

Опыт применения глубинной миграции на основе волнового уравнения в условиях развития солянокупольной тектоники

Артемьев А.Е., ОАО "Саратовнефтегеофизика", г. Саратов

В настоящее время основные геологические ресурсы УВ в пределах саратовской части Прикаспийской впадины по-прежнему связаны с подсоловой частью разреза, где возможно обнаружение залежей УВ, приуроченных как к внутрибассейновым органогенным постройкам средне-верхнефранского возраста, так и к антиклинальным ловушкам, прежде всего в отложениях терригенного девона. Также возможно обнаружение литологически ограниченных ловушек, приуроченных к песчаным линзам и пластам верейско-мелекесской толщи.

Геологические ресурсы УВ подсоловой части разреза оцениваются ниже, но учитывая относительно небольшие глубины залегания потенциально продуктивных отложений, это направление поисков представляет определенный интерес. В подсоловой части разреза, кроме пластовых сводовых ловушек УВ, приуроченных к вершинам соляных куполов, возможны и ловушки, образованные нависающими карнизами соли, что подтверждается разрезом скважины 4 Куриловская. Как показывает опыт поисково-разведочных работ на Южной Эмбе с подкозырьковыми ловушками связаны достаточно значительные запасы УВ.

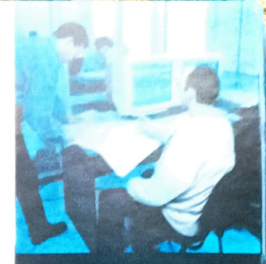
Поиск названных потенциально продуктивных ловушек затруднен сложной волновой картиной, которая обусловлена широким распространением проявлений солянокупольной тектоники. Достоверность глубинных построений по сейсморазведочным данным в таких сейсмогеологических условиях определяется тремя факторами: качеством прослеживаемости целевых горизонтов, точностью определения скоростной модели среды и корректностью используемого механизма преобразования временного разреза в глубинный. Эти задачи решаются в комплексах программ пластовой миграции до суммирования. Технология интерпретационной обработки, основанная на процедуре миграционного преобразования исходных записей с учетом скоростной модели, определяемой по данным ОГТ, позволяет повысить надежность изображения сейсмических границ и одновременно осуществить корректное преобразование временного разреза в глубинный. Опыт, накопленный специалистами ОАО «Саратовнефтегеофизика», показал высокую эффективность использования миграционного преобразования как в платформенных условиях, так и в областях развития соляной и диапировой тектоники. В работе [1] обсуждается необходимость применения миграции до суммирования в платформенных условиях. ОАО «Саратовнефтегеофизика» стала первой в Саратовской области организацией, которая произвела опробование и внедрение в производство 3D миграции до суммирования с использованием программного комплекса **GeoDepth** (разработка Paradigm Geophysical) на месторождениях, расположенных в пределах Степновского мегавала, Бузулукской впадины и Жигулевского свода. На ряде примеров было показано, что в платформенных условиях применение миграции целесообразно для решения

следующих задач: учета влияния жесткой криволинейной границы в верхней части разреза, связанной с карбонатными отложениями палеозойского возраста; повышения когерентности отражений и устранения негиперболичности томографов, а также локализации мелкомасштабных тектонических нарушений. В областях развития солянокупольной тектоники, в некоторых случаях, глубинная миграция до суммирования оказывается единственным инструментом, позволяющим получить информацию о геологическом строении подсолового комплекса отложений.

