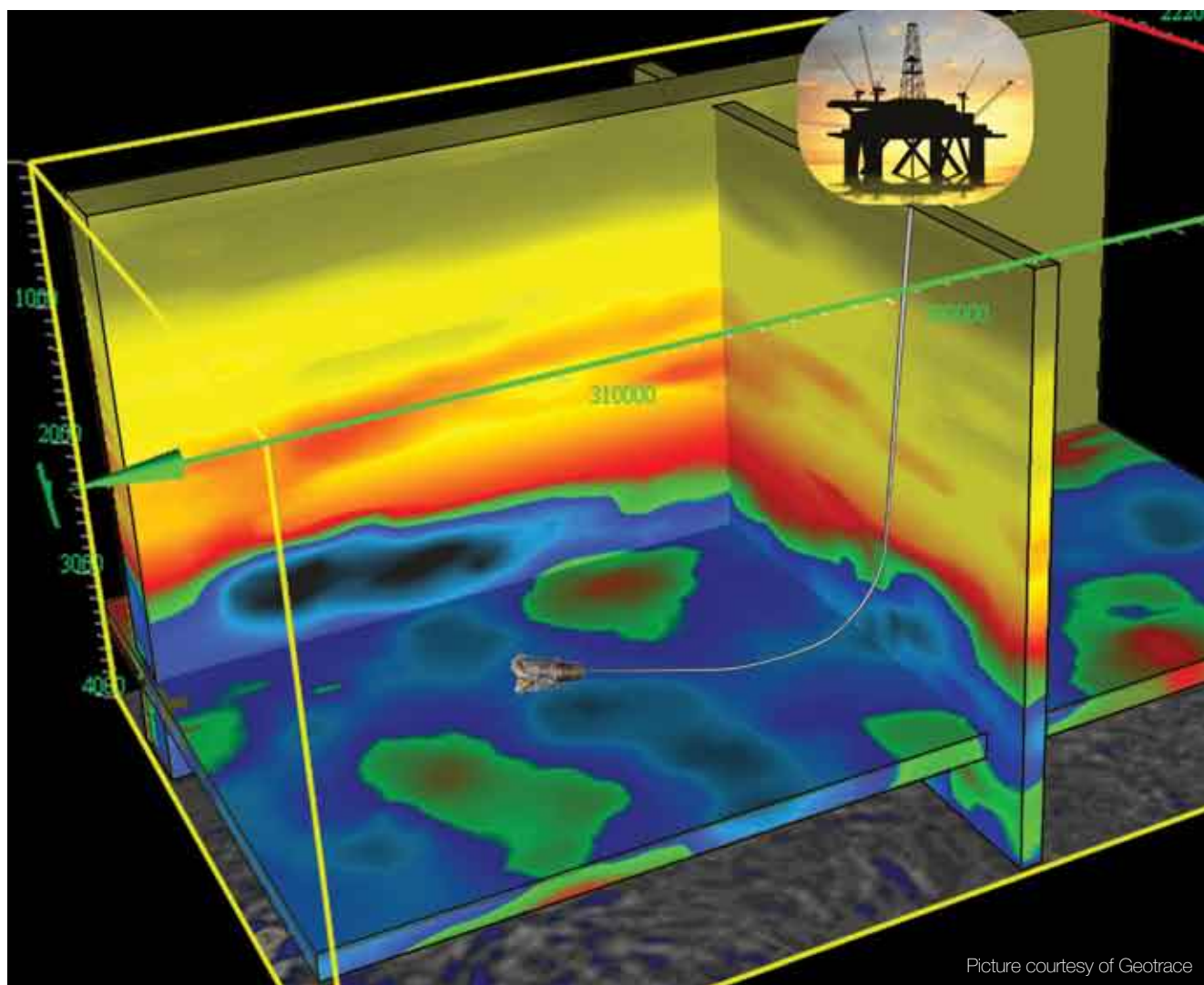


Сейсмическая разведка 4-го поколения! 4th Generation Seismic!



