

Современные технологии построения глубинно-скоростных моделей сред и глубинной миграции данных трехмерной сейсморазведки

Иноземцев А.Н., Бадейкин А.Н., Коростышевский М.Б., Баранский Н.Л., Птецов С.Н.,
ООО "Парадайм Геофизика", г. Москва

Повышение эффективности сейсморазведки при поисках и разведке нефтяных и газовых месторождений сложной формы и небольших размеров является исключительно актуальной задачей, особенно в старых нефтедобывающих регионах, где крупные месторождения уже изучены. Стандартные технологии профильной сейсморазведки 2D уже не удовлетворяют требуемой детальности исследований осадочных толщ. Имеющийся опыт применения трехмерной съемки 3D сейсмических данных показывает, что при использовании современных сверх многоканальных телеметрических систем регистрации сейсмограмм и современных приемов и технологий обработки данных сейсморазведки удается значительно повысить вертикальную и латеральную разрешающую способность сейсморазведки. Особая роль в новых технологиях отводится построению глубинно-скоростных моделей пластовых (интервальных) скоростей и миграциям до суммирования.

Компанией "Парадайм" накоплен значительный положительный опыт построения таких скоростных моделей и миграционных преобразований сейсмограмм при решении достаточно широкого круга геологических и поисковых задач. По сравнению с традиционно применяющимися технологиями миграции после суммирования с применением средних скоростей, в миграции до суммирования есть ряд особенностей как при построении глубинно-скоростных моделей, так и в применении самих миграций.

Процесс построения глубинно-скоростной модели в программной системе GeoDepth и собственно глубинная или временная миграция до суммирования выделяются, как правило, в самостоятельный этап - этап интерпретационной обработки.

Название этапа отражает также необходимость привлечения геологов и геофизиков для совместных решений при выполнении корреляции, интерпретации горизонтов, их стратиграфической привязки, анализа пластовых скоростей и калибровки сейсмических данных к скважинным данным. Этап назван интерпретационной обработкой по причине вовлечения геологов и геофизиков в интерпретацию скоростей и отражений при выполнении стратиграфической привязки и корреляции волн, анализе пластовых скоростей, в том числе калибровке их по скважинам, оценке геологической информативности результатов миграции. Типовой граф 3D интерпретационной обработки обычно состоит из следующих процедур:

- корреляция опорных горизонтов и построение карт T (x,y)
- горизонтальный 3D анализ интервальных скоростей (методом когерентной инверсии с учетом преломления) вдоль опорных горизонтов, интерпретация спектров, построение глубинных границ и первоначальной глубинно-скоростной модели
- глубинная миграция с первоначальной моделью
- уточнение первичной глубинно-скоростной модели через анализ остаточной кинематики и уточнение глубинных границ
- уточнение глубинно-скоростной модели томографическими методами (модель - базированный и сеточный)

- окончательная миграция с финальной скоростной моделью и построение объемного глубинного изображения и глубинных сейсмограмм.

При выполнении этой последовательности процедур может быть несколько (до 3 и более) уточняющих итераций. Для калибровки глубинно-скоростной модели используется скважинная информация по скоростям и глубинные стратиграфические отметки. Следует подчеркнуть, что модель скоростей и глубин строится в объемном виде не только для 3D съемки, но и для площадных данных двумерной сейсморазведки.

Для условий сложно построенных геологических сред в системе GeoDepth предусмотрен специальный модуль построения и редакции объемных моделей, включающих сложные геологические поверхности (в том числе с отрицательными наклонами) такие как соляные купола, надвиги и др.

На заключительной стадии интерпретационной обработки по результативному мигрированному кубу выполняются следующие процедуры

- Деконволюция результатов миграции (в том числе и спектральная балансировка) для расширения амплитудного спектра
- Переменная во времени фильтрация
- Когерентная фильтрация для подавления миграционных шумов

Сейсмические глубинные и временные кубы, а также сейсмограммы после интерпретационного этапа обработки являются основой для корректного AVO анализа и последующей амплитудной инверсии.