До недавнего времени глубинная миграция до суммирования по ОГТ проводилась с использованием интегральных алгоритмов Кирхгофа. Выполнению миграционного преобразования по Кирхгофу предшествует расчет времен пробега лучей для выбранной глубинно-скоростной модели среды на основе решения уравнения эйконала. При этом траектории лучей можно рассчитать так, чтобы они были точными решениями волнового уравнения для одной частоты из спектра волны. Пользуясь высокочастотным приближением, в рамках которого градиент скорости не зависит от длины волны, можно считать, что рассчитанные траектории применимы для всех частот. Это допущение позволяет увеличить скорость расчета времен пробега ценой снижения точности и разрешения. К сожалению, такой подход пригоден лишь для достаточно гладких скоростных законов, при которых работает высокочастотное приближение. Поэтому необходимо предварительное сглаживание скоростной модели перед расчетом лучей в ходе миграции по алгоритму Кирхгофа. Проследив много лучей, можно построить полный волновой фронт. Но в большинстве вариантов алгоритма Кирхгофа изображение строится по одному лучу, поэтому в случаях, когда найдено более одного луча, из них следует выбрать единственный. Обычно выбираются траектории, удовлетворяющие критерию минимального времени пробега. Другой вариант - использование так называемой динамической трассировки луча, когда критерием является максимальная расчетная энергия. В результате экспериментов специалистами нашей организации были установлены небольшие различия в результатах миграции при значительном увеличении процессорного времени. Прямым следствием использования единственной траектории будет то, что алгоритмы Кирхгофа дадут изображение не по всему волновому фронту, а лишь по его части. В последних версиях программного обеспечения от ведущих производителей появилась возможность принятия в расчет амплитуд и учета нескольких лучевых траекторий, но по результатам тестирования не было установлено прироста полезной информации на мигрированных разрезах.

Из этого следует, что в сложных сейсмогеологических условиях Прикаспийской впадины возникает необходимость использования более совершенных алгоритмов глубинной миграции до

ОАО "САРАТОВНЕФТЕГЕОФИЗИКА"
ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ



ОАО "САРАТОВНЕФТЕГЕОФИЗИКА" ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ

суммирования, основанных на решении волнового уравнения. Недавно появилась новое поколение алгоритмов построения глубинных разрезов, которое получило название миграции методом экстраполяции волновых полей или миграции на основе волнового уравнения. В настоящее время на рынке программного обеспечения можно выделить двух производителей, выпускающих комплексы программ миграции до суммирования. Первое место в этом списке традиционно занимает Paradigm Geophysical, пакет **GeoDepth**, производства этой компании давно используется российскими геофизиками. Кроме Paradigm Geophysical, заслуживают интереса разработки французской Генеральной Геофизической Компании (CGG). CGG предлагает два комплекса программ миграции до суммирования. Во-первых, это пакет **GeoVista**, реализующий миграцию по алгоритму Кирхгофа и, во-вторых, это **WaveVista** - пакет миграции на основе волнового уравнения. Существенным недостатком программных продуктов CGG является ориентация на обработку исключительно 3D данных. Выполненная ООО «Геолитер» по заказу ОАО «Саратовнефтегеофизика» обработка нескольких профилей 2D в пакете **WaveVista** показала невысокое качество глубинно-динамических разрезов по сравнению с обработкой ОАО «Саратовнефтегеофизика» в пакете **GeoDepth**. Миграция на основе волнового уравнения широко применяется как в Paradigm Geophysical, так и в CGG к большим объемам данных по глубоководным частям Мексиканского залива, где складчатые и пластообразные соляные структуры сильно искажают форму волнового фронта, падающего на объекты поиска. По данным разработчиков, обычные варианты алгоритма Кирхгофа позволяют проследить эти объекты лишь частично, в то время как алгоритмы на основе волнового уравнения дают гораздо лучшее качество изображения и отслеживания амплитуд. Кроме Мексиканского залива, известны примеры по нескольким районам Северного моря, иллюстрирующие преимущества миграции по волновому уравнению по сравнению с миграцией по Кирхгофу. Во-первых, это результаты представленные CGG на 67-ой конференции EAGE, которая проходила в 2005 году в Мадриде [3]. Кроме CGG и Paradigm Geophysical интересные результаты опубликованы компаниями Veritas DGC [2] и Western Geco [4]. В этих работах, авторы отмечают, что миграция по волновому уравнению обеспечивает: лучшее отображение первичной энергии; уменьшение уровня миграционных шумов и вероятности появления ложных осей; построение более точной скоростной модели среды и меньшие искажения амплитуд.

