

Отчет практического семинара EAGE 2006 в Вене по много-азимутальным морским сейсмическим исследованиям

Report on EAGE Vienna 2006 workshop on marine multi-azimuth seismic

Phil Fontana¹ и Tim Summers²

Введение

Практический семинар на EAGE конференции в Вене в июне 2006 года рассмотрел одни из самых интересных разработок в сейсмической технике за последние годы. Предметом дискуссии была много азимутальная и широко азимутальная сейсмическая съемка в морской среде, с акцентом на применение в глубоководных средах. Выбор времени этого семинара соответствовал началу применения в 2004 году, ряда новых технологий и методологий для отображения строения сложных зон в больших глубоководных нефтяных и газовых областях. В семинаре приняли участие некоторое количество докладчиков от нефтяных и сервисных компаний и сейсмических подрядчиков, они представили состояние дел в технике и обсудили проблемы будущего. Это была первая из нескольких сессий 2006 года. За EAGE семинаром следовала SEG/EAGE летняя конференция по исследованию подсолевого отображения и специальная сессия по много- и широко азимутальным сейсмическим исследованиям, на SEG конференции в октябре.

Ниже – выводы семинара EAGE по много азимутальному направлению, это вводное представление статей из специальной рубрики First Break. Перспективы, предлагаемые двумя этими авторами как координаторами практических занятий, формируют основу этой статьи.

Почему нужны много-азимутальные и широко- азимутальные сейсмические исследования?

Во многих провинциях углеводородов во всем мире, решение существенных проблем создания глубинных изображений требуется для доступа к ресурсам. Эти проблемы включают сложность покрывающих пластов и коллектора в определенных областях, например Северного Моря, и все более и более глубоководные среды, где для успеха необходимо формирование изображений ниже сложнопостроенной соли. От новой сейсмической методики требуется получение отображения коллектора от этапа разведки до добычи. Даже в относительно благоприятных геологических средах, где хорошо отображается структура коллектора, представление сейсмических данных хорошего качества, годного для выявления залежи и промышленных целей освоения все еще остается существенной проблемой.

Одно из достижений в таких средах за последние годы было использование океанских донных кабелей (OBC), для увеличения отношения сигнал-помеха, и исследование коллектора широким набором азимутов. Несколько ранних приложений OBC были созданы для формирования изображений S-волны ниже газовых тел, однако все более и более мы видим существенную пользу широко

азимутальной OBC данных по P-волнам для улучшения формирования изображений по сравнению с традиционными данными буксируемых кос. BP провела и издала несколько примеров данных с улучшенным качеством, таких как Clair в UKCS (Kommedal и другие., 2005) и Azeri в Каспийском море (Bouska и другие., 2005). Это сложные для построения изображений месторождения, и требуется прорыв в качестве глубинного изображения при использовании этих данных на промысле.

В глубоководных областях таких, как Мексиканский залив (GoM), Ангола, и Нильская Дельта, резервуары осложнены солевыми телами разной формы и толщины. В GoM и Анголе, альлюхтонный соляной навес дает сильные длиннопериодные изменения скорости на кровле и подошве, которые создают большими изменениями скорости по латерали, по сравнению с окружающими отложениями. В Египте, мессинская толща, сформированная из эродированного ангидрита и морских отложений, генерирует намного более коротковолновые изменения скорости. Оба случая, хотя в различных измерениях, создают существенные проблемы формирования изображений резервуара, которые трудно преодолеть, используя традиционный узкий азимут морских исследований буксируемыми косами. Практически мы находим, что в этих подсолевых средах, направленные азимутальные данные являются часто критическими для целей исследования и неадекватными для исследования и разработки. Даже с развитием сложных технологий мы не можем получить хорошее качество данных из узкого азимута буксируемых морских данных, необходимых для формирования требуемого отображения.

Как эти проблемы решаются?

