

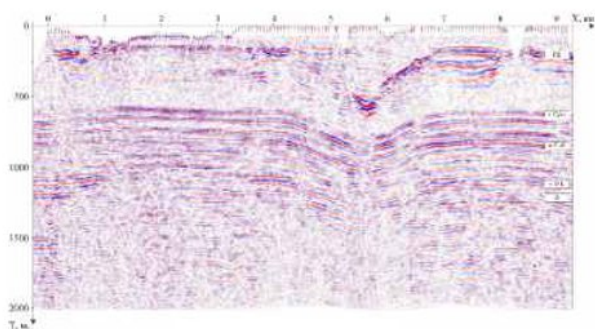
К вопросу о выборе способа компенсации влияния верхней части разреза на волновое поле

■ А.Е. Артемьев, М.А. Заложных, ОАО «Саратовнефтегеофизика»), г.Саратов

Ряд наиболее распространенных способов компенсации искажающего влияния криволинейной границы с высокой акустической жесткостью в верхней части разреза рассмотрен авторами в работе [1]. В этой работе проведен их сравнительный анализ, подробно рассмотрены преимущества и недостатки. В настоящее время представляется интересным вновь вернуться к этой теме и сопоставить результаты применения некоторых из этих методов на конкретных примерах, используя при этом как модельный (синтетический), так и реальный сейсмический материал. В данном случае за основу взят характерный сейсмический профиль из южной части Пугачевского свода в Саратовской области. Отдельные результаты обработки этого профиля ранее приводились авторами [1]. В настоящее время получен ряд новых материалов, заслуживающих внимания. Они и рассматриваются в данной статье.

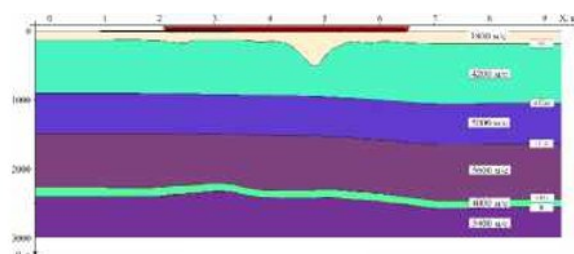
На рис. 1 представлен реальный временной разрез, являющийся окончательным результатом стандартной обработки.

Как видно на рисунке, поверхность карбонатных отложений палеозойского комплекса (Pz), представляющая в дан-



▲ Рис. 1. Реальный суммарный временной разрез.

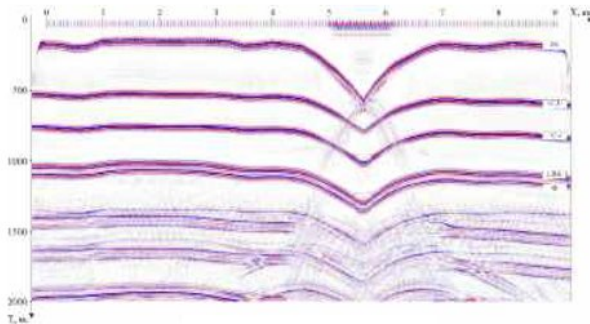
ном случае первую жесткую отражающую границу, имеет глубокий врез в интервале пикетов 4 – 7 км. В этом месте профиль пересекает погребенную палеодолину, относительная глубина которой достигает 350 – 380 м. Врез заполнен низкоскоростными терригенными отложениями. В среднем интервальная скорость над поверхностью Pz составляет около 1800 м/с, в то время как нижележащие карбонатные породы характеризуются скоростями свыше 4000 – 4500 м/с. Ниже разрез имеет строение типичное для платформенной части региона, представляющее чередование терригенных и карбонатных комплексов каменноугольного и девонского возраста. Толстослоистая глубинно-скоростная модель по этому профилю приведена на рис. 2.



▲ Рис. 2. Глубинно-скоростная модель.

Данная модель получена по реальным результатам структурной интерпретации сейсмических материалов на рассматриваемом участке. Глубины границ модели сняты с соответствующих карт глубин, построенных с учетом скважинных данных. Скоростные параметры модели определены по данным вертикального сейсмического профилирования.

Как видно на суммарном разрезе (рис. 1), отражения от глубоких целевых границ имеют существенные временные искажения. При относительном сохране-



▲ Рис. 3. Синтетический суммарный временной разрез.