Как известно, главным недостатком, ограничивающим внедрение в практику алгоритмов миграции, основанных на решении волнового уравнения, являются значительные затраты процессорного времени. В современных условиях, когда стоимость кластеров на базе процессоров Intel или AMD под управлением операционной системы Linux сравнительно невысока, использование волновой миграции может быть возможным.

В настоящей работе приведены примеры применения глубинной миграции до суммирования по сейсмическим данным 2D, отработанным ОАО «Саратовнефтегеофизика» на Ерусланской площади, расположенной в саратовской части

Прикладской видеополосы. При обработке сейсмических данных, полученных на Ерусланской площади, использовалась глубинная миграция до суммирования и повешенной версии программного комплекса GeoDepth, входящего в пакет Epos 3 Second Edition. Миграция по алгоритму 2D Wave Equation Common Shot Migration проводилась с той же скоростью моделию, которая была построена для миграции Кирхгофа. Обработка сейсмоданных проводилась на двухпроцессорной рабочей станции под управлением операционной системы Linux (Red Hat 9.0). Использование мощных процессоров Intel Xeon 3ГГц позволяло осуществлять миграционные преобразования за достаточно короткое время, несмотря на значительную времяемкость алгоритма. Проведение миграции на основе волнового уравнения для рассматриваемых наборов данных, как правило, занимало в 10-15 раз больше процессорного времени, чем соответствующей миграции по алгоритму Кирхгофа.

Пример полученных в результате обработки по комплексу программ **GeoDepth** глубинно-динамических разрезов по одному из профилей приведен на рис. 1. На этом рисунке показан исходный временной разрез ОГТ, глубинно-скоростная модель геологической среды и результаты миграции до суммирования. Разрез, полученный по алгоритму на основе волнового уравнения (рис.1Г), отличается рядом особенностей, следующим из теории метода. Прежде всего, это улучшение качества отражений от стенки соляного купола, где возникают проблемы с расчетом лучевых траекторий при проведении миграции по алгоритму Кирхгофа. Кроме этого, разрезы мигрированные по волновому уравнению, как правило, характеризуются повышенным

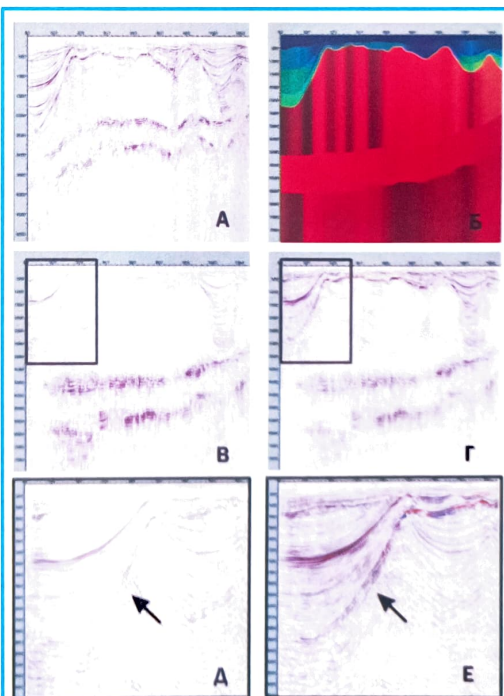
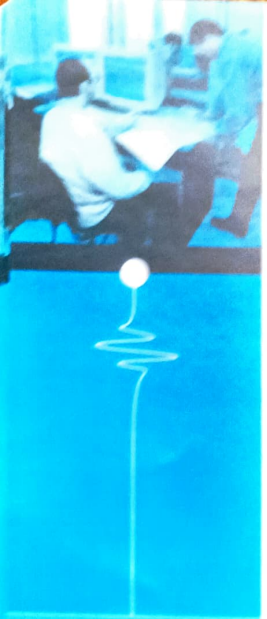


Рис. 1. Тестирование алгоритмов миграции до суммирования.
А - исходный временной разрез;
Б - глубинно-скоростная модель;
В - результат миграции по алгоритму Кирхгофа;
Г - результат миграции на основе волнового уравнения;
Д и Е - увеличенные фрагменты разрезов В и Г соответственно.