Picture courtesy of Geotrace

Дэвид Бэмфорд David Bamford

Bamford_NewEyes@hotmail.co.uk

Одним из наиболее знаменательных событий в истории мировой нефтегазовой отрасли стало проведение первых морских сейсмических исследований на мелководье Мексиканского залива около семидесяти лет назад. Разумеется, наземная сейсморазведка (как правило, основанная на применении метода преломленных волн или

Nearly seventy years ago, one of the more notable events in the history of the global oil & gas industry occurred when the first offshore seismic was shot in the shallow waters of the Gulf of Mexico. Of course, seismic (typically refraction or 'radial' shooting around salt domes) had been acquired onshore in the USA for the previous twenty years but Shell Oil took the adventurous step of

“радиального” сейсмозондирования вокруг соляных куполов) к тому моменту выполнялась в течение двадцати лет, однако компания “Шелл Ойл” решила рискнуть и приступила к выполнению операций на море. Лет двадцать назад эту историю мне рассказал Сид Кауфман [Sid Kaufman], в то время занимавший должность главного инженера-геофизика компании “Шелл Ойл”. Насколько я помню, в то время было принято решение использовать методику, применявшуюся на суше, согласно которой одна группа отвечала за проведение серии взрывов, а другая - за регистрацию данных. Для этого за “огромную” сумму, порядка 50 долларов, в Галвестоне были зафрахтованы два судна для ловли креветок. После успешного завершения первого проекта был представлен отчет о расходах, на котором “большой начальник” (несомненно, бухгалтер!) сделал следующую пометку: “слишком дорого, в следующий раз используйте одно судно!” Вот так и был изобретен метод сейсморазведки с применением буксируемой косы, допускающий использование одного судна!

Конечно, это всего лишь история, да и память у меня уже не та, что прежде. Однако данная история заставила меня задуматься об этапах развития технологий сейсмической разведки, а также о том, можем ли мы описывать данные этапы так же, как буровики описывают свои морские платформы (вероятно, в настоящее время они дошли до платформ “5-го поколения”). Рассуждал я приблизительно так:

1-е поколение - двухмерная сейсморазведка (2D)
2-е поколение - трехмерная сейсморазведка (3D)
3-е поколение - четырехмерная (пространственно-временная) сейсморазведка (4D).

Я знаю, что я пропустил несколько “скачков” в развитии технологий, - например, переход от наземной к морской сейсморазведке, от использования взрывчатых веществ к применению вибросейсмического метода и пневмоизлучателей, и, конечно же, от аналоговой к цифровой записывающей аппаратуре. Однако моя задача заключалась в определении этапов революционных изменений в методах разведки и добычи нефти и газа, в связи с которыми нефтегазовые компании были готовы пойти на дополнительные затраты в целях получения доступа к новым технологиям. Разумеется, со временем каждая из данных методик поочередно превращалась

going offshore. I was told this story nearly twenty years ago by a gentleman called Sid Kaufman who was Shell Oil's chief geophysicist at the time. As I recall, the decision was made to emulate the onshore approach, with a shooting party and a recording party, and so two shrimp boats were hired in Galveston for the princely sum of \$50 or so. After a successful first project, expenses were submitted and came back with the comment from the ‘boss’ (an accountant for

sure!) “too expensive, next time use one boat”! And so towed streamer seismic had to be, and was, invented, allowing just a single boat to be used!

Well, it's a story and my memory is not what it used to be but it set me thinking about the phases of progress in the seismic technology business and whether we could describe these phases as the drillers do their

offshore rigs – I guess they are up to ‘5th Generation’ by now. My thinking goes somewhat like this:

1st Generation Seismic = 2D

2nd Generation Seismic = 3D,

3rd Generation Seismic = 4D.

Now I know I have skipped across several technology ‘leaps’ here – for example, from onshore to offshore, from explosives to vibroseis and airguns, and of course from analogue to digital recording but I'm trying to define phases that when they were introduced produced a quantum shift in the exploration and exploitation of oil and gas and for which oil & gas companies were prepared to pay a premium for access to the new approach. Of course, in time and in turn, each of these approaches become a commodity, with many competing offers, and bid mainly on price.

So what might be described as 4th Generation Seismic? Perhaps we could start by asking what it is that oil & gas companies seem willing to pay a premium for nowadays (as opposed to accepting the currently high prices for, say, conventional 3D driven by an out-of-kilter supply/demand balance). I would like to focus on just four examples – Continuous Seismic Surveillance; Wide-Angle; Multi-Azimuth; Multi-Component (2C and 4C).

What do each of these offer?