Требуется прорыв в формировании сейсмических изображений, и от опыта в улучшении сейсмического качества данных много и широко азимутальной сейсмики на мелководье и глубине посредством OBC, мы можем ожидать улучшения соотношения сигнал-помеха и более детального описания коллектора. Проблема заключается в том, как получить данные, поскольку океанские донные кабели вообще не конструируются, чтобы работать на таких глубинах и их трудно развернуть эффективно. Это ведет к потребности разработать новые методы получения много азимутальных и широко азимутальных данных в глубоководных средах для формирования изображений ниже сложных покрывающих отложений. В прошлом было несколько попыток создания новых методов и методологий. Технология Вертикального кабельного метода (Krail, 1994) была многообещающей, но не добилась коммерческого успеха. Разработки совместного промышленного предприятия SMAART (Sukup, 2002) демонстрировали способы использования буксируемой технологии для получения широкого набора

¹ phil.fontana@cgveritas.com. ¹

tim.summers@uk.bp.com.

© 2007 EAGE

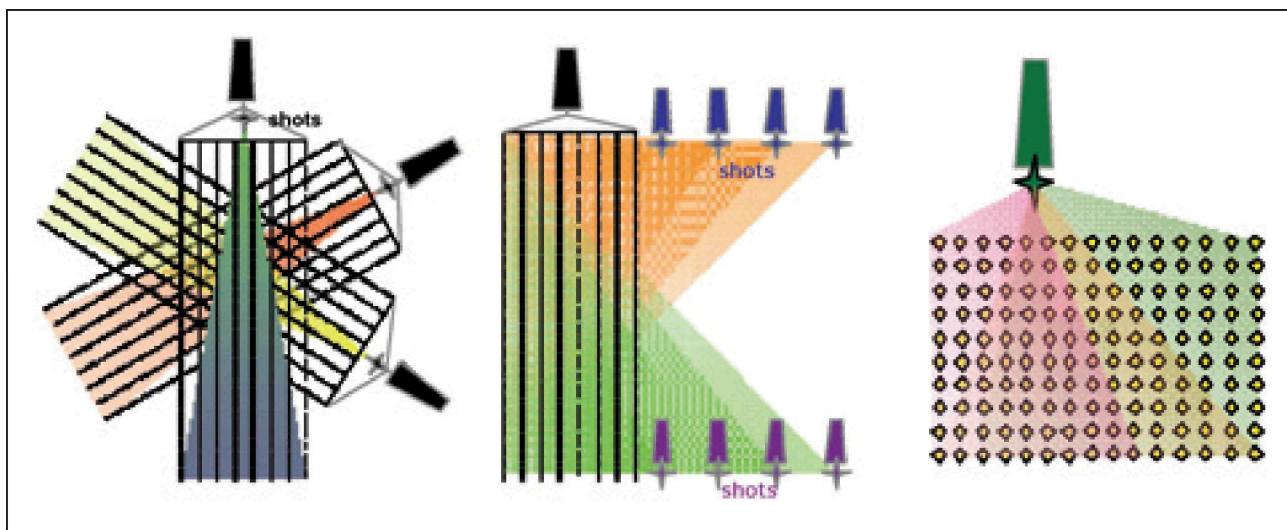


Рисунок 1 Три геометрии получения данных, дающие широкий набор азимутов источника: слева направо, много-азимутальные буксируемые источники (MAZ), широко азимутальные буксируемые источники (WATS) узлы океанской донной сейсморазведки (OBS).

азимутов, хотя никогда не тестировались в масштабе в полевых условиях.

В 2003, BP делала стратегический акцент на формировании подсолевых изображений с применением разработанных новых методов, чтобы решить встречающиеся существенные технические и деловые проблемы. Это привело к проявлению нескольких методик для получения широко азимутальных данных на больших глубинах (Рис. 1).

