

Применение передовых технологий обработки и миграции широкоазимутальных сейсмических данных в юго-западной части Прикаспийской впадины

- Булеев С.Е., Калининченко Г.П., Ужакин Б.А., ООО СП «Волгодеминойл», г. Волгоград
- Сафронова О.Н., Вороновичева Е.М., Смирнов К.А., ООО «ПетроТрейс Глобал», г. Москва

Юго-западная часть Прикаспийской впадины характеризуется сложным геологическим строением и глубоким залеганием целевых горизонтов. Получение оптимального сейсмического изображения среды в условиях с сильными контрастами скоростей, вызванных соленосными и карбонатными отложениями сложной формы, требует глубокого знания геологии региона, оптимального планирования системы наблюдений и применения самых передовых технологий обработки сейсмических данных. Эти технологии должны включать в себя шумоподавление с сохранением характеристик сигнала, построение скоростной модели среды со сложной топологией границ и глубинные миграции данных с учетом особенностей геологического строения разреза и параметров 3Dсъемки. В статье описываются результаты применения подобных технологий для одного из лицензионных участков ООО СП «Волгодеминойл» в юго-западной части Прикаспийской впадины.

Описание объекта исследования и системы наблюдений.

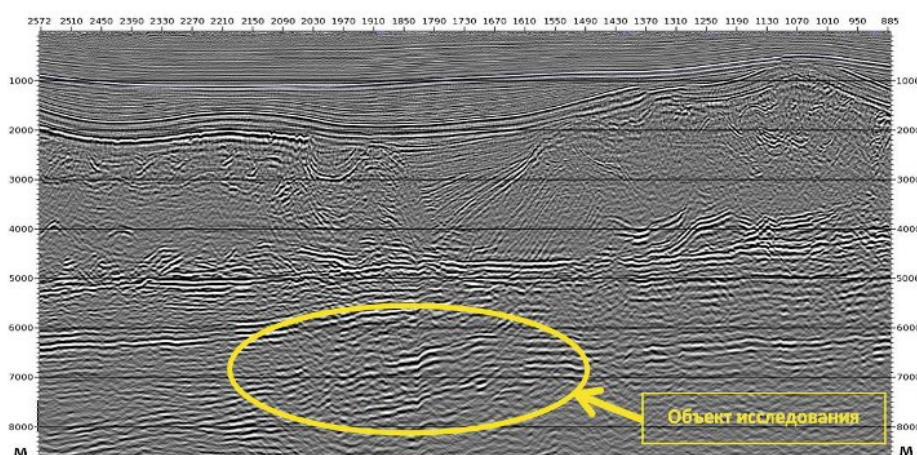
Район работ находится в юго-западной части Прикаспийской нефтегазовой провинции. Объектом исследования являлась структура предположительно рифового генезиса, расположенная на краю карбонатной верхнедевонской платформы в подсолевом комплексе. Глубина залегания структуры – около 7 км. На рис. 1. представлен результат старой обработки одного из 2Dпрофилей на указанной площади в глубинном масштабе.