...взаимодействием с объектом исследования, а также с другими объектами, находящимися в поле зрения исследуемого объекта. В результате этого взаимодействия происходит изменение состояния объекта исследования, что и является целью исследования.

В настоящее время в мире существует большое количество различных методов исследования, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки. Выбор метода исследования зависит от многих факторов, таких как: объект исследования, цели исследования, доступные ресурсы и т.д. В настоящее время наиболее распространены следующие методы исследования: экспериментальный, теоретический, статистический, качественный и количественный.

...взаимодействием с объектом исследования, а также с другими объектами, находящимися в поле зрения исследуемого объекта. В результате этого взаимодействия происходит изменение состояния объекта исследования, что и является целью исследования.

Библиография

1. Методы исследования. М.: Наука, 1989.
2. Методы исследования. М.: Наука, 1989.
3. Методы исследования. М.: Наука, 1989.
4. Методы исследования. М.: Наука, 1989.
5. Методы исследования. М.: Наука, 1989.
6. Методы исследования. М.: Наука, 1989.
7. Методы исследования. М.: Наука, 1989.
8. Методы исследования. М.: Наука, 1989.
9. Методы исследования. М.: Наука, 1989.
10. Методы исследования. М.: Наука, 1989.



ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
ЗЕМЛЕТРЯСНОСТНОГО
ИНЖЕНЕРНОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

Поздравляет юбиляров, партнеров, друзей

Ваша деятельность, направленная на создание и развитие отечественной сейсмической приборостроительной школы, является одним из важнейших направлений в развитии отечественной сейсмической приборостроительной школы.

Ваша деятельность, направленная на создание и развитие отечественной сейсмической приборостроительной школы, является одним из важнейших направлений в развитии отечественной сейсмической приборостроительной школы.

Ваша деятельность, направленная на создание и развитие отечественной сейсмической приборостроительной школы, является одним из важнейших направлений в развитии отечественной сейсмической приборостроительной школы.

Ваша деятельность, направленная на создание и развитие отечественной сейсмической приборостроительной школы, является одним из важнейших направлений в развитии отечественной сейсмической приборостроительной школы.

Ваша деятельность, направленная на создание и развитие отечественной сейсмической приборостроительной школы, является одним из важнейших направлений в развитии отечественной сейсмической приборостроительной школы.

Ваша деятельность, направленная на создание и развитие отечественной сейсмической приборостроительной школы, является одним из важнейших направлений в развитии отечественной сейсмической приборостроительной школы.

Ваша деятельность, направленная на создание и развитие отечественной сейсмической приборостроительной школы, является одним из важнейших направлений в развитии отечественной сейсмической приборостроительной школы.

Ваша деятельность, направленная на создание и развитие отечественной сейсмической приборостроительной школы, является одним из важнейших направлений в развитии отечественной сейсмической приборостроительной школы.

Ваша деятельность, направленная на создание и развитие отечественной сейсмической приборостроительной школы, является одним из важнейших направлений в развитии отечественной сейсмической приборостроительной школы.

Ваша деятельность, направленная на создание и развитие отечественной сейсмической приборостроительной школы, является одним из важнейших направлений в развитии отечественной сейсмической приборостроительной школы.

Handwritten signature of N. V. Tarasov

исполнительный директор
ОАО «СКБ СП», г. Саратов

Н. В. Тарасов