Continuous Seismic Surveillance extends 4D methodology. Offshore, permanent sensors (with up to 4 components: X, Y, Z and pressure) are installed, usually in a cable, in the sea-bed above any oil or gas field in a one-time installation before production starts. Then a relatively inexpensive seismic source vessel can sail above

“Вот так и был изобретен метод сейсморазведки с применением буксируемой косы, допускающий использование одного судна!”
And so towed streamer seismic had to be, and was, invented, allowing just a single boat to be used!

в товар, предлагаемый множеством конкурирующих поставщиков, при реализации которого главным фактором становилась цена.

Так что же можно рассматривать в качестве “сейсморазведки 4-го поколения”? Вероятно, для начала нам стоит задаться вопросом: на какие технологии нефтегазовые компании готовы сегодня выделять дополнительные средства (в отличие от принятия существующих завышенных расценок, например, на трехмерную сейсморазведку, установленных в связи с дисбалансом спроса и предложения)? Я хотел бы сосредоточиться

всего лишь на четырех примерах: непрерывное сейсмическое наблюдение; регистрация закритических отражений; многоазимутальный метод; использование многоэлементных зондов (2 и 4 элемента).

В чем же состоят преимущества каждого из указанных методов?

Непрерывное сейсмическое наблюдение

представляет собой усовершенствованную методику четырехмерной сейсморазведки. На участке морского дна над нефтяным или газовым месторождением до начала добычи производится одновременная установка постоянных датчиков (контролирующих до 4 параметров - X, Y, Z и давление), как правило, вынесенных на кабеле. Затем над этими датчиками в требуемый период времени проходит судно с относительно недорогим генератором сейсмических колебаний, посылающим повторяющиеся сейсмические сигналы для трехмерной регистрации. Теоретически, данная операция может проводиться каждую неделю, со стоимостью повторов, составляющей всего 100 000 долларов США. При этом осуществляется сбор поступающих в оперативном режиме данных, которые могут использоваться для анализа динамики разработки коллектора в течение всего срока эксплуатации месторождения. На суше может применяться аналогичная технология, хотя более вероятным

these sensors – whenever required – and generate a “repeat 3D”. In theory, this could happen as often as once a week at a repeat cost of as little as \$100k, giving real-time data for analysis of reservoir dynamics throughout a field’s life. Onshore, a similar approach can be envisaged although permanently installed down-hole sensors are perhaps more

likely. Such surveillance should be thought of as a component of the Digital Oil Field which I discussed at some length in a ROGTEC Issue 11 and so will not pursue further here.

Wide-Angle and Multi-Azimuth Seismic were originally conceived of as two different ways of addressing a similar problem, namely how to image

beneath lithologies such as salt or basalt that limit the ability of conventional 2D or 3D seismic to ‘see through them’ to image structures below. An example might be where a structural feature such as a rift system lies below a layer of salt, for example in the Santos basin, offshore Brasil or the Gulf of Suez, offshore Egypt, or beneath basalt, for example in the Rockall basin, offshore Ireland – here Wide Angle Seismic seems to deliver. Elsewhere, more rugose surfaces (such as the Messinian unconformity in the Eastern Mediterranean) or salt bodies (Gulf of Mexico; Angola) might prevent illumination of deeper geology when data is acquired along a particular azimuth – here Multi-Azimuth Seismic seems to deliver.

However, as the apparent leader in this area – CGGVeritas – makes clear, these two approaches have somewhat