Они использовали существующую буксируемую аппаратуру новыми способами, что привело к проявлению новых океанских донных решений. В Дельте Нила, после успешных двойных азимутальных эксплуатационных испытаний в 2003, BP наняла PGS, чтобы получить первые шесть- азимутальные сейсмические съемки для контроля методики формирования изображений месторождения Raven. Эта методика оказалась оправданной для построения изображений ниже зон низкопериодных аномалий скорости, сгенерированных покрывающими мессинскими пластами и дала существенное увеличение качества данных по одноазимутальным данным. В Мексиканском заливе впервые широко азимутальную промышленную съемку буксируемых источников (WATS), использовали для формирования изображений подсолевых отложений, она была проведена BP по площади Mad Dog в конце 2004, компания Veritas DGC была подрядчиком работ. Это дало существенное улучшение в качестве данных по отношению к существующим узким азимутальным данным, расстановка для широкоазимутальных работ оказалась приспособленной к получению изображений зон ниже длинно-периодных аномалий скорости, вызванных большими солевыми телами. Результат много-азимутальных усилий в Нильской Дельте представлен в этой статье *First Break*. Моделирование широко азимутальных съемок для формирования изображений подсолевых отложений в GoM было представлено на конференции и было отмечено в *The Leading Edge* (Regone, 2006).

И много-азимутальные буксируемые расстановки и широко азимутальные методы занимают свое место в сейсмическом инструментарии, и должна быть выбрана соответствующая методология, в зависимости от целей формирования изображений, степени сложности геологической среды, и условия хозяйственной деятельности. Польза этих методов — в использовании существующей техники получения новых способов и их универсальность, размер съемок и полученные азимуты.

Хотя в примерах приводятся методы, которые были применены как средства разработки месторождений, они хорошо подходят для разведки, при которой эффективны большие съемки.

В дополнение к этим методам с буксируемыми косами, BP задавала тон в применении новых глубоководных океанских систем для формирования изображений подсолевых отложений. После успешного испытания оборудования в 2004, BP ввела в эксплуатацию Фэрфилд, с 900 модулями узлов и провела съемку по площади Atlantis в GoM в конце 2005. Чтобы провести эту съемку, было необходимо преодолеть многочисленные технические и эксплуатационные проблемы. Автономные узлы были развернуты и информация была получена с использованием дистанционных операционных носителей (ROV) на топографически донной поверхности, которая изменялась по глубине от 1300 до 2200 м с существенными изменениями альтитуды в средней части области. Съемка была большим промышленным успехом и продемонстрировала, что широко азимутальный полевой проект мог быть безопасен и иметь превосходную надежность (Ross и Beaudoin, 2006). Обработка данных и развитие этого проекта продолжаются.

Каждый из этих масштабных экспериментов продемонстрировал жизнеспособность получения много азимутальных и широко азимутальных данных в глубоководных средах, для преодоления существенных проблем формирования изображений. Достижение нужного качества данных за приемлемые затраты дает возможность использовать эти инструментальные средства и снизить риск и неопределенность на исследуемых площадях со значительными проблемами формирования глубинных изображений и в тех местах где затраты на бурение высоки. Испытание этих приложений в поле было критично и дало возможность адаптировать и изменять технические методы для целей исследования и оценки.

Решение проблем для морской много азимутальной съемки на семинаре EAGE

Все выше описанное было представлено в деталях на семинаре как часть широкой дискуссии по различным аспектам

морской много-азимутальной сейсморазведки от мелководья до глубоководной акватории. Семинар был структурирован так, чтобы охватить технику получения, требования к проведению и типы обработки, чтобы понять выгоды и принять компромиссные решения, связанные с каждым методом.

Морской Много-азимутальный Сейсмический практический Симпозиум, Вена, июнь 2006 Широко Азимутальная Сейсморазведка.: От Поверхности до Большых глубин, Tim Summers, BP