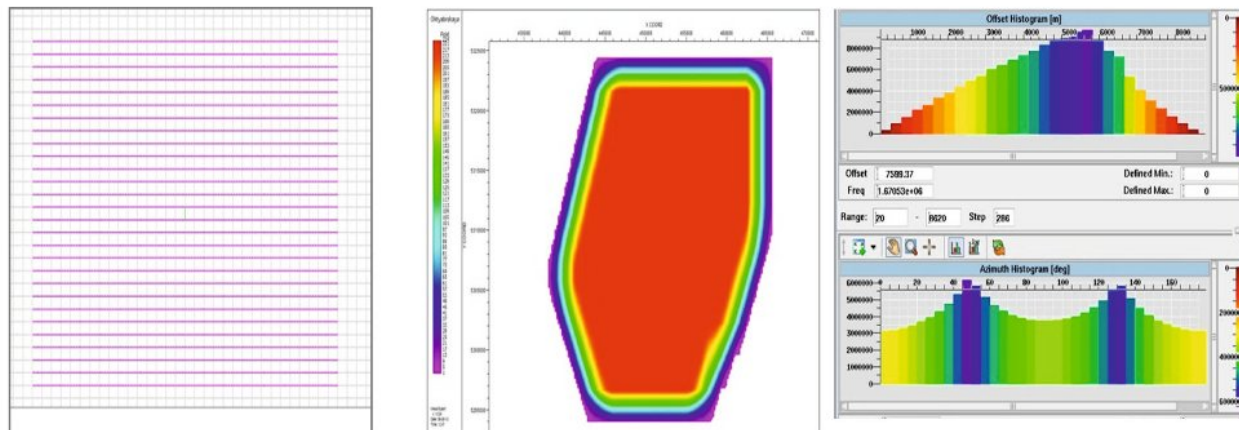
Площадь широкоазимутальной сейсмической съемки 3Dсоставляла 700 кв. км. В активной расстановке находилось 28 линий приема с расстоянием 400 м между ними и 7168 каналами. Максимальное удаление ПВ-ПП составляло 8500 м. Размер бина– 25×25 м, номинальная кратность – 224. На рис. 2 представлены характеристики системы наблюдений.

Целевое назначение и состав работ

Основной целью обработки являлось получение данных с высоким соотноше-

► Рис. 1. Результат старой обработки одного из 2D профилей.





▲ Рис. 2. Схема активной расстановки, распределение кратности, гистограммы удалений и азимутов.

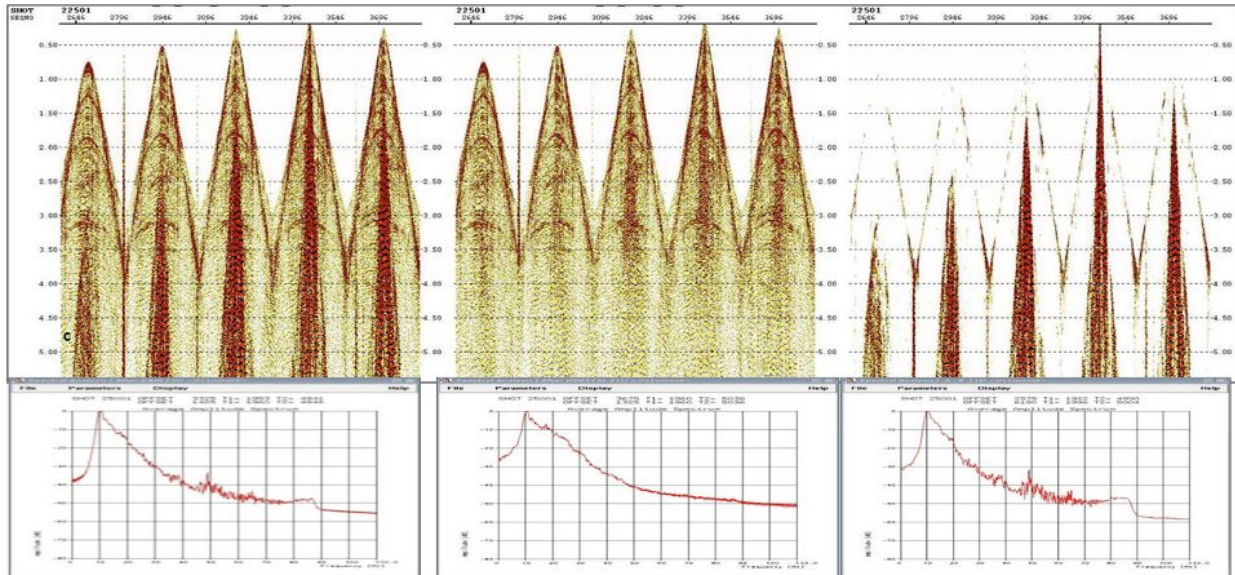
нием сигнал/помеха и высокоразрешенной записью (в первую очередь для отражений от подсолевого комплекса), позволяющих сформировать достоверную сейсмогеологическую модель для подготовки к глубокому бурению и оценки потенциальных ресурсов.

