

## Образование и обучение

### Курс EET 2007 представляет старейшина в своей области! EET 2007 presenter is a doyen of his subject!

Новый образовательный тур EAGE (EET 2007), планируемый на осень, будет представлять Dr Philippe Doyen (CGGVeritas) с его однодневным курсом 'Seismic reservoir characterization: an earth modelling perspective' (Получение сейсмологических характеристик коллекторов: перспективы моделирования среды). *First Break* проинтервьюировал его, чтобы узнать о его работе и ожиданиях от нового тура.

#### Что по Вашему мнению является точками отсчета в вашей карьере?

Возможно, первой вехой было получение мной степени доктора философии в 1987. Для бельгийского студента было отличным шансом учиться в *School of Earth Sciences* Стэнфордского университета, не только из-за того, что факультет имел налаженные связи с промышленностью, но также потому, что геофизические курсы были направлены на изучение смежных дисциплин, необходимых в нефтяной промышленности. В это время сформировался мой профессиональный интерес в области геофизики резервуаров.

Позднее в моей жизни было несколько важных моментов, связанных, в основном, с работой над алгоритмами и программным обеспечением для получения характеристик сейсмических резервуаров. В начала 90х в Лондоне я был руководителем небольшой исследовательской группы геофизиков и разработчиков программного обеспечения в *Western Geophysical*. Мы занимались разработкой интерактивных программ для получения характеристик сейсмических резервуаров. Моя команда разработала систему *SigmaView*, один из первых коммерческих пакетов для построения геологических разрезов по данным сейсмики с помощью геостатистических методов. Пакет был разработан совместно с *Mobil*. Программное обеспечение включало уникальную динамическую графическую среду для анализа данных и калибровку сейсмических и скважинных данных. Было очень полезным заниматься разработкой успешного программного обеспечения и использовать его в реальных проектах нефтяных компаний.

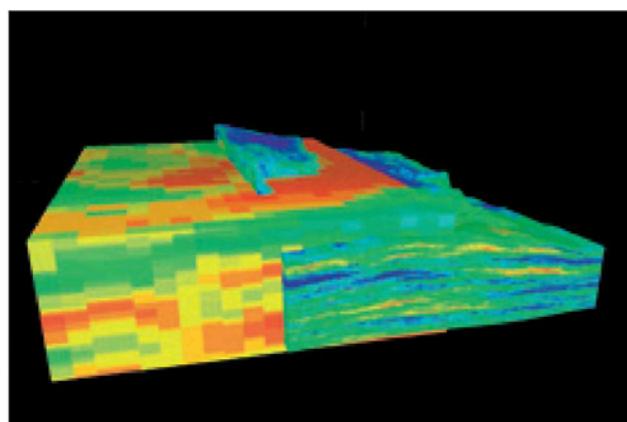
Еще одним важным моментом в моей карьере была разработка с той же научно-исследовательской и конструкторской группой *Western Geophysical* второго интерактивного пакета под названием *Earth-GM*. Это происходило в конце 90х. Программа снова была направлена на получение характеристик резервуаров путем совмещения данных, полученных сейсмическим способом и в скважинах, но уже путем трехмерного моделирования. Программа была очень гибкой и особенно мощной для анализа данных разведки и статистической калибровки. Мы также работали над 'четырехмерным моделированием поверхности земли', которое объединяло результаты симуляции потоков и анализ сейсмических данных в модели среды.

В своей работе я также много занимался созданием алгоритмов. Это сложная задача, придумать новый способ интегрирования данных, полученных с помощью сейсмики и из разведочных скважин и получить характеристики резервуаров. В *Western Geophysical* и сейчас в *CGGVeritas*, я с удовольствием работал с научной командой, собравшей людей различных уровней мастерства и из разных областей: разработчиков программ, геофизиков, и гео-математиков. На

мой взгляд, хорошая научная конструкторская группа должна совмещать деятельность в области разработки алгоритмов, создания программ и применения программного обеспечения в реальных проектах по моделированию резервуаров. Вовлечение в практическую работу особенно важно, чтобы быть уверенным, что твое программное обеспечение действительно решает практические задачи. К тому же, это очень почетно - работать в тесном сотрудничестве с нефтяными компаниями и видеть успешное коммерческое применение разработанного тобой программного обеспечения. Одной из причин, почему я выбрал работу с сейсмической компанией, является то, что я решаю большое количество различных задач и получаю большое количество данных.

