атрибута: направление ГТИ/НТИ оси, анизотропный градиент, «интенсивность анизотропии». Более детально был проанализирован атрибут «интенсивность анизотропии» (рис. 3 слева), который рассчитывается как отношение огибающих анизотропного градиента к изотропному.

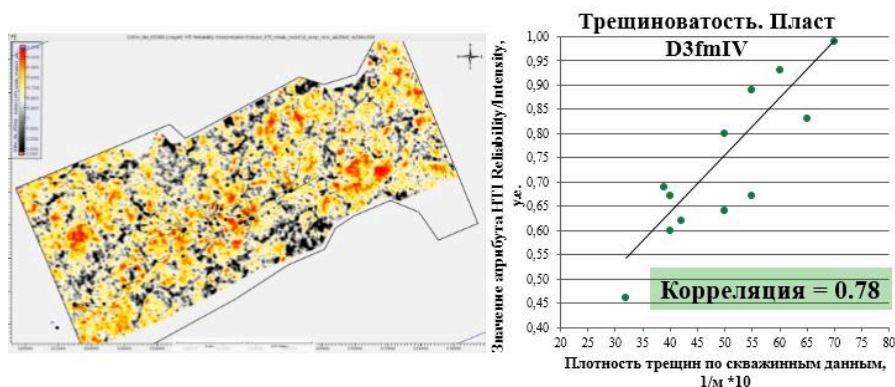


Рисунок 3 Карта вдоль целевого горизонта динамического атрибута «Интенсивность анизотропии» (слева) и сопоставление данных о плотности трещин по сканирующим скважинным методам и значений атрибута интенсивности анизотропии (справа).

Благодаря тому, что на данном месторождении имеется достаточно большое количество скважин с измеренными значениями плотности трещин, было выполнено корректное сопоставление данных плотности трещин по скважинным данным и значений атрибута «интенсивность анизотропии». Значения AVAZ-атрибута «Интенсивность анизотропии» снималось в целевом, литологически выдержанном пласте D₃fmIV, мощностью 20 метров методом снятия энергии амплитуды в окне вдоль заданного целевого горизонта. Сопоставление данных прямого (измеренная плотность трещин по скважинам) и косвенного метода (атрибут, рассчитанный по сейсмическим данным) дало корреляцию 78 процентов, которая описывается линейной функцией (рис. 3 справа).

Исследование структурных и вещественных неоднородностей с использованием различных типов дифрагированных волн

Использование дифрагированных волн для обнаружения и определения природы мелкомасштабных неоднородностей затруднено из-за слабой интенсивности рассеянной компоненты волнового поля и достаточно сильной интерференции с зеркальными отражениями. Изображение, построенное на дифрагированных волнах, обладает большей вертикальной и латеральной разрешающей способностью и может содержать информацию о детальном строении среды.

По дирекционным сейсмограммам, полученным в результате полноазимутальной миграции по общему углу отражения, было произведено выделения дифрагированных волн различных типов по их кинематическим и азимутальным особенностям: концевых, краевых и уголковых.

Концевые дифрагированные волны являются признаками наличия локальных, ограниченных по простиранию неоднородностей, проявлением которых могут служить карстовые образования. На рис. 4 приведен пример сейсмограммы с выделенной дифрагированной волной, которая прослеживается во всем диапазоне азимутов, и ее положение на временном разрезе в точке скважины с доказанной каверной.