Для решения поставленных задач все процедуры выделения полезного сигнала производились с максимальным сохранением соотношения амплитуд. Помимо временной миграции выполнялись глубинная изотропная и анизотропная миграции данных до суммирования, для которых формирование глубинно-скоростной модели производилось с использованием томографии. Учитывая параметры системы наблюдений и сложность объекта исследования, для повышения качества отображения среды в сейсмическом поле на финальном этапе применялась полноазимутальная глубинная миграция данных.

Выделение полезного сигнала

Для подавления низкоскоростных поверхностных, промышленных и высокоамплитудных волн-помех была использована технология LIFT (Leading Intelligent Filter Technology). LIFT обеспе-

чивает эффективное подавление помех различной природы с сохранением амплитудных и фазовых характеристик сигнала. В основе методики лежит выделение сигнала и шума в разных частотных диапазонах, ослабление волн-помех до уровня меньшего или равного сигналу в каждом частотном диапазоне с применением скоростных фильтров и вычисление суммы остаточных компонент сигнала, которые формируют сигнальную часть сейсмических данных. При этом, формирование сигнальной составляющей, в отличие от общепринятого подхода (моделирование помехи и вычитание ее из данных), выполняется итерационно, а процедуры, применяемые для выделения сигнала на каждой итерации, могут быть различными. Процедура применялась в сортировках ОПВ и ОПП, а для формирования модели сигнала использовались, в основном, медианная фильтрация в различных частотных диапазонах и фильтр группирования низких частот. Как видно из рис. 3-4, применение технологии LIFT позволило эффективно выделить полезный сигнал, сохранив при этом его частотные характеристики.



▲ Рис. 3. Сейсмограммы и амплитудные спектры до (слева), после применения шумоподавления на основе технологии LIFT (в центре) и разница (справа).

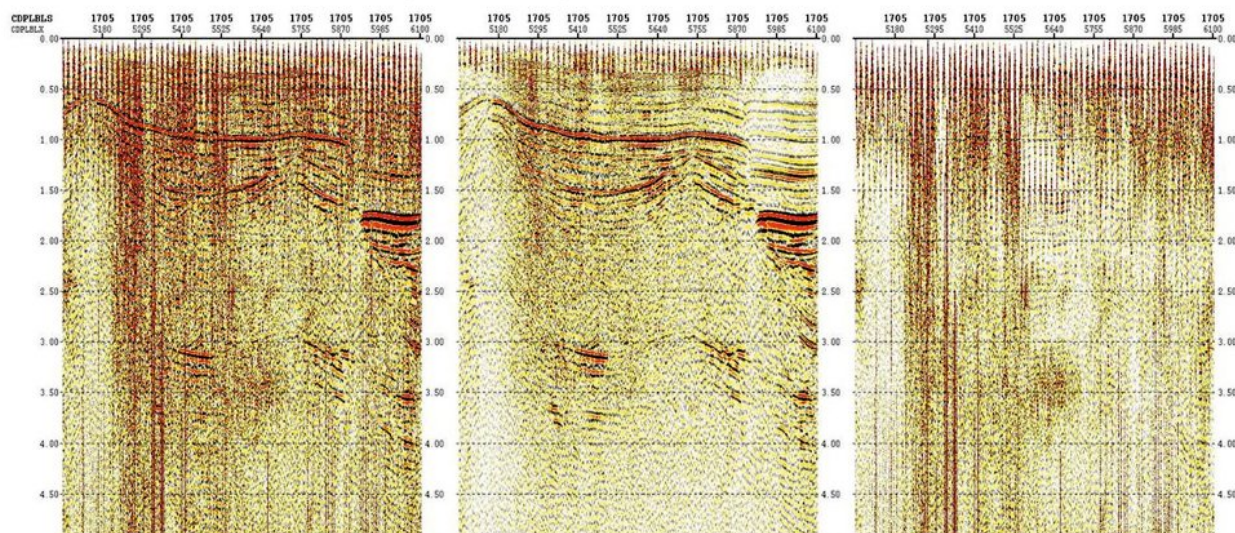
Построение глубинно-скоростной модели и миграция.