#### Почему моделирование среды является столь актуальным?

С деловой точки зрения, модели среды актуальны, т.к. они играют все возрастающую роль при решении задачи разработки резервуаров, в частности, в планировании бурения скважин. Сегодня расчет запасов и прогноз добычи нефти все чаще основывается на подробном трехмерном моделировании подземных слоев. Когда я начинал свою карьеру в конце 80-х, моделирование в основном осуществлялось с помощью 2D картирования особенностей резервуаров. Последние пять лет мы наблюдаем колоссальный рост возможностей пакетов программ в трехмерном моделировании. Мы также видим возросшее интегрирование



Одна ключевая задача геомоделирования состоит в интеграции разномасштабных данных. Вообще говоря, ячейки сетки в модели земли (справа) намного гуще, чем вертикальное разрешение инвертированных сейсмических данных (слева).

## Образование и обучение

моделей поверхности с сейсмической интерпретацией и с моделированием потоков. В результате этих достижений, сейчас гораздо легче строить модели среды и использовать их для решения задач эксплуатации коллекторов, чем несколько лет назад. Все больше и больше нефтяные компании движутся к тому, что я бы назвал 'непрерывным моделированием', в котором модели подземных слоев обновляются по мере поступления новых данных.

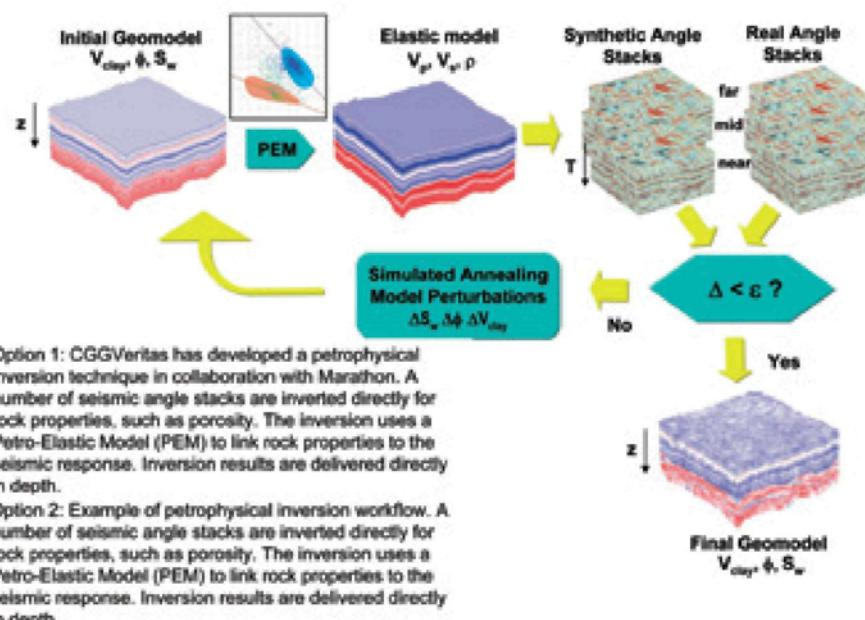
С технической точки зрения, моделирование сред также актуально, т.к. ставит больше число важных задач. Некоторые из них заключаются в следующем: Как построить 3D сетку геомодели при наличии сложности структуры? Как скомбинировать разномасштабные данные? Как лучше представить неоднородность коллекторов и погрешности в моделировании? Как использовать физические модели горных пород чтобы связать сейсмические и петрофизические особенности и как инкорпорировать данные с периодических наблюдений типа 4-D? Подводя черту, можно сказать, что все еще остается больше число технических задач, связанных с объединением нескольких дисциплин.

**Вы занимались разработкой нескольких программных пакетов для геостатистического моделирования. Что является наиболее трудным в процессе разработки программ?**

Мой опыт в моделировании показывает, что ввести научные данные в новый алгоритм достаточно просто. Основная задача состоит в правильном моделировании основных данных и выборе архитектуры программы.

Это, как правило, наиболее длительная часть работы, которая, к тому же, определяет, будет ли программа в конечном счете, коммерчески выгодна. Одна особенность хорошего программного обеспечения для моделирования связана с тем, что каждый проект моделирования коллекторов индивидуален. Следовательно, вы должны разработать гибкие инструменты, чтобы иметь возможность отладки рабочего процесса в каждом конкретном случае. По моему опыту, с этой проблемой часто сталкиваешься при работе с коммерческими пакетами, в которых трудно отклониться от простого линейного построения.

Сейчас существует несколько технических задач, специфичных для программ моделирования среды. Одна главная задача связана с тем, что мы должны объединять большое количество данных разных типов: геофизические данные в скважинах, сейсмические данные, данные разведки и данные по добыче. В терминах программирования, это означает, что наша модель должна быть достаточно обширной, чтобы уместить все типы данных. Чтобы совместить все данные, мы должны иметь возможность перемещать их вперед и назад между различными сетками. Например, сейсмические данные представляются в виде обычной сетки во временной области. Чтобы использовать эти данные в модели среды, мы сначала должны конвертировать их по глубине, а затем преобразовать в сетку из вершин углов, используемую для геомоделей. При этом возникают трудности, связанные с большим количеством сейсмических данных и очень большим размером геомоделей, содержащих до нескольких миллионов ячеек сетки. Ключевой задачей, следовательно, является эффективная обработка и визуализация данных. Другой ключевой точкой в моделирующих программах является возможность введения новых данных и обновления модели по мере их поступления. Например, если пробурена новая скважина и получены геофизические данные, мы не хотим



## Образование и обучение

строить заново всю модель. Эта проблема локального обновления геомодели не является тривиальной и ставит серьезные задачи для разработчиков программного обеспечения.