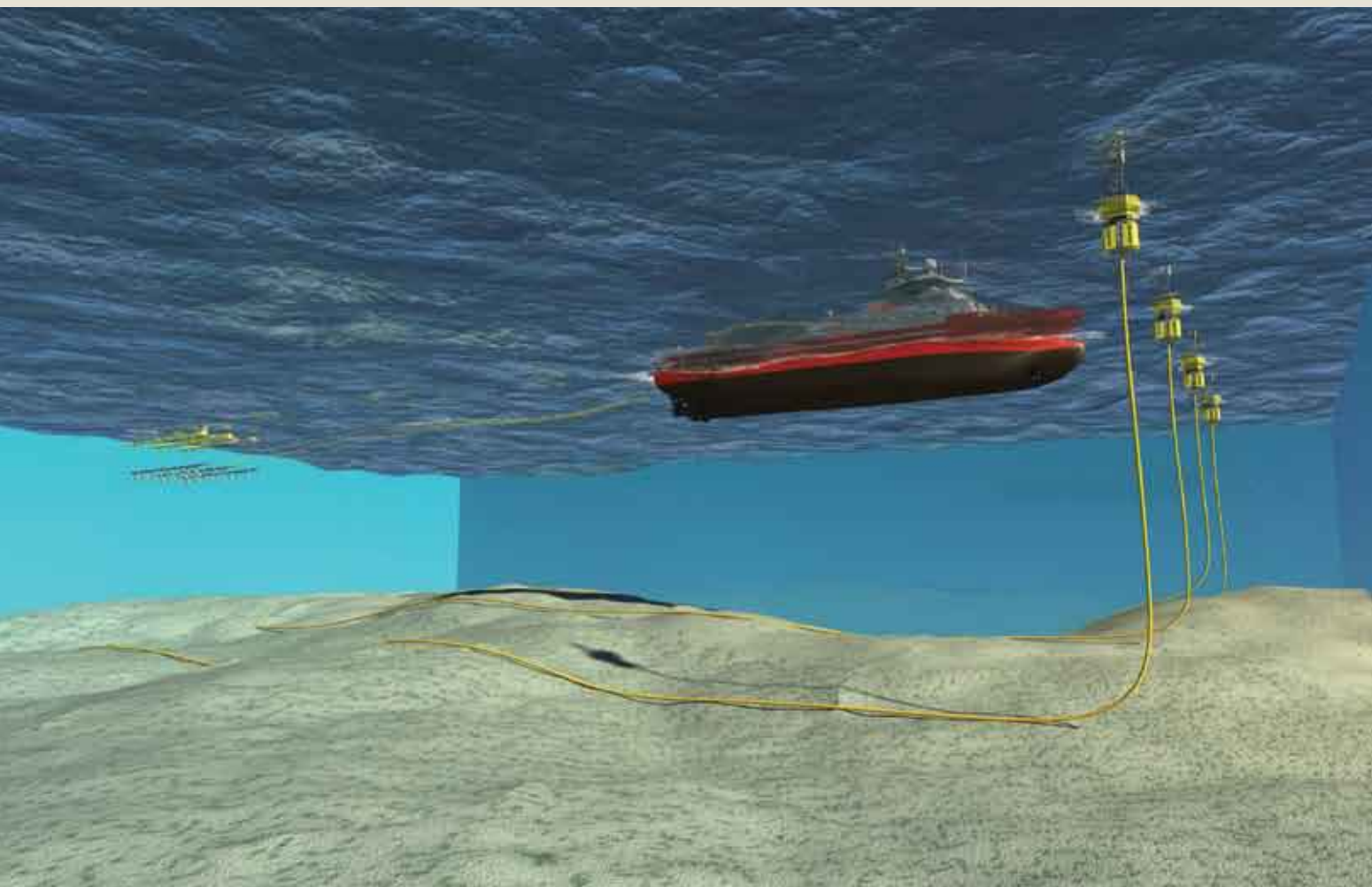
merged and have benefits beyond what was originally conceived. There seem to be two reasons for this. First of all, survey design is key so as to provide the optimum combination of target illumination, sampling, data quality and cost of acquisition. Second, the processing of Wide- and Multi-Azimuth has challenged conventional processing techniques, leading to the adoption of true 3D algorithms and workflows. The combination of this true 3D approach to processing,

combined with improved illumination and data quality during acquisition, leads to great improvements in image quality in all sorts of geological settings, especially complex ones.

“ Морская сейсморазведка с использованием многоэлементных зондов переживает период бума Multi-Component Seismic is seeing a boom offshore ”

“ Донные кабели могут применяться в зонах, в которых использование буксируемых сейсмоприемных кос представляется нецелесообразным OBC’s can be deployed in areas where towed streamers are impractical ”

RESERVOIR EXPLORATION TECHNOLOGY



Являясь единственным геофизическим подрядчиком, специализирующимся исключительно на работах с донными сейсмическими кабелями (OBC), компания RXT обеспечивает высочайшую достоверность сейсмических данных OBC по наиболее оптимальным ценам.

Наша система VectorSeis Ocean (VSO) с уникальной технологией, основанной на использовании регистрирующих буев, позволяет нам снизить как риски в области соблюдения техники безопасности и охраны окружающей среды, так и сократить расходы наших клиентов.

