

Выполнение регистрации и обработки данных региональной съемки 2D у побережья Ливии

Meeting deadline of acquisition and processing a large regional 2D survey offshore Libya

Steve Pharez, Jon Beard, Mohsen Selim, Paul Lecocq и Carl Fiduk из CGG рассказывают о проблемах получения данных и их обработки в срок при работе над сейсмическим проектом в Ливии, которая открыла свои прибрежные воды для международных исследований.

2004 был годом значительных изменений в Ливии ввиду быстрого развития дипломатических отношений и появления новых возможностей разведки углеводородов, кульминацией чего стал первый лицензионный тур EPSA-IV (Договор о совместной разведке и добыче), объявленный на август этого года.

Незадолго до этого, в июне 2004 г., международная нефтяная корпорация (NOC) присудила эксклюзивные права на проведение неэксклюзивной геофизической разведки на всей прибрежной площади CGG, совместно с NAGE- CO (Северо-Африканской Геофизической компании), дочерней компании NOC по наземным сейсмическим работам. CGG наметила программу получения первичных сейсмических профилей 2D, а также гравиметрических и магнитных данных общей длиной 38,000 км в соответствии с общей моделью падения и простираения пластов; эти профили должны связать между собой как можно больше скважин.

Протяженность береговой линии Ливии 1770 км, от границ Египта до Туниса, а площадь прибрежной зоны занимает около 500,000 км² при глубинах воды более 2000 м. Несмотря на то, что имеются данные по прибрежным водам Ливии, большая часть из них относится к мелководным участкам вблизи берега, а кроме того, данные были получены до 1990 года и при их получении были использованы устаревшие технологии. В глубоководных участках и на восточной части прибрежных вод вблизи Египта практически не велось разведки (область Cyrenaica).

С целью получения современных данных, CGG уделила особое внимание параметрам наблюдения и использовала расстановку пневмопушек объемом 4800 дюймов³, косу длиной 8000 м и 24-битную станцию. Поскольку CGG собиралась начать сбор данных, первые шесть морских участков стали доступными для получения лицензии, срок подачи заявок намечен на январь 2005 г. Площадь каждого участка была 100 км x 100 км (10,000 км²) и CGG в срочном порядке приступила к съемке профилей длиной 12,000 пог.км., которые покрывают соответствующие участки, для того, чтобы доставить клиентам обработанные разрезы во время с целью их интерпретации перед подачей заявок (Рисунок 1).

Вскоре оказалось, что не только скорость сбора данных является проблемой (порядка 4000 км в месяц), определенным вызовом является разнообразная геология региона, структура, глубина воды, литологические вариации, кроме того требования к данным накладывали свои ограничения на обработку.

Самой большой проблемой для обработчиков было идти в ногу с темпами сбора данных. Это требовало, частичной автоматизации процедуры обработки, которая должна была быть достаточно надежной и работать в разнообразных геологических условиях, меняющихся с запада на восток, а также в диапазоне глубин воды от 50 до 4000 м.

Первая партия полевых данных была доставлена в центр обработки CGG в Каире в конце августа 2004 г. После интенсивного тестирования параметров, был подобран оптимальный граф обработки, который включал SRME, несколько прогонов высокоразрешающего преобразования Радона и процедуру подавления кратных дифрагированно-отраженных волн. Вторая фаза обработки включала в себя построение временных изображений с помощью миграции Кирхгофа до суммирования и автоматический, итеративный скоростной анализ с высокой плотностью перебираемых скоростей (Рисунок 2).

Была установлена процедура строгого контроля качества, которая включала построение промежуточных мигрированных разрезов с помощью системы управления качеством для обеспечения наилучшего качества конечного результата. Это было особенно важно при анализе скоростей, которые сканировались вручную на гриде 5 км и оценивались перед их вводом в цикл автоматической итеративной пикировки (HDPIС (High-Density Velocity Analysis)-TIKIM) (Рисунок 3). На протяжении всего цикла требовалось изменение параметров, связанное с глубиной воды и жестким контролем качества.