нии прослеживаемости они повторяют форму вреза, только с меньшей амплитудой. Это также хорошо иллюстрирует синтетический временной разрез (рис. 3), полученный по модельным сейсмограммам, которые были рассчитаны по представленной выше глубинно-скоростной модели. Совершенно очевидно, что такой временной разрез непригоден для традиционной структурной интерпретации. Подробнее об этом сказано в предыдущей статье на данную тему [1]. Согласно материалам этой статьи наиболее эффективными методами компенсации влияния ВЧР при таком сейсмогеологическом строении являются либо расчет и ввод соответствующих статических поправок, либо глубинная миграция до суммирования. Компенсирующие статические поправки могут быть рассчитаны двумя способами:

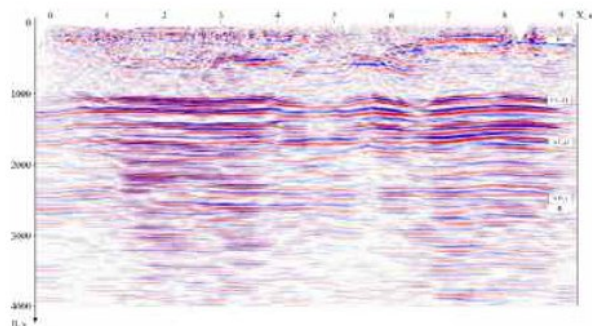
- поправки “исключения” – это поверхностно-согласованные поправки, рассчитанные в предположении о вертикальных траекториях лучей в слое над верхней преломляющей границей);
- поправки “замещения слоя” – поправки, рассчитанные для каждой элементарной трассы в сейсмограмме и учитывающие преломление лучей на основе построения модели.

Конечно, с теоретических позиций, миграция в глубинной области считается наиболее корректным подходом. Подробное описание этапов технологии глубинной миграции, применяемых в

ОАО «Саратовнефтегеофизика» можно найти в работах [2,3 5]. Но многолетняя практика массовой обработки сейсмических материалов при сложной сейсмогеологии ВЧР и получаемые при этом далеко неоднозначные результаты показывают необходимость тестирования всех возможных с практической точки зрения способов. Естественно, при этом приходится принимать во внимание формальные требования геологотехнического задания и временные рамки выполнения проекта.

В данном случае авторы приводят на конкретном примере сопоставление результатов учета искажающего влияния ВЧР двумя способами – миграция до суммирования и ввод поправок “исключения”. При этом используются как реальные, так и синтетические сейсмические данные.

На рис. 4 приведен реальный глубинный разрез после миграции до суммирования. Миграция выполнена по алгоритму Кирхгоффа с апертурой 150 интервалов ОГТ. Это типичный параметр для рассматриваемых условий, рассчитанный теоретически исходя из размеров зоны Френеля. В качестве базовой глубинно-скоростной модели была использована модель, показанная на рис. 2. На подготовительном этапе миграции скоростные параметры модели подвергались коррекции с использованием горизонтальных спектров интервальных скоростей.

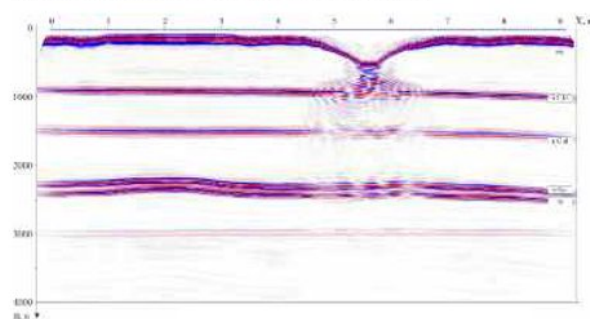


▲ Рис. 4. Глубинный разрез после миграции до суммирования.

Анализируя результат, на глубинно-динамическом разрезе видим, что изучаемые глубокие горизонты в интервале вреза вопреки ожиданиям не приобрели субгоризонтальную конфигурацию. Оси синфазности в этом месте искривлены и имеют волнообразную форму. Между тем, достоверно известно, что в данном районе отложения каменноугольного и девонского возраста характеризуются моноклинальным залеганием с возможными небольшими колебаниями абсолютных отметок на протяжении нескольких километров. Совершенно очевидно, что видимая на разрезе волновая картина на указанном участке связана с неполной, а скорее неточной, компенсацией влияния палеодолины. Изменения интервальных скоростей модели в разумных пределах не позволили полностью устранить эти искажения. Наиболее вероятной причиной такого явления является ориентация профиля под некоторым углом к простиранию вреза. Поэтому множество глубинных точек (площадок) от которых образуется изображение стенок вреза находится не в плоскости профиля. Соответственно лучи отраженных волн от нижележащих границ проходят не через те участки стенок вреза, которые видны на исходном временном разрезе, используемом при построении глубинной модели. Понятно, что средств учета бокового сейсмического сноса для случая 2D – профиля не существует и поэтому для получения относительно приемлемой картины по целевым границам на глубинном разрезе требуется ручная коррекция конфигурации первой жесткой границы в модели. Никаких четких критериев корректности в данном процессе, конечно, не существует и практически при этом приходится ориентироваться лишь на априорные представления геолога о