За дополнительной информацией, пожалуйста, посетите www.rxt.com или свяжитесь с:

- Памела Волл +47 67 82 85 16, Осло, Норвегия, pamela.voll@rxt.com
- Крис Уолкер +44 208 823 9234, Лондон, Англия, chris.walker@rxt.com
- Лари Вагнер +1 832 242 0700, Хьюстон, Техас, larry.wagner@rxt.com
- Дмитрий Батурин +7 985 211 46 38, Москва, Россия, dmitry.baturin@rxt.com



Будущее - на дне океанов

www.rxt.com

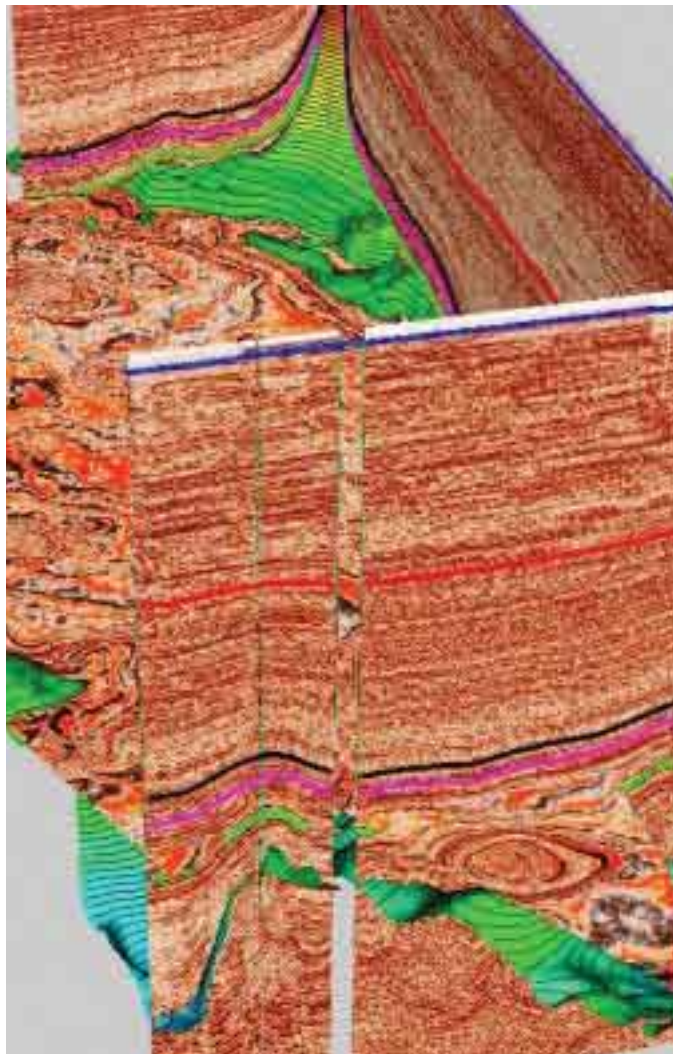
представляется использование метода размещения стационарных внутрискважинных датчиков. Данная методика наблюдений может считаться одной из “Цифровых технологий на нефтегазовых месторождениях”, которые достаточно подробно рассматривались в моей статье, опубликованной в прошлом году в журнале ROGTEC, в связи с чем я не стану приводить дополнительную информацию по этому вопросу.

Регистрация закритических отражений и многоазимутальный метод проведения сейсмической разведки изначально разрабатывались в качестве двух разных способов решения одной и той же проблемы получения изображений участков, которые расположены ниже литологических формаций типа солей или базальта, ограничивающих возможности “просмотра” находящихся под ними структур. Примерами могут служить случаи залегания структурных элементов типа рифтовых систем под слоями соли, например, в бассейне Сантос поблизости от Бразилии или в Суэцком заливе возле Египта, или под массивами базальта (пример - бассейн Рокколл у Ирландии). В подобных случаях регистрация закритических отражений представляется эффективным методом. В других регионах более складчатые участки поверхности (например, Мессинианская зона несогласного залегания пород в восточной части Средиземного моря) или залежи соли (Мексиканский залив и Ангола) могут воспрепятствовать определению параметров залегающих глубже геологических структур при регистрации данных по определенному азимуту. В этом случае представляется целесообразным использование многоазимутального метода.