Граница мессинского комплекса имеет значительное влияние на качество окончательных сейсмических данных, она вызывает рассеяние, что в свою очередь, ведет к сильному затуханию амплитуды и искажениям волнового поля. В западной части качество данных было хорошим, по направлению к центру оно ухудшалось.

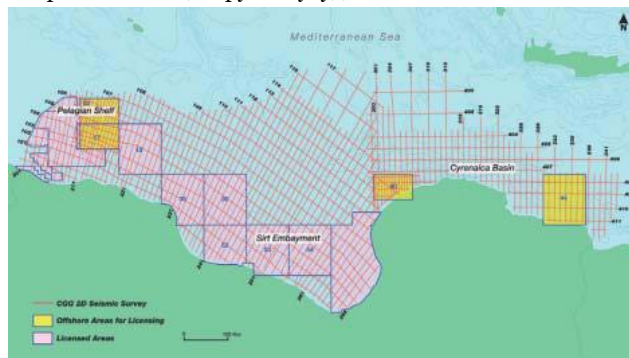


Рисунок 1 Схема профилей сейсмических работ 2D CGG в Ливии.

Обработка данных

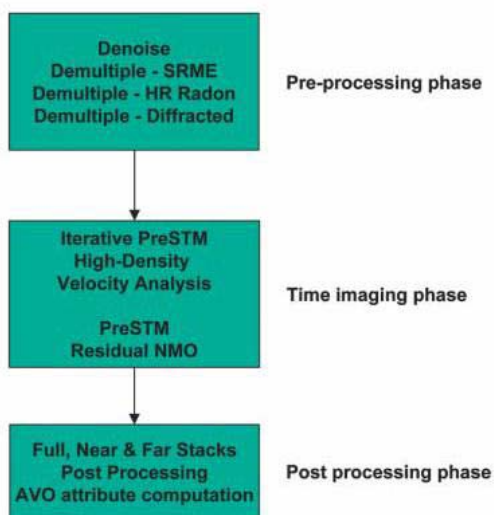


Рисунок 2 Высокопроизводительный цикл обработки.

Целью обработки было ежемесячное получение 4000 км окончательных данных, чтобы не отставать от производительности одного или двух исследовательских кораблей. Мы превзошли эти планы - 4500 км окончательных результатов получались нами ежемесячно. Эти результаты включали в себя полностью мигрированные разрезы во временной области до суммирования, суммарные разрезы для ближних, средних и дальних удалений, а также данные по атрибутам скоростей высокой плотности.

Среди двух участков в прибрежной зоне можно выделить два участка, которые являются многообещающими – океанический шельф и лагуну Sirte. Океанический шельф подстилает северный склон

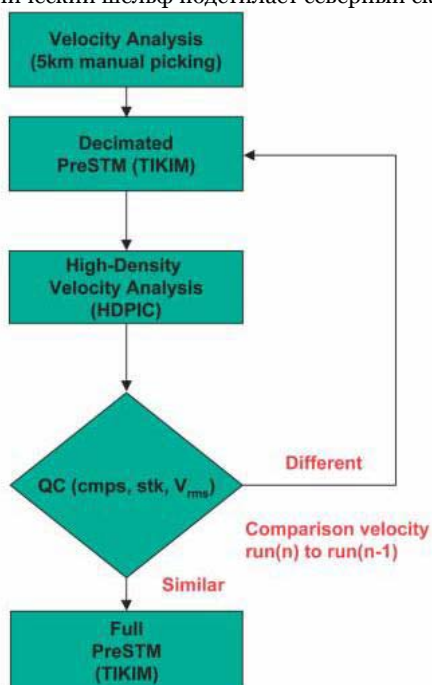


Рисунок 3 Автоматическая корректировка модели скоростей.

