



Гленн Хауэр - Старший Вице Президент по производству компании INOVA в г. Хьюстон. Гленн отвечает за разработку всех новых продуктов INOVA, включая регистрирующие системы, источники и датчики. До назначения на эту должность Гленн был Вице Президентом по маркетингу подразделения ION Geophysical, занимающегося разработкой новейших систем наземной сейсмологии. До приобретения компанией ION фирмы ARAM Systems в 2008 г. Гленн был Техническим Директором по маркетингу ARAM Systems Ltd., одним из лидеров в разработке и производстве кабельных наземных регистрирующих систем. Гленн работал в ARAM с 1997 г. на различных должностях. До этого Гленн работал в компании Geo-X Systems, занимающейся обработкой сейсмических данных. М-р Хауэр - бакалавр и магистр технических наук университета Ватерлоо.

Испытания новейших высокопроизводительных вибросейсмических методов съемки (HPVS) укрепляют сотрудничество компаний PDO, BGP и INOVA

Гленн Хауэр, старший Вице Президент по управлению производством компании INOVA Geophysical

Последние достижения в области вибросейсмической сейсморазведки благодаря новейшим технологиям и методам наземной съемки, предлагаемым изготовителями сейсмического оборудования, открывают новые возможности для геофизических подрядчиков и нефтяных компаний. Увеличение производительности наземной съемки без значительных затрат становится возможным за счет использования высокопроизводительных вибросейсмических технологий Vibroseis. Данные методы в сочетании с многоканальными регистрирующими системами идеально подходят для нефтегазовых компаний Ближнего Востока, таких как Нефтяная Компания Омана (PDO), стремящихся к снижению затрат при регистрации сейсмических данных из расчета на один квадратный километр.

PDO - Петролеум Девелопмент Оман - является крупнейшей нефтегазовой компанией султаната Оман. На ее долю приходится около 70% добываемой в стране нефти и почти сто процентов природного газа. Стратегической задачей PDO является сохранение своих лидирующих позиций в нефтегазовой отрасли ближневосточного региона за счет применения передовых технологий и снижения производственных затрат. Достижение этой цели нередко требует новых подходов и методов при использовании передовых технологий, предлагаемых поставщиками геофизического оборудования. В свою очередь, изготовители оборудования активно сотрудничают с геофизическими компаниями в поисках наиболее эффективных решений. Примером таких связей может быть тесное сотрудничество компаний INOVA Geophysical и BGP International. Именно с целью получения преимуществ такого сотрудничества и была создана компания INOVA, являющаяся совместным предприятием компаний BGP и ION. Это сотрудничество объединило потенциал талантливого коллектива разработчиков инновационных продуктов INOVA с огромным практическим опытом специалистов полевых партий BGP. Вновь образованная INOVA Geophysical стала независимым поставщиком оборудования для наземных сейсмических исследований, включая новейшие типы источников, кабельные и бескабельные наземные регистрирующие системы, а также цифровые датчики.

BGP является одним из крупнейших поставщиков геофизических услуг. 115 ее сейсмических партий работают в различных регионах мира. BGP имеет обширный опыт выполнения

широкомасштабных сейсмических проектов на Ближнем Востоке. Мэн Цин-бин, менеджер BGP по Оману, подчеркивает, что значительное повышение эффективности работ, достигнутое благодаря применению высокопроизводительной вибросейсмической технологии Vibroseis (HPVS), чрезвычайно ценно для нефтяных компаний-заказчиков геофизических работ в отношении успешного выполнения их программ разведки. "Широкий выбор новейшего геофизического оборудования и технологий обеспечивает нам конкурентные преимущества" - заявил Мэн Цин-бин.

В ноябре-декабре 2010 г. в Омане геофизической партией 8622B компании BGP при поддержке PDO был выполнен крупномасштабный проект, предусматривавший проведение полевых испытаний новейшей вибросейсмической технологии HPVS, разработанной INOVA. Это комплексное решение INOVA включало: регистрирующую систему ARIES® II, контроллеры виброисточников Vib Pro™ и вибраторы ANV-IV™ 362. Пустынные ландшафты Омана представляли собой оптимальные условия для успешного выполнения проекта, поскольку обширные открытые пространства лучше всего подходят для применения вибросейсмического комплекса HP Vibroseis.

Выбор регистрирующей системы ARIES II был обусловлен ее способностью выполнять непрерывную регистрацию больших объемов данных с оперативным контролем качества и синхронизацией в режиме реального времени с использованием системы GPS. Для района испытаний наилучшим выбором стали вибраторы серии ANV-IV компании INOVA, которые, благодаря разнообразию конфигураций, обеспечивают возможность работы в любых условиях местности и климата. Фирменная конструкция с предварительно нагруженной стойкой (PLS) обеспечивает оптимальные характеристики, необходимые для работы в составе высокопроизводительного вибросейсмического комплекса - более высокую мощность и повышенную надежность рабочего органа вибратора, способного развивать пиковое усилие до 60,000 фунтов (28 тонн). Контроллеры Vib Pro позволяют генерировать высокоточные свип-сигналы с контролем усилия на грунт и одновременно управлять группами вибраторов в количестве до 32-х.