Однако по результатам наблюдения за деятельностью признанного лидера в данной области - компании CGGVetitas - становится очевидным, что две вышеуказанные методики в определенной степени были объединены друг с другом и позволяют добиваться позитивных результатов, выходящих за пределы первоначальных замыслов. Для этого, по всей видимости, существуют две причины. Прежде всего, проектирование исследований позволяет добиваться оптимального сочетания освещения целевой зоны, дискретизации сигналов, качества данных и стоимости их сбора. Во-вторых, сложности, связанные с применением обычных технологий обработки данных при использовании широкоазимутального и многоазимутального методов, способствовали принятию алгоритмов и последовательностей операций, специально предназначенных для обработки данных трехмерных исследований. Сочетание

Multi-Component Seismic is seeing a boom offshore where the sector-leading companies such as RXT have figured out the logistics of operating Ocean Bottom Cables (OBC) efficiently and effectively, finally offering the opportunity to realise the potential of multi-component data to delineate ‘hidden’ reservoirs by imaging beneath gas clouds or imaging reservoirs that are ‘transparent’ to conventional (P wave) seismic and to locate and identify reservoir fluids by yielding rock physics parameters.

OBC deployment offers significant data quality advantages from the use of geophones/accelerometers in addition to hydrophones and from avoiding the noise arising from towing a streamer and from the sea surface itself. Also, RXT uses new sensors that have excellent characteristics down to very low frequencies, crucially important for imaging deeper images. OBCs can be deployed in areas where towed streamers are impractical, for example in very shallow water or where there are obstructions such as producing platforms, moored rigs and so on: also OBC enables a full Multi- and Wide-Angle capability. Obtaining high quality multi-component data and then processing and analysing it has always been seen as something as a



РЕВОЛЮЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ НАЗЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



FireFly® - Бескабельная платформа следующего поколения для наземных исследований



Shot Pro II™ - Системы синхронизации при взрывных работах



AHV-IV™ - Стандартизованный в промышленности вибратор на колесном шасси



VectroSeis® - Высокоточный цифровой полноволновой точечный приемник



Vib Pro™ - Эффективный и точный регулятор источника VibroSeis



Sensor SM-24® - Проверенный в эксплуатации высококачественный аналоговый сейсмоприемник



Scorpion® - Прочная и эффективная наземная регистрирующая система с использованием кабеля

НАЗЕМНЫЕ СИСТЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

[НЕЗАМЕНИМЫЙ В ДЕЛЕ ИНСТРУМЕНТ]

В 2007 году компания Input/Output сменила свое название на ION Geophysical. В то время как мы расширили прежние возможности в отношении геофизических приборов, наши обязательства по предоставлению сейсмическим подрядчикам подходящих для конкретных видов работ инструментов остались такими же, как и 40 лет назад. ION - это теперь более масштабная компания, располагающая полным набором отмеченных наградами продуктов для проведения наземных исследований от основных, проверенных в эксплуатации изделий, таких как сейсмоприемник SM-24 или вибратор AHV-IV, до революционизирующих отрасль поисково-разведочных работ и добычи VectroSeis и FireFly. Неважно, какие системы требуются для осуществления вашего проекта сейсмических исследований - аналоговые или цифровые, кабельные или бескабельные. Компания ION располагает [подходящим для работы инструментом].

Столкнувшись со сложными условиями работы, **обратитесь к компании ION.**

ion
[I/O IS NOW ION]



данной методики, специально рассчитанной на обработку данных трехмерных исследований, с усовершенствованными способами освещения объектов и более высоким качеством сбора данных, позволяет значительно улучшить качество получаемых изображений при наличии любых (и, в особенности, сложных) геологических условий.

Морская сейсморазведка с использованием **многоэлементных зондов** переживает период бума, поскольку лидерам отрасли, таким, как компания RXT, удалось найти эффективные и результативные решения технических вопросов, связанных с эксплуатацией донных кабелей. Это, наконец, позволило реализовать потенциальные возможности использования многоэлементных данных для определения границ “скрытых” коллекторов за счет построения изображений участков под скоплениями газа и нефтеносных пластов, доступных для обычной сейсморазведки с продольными Р-волнами, а также для определения местонахождения и параметров пластовых жидкостей путем установления физических свойств пород.