Для построения изотропной глубинно-скоростной модели выполнялся анализ скоростей по сейсмическим и скважинным данным, а также анализ результатов обработки и интерпретации данных 2D предыдущих лет. Для уточнения скоростной модели использовалось несколько итераций послойной и сеточной томографии. На рис. 5 представлено сечение глубинного куба изотропных

интервальных скоростей до и после уточнения модели.

После тщательного тестирования параметров (метод расчета времен пробега, апертура, анти-аляйсинговый фильтр и др.) с построенной скоростной моделью была выполнена изотропная глубинная миграция данных до суммирования по алгоритму Кирхгоффа. Как видно на рис. 6, применение глубинной миграции позволило значительно повысить фокусировку и прослеживаемость

▼ Рис. 4. Временной разрез до (слева), после(в центре) применения шумоподавления на основе технологии LIFT и разница (справа).



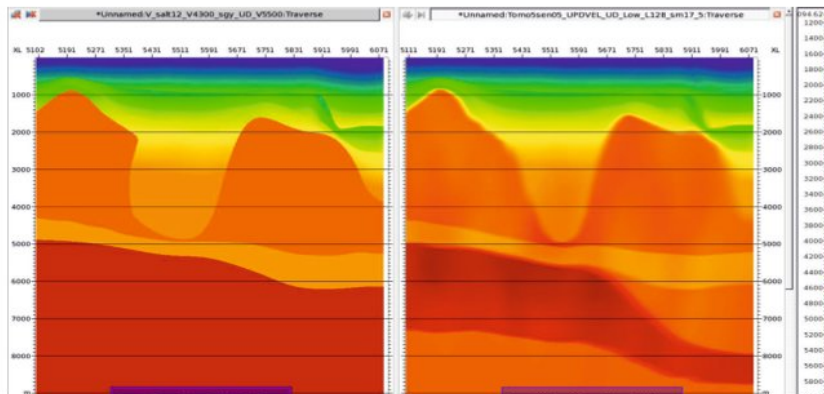
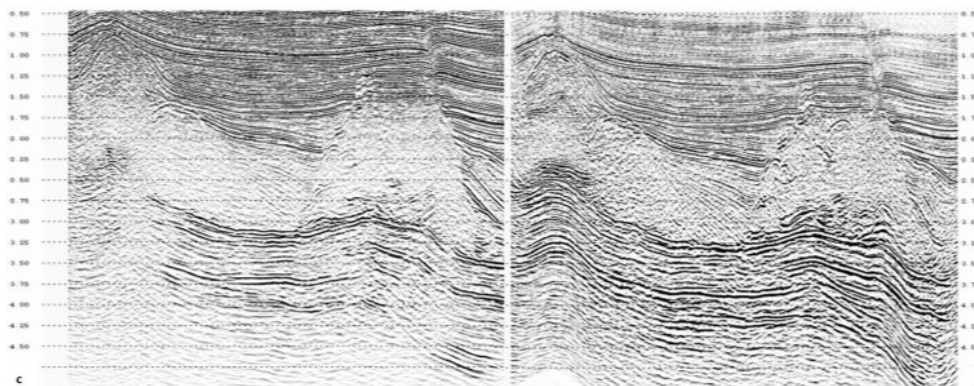


Рис. 5. Исходная (слева) и окончательная (справа) изотропная глубинно-скоростная модель.

Рис. 6. Временная (слева) и глубинная (справа) миграция до суммирования (во временном масштабе).



отражающих горизонтов по сравнению с результатом временной миграции.

