

## **Синтез современных технологий. Эффективное решение для сложных сейсмогеологических условий в сжатые сроки.**

*Галактионов А.А. («Газпром Нефть Мидл Ист Б.В.»), Диденко И.В. («Газпром Нефть Мидл Ист Б.В.»), Исаков М.А.\* (Яндекс.Терра (ООО «Сейсмотек»))*

При проведении сейсморазведочных работ МОГТЗД на площади порядка 300 кв. км компания «Газпром Нефть Мидл Ист Б.В.» столкнулась с задачей оперативной коррекции точки заложения глубокой скважины. С учетом сжатых сроков, сложных поверхностных (значительные перепады рельефа) и сейсмогеологических (надвиговая тектоника) условий возникал риск неправильного заложения скважины. Всё это определило ряд требований к проведению обработки получаемого полевого материала:

- оперативный контроль качества полевых наземных сейсмических наблюдений по мере получения полевых данных;
- необходимость быстрого обмена данными между различными подразделениями Заказчика и Подрядчиком;
- предварительная обработка части полученного полевого материала, включающая построение 3D глубинно-скоростной модели и глубинную миграцию сейсмограмм, должна выполняться в крайне сжатые сроки без потери качества (экспресс-обработка);
- необходимость геологического сопровождения и мониторинга результатов со стороны представителей Заказчика;
- оперативная финальная обработка всего объема 3D полевых сейсмических данных, включающая построение глубинно-скоростной модели, увязанной по площади и согласованной с априорной геологической информацией, а также получение глубинного динамического мигрированного куба, пригодного для структурной интерпретации.

Современным решением для плотного взаимодействия удалённо расположенных специалистов различных служб с необходимостью безопасной и оперативной передачи данных между разными странами при таких сжатых сроках выполнения работ и с повышенными требованиями по качеству результатов было создание единого рабочего пространства для совместной работы над проектом. Исползованный «Кабинет Заказчика» – это рабочая среда, созданная на компьютерных ресурсах Яндекс.Терры и оснащенная оперативной памятью, процессорными и дисковыми ресурсами, необходимыми для выполнения намеченных работ. Доступ к Кабинету Заказчика осуществляется из любой точки мира через безопасное Интернет-соединение. Кабинет Заказчика комплектуется предустановленным программным обеспечением для интерпретационной обработки 2D/3D/3C/4C сейсмических данных – Prime, разработанным в Яндекс.Терре.

Обработка выполнялась непосредственно в московском офисе компании ООО «Сейсмотек» на удаленном кластере.

### **Основные этапы выполнения работ**

На начальном этапе выполнялись ввод данных, загрузка топографической основы, присвоение и контроль геометрии, выбор параметров грида, бинирование данных, контроль качества. При наличии цифровой топографической основы соответствующего масштаба на всю площадь работ, возможно выполнение дополнительного контроля геометрии по совпадению рельефа из навигационных файлов и топографической основы.

Затем выполнялась предварительная обработка, включающая ряд алгоритмов подавления шумов, коррекцию амплитудных, фазовых и частотных характеристик записи.

Промежуточные результаты использовались для оперативного контроля со стороны специалистов «Газпром Нефть Мидл Ист Б.В.», имеющих доступ к Кабинету Заказчика из головного офиса компании в Курдистане, а также из офиса в Санкт-Петербурге. По результатам совместного анализа было принято решение, что примененный комплекс процедур позволил существенно улучшить качество данных для дальнейшей обработки и интерпретации.

Параллельно предварительной обработки сейсмограмм, выполнялась коррекция статических поправок. Учет рельефа производился посредством ввода статических поправок, рассчитанных со скоростью замещения, между наблюдаемым рельефом и сглаженным на небольшой базе. Таким образом, дальнейшая обработка была проведена не от константного уровня, а от сглаженного рельефа. В рамках данного этапа было выполнено пять итераций коррекции высокочастотной статистики с использованием технологии формирования эталона, **не накладывающей ограничение «гиперболичности»**, по трем горизонтам.

Наиболее важным этапом интерпретационной обработки является построение толстослойной глубинно-скоростной модели среды. Совокупность особенностей системы полевых наблюдений (существенная нерегулярность распределения удалений по азимутам) и наличие существенных перепадов рельефа в пределах площади исследований определили подход к технологии описания параметров отраженных волн и решения трехмерной обратной кинематической задачи. В терминологии системы Prime этот подход носит название **кинематико-динамического преобразования**. Его суть состоит в описании годографов отраженных волн по мигрированным сейсмограммам в глубинной области с последующим пересчетом результатов аппроксимации во временную область. В процессе была решена (послойно) трехмерная обратная кинематическая задача. В результате построена трехмерная толстослойная глубинно-скоростная модель среды, состоящая из девяти слоев, первым из которых является сглаженный рельеф, а остальные получены решением обратной кинематической задачи (рис.1). Толстослойная глубинно-скоростная модель среды является одним из наиболее значимых результатов обработки сейсмических данных, обуславливающим эффективность глубинной миграции.