### Что является будущим в получении характеристик бассейнов? Какие разработки ожидаются и необходимы?

Если мы посмотрим на нашу промышленность сегодня, сейсмические данные все еще не используются повсеместно для конструирования трехмерных моделей среды. Конечно, структурная сетка геологических слоев и дислокаций, полученных с помощью сейсмических данных, составляется, но использование сейсмических атрибутов для интерполяции особенностей геологического строения между скважинами все еще не нашло широкого применения. Чтобы ускорить внедрение сейсмического геомоделирования, требуется несколько разработок. Во-первых, необходимо правильно решить задачу ограничения вертикального разрешения сейсмических данных. Большая доступность в настоящее время данных с высоким разрешением, конечно, помогает, но мы нуждаемся в новых стохастических методиках для лучшего масштабирования сейсмических данных по отношению к более тонкой геомодельной шкале (см. рисунок 1). Другая область для работы лежит в области интеграции сейсмических инверсий и геомоделей

### Лектор EET 2007 д-р Philippe Doyen



Philippe Doyen получил докторскую степень по геофизике в Стенфордском Университете в 1987. Затем он работал в научно-исследовательской группе по геофизике коллекторов для Western Geophysical в Хьюстоне и Лондоне до конца 2001. В 2002, после слияния Western и Geco-Prakla, он был переведен в Schlumberger и назначен научным директором Schlumberger

Information Solutions. Он поступил в CGG, ныне CGGVereitas, в октябре 2003, где в настоящее время является вице-президентом научно-исследовательской группы, базирующейся в Лондоне. Недавно был направлен по совместительству в качестве адъюнкт профессора Бергенский университет в Норвегии. Д-р Doyen имеет 20-летний опыт научных исследований в области геофизики, геостатистики, геомоделирования и физики пород. Он разработал большое число геостатистических методов для предсказания сейсмических особенностей пород, стохастического моделирования резервуаров и квантификации особенностей подземных слоев. Он также преуспел в разработке программного обеспечения для геостатистического моделирования с помощью сейсмологических данных, сейсмической инверсии и визуализации данных. Он имеет широкий опыт как технический консультант и менеджер в проектах по определению характеристик коллекторов. В 1998 он был Выдающимся лектором EAGE.

Сейсмические инверсии все еще выполняются с помощью специальных программ, и интеграция результата инверсии в сетку геомодели остается затруднительным. В будущем, я думаю, сейсмическая инверсия будет осуществляться сразу по глубине, и результат будет непосредственно встраиваться в модельную сетку.

Другой важной задачей на будущее является лучшая интеграция физических характеристик пород в геомодель. В последние пять лет мы стали свидетелями появления 'статистической физики горных пород', в которой физика пород используется для установления связи между упругими свойствами и петрофизическими свойствами, а геостатистика используется для моделирования пространственных включений в петроупругие преобразования. В следующие пять лет этот тип потоков обработки, скорее всего, станет более интегрированным в геомоделирующую платформу. В CGGVereitas, мы работали над непосредственной петрофизической инверсией из сейсмической в стратиграфическую модель, определенную по глубине. (см. Рисунок 2).

Наконец, я бы хотел упомянуть качественную 4D сейсмическую интерпретацию как важную тему для будущих разработок в области геомоделирования. Я думаю, мы увидим в следующее десятилетие быстрый рост числа установок постоянного сейсмического наблюдения. Потоки обработки, в которых 4D упругая инверсия совмещается с петрофизической инверсией в давление и насыщение станут более распространенными. Мы уже видим потоки обработки данных 4D геомоделирования, в которых мониторинговые сейсмические данные и данные по добыче инвертируются одновременно для обновления 3D полей проницаемости, хранящихся в геомодели. Над этой темой активно работают большое число университетов и нефтяных компаний. Интересный подход с использованием фильтрации Кальмана по ансамблю был разработан в Бергенском Университете. Это элегантная методика, основанная на непрерывной Баисовской корректировке, что делает возможным непрерывное обновление модели резервуара или четырехмерное моделирование. Эта способность асимиляции данных 'в реальном времени' особенно желательна для постоянных сейсмических условий, в которых новые сейсмические данные получаются ежемесячно и должны быть использованы для обновления модели резервуара.