- *Развитие, Тенденции и обзор рынка Широко и Много- Азимутальных Сейсмических Методов*, Phil Fontana, Veritas DGC
- *Буксируемая много-азимутальная сейсморазведка*, Eivind Fromyr, PGS
- *Много-азимутальная, трехмерная сейсморазведка для Формирования изображений До плюценового возраста в дельте Нила* Jim Keggan, BP
- *Азимутальная Анизотропия*, Fiona Dewey, Wintershall
- *Много-азимутальная обработка и получение данных*, Philippe Hermann, CGG
- *Разработка Широко Азимутальных Решений для Большых глубин Мексиканского залива*, Carl Regone,
- *Опыты с получением Много-азимутальных данных донной сейсморазведкой* Mark Thompson, Statoil
- *Много-азимутальная сейсморазведка с Океанскими донными узлами: Выполнимость и Задачи обработки*, Enrico Ceragioli, Total
- *Применение OBS технологии донных точек – за пределами Атлантиды*, Steve Mitchell, Fairfield Industries
- *Новое в получении обогащенных Азимутальных Морских данных* - Mike Howard, BHP Billiton
- *Проблемы для обогащенных Азимутов - Возможности Обработки*, ■ Jetty Kapoor, Western-Geco
- *Реализация потенциала получения Широко Азимутальных исследований Буксируемыми методами*, Bruce Verwest, Veritas DGC

Начиная с много азимутальных буксируемых решений, рассматривается эксплуатационная эффективность и финансовая эффективность, чтобы проводимые полевые работы соответствовали анализу обработки данных. Большая польза в этом отношении - много азимутальные сейсмические съемки – набор традиционных съемок в различных направлениях, и определенный процесс обработки, который может быть применен к каждой съемке перед объединением в единственный массив. Решение проблемы об оптимальном извлечении сигнала и подавлении помех от каждой съемки как предлагают Fromyr и Keggan. Кроме того, в областях существенной азимутальной анизотропии, большая степень интеграции добавлена в обработку, для получения объединенных объемов данных, как говорилось Dewey.

Как только мы отходим от много азимутального получения данных посредством традиционных исследований в различных направлениях к много судновым широко азимутальным обзорам, следует увеличение в трудоемкости обработки. Это приводит к потребности пересмотреть параметры обработки в области ОПВ, а не области ОГТ, которым мы обычно занимались много лет. Hermann представил краткий обзор этого размышления, объединив это с темой дня по широко азимутальным способам, которые начались с обсуждения Regone по моделированию геометрии

получения данных, заданной для формирования изображений подсоловых отложений. Метод, объединяющий аспекты и много-азимутального и широко азимутального исследований буксируемых съемок, был представлен Howard, и продемонстрировал, как мы могли бы получить прибыль от обоих способов при эффективных затратах.

Большинство традиционных методов получения широко азимутальных данных, как предварительно обсуждалось, это океанские донные системы. Есть существенные проблемы в выборе плотности данных и рентабельности кабельных съемок, хотя выгоды в качестве данных очевидны как показано в обзоре Thompson и обширной программы OBC Statoil. Это ведет к представлению узловых систем, для рассмотрения получения эквивалентного качества данных кабелей для функционирования в глубоководных средах. Проблема качества данных была затронута Ceragioli, который показал данные сравнения проведенных испытаний, которые Total выполнил в Западной Африке. Он продемонстрировал, что определенное качество данных может быть достигнуто совместным использованием узлов, и смешанных систем сбора данных. Комплексные эксплуатационные положения были представлены Mitchell при обсуждении успешного завершения проекта Fairfield, ранее рассматриваемого проекта BP Atlantis.

Семинар продемонстрировал, что много-азимутальное и широко азимутальное морское исследование стало реальностью с существенным вкладом в новые технологии компаний и подрядчиков, с целью решения задачи формирования глубинных изображений. Это начало захватывающего периода, который требует намного больше глубокого понимания характеристики данных и способа их обработки, для представления оптимального изображения. Это обсуждение было начато на семинаре с получением возможностей обработки Kapoor. За этим следовали некоторые очень интересные размышления Verwest по характеристике сигнала, и помех широко азимутальных данных, и о том как эффективно подавить кратные волны с помощью геометрии наблюдения.

Будущее?

Данные, представленные на семинаре по много- азимутальным и широко- азимутальным методам и по донным сейсмическим съемкам, получены до того, как стало очевидным существенное улучшение качества изображения предыдущих данных, полученных в тех же самых областях, используя узкий азимут, буксируемых кос. Это улучшение в качестве изображения стало интересным для промышленности, при использовании этих нетрадиционных морских методов получения для разнообразных целей по всему миру. Все больше и больше компаний решают, что эти виды нетрадиционных методов получения имеют значимость в их исследовательских и строительных программах, сейсмические подрядчики должны быть готовы, чтобы обеспечить получение и обработку данных вовремя и при низких затратах.