структурном плане исследуемых глубоких горизонтов. В подобных ситуациях при наличии достаточного количества скважинных данных и достоверной информации о региональном тренде изучаемых осадочных комплексов в большинстве случаев задачу структурных построений все же удастся решить более – менее удовлетворительно. Но если в интервал влияния сложной ВЧР попадает локальный потенциальный объект (например, структурная ловушка антиклинального типа), то ситуация серьезно осложняется и вопрос определения с необходимой точностью его истинных размеров и амплитуды, как правило, остается открытым.

Для сравнения на рис. 5 приведен результат глубинной миграции по модельным сейсмограммам.

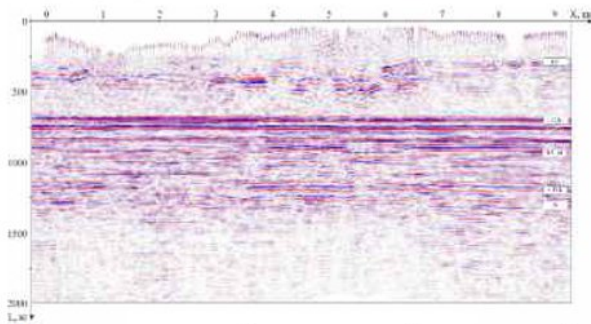


▲ Рис. 5. Синтетический глубинный разрез после миграции до суммирования.

Здесь использована та же самая глубинно-скоростная модель для миграции (рис. 2) не подвергавшаяся каким-либо изменениям. Боковой сейсмический снос в модельном варианте, естественно, отсутствует. Субгоризонтальная форма модельных глубоких границ вполне соответствует ожиданиям и подтверждает правильный выбор параметров миграции. Видимые дифракционные артефакты, особенно на верхней модельной целевой границе nC2ks в зоне под врезом, можно отнести на счет характерных недостатков алгоритма миграции Кирхгоффа.

Теперь рассмотрим результаты применения другого, относительно простого, метода учета влияния ВЧР – расчета и ввода поправок “исключения”. Не приводя здесь описания методики расчета указанных поправок, просто представим результаты применения данного подхода на реальном и модельном сейсмическом материале.

На рис. 6 приведен реальный окончательный временной разрез с поправками “исключения”.

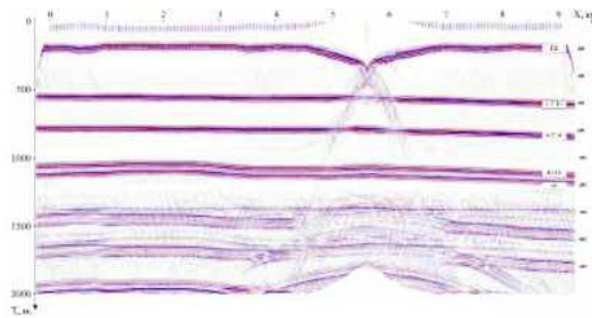


▲ Рис. 6. Реальный суммарный временной разрез с поправками «исключения».

Для корреляции линии вертикального времени первой жесткой границы использована обычная миграция после суммирования по исходному временному разрезу на ограниченной по удалениям базе суммирования ($X_{\max} = 350$ м). Линия приведения имела горизонтальную форму и располагалась близко к линии исключаемой границы с целью минимизации среднеквадратического значения поправок и, соответственно, постоянного сдвига результирующего разреза. Эмпирически подобранный коэффициент поправок исключения составил 0.5. Последующая обработка сейсмограмм включала подавление когерентного шума, коррекцию кинематических и остаточных статических поправок, коррекцию остаточных фазовых сдвигов на элементарных трассах. Также выполнено подавление случайного шума по окончательному временному разрезу. В итоге, как показывает приведенная иллюстрация, получен итоговый

временной разрез достаточно высокого качества с точки зрения прослеживаемости изучаемых глубоких горизонтов. В интервале вреза можно отметить некоторое понижение доминирующей частоты и, соответственно, снижение разрешенности полезных отражений. Последнее может быть обусловлено в том числе частично несинфазным суммированием из-за неполной компенсации остаточных статических подвижек в ходе обработки. Но все же, на взгляд авторов, основной причиной является усиление эффектов рассеяния и поглощения сейсмической энергии в зоне палеозойского вреза, что в первую очередь сказывается на высокочастотной компоненте.