Для учета анизотропии скоростей (анизотропии с вертикальной осью симметрии -VTI) производился анализ и расчет параметров Томсена - δ и ϵ . Выбор начальных значений параметра δ осуществлялся путем анализа глубин горизонтов, полученных по результатам глубинной миграции данных и глубин пластопересечений в скважинах. Параметр ϵ , на данном этапе, принимался равным δ . Полученные значения приме-

нялись для трансформации поля скоростей, которое затем использовалось для анизотропной глубинной миграции данных с заданным шагом. Далее производилось уточнение анизотропных параметров с помощью локальной томографии. Для построения финальной анизотропной скоростной модели потребовалось выполнение 3-х итераций уточнения параметра ϵ и 2-х итераций для уточнения параметра δ . На рис. 7 приведены сечения изотропной и анизотропной глубинно-скоростной модели.

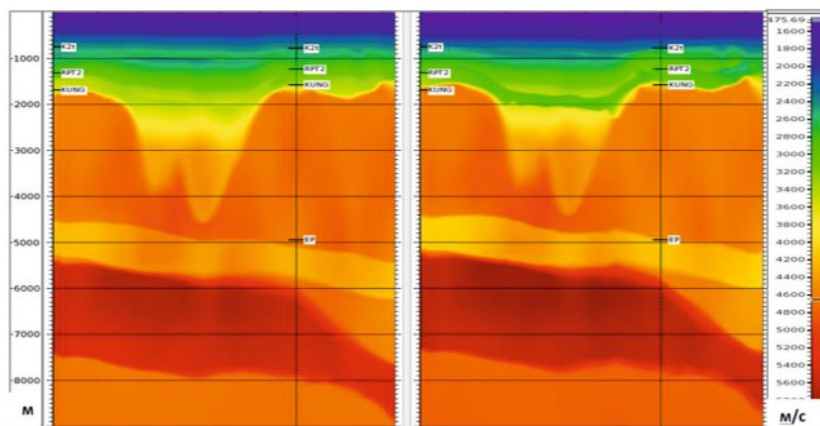
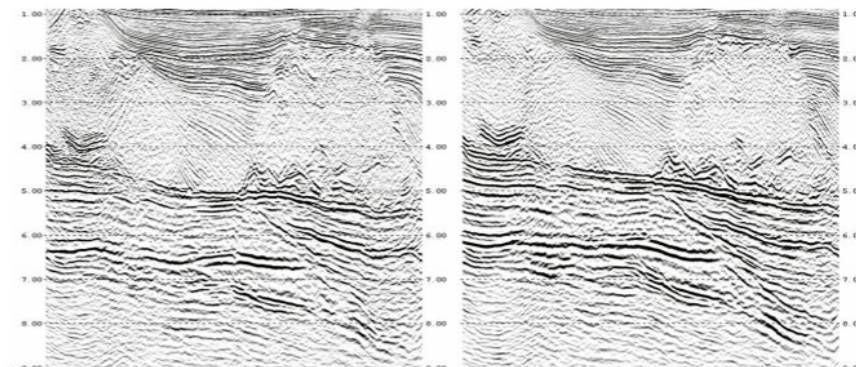
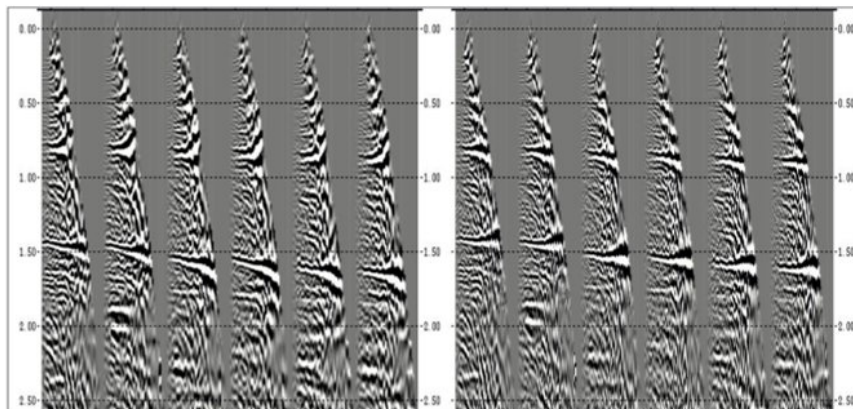


Рис. 7. Изотропная (слева) и анизотропная (справа) глубинно-скоростная модель.