Африканской плиты. Считается, что он претерпевает режим растяжения с компонентой правостороннего смещения по простиранию. Лагуна Sirte включает в себя области, на которых бассейн Sirte опускается к склону и возвышенности Sirte. Рифтообразование в арке Sirte в позднем палеозое (в Триасе) привело к ее разрушению в интервале от среднего до позднего мела, и формированию бассейна Sirte. На развитие этих областей существенно влияли деформации Тетиса и альпийская тектоника.

Новые сейсмические данные 2D демонстрируют, что океанический шельф обладает как чертами сжатия, так и растяжения. На рисунке 4 приведены данные, полученные у границы с Тунисом. О существовании разломообразования, связанного с растяжением, было известно и ранее. Но между 2-3 секундами записи ясно видна серия плотно смятых структур. Области, выделенные зеленым, указывают на те участки бассейна, которые предполагают выпячивание соли. Скорее всего, складки имеют соляное ядро и образовались на соли триассового/юрского возраста. Хотя, большая часть из этих структур не имеет черты диапиров, а является складками сжатия. Этот факт может увеличить их перспективы в качестве целей для разведки. Истинные соляные диапиры наблюдаются на западе в водах Туниса. На рисунке 4 видно, что по направлению вверх некоторые из структур исчезают, некоторые складки расширяются и достигают дна. Это является свидетельством того, что на океаническом шельфе этот процесс продолжается, возможно, с мелового периода.

Переместившись на восток, новые сейсмические данные 2D выявляют, что широкомасштабные структурные и осадочные тренды, обнаруженные на берегу, в бассейне Sirte, простираются и на прибрежные воды в лагуну Sirte. Платформа Jahama и прогиб Sirte – две широкие и легко распознаваемые структурные особенности (Рисунок 5). Между ними наблюдаются небольшие горсты и грабены разных размеров.

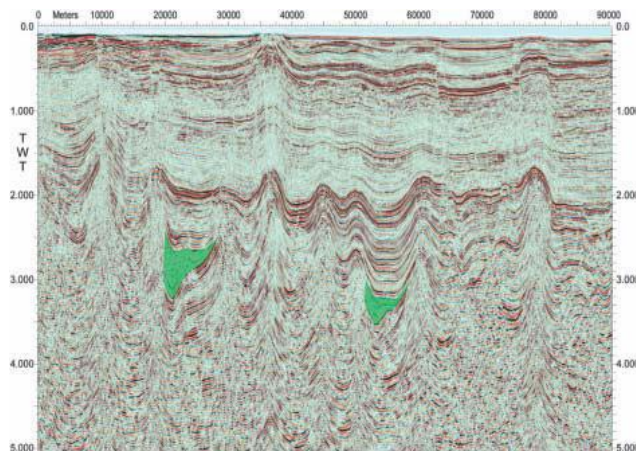


Рисунок 4 Сейсмические данные 2D с океанического шельфа вблизи границы с Тунисом. На разрезе видно как несколько складок расширяются вверх и достигают морского дна, эти складки являются индикатором процесса сжатия, продолжающегося с мелового периода.

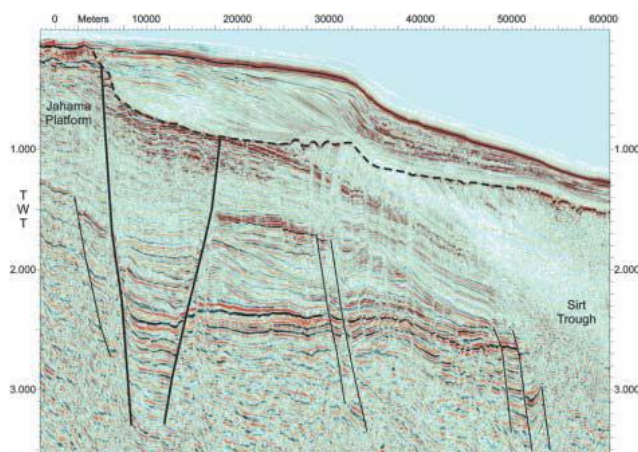


Рисунок 5 Сейсмические данные 2D с платформы *Jahama* и лагуны *Sirte* (прогиб) свидетельствуют о небольших горстах и грабенах, а также о широкомасштабном отступании края шельфа.