Синтетический временной разрез после процедуры “исключения” показан на рис. 7.



▲ Рис. 7. Синтетический суммарный временной разрез с поправками «исключения».

Поправки “исключения” рассчитаны аналогичным образом с использованием модельных сейсмических материалов. Коэффициент исключения ($K = 0.57$) получен расчетным путем по заданным в модели интервальным скоростям. В итоге, как видно на рисунке, качество суммирования и структурный план не вызывают вопросов.

Сравнивая приведенные результаты применения двух различных методов компенсации влияния криволинейной границы при наличии на ней крупного искажающего элемента (палодолины), необходимо отметить следующее.

В обоих случаях в проблемной зоне

возникают сложности с восстановлением реального структурного плана исследуемых глубоких границ. Для получения достоверной картины на итоговых материалах необходимо использование априорной геологической информации и скважинных данных.

В приведенном примере, очевидно, что в целом, волновая картина на рассматриваемом проблемном отрезке профиля выглядит предпочтительнее после процедуры исключения, чем после глубинной миграции. Особенно это касается динамических характеристик.

Сказанное вовсе не означает призыв к упрощению методики построения глубинных моделей среды и отказу от использования современных геофизических технологий и программных средств. Это лишь напоминание геофизикам о том, что наличие даже самого сложного и дорогого программного продукта и опыта работы с ним, в определенных сейсмогеологических условиях вовсе не обеспечивает получение требуемого результата.

Таким образом, несмотря на развитие современных сложных методик глубинных построений, позволяющих сохранять динамические характеристики волнового поля, проблема учета сложнопостроенной ВЧР и в настоящее время остается по-прежнему одной из самых актуальных. В ряде случаев задача выполнения относительно простых структурных построений с требуемой точностью представляется крайне затруднительной. А не устраненные должным образом временные искажения годографов делают последующий динамический анализ малосодержательным. Положительные результаты динамического анализа, полученные по материалам обработки данных сейсморазведки МОГТ-3D с применением технологии исключения, приведены в работе [4].

К сожалению, до сих пор среди многих геофизиков нет четкого представления о допустимости применения тех или иных подходов для решения обсуждаемой задачи. Например, встречаются попытки устранить искажения структурного плана исследуемых горизонтов путем сглаживания временных или глубинных карт с помощью площадных фильтров, не привлекая никакой информации об искажающем факторе.

Варианты геологической модели среды, построенные на основе исключительно традиционных методов, при которых искажения связанные со сложнопостроенной ВЧР вообще никак не учитываются, с нашей точки зрения, вообще не заслуживают какого-либо серьезного обсуждения.

Литература

1. Артемьев А.Е., Заложных М.А. Способы компенсации влияния сложнопостроенной верхней части разреза на волновое поле. // Приборы и системы разведочной геофизики №04(50)/2014. С.84-92
2. Артемьев А.Е. Опыт применения глубинной миграции на основе волнового уравнения в условиях развития солянокупольной тектоники. // Приборы и системы разведочной геофизики №04(14)/2005. –С.28-30.
3. Артемьев А.Е., Гавриков А.Г., Федорчук Р.А. К вопросу о необходимости применения 3D миграции до суммирования в платформенных условиях. // Приборы и системы разведочной геофизики №04(06)/2003. –С.40-44.
4. Артемьев А.Е., Жильцова Е.В. Сейсμοфациальный анализ среднедевонских отложений южного склона Пугачевского свода. // Приборы и системы разведочной геофизики №01(47)/2014. С.99-109.
5. Артемьев А.Е., Иванов А.В., Жильцова Е.В., Ольшанский А.С. Центр обработки и интерпретации ОАО «Саратовнефтегеофизика». // Приборы и системы разведочной геофизики №04(38)/2011. С.6-16.