Отметим одно важное обстоятельство, являющееся зачастую неизбежным после этапа построения скоростной модели и глубинных миграций. Так как при расчете пластовых скоростей используются реальные сейсмические данные в ограниченной полосе частот, то оценка скоростей вдоль годографа отражений производится по некоторому интегральному сигналу, представляющему собой чаще всего интерференцию нескольких сигналов. Кроме того, скоростная модель обычно формируется как толсто слоистая. В силу этого оптимальные измеренные скорости,

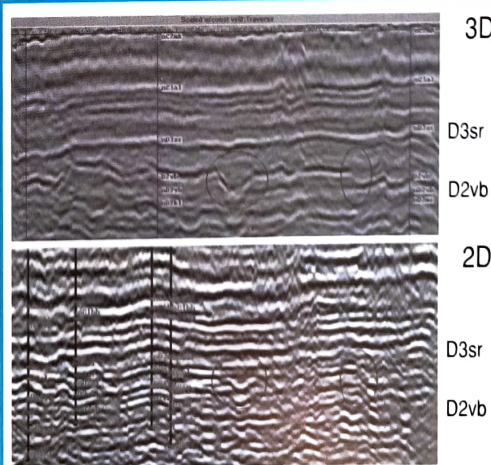
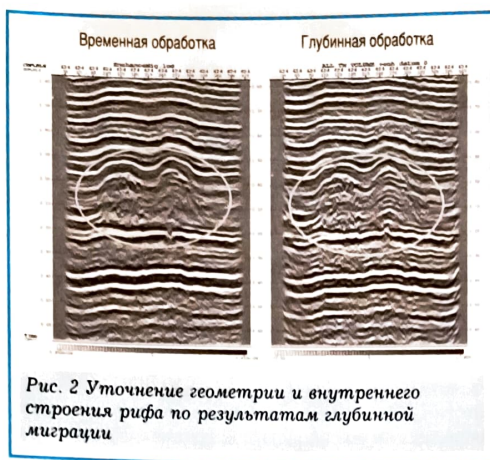


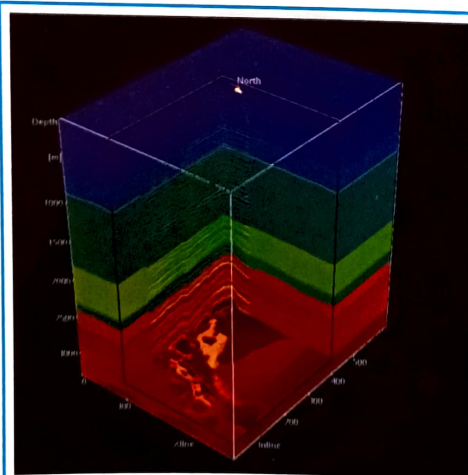
Рис. 1 Сравнение результатов миграции для 2D и 3D сейсморазведки

ИНСТРУМЕНТАРИЙ ГЕОФИЗИКА-ИНТЕРПРЕТАТОРА ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ



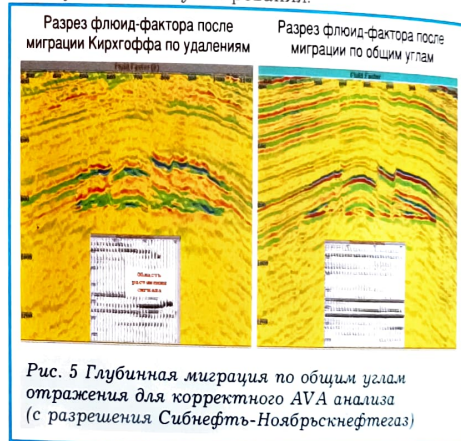
которые используются в построении модели и миграции, могут существенно отличаться от скоростей, измеренных по данным широкополосной акустики, на результатах миграции могут наблюдаться существенные невязки сейсмических границ с соответствующими стратиграфическими маркерами геологических горизонтов. Для решения этой проблемы в системе GeoDepth имеются дополнительные программные модули и технологии, позволяющие с большой точностью увязать и перестроить финальные результаты миграции до практически точного совпадения отражений и глубинных маркеров.