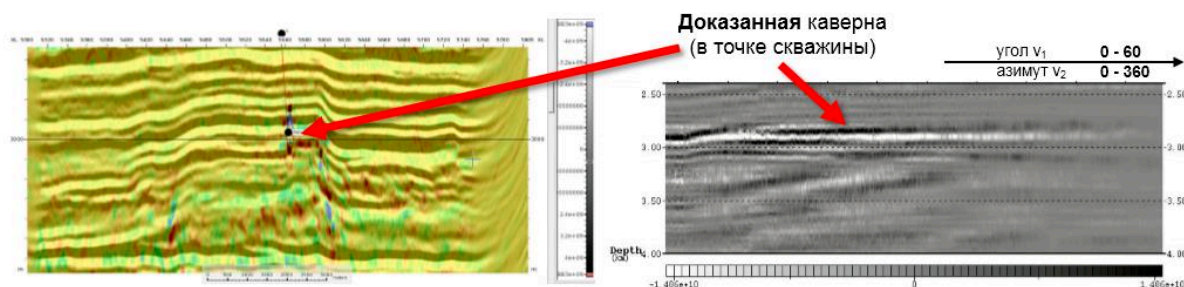


Рисунок 4 Глубинный разрез через скважину с доказанной каверной в точке скважины (слева), сейсмограмма после обработки в точке скважины с каверной (справа).

Далее более детально были рассмотрены краевые дифрагированные волны. Форма краевой волны имеет явно выраженную азимутальную изменчивость: она горизонтальна для направления, перпендикулярного к краю 90° , но переходит в “улыбку”, совпадая с отражением для направления вдоль края 0° (рис. 5). Этот факт указывает на возможность использования азимутального анализа для определения ориентации протяженных дифрагирующих объектов типа трещин (Ланда, 2013). На наклонных стенках также есть возможность для образования дифрагированных волн от «уголковых» отражателей (Козлов, 2006), которые проявляются также в ограниченном азимутальном секторе.

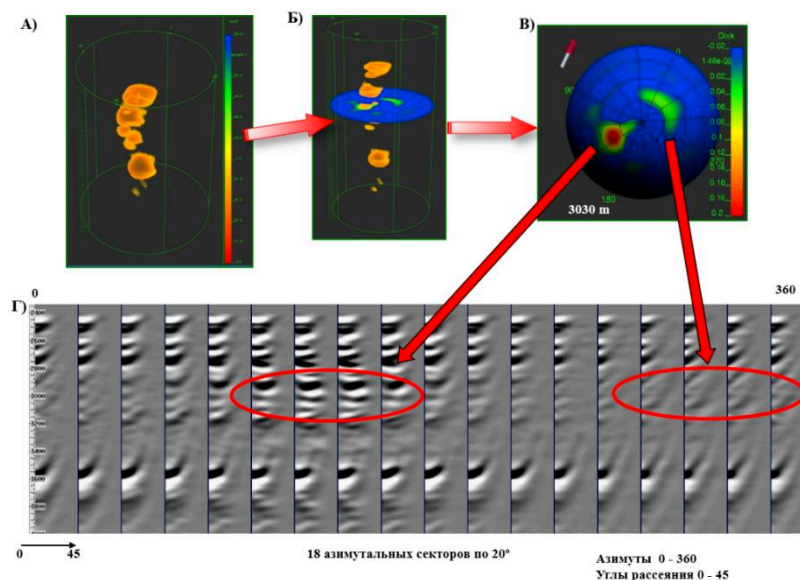


Рисунок 5 Представление дирекционной сейсмограммы в различных видах: цилиндрическом (А, Б, В) и секторальном (Г).

Типизация дифрагированных волн, анализ их азимутальных характеристик позволил не только повысить надежность выделения разномасштабных неоднородностей и нарушений, но и определить положение рассеивающих объектов в пространстве, а также и проследить геометрические особенности дифракторов. Построенные изображения по рассеянной компоненте волнового поля имеют тенденцию к повышению разрешающей способности сейсмической записи.

Литература

1. Козлов Е.А. Модели сред в разведочной сейсмологии. Тверь: ООО «Издательство ГЕРС», 2006. – 480 с.
2. Ланда Е.И. Роль дифракционной компоненты волнового поля при построении сейсмических изображений // Технологии сейсморазведки. – 2013. - VOL. 10. NO. 1 – С. 5-31.
3. Koren Zvi. Full-azimuth angle domain imaging // SEG Technical Program Expanded Abstracts. – 2008. – P. 2221-2225.