Размещение донных кабелей позволяет добиться значительно более высокого качества данных за счет использования сейсмоприемников и акселерометров в дополнение к гидрофонам с исключением шумов, возникающих при буксировке сейсмоприемной косы, а также исходящих от самой поверхности моря. Кроме того, компания RXT использует новые датчики, демонстрирующие отличные характеристики вплоть до очень низких частот, что исключительно важно для построения изображений объектов, залегающих на большей глубине. Донные кабели могут применяться в зонах, в которых использование буксируемых сейсмоприемных кос представляется нецелесообразным, - например, на очень мелких участках или при наличии препятствий, таких, как эксплуатационные платформы, заякоренные вышки и т. д. Донные кабели также позволяют использовать многоазимутальный метод и технологию регистрации закритических отражений. Получение высококачественных многоэлементных данных с их последующей обработкой и анализом всегда рассматривалось предприятиями отрасли в качестве сложной задачи. В самом деле, данная методика всегда относилась к “чисто теоретическим” второстепенным сферам деятельности научно-исследовательских и проектно-конструкторских отделов крупных нефтяных компаний и фирм, занимающихся предоставлением услуг по проведению геофизических исследований. Однако теперь этот метод получил большое распространение.

challenge in the industry and indeed the latter has always occupied somewhat of an ‘academic’ backwater in both the Majors’ R&D departments and the bigger geophysical service companies. However, it has now moved into the mainstream.

There is significant overlap between the topics discussed above and we could say that 4th Generation Seismic equals Total Seismic, the ability to acquire data at any azimuth, any offset, for any depth, for any geological target and to use massive computing power to process and analyse it. Seismic remains “King” and I recall the advice of my first boss in BP who said “If you have a \$100 to spend on geophysics, spend \$99 on seismic and the rest on a good cup of coffee”...at least that’s how I remember it!

Finally, it’s worth noting that Total Seismic seems to involve the use of more than one boat; perhaps it wouldn’t have taken us nearly seventy years to get there if Shell Oil’s ‘bean counter’ hadn’t stood in the way...some things never change!

Предметные области рассмотренных выше вопросов пересекаются друг с другом. Можно сказать, что сейсмическая разведка 4-го поколения - это “тотальная сейсмическая разведка”, основанная на возможностях сбора данных по любому азимуту, при любой дистанции и глубине и для любого геологического объекта, а также использования значительных вычислительных ресурсов для обработки и анализа поступающей информации. Сейсморазведка остается “лидирующей” методикой. Вспоминается совет моего первого начальника в компании “БиПи”, который как-то сказал: “Если у вас будет 100 долларов, которые вы сможете потратить на геофизические исследования, заплатите 99 долларов за сейсморазведку, а на оставшиеся деньги купите чашку хорошего кофе”. Надеюсь, я правильно процитировал своего шефа!

В заключение следует отметить, что для тотальной сейсморазведки, по всей видимости, потребуется использовать несколько судов. Возможно, нам не пришлось бы ждать добрых семьдесят лет для того, чтобы прийти к этому выводу, если бы на пути прогресса не оказался “бухгалтер” из компании “Шелл Ойл”... Некоторые вещи не меняются никогда!



KINGDOM объединяет геологию с геофизикой

INTUITIVE. INTEGRATED. INTERPRETATION.

Месторождения в наши дни требуют более комплексной интерпретации. Специалистам необходимо иметь возможность совмещения сейсмических данных с кривыми ГИС и анализа полученных атрибутов в трехмерном пространстве. И все это необходимо сделать без усложнения IT инфраструктуры.

Но более сложная методика интерпретации не подразумевает наличия более сложного ПО.



Мы будем рады
встретить Вас на
нашем стенде #B37 в
павильоне #9B на
выставке KIOGE



Программное обеспечение KINGDOM компании SMT, являющейся одним из лидеров на рынке Windows-совместимых программных продуктов для интерпретации геолого-геофизических данных, представляет собой интегрированное решение с интуитивно понятным интерфейсом, которое, при минимальных затратах времени, значительно упрощает задачу исследования месторождений.

Вы можете приобрести бесплатную, тестовую версию пакета по адресу www.seismicmicro.com/rogtec-trial и убедиться, почему наши клиенты в 85 странах выбирают KINGDOM компании SMT.