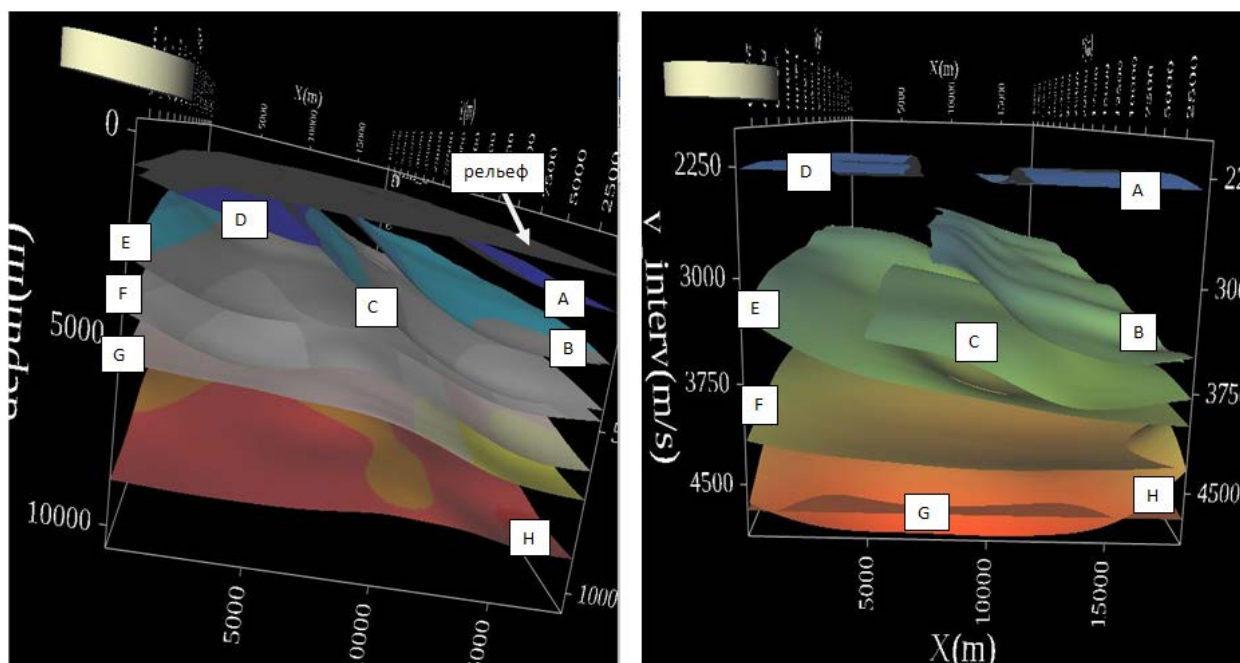


Рис.1 Толстослойная глубинно-скоростная модель.

Слева – поверхности глубин подошв исследуемых интервалов;

Справа – поверхности интервальных скоростей, поименованных в соответствии с подошвой исследуемого интервала.

Послойное построение позволило привлекать к анализу промежуточных построений специалистов Санкт-Петербургского офиса «Газпром Нефть Мидл Ист Б.В.», использующих свой накопленный опыт в изучении геологического строения региона. Такое взаимодействие дало возможность принимать геологически осмысленные решения при верификации результатов решения трехмерной обратной кинематической задачи.

Чисто техническим этапом можно считать 3D регуляризацию сейсмограмм. В целях компенсации влияния системы полевых наблюдений на результат 3D миграции сейсмограмм и получения более качественного результата в верхней части разреза была выполнена 3D регуляризация сейсмограмм в F-Kх-Ку области по кубам равных удалений. Это несколько увеличило объем данных, но позволило существенно улучшить качество результата при суммировании и миграции.

Куб регуляризованных сейсмограмм был подвергнут процедуре трехмерной глубинной миграции (Кирхгоффа) в рамках построенной толстослойной глубинно-скоростной модели среды, согласованной с априорными геологическими представлениями геологов Заказчика. В результате был получен глубинный динамический мигрированный куб от константного уровня приведения над уровнем моря (рис 2).

По итогам анализа данного куба, совместно было принято решение о его пригодности для непосредственной корреляции и структурных построений. Далее глубинный динамический мигрированный куб в формате SEG-Y был изучен в интерпретационном отделе офиса Заказчика в Санкт-Петербурге. Результатом данного этапа работ стала коррекция точки заложения глубокой скважины до окончания отстрела всего объема сейсмических данных.