В процессе проведения полевых испытаний выполнялась оценка комплекса регистрации-связи-контроля ARIES II - Vib Pro в отношении

СЕЙСМОРАЗВЕДКА
НА МОРЕ И НА СУШЕ

эффективности регистрации больших объемов данных при работе по методу Vibroseis. Этот метод высокопроизводительной вибросейсмической съемки становится все более распространенным, особенно, при выполнении работ в обширных пустынных районах Ближнего Востока и Северной Африки, где он позволяет получать качественные сейсмические данные на больших площадях при относительно небольших затратах, уровень которых фактически сопоставим со стоимостью одного квадратного километра при морской съемке. Этот метод также чрезвычайно эффективен для районов с ограничениями по продолжительности полевого сезона, таких как Северная Канада, где возможности проведения широкомасштабной съемки 3D ограничены малым рабочим окном для работ на площадях с мерзлыми грунтами и торфяными болотами.

При поддержке PDO и BGP International планировалось проведение следующих испытаний:

- 1) Тестирование надежности передачи радиосигнала при больших удалениях для радиоприемных устройств, установленных в составе ARIES и Vib Pro;
- 2) Различные варианты регистрации в режиме слип-сви́п, например, "короткий сви́п – короткий слип" и "длинный сви́п – короткий слип";
- 3) Различные варианты состава групп источников – по одному и по несколько источников в группе;
- 4) Разделенный расстоянием одновременный сви́п (режим DSSS™) – две группы с динамической группировкой источников;
- 5) Разделенный расстоянием одновременный сви́п (режим DSSS™) – три группы с динамической группировкой источников;
- 7) Независимые одновременные сви́пы (режим ISS™);
- 8) Общие протоколы связи и протоколы управления группами источников для повышения производительности временных циклов и эффективности управления;
- 9) Регистрация колебаний, возбуждаемых вибраторами;
- 10) Определение координат расположения групп источников с использованием различных видов технологии GPS.

На испытания были присланы представители от шести нефтяных компаний, включая PDO, которые наблюдали за работой регистрирующего комплекса ARIES II. Наблюдатели были удовлетворены отличными результатами, которые система показала при испытаниях. При этом следует учесть, что эти испытания были первой крупномасштабной съемкой, выполненной в регионе с использованием данного оборудования. Чрезвычайно ценной была поддержка промысловых геофизиков PDO как при выборе и отработке площади испытания, так и при определении параметров съемки, необычайно важных для успеха оманского проекта. Все запланированные 38,516 пунктов возбуждения были отработаны за две недели.

"Мы стали свидетелями первого применения новейших технологий и оборудования INOVA в работе опытной сейсмической партии в рамках испытаний, проводившихся с целью достижения нового, более высокого уровня производительности сейсмических работ в нашем регионе" - комментирует Саид Маруки, главный геофизик нефтяной компании PDO.

Следует отметить, что количество оборудования, выделенного для испытаний нельзя назвать идеальным. В испытаниях участвовало только



девять вибраторов, и поэтому в большинстве случаев в одновременном режиме работали восемь вибраторов и один находился в резерве. Использовались, в частности, следующие конфигурации: в режиме слип-сви́п четыре группы по два вибратора или девять групп по одному; в режиме DSSS - две группы по четыре или три группы по три.

Краткое изложение программы испытаний

Оборудование и протоколы связи играют чрезвычайно важную роль при выполнении широкомасштабных вибросейсмических работ HPVS, особенно при использовании методов, предусматривающих одновременную работу групп источников, разделенных расстоянием. Тестирование надежности передачи радиосигнала проводилось при выполнении разделенных расстоянием сви́пов двумя и тремя группами источников, во время которых расстояние между вибраторами и регистрирующей аппаратурой увеличивалось от 12 до 17 км. Связь на одной радиочастоте оставалась стабильной до расстояния 16 км, включая подтверждения сообщений PSS, передаваемые от вибраторов на центральную регистрирующую станцию. На расстоянии 17 км подтверждение PSS было нестабиль-

ным, хотя вибраторы принимали команды на начало работы. Кроме того, для проверки эффективности работы источников на больших удалениях проводился постоянный контроль сейсмических данных. Регистрация больших объемов данных на больших удалениях для целей полноволнового сейсмического моделирования требует генерации мощного энергетического импульса и последующей регистрации на удалении 20-25 км. Кроме того, при регистрации данных от групп источников, разделенных расстоянием до 25 км, для исключения сейсмических помех от глубоких отражающих горизонтов, обеспечения большей длины профилей и надежного управления работой источников с центральной станции требуется применение радиоретрансляторов.