### Недавно Вы были направлены как адъюнкт профессор в Бергенский университет в Норвегии. В чем состоят Ваши обязанности и как Вы совмещаете их с Вашей обычной работой?

Позвольте мне вначале дать некоторые пояснения. CGGVereitas и Бергенский университет недавно заключили соглашение о проведении совместных исследований. Мы будем вести совместные исследовательские и проектные работы вместе с *Centre for Integrated Petroleum Research (CIPR)*, который является подразделением университета. Например, мы уже провели совместно с одной нефтяной компанией частное исследование, включающее применение новых технологий, о которых я упомянул выше. Мы также начали проект по получению динамических характеристик бассейнов с помощью 4D/ 4C данных. Этот последний проект будет частично финансироваться Norwe-

## Образование и обучение

gian Research Council и спонсированся Statoil, Hydro, Total, и Chevron. Помимо проведения совместных исследований, CGG-Veritas безвозмездно предоставило университету пакеты программ по обработке данных и геофизическим расчетам, такие как VectorVista и Strata-Vista. Это дает возможность студентам познакомиться с программным обеспечением, используемым в промышленности, и попрактиковаться в обработке и интерпретации геофизических данных. В контексте этого соглашения о сотрудничестве я был направлен по совместительству как Профессора в Университет, чтобы обеспечивать связь между двумя организациями и помогать развивать проекты по сотрудничеству. Возможно, в будущем я буду привлечен в качестве преподавателя для проведения занятий и семинаров. Я трачу около 20% на деятельность, связанную с этим сотрудничеством и стараюсь регулярно посещать университет.

### *Вы думали о работе в университете когда-либо раньше?*

С 89 по 92 я был по совместительству профессором в Лювенском университете в Бельгии, где преподавал геофизику и геостатистику студентам, изучающим горное дело. Кроме того, я преподавал на нескольких курсах по геостатистике коллекторов. Мне нравится преподавать. Общение со студентами всегда вносит свежую струю и помогает менять взгляд на предмет, который преподаешь. Обычно вы получаете большое количество трудных вопросов, которые заставляют переосмысливать ваше понимание предмета и помогают стать лучшим преподавателем.

### *Получение характеристик коллекторов подразумевает сильный математический аппарат. Как вы собираетесь решать этот вопрос в своих лекциях?*

Я постараюсь избегать большого количества уравнений и ограничиться основными положениями, которые проиллюстрирую на примерах и с помощью визуального ряда. Некоторое количество математики останется, но я надеюсь, что не дам заснуть на своих лекциях.

### *В описании вашего курса Вы указали, что он будет интересен широкой аудитории геофизиков. Как вы собираетесь "развлекать" такую разную публику?*

Я не планирую петь или играть на гитаре, но я постараюсь сделать курс интересным, рассматривая большое число конкретных случаев 3D моделирования. Если сравнить

с другими курсами, например, по обработке сейсмических данных, мою тему легко относительно проиллюстрировать с использованием конкретных изображений, в которых сможет разобраться даже не-специалист. На самом деле, результаты 3D моделирования представляются в виде изображения коллектора, вы можете буквально плыть вдоль рассчитанной модели резервуара. Это дает возможность более легкого понимания моего предмета, чем более абстрактных тем. К тому же, моя тема соединяет в себе данные из различных дисциплин, таких как петрофизика, геофизика и геология, и вам необязательно быть специалистом в одной области, чтобы оценить важность интеграции данных разных типов в одной модели. Я также планирую сделать курс интерактивным и оставлю время на вопросы и замечания аудитории.

### *Кроме работы в университетах, вы имеете широкий опыт преподавания, более 10 международных практических курсов по геостатистике резервуаров. Что, по вашему мнению, будет отличать эти курсы от EET?*

Те курсы, которые я читал раньше, обычно длились несколько дней и представляли собой комбинацию лекций по теории и выполнения практических упражнений на компьютерах. Этот формат проще для восприятия студентов, т.к. позволяет использовать на практике те концепции, которые они изучают. К сожалению, однодневный курс не позволяет соединить оба практику и теорию. Я постараюсь компенсировать этот недостаток показом большого числа конкретных примеров. Трудность состоит в том, чтобы найти баланс, чтобы в течение 6-часовой лекции не перегрузить аудиторию детализацией различных методик, но, с другой стороны, сохранить достаточную глубину, чтобы информация не стала слишком общей и практически бесполезной. Кроме того, я собираюсь отступить в сторону и рассмотреть основные преимущества и недостатки каждой методики, чтобы аудитория по возвращении домой точно представляла, какой метод наиболее подходит для решения каждой конкретной задачи.

Информация о расписании лекций EET 2007 приведена на стр. 15 этого номера, или обращайтесь на сайт [www.eage.org](http://www.eage.org), где приводится описание курса и указания по регистрации. Мы надеемся увидеть вас на одной из лекций!