В лагуне *Sirte* наблюдается только геометрия растяжения.

Крупномасштабное отступление Ливийской окраины шельфа подтверждают данные, этот факт был ранее неизвестен. На рисунке 5 наблюдаются современные дельтовые отложения, располагающиеся как поверх, так и внутри глубоко эродированного и покрытого рубцами палеорельефа (прерывистая линия), что говорит о широкомасштабном отступании края шельфа. Эрозионная поверхность протягивается на 500 км вдоль простирания лагуны *Sirte*. Участок эрозионной поверхности длиной 65 км говорит о слоях, с сильно изрезанным рельефом, наличии залеченных террас сброса, и связанных с ними глубинных разломах. Похоже, что на этом участке отсутствует очень большой блок слоев края шельфа.

Лагуна *Sirte* кажется очень перспективным объектом исследования. Структура горстов и грабенов располагает материнские породы и структуры-ловушки в непосредственной близости. Проградационные клиноформенные толщи, залегающие глубоко под мессинским несогласием, указывают на то, что дельтовые обстановки осадконакопления достигали лагуны *Sirte* на протяжении кайнозоя, принося с собой фации коллекторских песков. Газовые облака (не показаны) и структурно ориентированные акустические 'яркие пятна' предполагают наличие активной нефтяной системы в этом бассейне. Обобщая все наблюдения, можно сказать, что эти структуры имеют огромную перспективу. По мере того, как окончательные результаты по профилям поступают практически каждый день, мы ожидаем увидеть новые геологические свидетельства нефтегазоносности бассейна.

Несмотря на то, что сбор данных по всем профилям общей длиной 38,000 км был выполнен в июле 2005 года, еще решены не все проблемы, связанные с обработкой данных. NOC объявила о втором раунде лицензирования EPSA-IV, назначенном на апрель 2006 года, все заявки должны быть поданы до октября 2005 года; области, подлежащие лицензированию – включают три участка у берегов Ливии, из которых два находятся в слабоизученной восточной области у берегов *Syrenaica*.

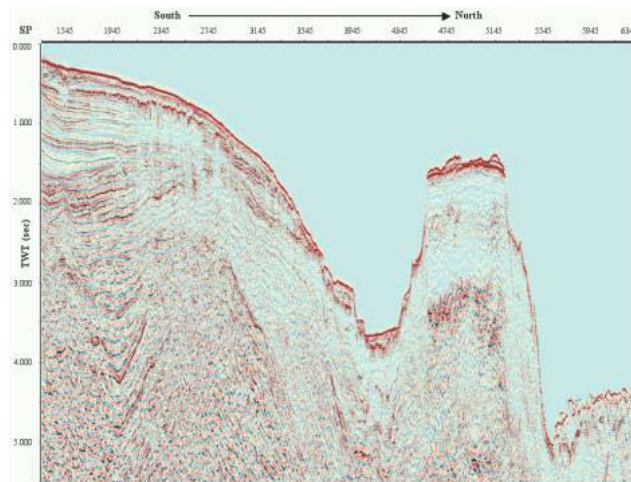


Рисунок 6 Обработанный профиль в восточной части у берегов области *Syrenaica* свидетельствует о наличии загадочных структур континентального и океанического шельфа.

Поскольку завершение сбора данных в этих областях совпало с этим объявлением о лицензионном туре, началась новая гонка по обработке полученных данных, которая успешно завершилась в начале августа 2005 (Рисунок 6).