Если следовать предложенной технологии построения глубинно-скоростной модели, то результат глубинной миграции до суммирования практически всегда дает существенное, а в некоторых случаях значительное приращение в качестве и точности изображения целевых объектов. Наш опыт показывает, что даже для горизонтально-слоистых толщ со слабой скоростной дифференциацией эффекты фокусировки и учета преломления при миграции становятся значимыми. Восстановление шероховатых поверхностей континентальных отложений (типа русел, дельтовых потоков, конусов выноса) на результатах миграции выглядит более достоверным. В подтверждение этих слов приведем примеры сравнения вариантов миграции по исходным сейсмограммам и по результатам суммирования. На рис. 1 на нижнем разрезе показаны результаты традиционной миграции по суммарному разрезу обычного профиля 2D сейсморазведки. В верхней части рисунка приведен разрез с миграцией до суммирования, полученный по той же траектории



на площади трехмерной съемки, что и приведенный выше профиль. При сравнении с верхним разрезом, в области девонских продуктивных песчаников (индексы горизонтов показаны справа) видно более четкое поведение отражений, характеризующих шероховатые границы - эрозионные врезы, тектонические смещения горизонтов.

Эффективность применения миграции до суммирования при изучении внутренней структуры рифов в карбонатном разрезе, иллюстрируется на рис. 2. Сравнение показывает, что миграции до суммирования лучше фокусирует отражения на склонах рифа, дает более детальную картину неоднородностей внутри тела рифа. На рис. 3 в качестве примера построения глубинно-скоростной модели показан куб пластовых скоростей, для контроля совмещенный с глубинным мигрированным кубом после суммирования.



Отметим так же, что эффективность этапа интерпретационной обработки зависит еще и от качества самих алгоритмов и программ миграции. Компания "Парадайм Геофизикал", являясь общепризнанным лидером в разработке программных систем и технологий построения глубинно-скоростных моделей, инвестирует значительные средства в совершенствование существующих и разработку новых подходов и программ миграции.

Одной из таких новых разработок в области глубинных миграций является миграция по общим углам отражения (CRAM migration). Основными отличительными особенностями являются следующие:

- лучевое трассирование из глубинных точек отражения к поверхности, с равным шагом по углам распространения лучей;
- расчет геометрического расхождения фактора фазового поворота сигнала, а также оператора миграции для каждой пары лучей на основе глубинно-скоростной модели;

• учет всех типов вступления сейсмических сигналов;

• сохранение амплитуд и фаз при суммировании;

• формирование угловых (в зависимости от угла отражения) выходных сейсмограмм.

Глубинная миграция до суммирования по общему углу отражения позволяет в сравнении с другими подходами к миграции получить высокоточное изображение объекта, которое характеризуется более высокой латеральной и вертикальной разрешенностью (Рис. 4). Сейсмограммы после такой миграции сохраняют истинные амплитуды и не имеют временных растяжек на больших углах отражений, близких к закритическим, что является очень благоприятным фактором для последующего AVA (углового) анализа сейсмограмм. Использование сейсмограмм по общим углам отражения после такой миграции на этапе AVA анализа позволяет получать AVO атрибуты сейсмических отражений с более высокой разрешенностью амплитудных аномалий в области залежи углеводородов (Рис. 5).

В заключении отметим, что приведенные примеры использования новых технологий обработки

с применением построения глубинно-скоростных моделей и новых способов миграции до суммирования позволяют в значительной мере повысить эффективность сейсморазведки при разведке резервуаров сложной формы. Наиболее успешное применение новых технологий миграции достигается по материалам трехмерной сейсморазведки.

