

## 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 Fontana<sup>1</sup> и Tim Summers<sup>2</sup>

#### 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 (ОВС), для увеличения отношения сигнал-помеха, и исследование коллектора широким набором азимутов. Несколько ранних приложений ОВС были созданы для формирования изображений S-волны ниже газовых тел, однако все более и более мы видим существенную пользу широко

азимутальной ОВС данных по Р-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, аллохтонный 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 сеймики на мелководье и глубине посредством ОВС, 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

<sup>1</sup> phil.fontana@cggveritas.com. <sup>1</sup>

tim.summers@uk.bp.com.

© 2007 EAGE

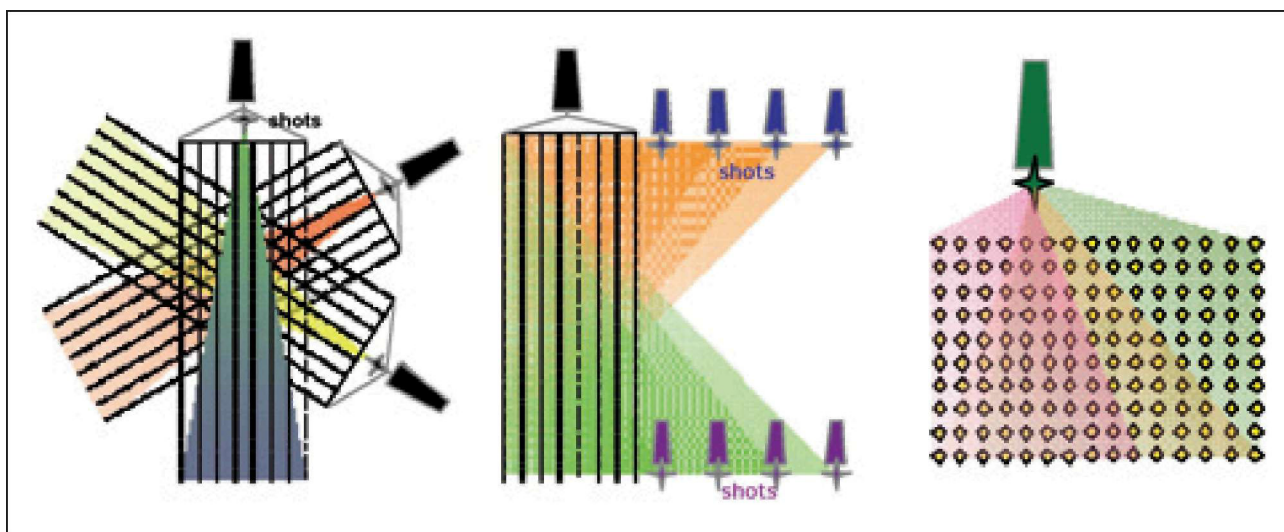


Рисунок 1 Три геометрии получения данных, дающие широкий набор азимутов источника: слева направо, много-азимутальные буксируемые источники (MAZ), широко азимутальные буксируемые источники (WATS) узлы океанской донной сейсмореазведки (OBS).

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 шести- 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 (Росс и Beaudoine, 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 Больших 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 плутонового возраста в дельте Нила Jim Keggin, BP
- Азимутальная Анизотропия, Fiona Dewey, Wintershall
- Много-азимутальная обработка и получение данных, Philippe Hermann, CGG
- Разработка Широко Азимутальных Решений для Больших 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,
- Jerry 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 Keggin. 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 судновому 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. Netmap 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 подсолевых 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 характеристик данных и способа их обработки, для представления оптимального изображения. Это обсуждение было начато на семинаре с получением возможностей обработки Karoor. 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 определяют, 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.