Ряд разнообразных вариантов режима слип-сви́п был испытан с целью наиболее полной проверки протоколов связи и методов связи между системой управления/регистрации и вибраторами. Например, длительные свипы сочетались с коротким временем слипа и прослушивания, в результате чего большие количества перекрывающихся свипов требовали большой вычислительной мощности центральной системы регистрации и обработки данных, а также высокой эффективности и точности при передаче команд, управляющих источниками. С этой целью были разработаны и усовершенствованы специальные протоколы связи, позволяющие избежать взаимные помехи при передаче сигналов по радио. Специалисты INOVA и BGP провели оценку работы и внесли коррективы в конфигурацию следующих подсистем: сетевой протокол связи с источниками и система навигации вибраторов; система позиционирования источников с применением средств GPS; система регистрации и контроля качества свип-сигналов; система управления источниками с учетом их частого перемещения. "Мы убедились, что характеристики регистрирующей системы ARIES II и контроллера источников Vib Pro компании INOVA отлично подходят для высокопроизводительной съемки. Удобный интерфейс облегчает контроль рабочих процессов, таких, как оперативное управление расстановкой источников, контроль уровня помех и состояния вибраторов," - говорит Мэн Цин-бин.

Все запланированные испытания, включая режимы слип-сви́п, DSSS, DSSSS и ISS, проводились в течение короткого промежутка времени, поскольку партия 8622B по плану должна была переезжать на другой участок для выполнения коммерческого проекта. Регистрация данных проводилась в формате SEG-D, причем одновременно с корреляцией и без корреляции. Для регистрации данных по решению заказчика может быть выбран формат SEG-D или SEG-Y. Кроме этого, для каждого свипа регистрировалась величина усилия на грунт. Все эти данные записывались на флэш-диски, подключенные к декодеру Vib Pro каждого вибратора.

Партии BGP удалось достичь высокой производительности регистрации - до 260 пунктов возбуждения в час при использовании четырех групп по два вибратора и до 570 пунктов возбуждения в час при использовании девяти групп по одному вибратору (все в режимах слип-сви́п). Четко проводилось динамическое управление источниками двух и трех групп в режиме DSSS, когда источники одной группы оперативно включались по мере готовности к выполнению свипа сразу же после окончания работы другой группы. Также был опробован режим независи-

мых одновременных свипов, выполняемых восьмью вибраторами, с непрерывной регистрацией данных без корреляции и с временной привязкой каждого свипа по GPS. Вибраторы начинали выполнение свипов независимо от системы регистрации.

Выводы по результатам полевых испытаний

Успешная демонстрация высокой производительности наземного сейсмического комплекса в составе регистрирующей системы ARIES II, контроллеров источников Vib Pro и вибраторов HV-IV, стала возможной в результате сотрудничества компаний PDO, BGP International и INOVA. Ряд рекомендаций по совершенствованию технологии высокопроизводительной съемки HPVS уже выполнен, а остальные дорабатываются и проверяются. В настоящее время специалисты INOVA готовы оказывать полную техническую поддержку при проведении широкомасштабных сейсмических исследований с использованием различных схем непрерывной регистрации данных. Мощный вычислительный ресурс центральной регистрирующей системы ARIES II и четыре оптоволоконных кабеля на 16,000 каналов каждый для передачи данных в режиме реального времени, а также оперативный контроль качества данных в реальном времени позволяют с высокой производительностью проводить геофизические работы в сложных условиях пустыни. Центральный процессор ARIES II может одновременно обрабатывать информацию, поступающую по всем четырём оптоволоконным линиям, то есть регистрировать данные, поступающие с 64,000 каналов (включая вспомогательные каналы). Система способна эффективно обрабатывать данные при проведении интенсивных операций, например, проводить корреляцию в режиме реального времени для серии перекрывающихся сейсмограмм в режимах слип-сви́п, таких, как V1. INOVA продолжает разработку более совершенного аппаратного обеспечения, поскольку дальнейшее повышение производительности при использовании сверхмногоканальных систем связано в основном с возможностями обработки данных (главным образом, их вывода). Сотрудничество специалистов INOVA с разработчиками GXT Processing (отделение ION Geophysical) обеспечивает доступ к новейшим технологиям и методам обработки данных.

Внедрение этих новых разработок позволит проводить высокопроизводительные вибросейсмические исследования в других условиях местности и климата, поскольку было продемонстрировано, что режимы слип-сви́п, HFV и независимая одновременная работа с несколькими свипами могут также успешно применяться в условиях различных ландшафтов и в культурных зонах.

"Методика Vibroseis, такая же, как та, что была использована при проведении полевых испытаний, позволяет выполнять программы геофизических исследований намного быстрее, чем при использовании обычных методов. Мы уверены, что наше сотрудничество в этом проекте со специалистами INOVA позволило значительно уменьшить обратную зависимость между производительностью съемки и качеством сейсмических данных, что и требовалось для нас. То, что геофизические компании располагают оборудованием и владеют методами высокопроизводительной вибросейсмической съемки, такими как HPVS, очень выгодно для нефтяного бизнеса, позволяя быстро и эффективно выполнять необходимые нам проекты сейсмических исследований," - сказал Маруки.

СЕЙСМОРАЗВЕДКА НА МОРЕ И НА СУШЕ