Как упомянуто выше, много - азимутальные съемки требуют использования традиционно оборудованной бригады. Площадь съемки покрывается много раз во многих направлениях.

Время, которое потребуется, чтобы завершить много азимутальную съемку, напрямую связано с числом направлений. Поэтому, буксировочное судно будет проводить съемку в течение значительно более длинных периодов времени по сравнению с традиционной съемкой.

В случае буксируемых широких азимутальных съемок, геометрия получения данных требует использования группы судов. В самом простом

случае, широко азимутальная съемка может быть проведена с единственным судном приемником и дополнительным судном источником. Но время, чтобы провести этот тип съемки с минимальной геометрией было бы слишком большим, чтобы принять решение для большинства разведочных или строительных программ. Так, подрядчики используют многократные источники и суда буксиры, чтобы помочь сократить время проведения широко-азимутальных съемок.

Использование отдельного судна - приемника на много-азимутальной съемке при использовании многократных источников при широко азимутальных съемках изменит глобальный коэффициент использования морских поверхностных сейсмических съемок, если подрядчики не увеличат имеющуюся в настоящее время мощность. На этой стадии в развитии этих методов большой вопрос для будущего - 'будут ли эти типы съемок достаточны на рынке, для окупаемости капиталовложений для существенного увеличения в морских сейсмических ресурсов?' Ответ на тот вопрос будет иметь прямое влияние на стоимость таких съемок и затраты определят, как компании оценивают значение этих типов данных.

Есть подобные экономические решения, которые будут сделаны подрядчиками и нефтяными компаниями для глубоководных донных океанских систем. В случае расстановки узлов, существенный вклад в источники и системы обработки точки требуется до начала работ. Тогда, ежедневные эксплуатационные затраты будут главным образом определены коэффициентом готовности ресурсов ROV. В это время, работы ROV - не являются областью, где сейсмические подрядчики обычно имеют опыт или

контролируются. На эти услуги нужно заключить субподрядный договор с третьими компаниями, которые традиционно вели бизнес на основе обслуживания других организаций и процессов. Так, подобно буксируемым исследованиям, стоимость и поэтому ощущаемая ценность глубоководных сейсмических съемок будут управляться коэффициентом готовности оборудования и задействованных активов, необходимых для проведения этих типов съемок.

В течение некоторого времени после Венского симпозиума в июне 2006 до издания этой статьи, несколько крупных подрядчиков составили большую библиотеку широко азимутальных данных в Мексиканском заливе с подписанием соглашений с большими нефтяными компаниями. Также были предложения и запросы на сейсмические буксируемые косы и океанические программы в других частях мира. Так, оказалось, что деловые модели сейсмических подрядчиков и ощущаемая ценность этих типов съемок компаниями в настоящее время утверждена и предполагается хорошее будущее для этих новых способов получения морских трехмерных сейсмических данных.

Ссылки

- Bouska, J. and Johnston, R. [2005] The first 3D/4-C ocean bottom seismic surveys in the Caspian Sea: Acquisition Design and processing strategy. *The Leading Edge*, 24, 910-912.
- Kommedal, J.H., Fowler, S., and McGarrity, J. [2005] Improved P-wave imaging with 3D data from the Clair field. *First Break*, 23, 51-54.
- Krail, P.M. [1994] Vertical Cable as a subsalt imaging tool. *The Leading Edge* 13, 885.
- Regone, C.J. [2006] A modeling approach to wide-azimuth design for subsalt imaging. *The Leading Edge* 25, 1467.
- Ross, A and Beaudoin, G. [2006] Field design and operation of a deepwater, wide azimuth OBS node seismic survey. *SEG Annual International Meeting, Extended Abstracts*.
- Sukup, D.V. [2002] Wide-azimuth marine acquisition by the helix method. *The Leading Edge*, 21, 791.