► Рис. 8. Сейсмограммы после изотропной (слева) и анизотропной (справа) глубинной миграции.



◀ Рис. 9. Сечения куба после изотропной (слева) и анизотропной (справа) глубинной миграции по алгоритму Кирхгоффа.

С анизотропной скоростной моделью была выполнена анизотропная глубинная миграция данных до суммирования по алгоритму Кирхгоффа. Как видно на рис. 8, применение данной процедуры позволило более эффективно спрямить годографы на мигрированных сейсмограммах и устранить эффект «клюшек».

На рис. 9. представлено сравнение результатов изотропной и анизотропной глубинной миграции данных на уровне разрезов. Легко видеть, что анизотропная миграция позволила улучшить фокусировку и уточнить геометрию отражающих горизонтов, особенно в подсолевом комплексе.

Полноазимутальная миграция

Для того чтобы в полной мере использовать все преимущества широкоазимутальной системы наблюдений, которая была использована на площади исследования, на последнем этапе сейсмические данные были подвергнуты специальной процедуре полноазимутальной глубинной миграции и декомпозиции волново-

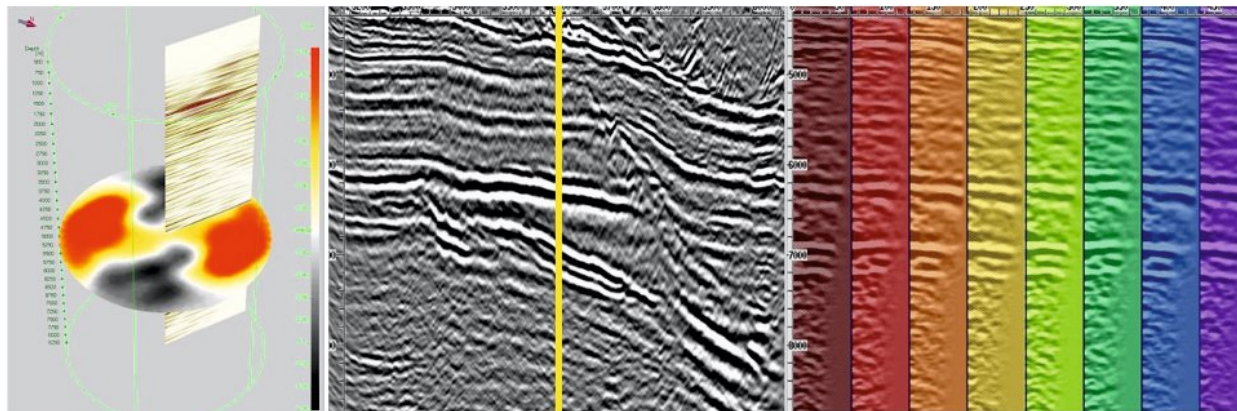
го поля в программном пакете EarthStudy 360 (ES360) компании Paradigm Geophysical.

В основе работы ES360 лежит лучевое трассирование модели из каждой точки глубины на поверхность наблюдений с заданным шагом по вертикали, латерали, а также по углам и азимутам. В результате, в распоряжении геофизиков имеется набор глубинных мигрированных сейсмограмм с полным распределением азимутов. Информация, извлеченная из этих данных, может значительно повысить достоверность структурных построений и использоваться в дальнейшем для прогноза свойств резервуара.

К основным преимуществам полноазимутальной глубинной миграции данных в системе ES360 можно отнести:

- Учет «многопутья»
- Контролируемое и равномерное распределение углов и азимутов
- Максимальное сохранение амплитудно-фазовых характеристик сигнала