Авторы выражают глубокую признательность и благодарность сотрудникам Московского Представительства Paradigm Королеву Е.К., Королеву А.Е., Сахарову А.Б., Черному М.В. и Вороновичевой Е.М. за предоставленную возможность использования в статье отдельных результатов, полученных ими в рамках выполнения сервисных проектов. Авторы выражают также признательность и благодарность руководству ОАО "Сибнефть-Ноябрьскнефтегаз" за разрешение демонстрации результатов применения миграции по общим углам отражения на материалах, принадлежащих ОАО "Сибнефть-Ноябрьскнефтегаз".

Литература.

1. Баранский Н.Л., Старобинец М.Е., Королев Е.К., Иноземцев А.Н., Козлов Е.А. "Миграция и AVO: соседство или марьяж". Геофизика, 2 вып., 22-26, ЕАГО, 2000 г.

Оптимизация технологии малоглубинных исследований с сейсмостанцией "ЭЛЛИС"

Федотов С.А., ООО "Велко", г. Москва

Сейсмические малоглубинные исследования широко используются в геологии с целью:

- изучения областей развития карстово-суффозионных процессов;

- изучения эрозионной поверхности коренных пород под маломощными отложениями;

- изучения зоны малых скоростей в сейсморазведке;

- определения физических характеристик горных пород в условиях их залегания.

Для решения указанных и других геологических задач применяются различные технологии проведения работ, как на земной поверхности, так и в скважинах.

Наиболее широкое применение в настоящее время нашел метод преломленных волн (МПВ), позволяющий получить скорости распространения сейсмических волн на достаточно небольших глубинах, в том числе для использования этих скоростей при обработке данных глубинных исследований. Для реализации этой технологии используются сейсмические станции с числом каналов обычно не более 24, при неравномерном шаге расстановки сейсμοприемников.

К недостаткам такой системы наблюдений относится низкая помехоустойчивость, так как на последних каналах сигнал от источника возбуждения ослаблен, а коэффициент усиления последних каналов устанавливается максимальным.

При этом в качестве помех выступают как микросейсмы, так и ветровые помехи.

Существенно более помехоустойчивым и существенно более информативным является использование метода ОГТ применительно к малоглубинным исследованиям. Такая технология в течение ряда лет развивалась во ВНИИГеофизика [1, 2].

Наиболее эффективной является технология наблюдений ОГТ, включающая в себя:

• высокоплотную расстановку сейсμοприемников с шагом 1-2 м;

• накопление исходных сейсмограмм (число накоплений 5-50)

• использование сейсмических источников возбуждения продольных и поперечных волн;

• оптимизацию расстановки измерений на сейсмическом профиле для минимизации электрических помех;

• использование компактных и легких регистрирующих систем типа ЭЛЛИС (см. фото на стр. 25) с внутренним коммутатором ОГТ.

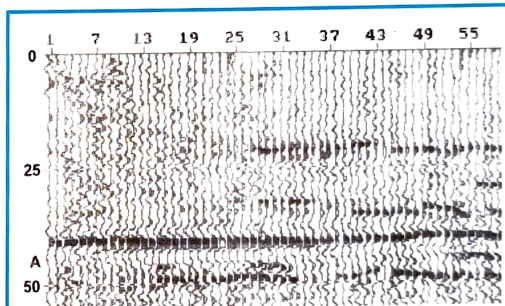


Рис. 1 Пример картирования кровли известняков с использованием поперечных волн

В полевой расстановке сейсμοприемников используются три сейсмические косы, каждая коса 24 канала, общее число каналов - 72, из них активных - 48, расстояние между пунктами возбуждения выбирается, исходя из решаемой задачи.

Пример картирования кровли известняков с использованием поперечных волн приведен на рис.1. Как видно, при оптимизации наблюдений для метода ОГТ отбиваются не только границы известняков, но и выявляется наличие внутренних неоднородностей.

Литература:

1. Федотов С.А. "Возможность повышения эффективности малоглубинных сейсмических исследований", "Разведка и охрана недр", 2002, №3-4, с.17-20

2. Гиноман А.Г., Федотов С.А. "Особенности использования сейсмических волн при сейсморазведочных работах", "Геофизика", 1999, №3, стр.40-42