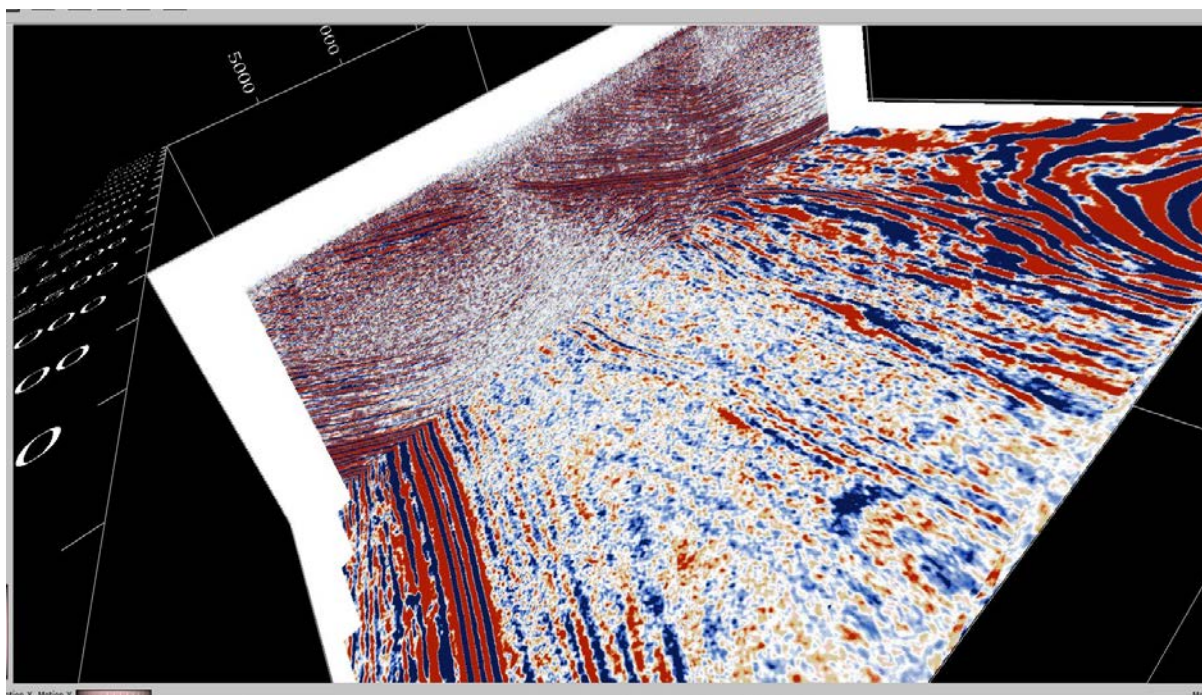


Рис.2 Фрагмент глубинного динамического мигрированного куба в сечениях

По завершении полевых работ, вся отработанная на первой стадии технологическая схема была применена для финальной обработки полного объема сейсмических данных. В дополнение к глубинному динамическому мигрированному кубу был рассчитан куб когерентности.

Следует отметить, что в пределах площади выполненных работ нет пробуренных скважин. Неопределенность в определении глубин залегания целевых горизонтов, ориентируясь на результаты

бурения ближайших к площади работ скважин и результаты интерпретации 2Д данных составляла до 700 м для целевых горизонтов. Однако, вскрытие регионального репера в точках бурящихся скважин, заложенных на основании результатов описанных выше работ, показало, что ошибка в определении глубины составила -90 м, что является хорошим показателем оценки точности глубинно-скоростной модели.

Применение современных технологий обработки, а также использование рабочей среды «Кабинет Заказчика» позволили:

- производить оперативную загрузку материала из полевого офиса через защищенный канал в «Кабинет Заказчика» в режиме: поступившая партия данных – ночная загрузка – обработка на следующий день;

- осуществлять доступ к проекту для специалистов из разных географических точек мира, проводить оперативный мониторинг промежуточных результатов;

- выполнять расширенную экспресс-обработку по графу, включающему послойное построение толстослойной глубинно-скоростной модели среды методом кинематико-динамического преобразования от поверхности сглаженного рельефа. Суть метода состоит в описании годографов отраженных волн по мигрированным сейсмограммам в глубинной области с последующим пересчетом результатов аппроксимации во временную область.

- предоставить мгновенный доступ представителей Заказчика к результатам обработки.

Благодаря использованию «Кабинета Заказчика» и применению собственных методик обработки сейсмических данных в программном комплексе Prime, **Яндекс.Терра (компания ООО «Сейсмотек»)** и **«Газпром Нефть Мидл Ист Б.В.»** осуществили весь спектр предусмотренных работ, включая коррекцию точки заложения глубокой скважины, за 70 календарных дней (от момента получения первой порции полевых данных).