Для выполнения полноазимутальной

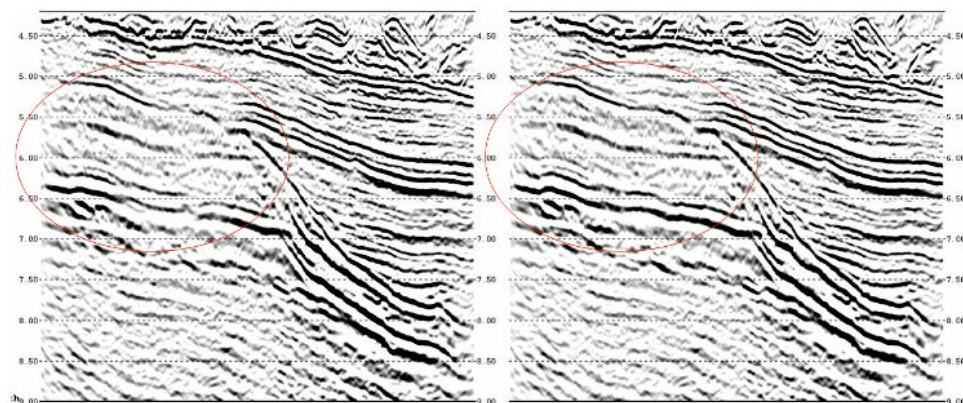


▲ Рис. 10. 3-х мерная полноазимутальная сейсмограмма, местоположение на разрезе и её 2-х мерная развертка (цветом кодируются азимутальные сектора).

миграции данных использовался куб скоростей и кубы анизотропных параметров, построенные на этапе выполнения анизотропной миграции Кирхгоффа. На рис. 10 приведены примеры объемной визуализации 3-х мерной полноазимутальной сейсмограммы, получаемой в результате выполнения миграции ES360, а также её двухмерная развертка, где трассы отсортированы по углам отражения для каждого выбранного азимута, кодируемого цветом.

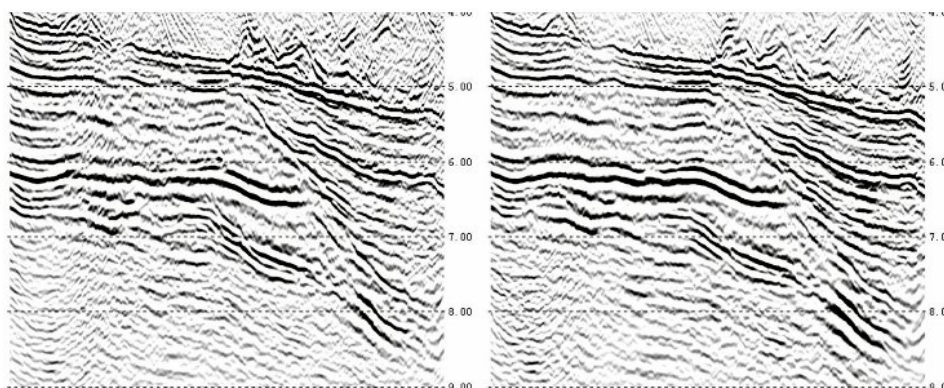
Заметно, что поведение годографов меняется в зависимости от азимута отражения. Для компенсации данного эффекта, был выполнен азимутальный анализ и расчет остаточной кинематики. Результат ввода азимутально-зависимой остаточной кинематики проиллюстрирован на рис. 11, где видно улучшение прослеживаемости отражающих горизонтов в целевом интервале.

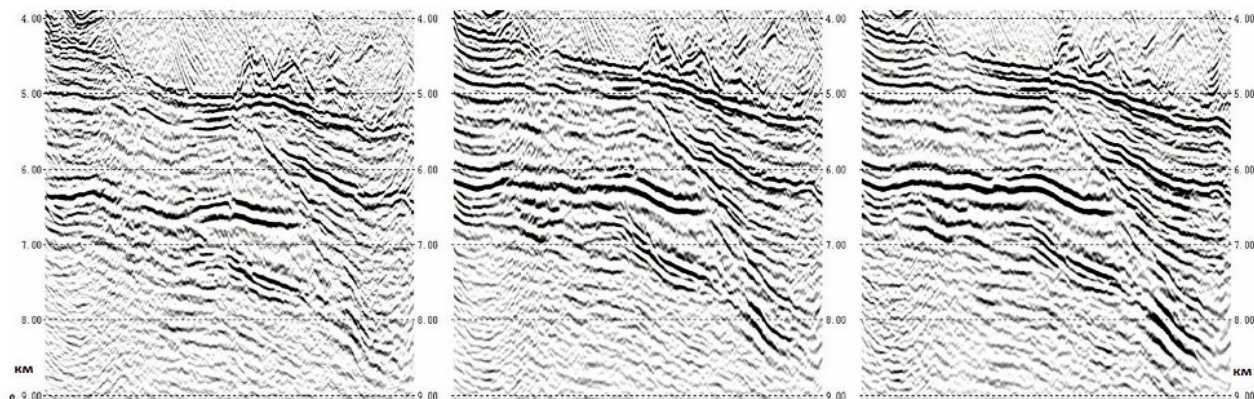
Рис. 12 демонстрирует сравнение результатов глубинной анизотропной



◀ Рис. 11. Сечение куба до (слева) и после (справа) ввода азимутально-зависимой остаточной кинематики по результатам полноазимутальной миграции данных.

► Рис. 12. Анизотропная глубинная миграция Кирхгоффа (слева) и анизотропная полноазимутальная глубинная миграция ES360 (справа).





▲ Рис. 13. Изотропная миграция Кирхгоффа (слева), анизотропная миграция Кирхгоффа (в центре) и полноазимутальная анизотропная миграция ES360 (справа).

миграции Кирхгоффа и глубинной анизотропной полноазимутальной миграции. Благодаря эффективному использованию всей информации, которая предоставляет широкоазимутальная съемка, технология ES360 позволила значительно повысить кинематическую и динамическую разрешенность записи в целевом интервале.

На рис. 13 представлены 3 варианта глубинной обработки, полученные в ходе выполнения данного проекта, которые иллюстрируют последовательное улучшение фокусировки и прослеживаемости целевых отражений в подсолевом комплексе по мере применения более эффективных технологий построения скоростных моделей и различных глу-

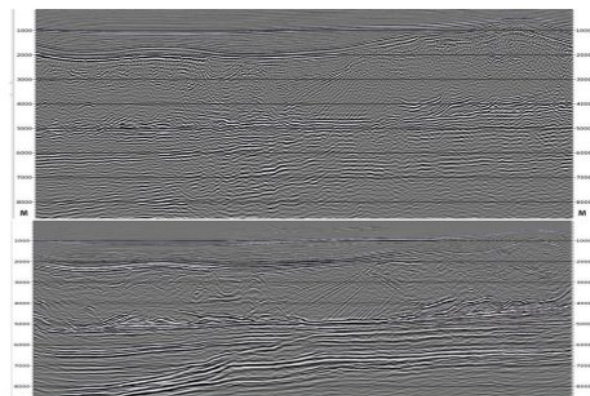
бинных миграций данных до суммирования.

Сравнивая полученные результаты с результатами обработки данных 2D прошлых лет (рис. 14), можно сделать вывод о том, что удалось достичь радикального повышения разрешенности записи и улучшения прослеживаемости отражающих горизонтов по всему разрезу.

Заключение

В результате выполнения проекта по обработке широкоазимутальных данных для одного из лицензионных участков ООО СП «Волгодеминойл» в юго-западной части Прикаспийской впадины были получены кондиционные результаты, позволяющие снизить риски при принятии решения о подготовке к глубокому бурению и оценке потенциальных ресурсов. Успешность выполнения данного проекта, во многом определялось следующими факторами:

- Оптимальная система наблюдений и сейсмические данные высокого качества;
- Применение инновационных технологий, позволяющих извлечь максимум полезной информации из сейсмических данных;
- Совместная конструктивная работа геологов, обладающих глубокими знаниями о строении региона, и геофизиков, использующих эти знания в ходе применения высокотехнологичных процедур.



▲ Рис. 14. Результат старой обработки одного из 2D профилей (сверху) и результат новой обработки 3D (данные извлечены из куба вдоль траектории 2D профиля).